

*А.А. ЧЕПЕЛЮК*, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ", Харьков  
*А.Л. ХЛОБЫСТИН*, магистр, НТУ "ХПИ", Харьков

## **О ВЛИЯНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ВНУТРИДОМОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТЬ БЫТОВЫХ ОДНОФАЗНЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ**

Проаналізовано вплив технічного стану внутрішньо будинкових розподільчих мереж на електробезпеку побутових однофазних споживачів електричної енергії.

Проанализировано влияние технического состояния внутридомовых распределительных сетей на электробезопасность бытовых однофазных потребителей электрической энергии.

**Введение.** Проблема безопасного использования электрической энергии бытовыми потребителями появилась с момента появления таких потребителей и на протяжении всего периода ее существования является актуальной.

Актуальность указанной проблемы связана не только с защитой человека или животных от вредного и опасного воздействия электрического напряжения и тока, но и с защитой самого электрооборудования бытовых потребителей от недопустимых отклонений напряжения в питающей сети, поскольку недопустимые отклонения напряжения в питающей сети, в зависимости от их уровня, ведут к сокращению ресурса работы электроприборов, выходу их из строя, а также, в ряде случаев – возможному их возгоранию.

За последние два десятилетия в Украине произошел существенный скачок в оснащенности жилищ граждан современной электробытовой техникой. Такой скачок связан не только с ростом благосостояния граждан, но и с появлением новых высокотехнологичных электробытовых приборов с высокой степенью автоматизации и широкими функциональными возможностями на основе передовых достижений в электронной технике.

Безопасное и долговечное использование современной бытовой техники, соответствующей современным стандартам по электробезопасности, на практике достигается не только за счет принятия соответствующих стандартов, устанавливающих показатели и нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения [1] и правил уст-

ройства электроустановок [2], но и за счет приведения существующих систем электроснабжения бытовых потребителей в соответствие с указанными стандартами и правилами.

**Цель работы** – влияние технического состояния внутрименовых распределительных сетей электрической энергии в Украине на электробезопасность бытовых однофазных потребителей.

**Особенности распределительных сетей бытовых однофазных потребителей в Украине.**

Система электроснабжения жилых зданий, в общем случае, состоит из питающей, распределительной и групповой сети. Питающая сеть – сеть от распределительного устройства подстанции до вводного устройства – ВУ, вводно-распределительного устройства – ВРУ, группового распределительного щита – ГРЩ. Распределительная сеть – сеть от ВУ, ВРУ, ГРЩ до распределительных устройств – РУ и щитков (этажных, квартирных). Групповая сеть – сеть от РУ и щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприемников бытовых потребителей. Питающие и распределительные сети выполняются трехфазными напряжением 380 В с глухозаземленной нейтралью, а отвлечения от распределительных сетей к щиткам конечных потребителей и сами групповые сети потребителей – однофазными напряжением 220 В. Для равномерного нагружения трехфазной линии однофазных потребителей (квартиры, индивидуальные дома) запитывают от разных фаз, нейтральный проводник при этом является общим для всех потребителей.

Питающие и распределительные сети, в системах электроснабжения бытовых потребителей многоквартирных домов, как правило, являются собственностью энергоснабжающих организаций, а групповые сети потребителя, которые начинаются на выходных клеммах счетчика электрической энергии, находится в собственности потребителя электрической энергии. Ответственность за техническое состояние соответствующих сетей лежит на их собственниках.

Электроустановки жилых зданий в Украине выполняются в соответствии с "Правилами устройства электроустановок" (ПУЭ) [2], последние изменения которых производились в 2006-2008г. Начиная с 2002г. в Украине, применительно к электроустановкам жилых зданий, распространяются "Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок", которые входят в состав ПУЭ [2]. Указанная часть ПУЭ распространяется на электрооборудование специальных установок зданий и сооружений, вновь строящихся или реконструируемых в Украине с 2002 г. В соответствии с [2], электро-

снабжение электроприемников бытовых потребителей должно выполняться от электрической сети с глухозаземленной нейтралью 380/220В с системой заземления TN-S или TN-C-S.

С целью повышения электробезопасности в жилых зданиях, в соответствие с современными общеевропейскими правилами и нормами по электробезопасности, в указанных правилах также предписано использование аппаратов защитного отключения (АЗО) и систем защитного уравнивания потенциалов (основной системы – на вводе в дом и дополнительной – для ванн и душевых).

Поскольку основная часть жилого фонда в Украине введена в эксплуатацию задолго до указанных изменений в ПУЭ, на сегодняшний день, системы электроснабжения указанных однофазных бытовых потребителей выполнены с системой заземления TN-C. В таких системах нейтральный проводник (N – проводник), электрически соединенный с нейтральной точкой источника питания и используемый для распределения электроэнергии, и проводник защитного заземления (PE – проводник) объединены в одном проводнике (PEN – проводнике) по всей протяженности сети.

Недостатком такой системы заземления однофазного потребителя, по сравнению с системами TN-S и TN-C-S является, то, что PEN – проводник, соединяющий в себе функции защитного (PE), и нейтрального (N) проводников испытывает на себе термическое действие токов как номинального режима, так и режима короткого замыкания. Указанные токи протекают не только по PEN проводникам групповых однофазных сетей, но и по PEN проводникам питающей и распределительной сетей – из-за неравномерной нагрузки фаз. Со временем тепловые расширения этого проводника, вызванные протеканием указанных токов, могут привести к нарушению целостности этого проводника – из-за ухудшения электрического контакта (увеличение сопротивления контакта, подгорание, отгорание провода) в местах соединения его отдельных участков на всей его протяженности и, как следствие этого, аварий в сети связанных с обрывом PEN проводника в трехфазных сетях с глухозаземленной нейтралью при несимметричных нагрузках.

### **Состояние внутридомовых распределительных сетей бытовых потребителей в Украине.**

В настоящее время в Украине значительная часть сетей электроснабжения жилых зданий старой постройки (включая понижающие трансформаторы; воздушные линии; кабельные линии; внутридомовые линии (подъездные, квартирные); защитные, соединительные и комму-

тационные аппараты) практически выработала свой расчетный технический ресурс или приближается к указанной отметке и давно нуждается в реконструкции и модернизации, что требует значительных финансовых ресурсов. Кроме того, следует отметить, что распределительные сети большинства многоквартирных домов старой постройки или их отдельные участки работают в перегруженном режиме, что не только существенно сокращает срок их службы, но и снижает их надежность. Это происходит из-за того, что за последние 10-15 лет существенно возросла потребляемая мощность бытовых потребителей, в связи с увеличением у них числа бытовых электроприборов и их мощности, а установленная проектная мощность таких сетей осталась на прежнем уровне. Результатом изношенности и перегруженности указанных сетей является увеличение числа аварий, связанных с отгоранием фазных и PEN проводников, а также провалы напряжения.

Из-за недостатка финансовых ресурсов у энергоснабжающих организаций, в чьей собственности находятся питающие и распределительные сети электроснабжения жилых зданий, требуемых для своевременной модернизации и реконструкции указанных сетей, не смотря на изношенность этих сетей, их эксплуатация в таком состоянии продолжается и, скорее всего, будет продолжаться еще долго.

Изношенность указанных сетей электроснабжения жилых зданий также требует существенного увеличения затрат на их обслуживание и ремонты. Это привело к тому, что своевременное обслуживание указанных сетей практически не ведется, или ведется не в полном объеме и не качественно (особенно это касается внутридомовых распределительных сетей многоквартирных домов).

Дополнительные риски обрыва фазных проводников и, что особо опасно с точки зрения временных перенапряжений и провалов напряжения у однофазных потребителей – разрыва PEN проводника на участках распределительной и питающей сетей, также существуют и из-за невысокой квалификации обслуживающего персонала, допускающего ошибочное подключение PEN проводников к фазным проводникам во время ремонтов указанных сетей. К сожалению, такие случаи не одиноки, а результат - массовый выход из строя электрооборудования целых подъездов, домов и даже целых районов, запитанных от одной подстанции [3-8]. В воздушных линиях электроснабжения бытовых потребителей указанные риски возникают также и из-за погодных условий.

В качестве примера, в подтверждение вышеприведенных выводов, на рис. 1 приведено состояние двух этажных распределительных щитков (коробок) от которых запитаны внутриквартирные щитки од-

ного из семиэтажных домов из двух подъездов постройки конца 50-х годов прошлого века (состояние остальных распределительных коробок – практически аналогичное). Изначально в указанных щитках были установлены изоляционные колодки с 4-мя болтовыми клеммами, под которые были заключены фазные и PEN проводники внутридомовой распределительной сети с ответвлениями к потребителям (все проводники из алюминия). В разное время в обоих коробках происходило отгорание соединений одного из фазных проводников и PEN проводника и обугливание изоляционного материала в местах установки этих соединений, что косвенно свидетельствует о том, что своевременное обслуживание щитков не производилось. Ремонтные работы, производимые в разное время, заключались в соединении проводников выгоревших соединений некачественной скруткой. После таких ремонтов остались оголенными (без изоляции) значительные участки отгоравших фазных и PEN проводников, которые остались никак не закрепленными в коробке и находятся в непосредственной близости между собой, что в любой момент может привести к короткому замыканию. Т.к. скрутка PEN проводников после проведенных ремонтов практически "висит в воздухе", металлические корпуса этих щитков оказались не связанными электрически с PEN проводником, что противоречит требованиям ПУЭ.

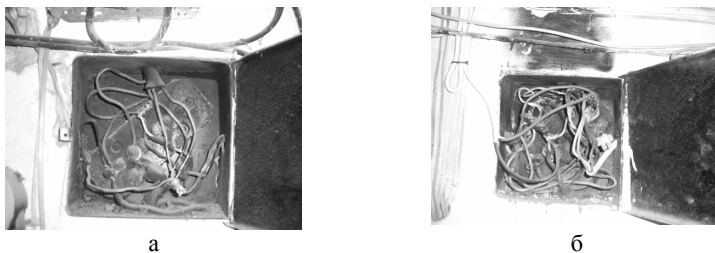


Рис. 1. Состояние этажных распределительных щитков (коробок) 7-го (а) и 6-го (б) этажей семиэтажного дома старой постройки.

### **Состояние групповых сетей бытовых однофазных потребителей в Украине.**

По сравнению с внутридомовыми распределительными сетями многоквартирных домов старой постройки, состояние групповых однофазных сетей бытовых потребителей в таких домах находится, как правило, в намного лучшем состоянии, так как большинство бытовых

потребителей - собственников этих сетей понимают, что от ее состояния во многом зависит электробезопасность его и его родных, а также пожаробезопасность самого жилья и имущества.

Для приведения групповых внутриквартирных сетей в соответствие с современными требованиями электро- и пожаробезопасности отдельные собственники проводят реконструкцию старых внутриквартирных групповых сетей системы TN-C в систему TN-C-S с использованием аппаратов защитного отключения (АЗО) в соответствии с современными нормами. Разделение нейтрального и защитного проводников в таких случаях, как правило, производят на вводе в квартиру рис. 2.а.

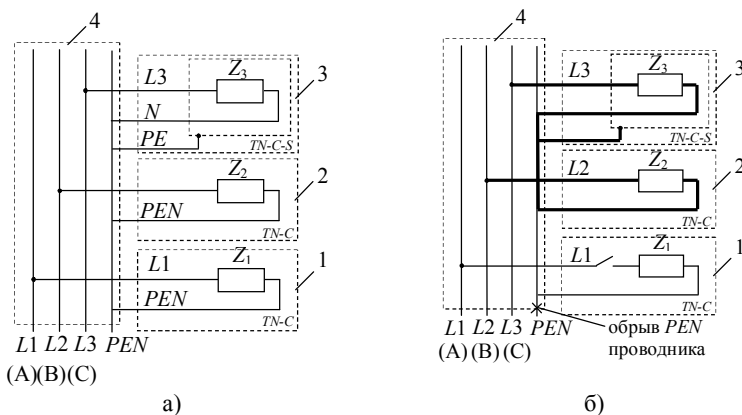


Рис. 2 Подключение однофазных потребителей электроэнергии на этаже многоквартирного дома (1, 2 – квартиры с системой электроснабжения TN-C, 3 – квартира с системой электроснабжения TN-C-S, 4 – внутридомовая распределительная сеть).

При проведении такой реконструкции бытовой потребитель должен помнить, что перед ее проведением необходимо разработать проект реконструкции и согласовать его с энергоснабжающей организацией. Разработку и реализацию проекта нужно доверять лишь проверенным специалистам с высокой репутацией. В противном случае, средства, затраченные на реконструкцию сети, не принесут желаемого эффекта, а в ряде случаев, даже наоборот, могут ухудшить этот эффект по сравнению с первоначальным.

Так при неудовлетворительном состоянии внутридомовых распределительных сетей вероятность обрыва (отгорания) PEN проводника на близстоящем к питающему трансформатору участке существенно повышается. Если после реконструкции внутриквартирной сети в систему TN-C-S в домах старой постройки с неудовлетворительным состоянием внутридомовых распределительных сетей происходит обрыв PEN проводника, корпуса зануленных электроприборов у данного потребителя при включенной какой-либо нагрузке в соседней фазе (другого потребителя) на участке за местом обрыва PEN проводника окажутся под напряжением – рис. 2,б, поскольку нагрузки в таких системах электропитания являются несимметричными.

Отключение питания с помощью АЗО в этом случае не произойдет, а если и произойдет (при нарушении изоляции в и появлении тока утечки), то это не приведет к снятию напряжения соседней фазы с корпуса зануленных электроприборов. Указанная аварийная ситуация представляет реальную угрозу не только включенным в это время электроприборам, но и жизни людей, в случае их касания в момент аварии к металлическим корпусам электроприборов.

Векторные диаграммы напряжений и токов при несимметричной трехфазной нагрузке и обрыве PEN проводника приведены на рис. 3.

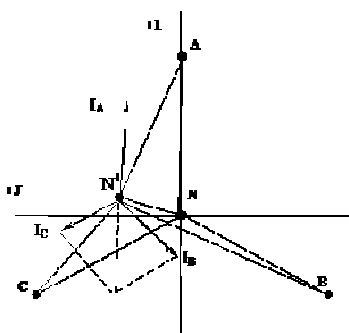


Рис. 3 Векторная диаграмма при обрыве нулевого проводника.

Уровни перенапряжений и провалов напряжения у однофазных потребителей в случае разрыва PEN проводника в распределительной или питающей сети зависят от соотношения сопротивлений нагрузок потребителей.

При реконструкции старых внутриквартирных групповых сетей системы TN-C в систему TN-C-S также нужно помнить, что ПУЭ [2] для ванн, душевых и саун запрещается использование систем местного уравнивания потенциалов без основной системы – на вводе в дом.

**Выводы.** Из-за значительной изношенности, а местами и неудовлетворительного технического состояния внутридомовых распределительных электрических сетей многоквартирных домов старой постройки в Украине, все бытовые потребители, подключенные к таким сетям

и их электроприборы, вне зависимости от технического состояния внутриквартирных групповых сетей находятся в зоне повышенного риска аварий, связанных с разрывом PEN проводника во внутридомовых распределительных сетях. Указанные аварии представляют опасность жизни людей и ведут к сокращению ресурса работы электроприборов, выходу их из строя, а также, в ряде случаев - возможному их возгоранию. Решение указанной проблемы в долгосрочной перспективе может быть достигнуто за счет повышения ответственности энерго-снабжающих организаций и организаций, обслуживающих внутридомовые распределительные сети многоквартирных домов, и принятия государственных программ по реконструкции распределительных сетей с первоочередным приоритетом внутридомовых распределительных сетей многоквартирных домов старой постройки.

Вопрос применения реле напряжения для защиты бытовых однофазных потребителей от недопустимых отклонений напряжения в сети, в том числе связанных с обрывом PEN проводников в распределительных и питающей сетях, требует дополнительного изучения и всестороннего анализа, так как, в настоящее время, в Украине указанные аппараты не подлежат обязательной сертификации и отсутствуют отдельные стандарты на эти устройства, регламентирующие их характеристики и защитные функции. Указанные обстоятельства привели к тому, что на украинском рынке за последнее время появилось широкое многообразие указанных защитных реле сомнительного качества и функционального назначения, что может привести при эксплуатации таких устройств к дополнительным аварийным ситуациям в сетях бытовых потребителей.

**Список литературы:** 1. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. 2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – Харьков: Форт, 2009. – 704 с. 3. <http://kiev.vgorode.ua/news/47321/>. 4. [http://kp.ua/Default.aspx?page\\_id=2&date=220909&news\\_id=195215](http://kp.ua/Default.aspx?page_id=2&date=220909&news_id=195215). 5. <http://normavolt.com.ua/press-center/article/2011/10/>. 6. <http://www.objectiv.tv/070911/60149.html>. 7. <http://www.youtube.com/watch?v=jRYR2dXaEgq>. 8. <http://starkproject.com/electroenergy/electric-power/1472-rozvitie-electricheskih-setej.html?start=2>.

*Поступила в редколлегию 24.10.2011  
Рецензент д.т.н., проф. Лушков В.С.*