

УДК 614.8.084:699.887

Хузиахметов Р.А. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: hroustam@mail.ru

Шарапова Н.Б. – студент

E-mail: nellyasharapova@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1

Информационный анализ нормативных требований безопасности и натурное исследование состояния сетей электроснабжения и системы заземления жилого здания после реконструкции

Аннотация

Проблема обеспечения безопасности существования человека находится в разряде главных во всех государствах мира. В Российской Федерации осознание приоритетности задач обеспечения безопасности существования человека, его жизнедеятельности заложено в Конституции Российской Федерации и подтверждаются активным введением в действие ряда Федеральных законов технического содержания, и их развитием в направлении обеспечения безопасности человека и окружающей природной среды. Однако, очевидным является и тот факт, что уровень в финансировании мероприятий по безопасности в целом определяется экономическим состоянием страны.

В связи с этим можно сказать, что при решении задачи повышении уровня электробезопасности в жилых зданиях приходится принимать не самые пионерные решения, которые сразу моментально качественно поднимут планку безопасности. Даже перевод электрических сетей с системой заземления *TN-C* на напряжение 380/220 В с системой заземления *TN-S* или *TN-C-S* в любом регионе страны, думается, является задачей практически невыполнимой. Это следует хотя бы из того, что жилые застройки сорока-пятидесятилетней давности обеспечиваются сетями с системой заземления *TN-C*, которые сейчас нуждаются как минимум полной модернизации.

Ключевые слова: электрический ток, электробезопасность, системы *TN*, *TN-C*, *TN-S*, *TN-C-S*, электропоражение, заземление.

Введение

Федеральный закон 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» принят 30 декабря 2009 г. [1] определяет требования безопасности к зданиям и сооружениям не только в целом, а в обязательном порядке распространяет сферу своего действия на входящие состав зданий и сооружений сети и сооружения инженерно-технического обеспечения. Причем объектами действия закона они являются на всех этапах жизненного цикла здания, начиная от инженерных изысканий и проектирования и заканчивая их сносом и утилизацией.

В стране имеется достаточно большой фонд жилой застройки второй половины 20 века, на котором необходимо проводить капитальный ремонт. Некоторые из основных проблемных сторон, касающихся вопросов электробезопасности в жилых зданиях, были рассмотрены с участием одного из авторов данной публикации в статье [2]. Авторы настоящей статьи касаются тех сторон, которые не в полной мере были затронуты в предыдущей статье.

При выполнении капитального ремонта приходится решать вопросы обеспечения электробезопасности не только в ванных комнатах. Важное значение для повышения уровня безопасности имеет перевод энергообеспечения на системы заземления *TN-S* или *TN-C-S*. Однако сложности в обеспечении электробезопасности в жилых домах старой застройки, предопределяются и тем, что при капитальном ремонт здания подвод электричества потребителям выполняется переходом на сети с системой заземления *TN-C-S*, а разводка электропроводки в квартирах, выполненная ранее при строительстве здания, остается в старом исполнении как для сети с системой заземления *TN-C*.

Необходимость всестороннего изучения различных систем заземления входила в круг задач по установлению причин несчастного случая, связанного со смертельным электропоражением человека в квартире жилого дома, в котором был выполнен перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-C-S во время капитального ремонта этого здания.

Основная часть

В настоящее время при ремонте и реконструкции жилых и общественных зданий, в которых напряжение сети составляет 220/127 В или 3х220 В, в качестве основного проектного решения предусматривается перевод сети на напряжение 380/220 В с системой заземления TN-S или TN-C-S. Такое решение обуславливается требованием п. 7.1.13 ПУЭ. Однако, остающийся высокий уровень электротравматизма [2-8] даже после такого мероприятия, не гарантирует достаточного уровня электробезопасности.

Выборочно рассмотрим преимущества и недостатки систем и подсистем заземления для решений вопросов электробезопасности при переводе питания электроприемников на электроснабжение с различными системами заземления, исходя из наиболее применяемых и использовавшихся в постройках 50-80-х годов советского периода и используемых в настоящее время.

Разновидностями систем заземления являются, система TN (с подсистемами TN-C, TN-S, TN-C-S), система TT и система IT.

Расшифровка буквенных обозначений в этих системах такова:

- первая буква начальной группы означает состояние нейтрали источника питания относительно земли: *T* (terra) – земля или *I* (isole) – изолированная нейтраль;

- вторая буква из этой же группы означает состояние открытых проводящих частей относительно земли: *T* – их заземление вне зависимости от отношения к земле нейтрали источника питания или какой либо части питающей сети; *N* – их присоединение к глухозаземленной нейтрали источника питания.

Под следующими после *N* буквами зафиксировано совмещение в одном проводнике функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников или их разделение. Буквой *S* обозначается, что нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*PE*) проводники разделены, а буквой *C*, что функции нулевого защитного (*PE*) и нулевого рабочего (*N*) проводников совмещены в одном проводнике (*PEN*-проводник).

Схемы систем заземления для электроустановок переменного тока представлены на рис.

Сформулируем пояснения по выборочной информации (рис.) из п.1.7.3. ПУЭ, представленной для электроустановок напряжением до 1 кВ:

- в системе TN переменного тока нейтраль источника питания является глухозаземленной, к которой присоединяются открытые части электроустановок нулевыми защитными проводниками. Термин глухозаземленная означает, что проводник *N* (нейтраль) присоединен не к дугогасящему реактору, а к заземляющему контуру, который непосредственно смонтирован вблизи трансформаторной подстанции;

- система TN-C – это такая система TN, где на всем протяжении одного проводника совмещаются нулевой защитный и нулевой рабочий проводники (рис. а);

- система TN-S – это такая система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники на всем их протяжении разделены друг от друга (рис. б);

- система TN-C-S – это такая система TN, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике в какой-то ее части на каком-то удалении от источника питания (рис. в);

- в системе IT переменного тока нейтраль источника питания изолируется от земли или заземляется через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части электроустановки также заземляются (рис. г)

- система TT – система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземленной нейтрали источника (рис. д).

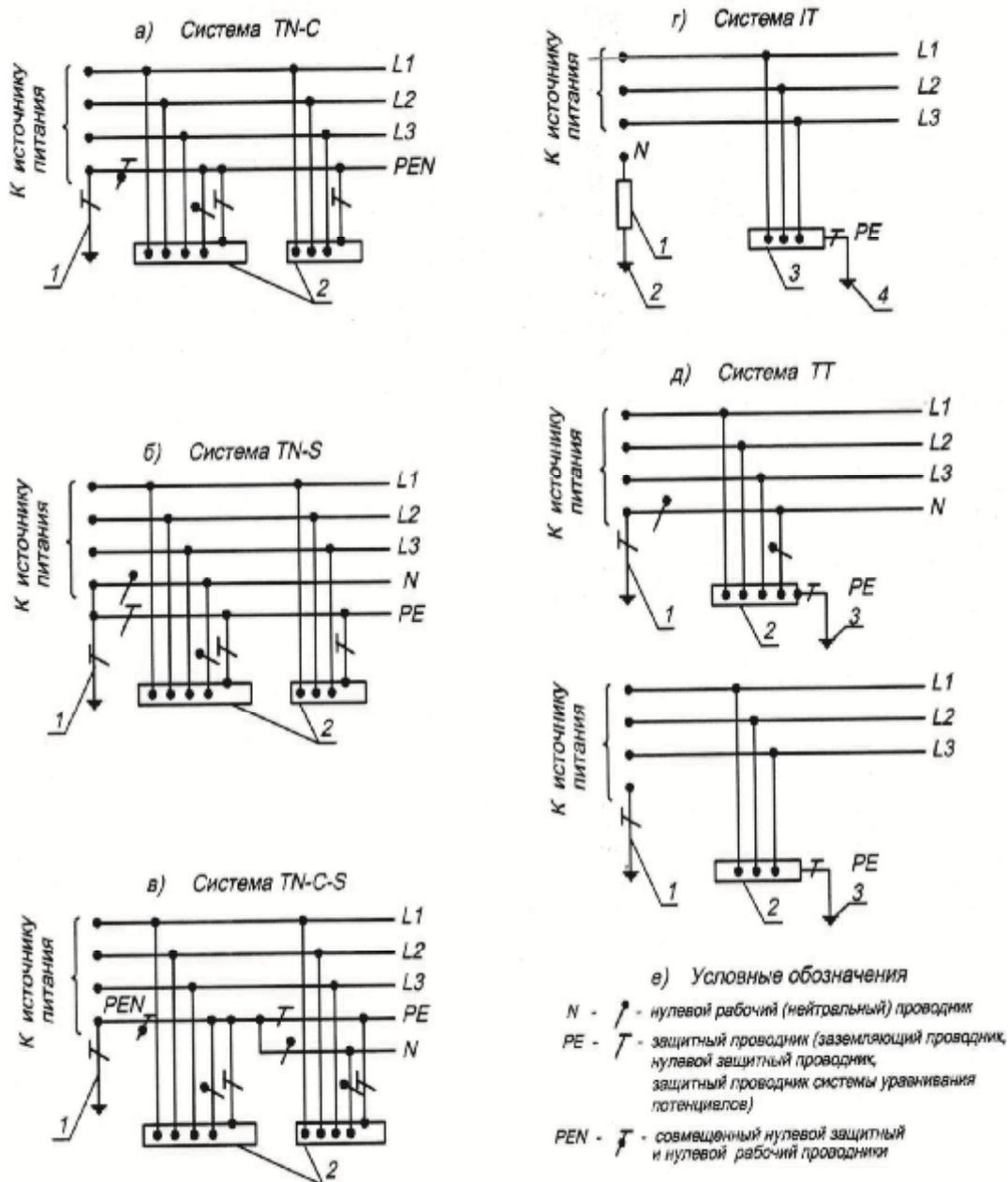


Рис.

- а) Система TN-C переменного тока с совмещенными в одном проводнике нулевым защитным и нулевым рабочим проводниками: 1 – заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания; 2 – открытые проводящие части;
- б) Система TN-S переменного тока с разделенными по нулевым защитным и нулевым рабочим проводниками: 1 – заземлитель нейтрали источника переменного тока; 2 – открытые проводящие части;
- в) Система TN-C-S переменного тока с нулевым защитным и нулевым рабочим проводниками, совмещенными в одном проводнике в части системы: 1 – заземлитель нейтрали источника переменного тока; 2 – открытые проводящие части;
- г) Система IT переменного тока с заземленными открытыми частями электроустановки и нейтралью источника питания, изолированной от земли или заземленной через большое сопротивление: 1 – сопротивление заземления нейтрали источника питания (если имеется); 2 – заземлитель; 3 – открытые проводящие части; 4 – заземляющее устройство электроустановки;
- д) Система TT переменного тока с открытыми проводящими частями электроустановки, заземленными при помощи заземления, электрически независимого от заземлителя нейтрали: 1 – заземлитель нейтрали источника переменного тока; 2 – открытые проводящие части; 3 – заземлитель открытых проводящих частей электроустановки;
- е) Условные обозначения

Учитывая, что при капитальном ремонте жилых домов, где была система *TN-C*, из экономических соображений заменялась на систему *TN-C-S*, отметим их достоинства и недостатки названных систем заземления.

Достоинством [3, 5] подсистемы *TN-C* является ее распространенность, экономичность и простота.

Недостаток [3, 5] подсистемы *TN-C* – это то, что здесь не предусмотрен отдельный проводник защитного заземления (*PE*). Поэтому в жилом доме ни одна розетка не является заземленной. Современное бытовое электрооборудование выпускается с включающими и подключающими устройствами, гарантирующими требуемый уровень электробезопасности при применении электророзеток с подводкой к ней заземляющего проводника. Некоторые в таких случаях делают зануление, защитный эффект которого заключается в приведении к короткому замыканию, вызывающему срабатывание автоматического выключателя на отключение. Но такое происходит, если фазный проводник каким-то образом замыкается на корпус электрооборудования и происходит короткое замыкание. Это решение является возможным, но весьма небезопасным.

Также при системе *TN-C* повышается уровень опасности, если в ванных комнатах делать уравнивание потенциалов.

В связи с изложенным для зданий современной постройки устройство сетей системой *TN-C* не рекомендуется.

Достоинством [3, 5] подсистемы *TN-C-S* является возможность ее широкого применения, легкая техническая выполнимость. При переходе с подсистемы *TN-C* требуется несложная модернизация.

Недостатком подсистемы *TN-C-S* является то, что при этом необходимо устанавливать новые стояки в подъездах.

С переходом на подсистему *TN-C-S*, хотя и происходит повышение уровня безопасности, но возможность возникновения опасных ситуаций все же остается высокой.

Например, при аварийном разрыве проводника *PEN* на участке от источника питания (трансформатора) до точки разделения, все подключенные электроприборы и электрооборудование оказываются под линейным напряжением [3], и этим самым создают опасную ситуацию при прикосновении к ним.

К недостаткам подсистемы *TN-C-S* возможность «отгорания нуля», то есть разрушение нулевого провода в системе трехфазной сети на участке со стороны потребителя при схеме соединения звездой. В этом случае на нулевом проводнике возможно появление фазного напряжения, которое невозможно отключить даже при использовании автоматики.

Отметим, что существует опасность при объединении рабочего нулевого провода *N* и защитного проводника *PE* за точкой их разделения по ходу распределения электроэнергии. Это нарушение, приводит к появлению в защитном *PE*-проводнике токов довольно большой величины, а нормальном состоянии по этому проводнику ток течь не должен. В этом случае возникает высокая опасность электропоражения человека.

Добавим к выше приведенному материалу результаты исследований выполненных единым коллективом авторов настоящей статьи и статьи [2].

При осмотре авторами места происшествия и из бесед с жильцами дома было установлено, что после капитального ремонта летом 2010 года во дворе дома была разрыта дворовая площадка в зоне размещения заземлителей. Целостность подземных конструкций заземления была нарушена, а формы заземлителей претерпели механические изменения. По мнению жильцов эти развороченные подземные элементы конструкции заземления были как попало уложены обратно и зарыты грунтом.

По этому поводу заметим, что выполненные лицензированной организацией замеры при оценке состояния технических средств электрозащиты, показали исправное состояние элементов конструкций заземления дома.

Результаты измерений сопротивления заземляющих устройств, выполненных в сентябре 2013 года в жилом доме и его территории показали следующее:

- сопротивление на выводе контура заземления соответствует нормативному значению;
- сопротивление изоляции проводов, аппаратов и обмоток электрических машин в первом, втором, третьем и четвертом подъездах соответствует требованиям норм;

- сопротивления цепей (в доступных для измерения местах) и качество контактных соединений заземляющих и защитных *PE* и *PEN* проводников подтверждается соответствием измеренных сопротивлений допустимым значениям, кроме участка «заземляющий проводник – корпус ванной» в одной квартире.

При проведении измерений было установлено:

- не заземлено оборудование в 13,2 % квартирах;
- не было доступа в 26,5 % квартир;
- не было доступа к ШДУП в 8,8 % квартирах;
- отсутствует информация по замерам на защитном электрооборудовании 5,9 % квартир.

Поэтому вывод о реальном состоянии безопасности электрооборудования в обследованном доме или об опасности систем электрооборудования сделать не представилось возможным.

Кроме этого, в процессе следствия по данному делу было проведено выборочное опросное анкетирование жильцов, проживающих в 30 % квартир, по имевшим место фактам воздействия электрического тока на них до и после происшествия несчастного случая.

Результаты получились следующими:

- на проживающих в 66,7 % квартирах ни ранее дня происшествия, ни после этого числа не было воздействия электрического тока;

- испытали действие электрического тока жильцы 33,3 % квартир, а ответы жильцов были такими:

- после капитального ремонта: «пальцы чувствовали электрический разряд»;
- после капитального ремонта: «при соприкосновении ног об ванну»;
- до и после капитального ремонта:
«очень часто бьет током от стиральной машины, пальцы рук»: «Изредка (оч. редко) при принятии душа можно почувствовать легкое воздействие (пощипывание), возможно, эл. током; все тело, начиная с рук»;

«до проведения кап. ремонта в ванной комнате открываешь кран и при соприкосновении пальцев рук с водой ощущалось воздействие тока. Вызывала электриков с ЖЭУ»;

«после кап. ремонта воздействие тока на кухне при соприкосновении пальцев рук с газовой трубой»;

- после капитального ремонта:

«шланг ванной, полотенцесушилка», причем контакт был через «пальцы рук»;

«раньше было от батареи отопления и водопровода».

«в сентябре месяце этого года были неоднократные отключения электричества в нашем доме, после чего иногда било электричеством в ванной комнате, после случая (происшествия) воздействия электричества не было»;

- ремонт электропроводки выполнялся только в одной квартире силами самого собственника, потому что «До кап. ремонта были случаи когда проводка могла самопроизвольно загореться (2 раза) в квартире; после завершения работ по кап. ремонту дома в квартире была полностью заменена эл. проводка на медную, трехфазную»;

- в ваннных комнатах 61,9 % квартир установлены электрические розетки;

- заземление электророзеток по каждой квартире в целом не выполнено ни в одной из квартир, кроме одной, в которой заземлена розетка в ванной комнате);

- выполнение систем уравнивания потенциалов в ваннных комнатах подтверждено жильцами 2-х квартир, причем, ответили, что выполнено «не по 7.1.88 ПУЭ» в одной квартире, а в других, ответили, что нет или не знают, что это такое – жильцами остальных квартир;

- самостоятельное отключение устройств электрозащиты было произведено жильцом только в одной квартире (из свидетельских показаний).

Результаты измерений и анкетный опрос жильцов квартир показали, что:

- имеется опасное несоответствие нормам электробезопасности в одной из квартир;
- различные виды воздействия электрического тока испытывали на себе жильцы квартир 10,3 %, причем, 5,9 % таких квартир находятся в подъезде, в котором произошел несчастный случай;

- квартирная проводка заменена только в одной квартире после капитального ремонта дома.

Из приведенного можно сделать вывод, что:

- во всех подъездах жилого дома, в котором произошел несчастный случай, имеются проблемы с обеспечением электробезопасности, особенно в 1-ом и 2-ом подъездах;

- в одной из квартир защитные устройства следует привести в соответствие с нормами.

Заключение

Исследование вышеотмеченных опасностей, которые могли стать причинами несчастного случая при электропоражении человека, явились основанием для подробного изучения нормативных требований по электробезопасности. С учетом результатов проанализированного в статье [2] материала, сложилось мнение, что несчастный случай, приведший к смерти человека, мог произойти в результате различных недоработок, несоблюдения требований технического и организационного, а также личностного характера. Здесь выявляется целый комплекс взаимосвязанных и не связанных друг с другом цепочек нарушений и невыполнений требований норм безопасности.

Список библиографических ссылок

1. Федеральный закон 384-ФЗ от 30 декабря 2009 г. «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
2. Хузиахметов Р.А., Хузиахметова К.Р. Обеспечение электробезопасности в особоопасных помещениях жилых зданий // Известия КГАСУ, 2015, № 3 (33). – С. 177-186.
3. Информационный ресурс: Толковый электрик. URL: <http://electric-tolk.ru/sistemy-zazemleniya-tn-s-tn-c-s-tn-s-tt-it> (дата обращения: 15.08.2015).
4. Заземление / материал из Википедии. URL: <https://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 15.08.2015).
5. URL: <http://elektrik.clan.su/publ/3-1-0-8> (дата обращения: 15.08.2015)
6. Стрембовский А.Н. Вероятностные методы оценки электробезопасности // Промышленная энергетика, 2011, № 5. – С. 50-56.
7. Аракелян М.К., Вайнштейн Л.И. Электробезопасность в жилых зданиях. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 112 с.
8. Гордон Г.Ю., Вайнштейн Л.И. Электротравматизм и его предупреждение. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 256 с.

Khuziakhmetov R.A. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: hroustam@mail.ru

Sharapova N.B. – student

E-mail: nelyasharapova@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Informational analysis of normative safety requirements and natural research of a condition of networks of power supply and system of grounding residential building after reconstruction

Resume

The problem of ensuring the safety of human existence is to discharge all the major countries of the world. In the Russian Federation realization of priority tasks of ensuring the safety of human existence, his life laid down in the Constitution of the Russian Federation and supported by the active introduction of a number of federal laws technical content, and the development in the direction of human security and the environment. However, the obvious is

the fact that the level of financing of security measures in general, determined by the economic condition of the country.

In this regard, we can say that in solving the problem raising the level of electrical safety in residential buildings must be taken not the pioneer solutions that are at once instantly qualitatively raise the bar of safety. Even the translation of electric networks to the grounding system *TN-C* voltage 380/220 V with earthing system *TN-S* or *TN-C-S* in any region of the country, I think, is a task almost impossible. This follows from the fact that the residential development of forty-fifty years ago provided nets to the grounding system *TN-C*, which are now in need of at least a complete redesign.

Difficulties in ensuring the electrical safety in the homes of old buildings, are predetermined by the fact that when the overhaul of the building for the supply of electricity to consumers takes you to the network earthing system *TN-C-S*, and the wiring installation in apartments, made earlier in the construction of the building remains in the old version for network grounding system *TN-C*.

Keywords: electric current, electrical safety, *TN*, *TN-C*, *TN-S*, *TN-C-S* systems, electrodefault, grounding.

Reference list

1. Federal Law 384-FZ of December 30, 2009. «Technical Regulations on the safety of buildings and structures».
2. Khuziakhmetov R.A., Khuziakhmetova K.R. Providing electrical in highly dangerous areas of residential buildings // *Izvestiya KGASU*, 2015, № 3 (33). – P. 177-186.
3. Clearinghouse: Explanatory electrician. URL: <http://electric-tolk.ru/sistemy-zazemleniya-tn-s-tn-cs-tn-s-tt-it> (date of treatment 15.08.2015).
4. Ground / material from the Wikipedia / URL: <https://ru.wikipedia.org> (reference date: 15.08.2015).
5. ULR: <http://elektrik.clan.su/publ/3-1-0-8> (reference date: 15.08.2015).
6. Strembovsky A.N. Probabilistic methods for evaluating electrical // *Promyshlennay Energetica*, 2011, № 5. – P. 50-56.
7. Arakelyan M.K., Vanshtein L.I. Electrical safety in residential buildings. – M.: Elektroatomizdat, 1983. – 112 p.
8. Gordon G.Y., Vanshtein L.I. Electrical injury and prevention. – M.: Elektroatomizdat, 1985. – 256 p.