

Департамент образования и науки города Севастополя
Государственное бюджетное образовательное учреждение
«Центр дополнительного образования
«Малая академия наук»

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЫСОКООМНОГО СТЕРЖНЕВОГО ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ ДЛЯ ЖИЛЫХ ДОМОВ

Работу выполнила:

Чеброва Мария Сергеевна, 20.02.2004г.,
учащаяся творческого объединения
«Экспериментальная физика» ГБОУ ЦДО
«Малая академия наук»,
ГБОУ «Инженерная школа», 11 класс

Научный руководитель:

Кравченко Виталий Витальевич,
педагог ДО, руководитель творческого
объединения «Экспериментальная физика»
ГБОУ ЦДО «Малая академия наук»,
к. т. н. в области квантовой физики, член-
корреспондент Крымской академии наук

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
РАЗДЕЛ 1. ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТКИ.....	5
1.1. Системы электроснабжения дачных жилых домов	5
1.2. Формальные требования к значению сопротивления заземлителей...5	
1.3. Конструкции исследуемых стержневых заземлителей.....	6
1.4. Данные исследований.....	7
РАЗДЕЛ 2. ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ.....	10
ВЫВОДЫ.....	13
Список используемых источников	14

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. В настоящее время всё большее количество жителей и гостей города Севастополя и других приморских городов длительно проживает в домах, непригодных для такого проживания и расположенных в садовых товариществах, где ранее не было предусмотрена подобная ситуация.

В связи с этим хозяевам участков сегодня приходится самостоятельно принимать организационные и технические решения по максимально возможному обеспечению безопасности пользователей электроэнергией, особенно при эксплуатации электроустановок для нагрева воды: водонагревателей, стиральных машин и т.д. В первую очередь, безопасность эксплуатации электроприборов связана с применением дифференциальных автоматов (устройств защитного отключения-УЗО) и правильной конструкцией заземлителей, где будет учтена специфика грунта, состоящего из пористого известняка, покрытого слоем в 30-40 сантиметров плодородного слоя.

Сегодня основным официальным документом, регламентирующим значение омического сопротивления заземлителя, являются «Правила устройства электроустановок в 7-й редакции» (ПУЭ-7). Согласно п.1.7.101 ПУЭ-7, сопротивление заземлителя должно быть не более 30 Ом, то есть заземлитель должен быть низкоомным. Но в таком известняковом грунте низкоомный заземлитель выполнить очень сложно или вообще невозможно.

Цель исследований. Целью данных исследований является разработка упрощённой конструкции высокоомного заземлителя, в полной мере обеспечивающего безопасность пользователей электроустановок любого типа, при включении такого заземлителя совместно с УЗО.

Для реализации поставленной цели должны быть решены следующие задачи:

1. изготовить по эскизам разработчика стержневые заземлители из стали (уголок 50×50мм, круг диаметром 30мм, квадрат 20×20мм - все длиной 1.25 метра) в количестве 2 шт. каждый;
2. подготовить оборудование для выполнения измерений сопротивлений стержневых заземлителей и оценки работы УЗО при подключении последовательно с данными заземлителями. Состав оборудования приведен в разделе 1;
3. выполнить соответствующие измерения и эксперименты.

Научная новизна полученных результатов. В результате выполненных исследований впервые доказано, что применение высокоомных заземлителей стержневого типа упрощённой конструкции, вбитых в грунт на глубину 0,7 метра (что легко осуществимо), имеющих сопротивление до 500 Ом при любых внешних условиях и включённых совместно с УЗО на ток срабатывания 10 мА, обеспечивает необходимый уровень безопасности при работе с любыми электроустановками.

Практическое применение. Данная разработка создала предпосылки для повсеместного применения системы защиты от поражения электрическим током, построенной на высокоомном стержневом заземлителе, заглублённом в пористый известняк на 0,7 метра, и соединённом последовательно с УЗО, рассчитанном на дифференциальный ток утечки 10 мА. При этом устранять заводскую связь между нейтралью и корпусом не требуется.

Объем пояснительной записки: Объем пояснительной записки с полным описанием работы: 16 печатных страниц. Количество использованных иллюстраций в пояснительной записке: Графические рисунки в количестве 5 шт. Список использованных литературных источников - 5.

РАЗДЕЛ 1 ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТКИ

1.1. Системы электроснабжения дачных жилых домов

В настоящее время практически в любых садовых товариществах применяются системы электроснабжения типа TN-C: Т-земля, N-нейтраль, Скомбинированная. Три выходных обмотки L1, L2 и L3 фаз силового трансформатора соединены по схеме «звезда», когда в одной точке сходятся концы всех трёх обмоток. К этой точке присоединён четвёртый проводник PEN: Р-защитный, Е-заземлённый, N-нейтральный. Этот проводник глухо соединён с искусственным заземляющим устройством, сопротивление которого, согласно требованиям ПУЭ-7, должно быть не более 4 Ом при любых условиях окружающей среды. И этот проводник нельзя разрывать ни при каких обстоятельствах, за исключением случая применения УЗО перед конкретной защищаемой электроустановкой. [1]

Из этого следует, что применять двухполюсные автоматические выключатели тока, когда один полюс разрывает цепь фазы, а второй - цепь нейтрального проводника – крайне опасно.

Следует иметь в виду, что разрыв нейтрального проводника приводит к появлению на корпусе электроустановки напряжения 220 В, если в данный момент эта электроустановка включена. Это является большим недостатком четырёх-проводниковой системы электроснабжения (во всех электроустановках корпус соединён с нейтральным проводником предприятием-изготовителем). Если корпус не защищён УЗО и собственным заземляющим устройством, ситуация становится непредсказуемой и опасной, что может привести к летальному исходу.

В последнее время отдельные владельцы домов стали применять систему электроснабжения типа TT: заземление нейтрального проводника. Т-заземление корпуса электроустановки при помощи индивидуального искусственного заземляющего устройства, независимого от глухозаземлённой нейтрали. Для реализации этой системы, в принципе, более безопасной, чем предыдущая, необходимо самостоятельно отключить корпус от нейтрали. Но не каждый пользователь на это решится, ведь в этом случае изготовитель перестаёт нести какую-либо ответственность за своё изделие.

Из всего приведенного следует, что необходимо найти другое решение, простое и всех устраивающее с любой точки зрения.

1.2. Формальные требования к значению сопротивления заземлителей

Как уже было указано во введении, в ПУЭ-7, а также в источниках информации [4], [5] из списка используемой литературы, значение омического сопротивления искусственных заземлителей должно быть не более 30 Ом. ПУЭ-7 разрешает использовать также и естественные заземлители в виде заглублённых в землю водопроводных труб, основания

железобетонных опор и так далее. Но сопротивление труб никак не регламентируется: трубы могут разобрать, заменить на пластиковые и т.д. Более того, при обрыве нейтрали на трубе может появиться напряжение, опасное для жизни, как было указано выше.

Добиться требуемого значения сопротивления заземлителя, внедрённого в пористый известняк каким-то образом, практически невозможно, или возможно, но очень дорого: например, пробурить скважину до водоносного слоя. Но кто будет это делать?

Опять-таки, нужно найти приемлемое для всех решение.

1.3. Конструкции исследуемых стержневых заземлителей

Для выполнения данной исследовательской работы были изготовлены три типа стержневых заземлителей по эскизам разработчика:

1. заземлитель из стального уголка 50×50 мм длиной 125 см, имеющий косые срезы в нижней части;
2. заземлитель из стали, сечение круглое диаметром 30 мм, с выточенным острием в нижней части;
3. заземлитель из стали, сечение квадратное 20×20 мм, с выточенным острием в нижней части.

В заземлителе из уголка в верхней части выполнены два отверстия диаметром 10,5 мм. В верхней части двух других заземлителей приварены полки с двумя отверстиями диаметром 10,5 мм. Для крепления заземляющего проводника применялись болты и гайки с метрической резьбой 10×1,5 мм из нержавеющей стали 12Х18Н10Т, а также шайбы из этой же стали с диаметром внутреннего отверстия 10,5 мм.

Заземляющий проводник представлял собой изолированный двухжильный кабель с медными проводниками сечением 2,5 мм кв. каждый, скрученными в единое целое.

Заземлители, один из которых вбит в грунт кувалдой, а второй опирается на предметный столик острием кверху, представлены на фотографии, рис. 1.1



Рис. 1.1 Состав оборудования, необходимого для проведения исследований

трансформатор однофазный с выходным напряжением 10 В;

1. миллиамперметр с диапазоном измерений 0-100 мА;
2. мультиметр;
3. осциллограф;
4. УЗО с дифференциальным током отключения электричества 10 мА;
5. выключатель ручной;
6. комплект инструментов и кабелей.

1.4. Данные исследований

Исследования по определению сопротивления всех типов заземлителей выполнялись по схеме, приведенной на рис 1.2.

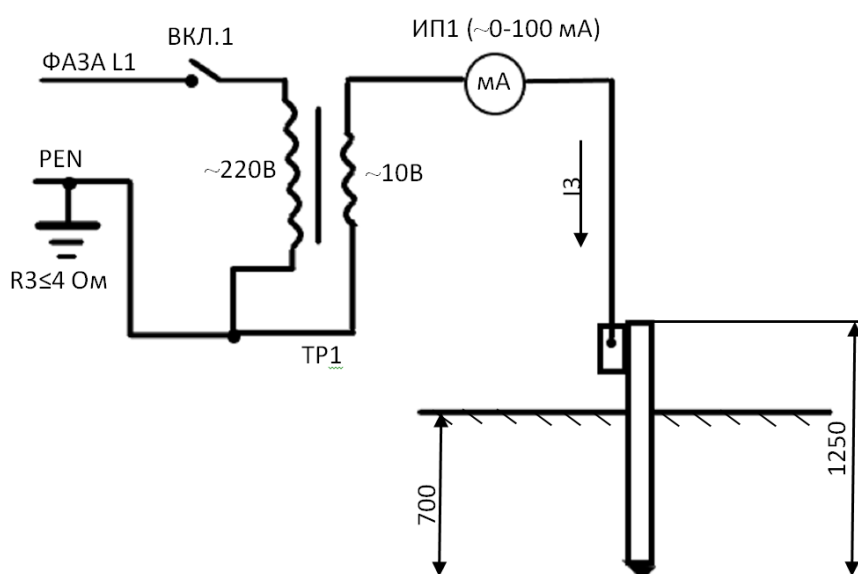


Рис. 1.2 Схема по определению сопротивлений всех типов

Заземлители вбивались в грунт на глубину 70 см с помощью кувалды в 10 точках 3-х участков в районе мыса Фиолент г. Севастополя. Измерения токов в миллиамперах через заземлители в грунт выполнялись миллиамперметром с диапазоном измерений 0-100 мА. Напряжение значением 10 В на заземлитель подавалось со вторичной обмотки трансформатора. Значение напряжения в 10 В выбрано из тех соображений, что, даже при появлении такого напряжения на корпусе электроустановки при ухудшении качества изоляции через тело человека может протечь ток до 10 мА (сопротивление тела в нормальном состоянии равно около 1000 Ом), а смертельное значение тока составляет около 40 мА.

Результаты измерений и расчетов представлены в таблице 1.1

Таблица 1.1

Результаты расчетов и измерений

	Результаты 10-ти измерений [мА]	Средняя сила тока [мА]	Сопротивление заземлителя [Ом]
Заземлитель из уголка	53,43,61,48,50,49,37,55,42,51	48,9	204,49
Заземлитель с круглым сечением	47,38,51,39,49,30,53,43,42,56	44,8	232,2
Заземлитель с квадратным сечением	43,31,35,48,51,29,37,40,28,38	41	243,9

- Данные 10-ти измерений тока в мА по заземлителю из уголка: 53мА, 43мА, 61мА, 48мА, 50мА, 49мА, 37мА, 55мА, 42мА, 51мА. Среднее значение тока - 48,9 мА. Сопротивление заземлителя, рассчитанное по формуле

$$R=U/I,$$

где R-сопротивление вбитого в грунт заземлителя [Ом];

U-напряжение на заземлителе [В];

I-среднее значение тока через заземлитель [А]

составило 204,49 Ом.

- Данные 10-ти измерений по заземлителю с круглым сечением: 47мА, 38мА, 51мА, 39мА, 49мА, 30мА, 53мА, 43мА, 42мА, 56мА. Среднее значение тока - 44,8 мА. Сопротивление данного заземлителя составило 223,2 Ом.
- Данные 10-ти измерений по заземлителю с квадратным сечением: 43мА, 31мА, 35мА, 48мА, 51мА, 29мА, 37мА, 40мА, 28мА, 38мА. Среднее значение тока - 41,0 мА. Сопротивление данного заземлителя составило 243,9 Ом.

Измеренные сопротивления заземлителей различных конструкций несколько отличаются, но для практического применения это не имеет существенного значения: даже при сопротивлении 500 Ом ток утечки через такой заземлитель составит 20 мА при возникновении на корпусе электроустановки напряжения 10 В за счёт ухудшения изоляции фазного проводника, и УЗО, рассчитанное на дифференциальный ток утечки с корпуса на заземлитель, сработает за доли секунды.

Следует отметить, что заземлитель из уголка можно изготовить самостоятельно, так как токарные работы не потребуются. Правда, при ударах по уголку верхняя часть его будет деформирована, и эту часть нужно будет срезать болгаркой, после чего просверлить 2-3 отверстия нужного диаметра.

При включении напряжения на заземлитель значение тока в течение долей секунды может достигать до 200-300 мА, что наблюдается на экране осциллографа. Этот феномен поясняется наличием электрической ёмкости у данного грунта и, следовательно, возникновением скачка емкостного тока.

РАЗДЕЛ 2 ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Данная разработка создала предпосылки для повсеместного применения системы защиты от поражения электрическим током, построенной на высокоомном стержневом заземлителе, заглублённом в пористый известняк на 0,7 метра, и соединённом последовательно с УЗО, рассчитанном на дифференциальный ток утечки 10 мА. При этом устранять заводскую связь между нейтралью и корпусом не требуется.

Обрыв нейтрали также не окажет существенного негативного влияния на ситуацию с электроснабжением - УЗО мгновенно отключит фазу.

Стоимость такой работы незначительна. Сложность сведена к минимуму - любой человек понимающий принцип работы УЗО, может выполнить эту работу самостоятельно.

Несколько слов о принципе работы УЗО (доступно изложен в журнале «Строим свой дом», №2, 2011 год). Фазный и нейтральный проводники пропускаются сквозь кольцевой магнитопровод, на который намотана трансформаторная обмотка. Ток проходит по цепи: фазный провод, нагрузка, нейтральный провод.

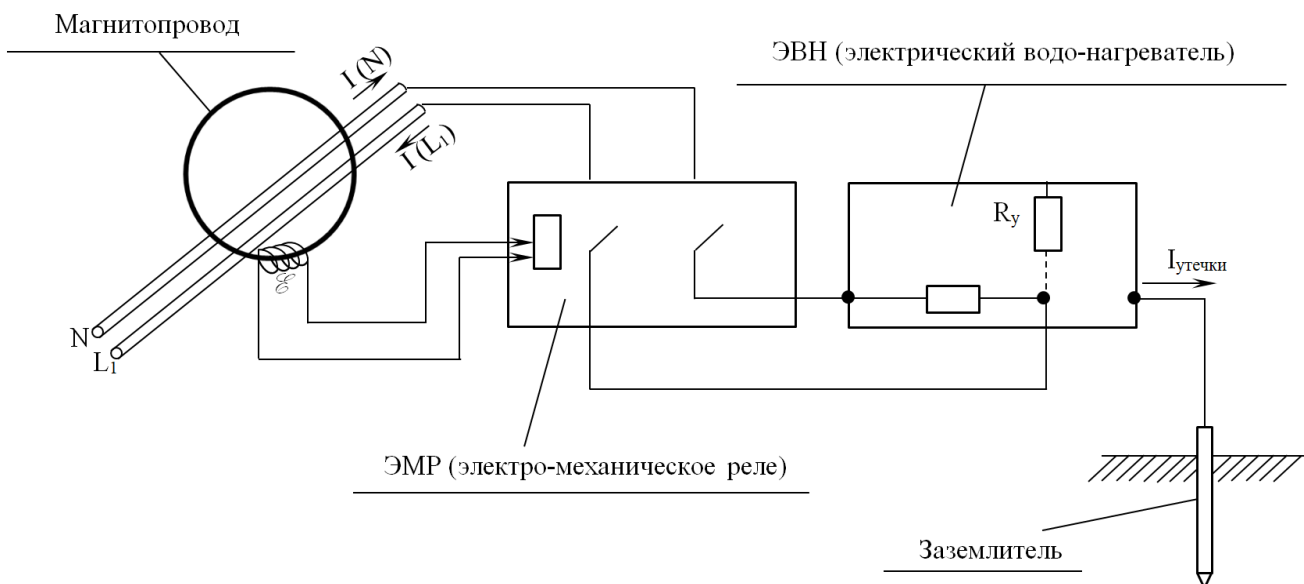


Рис. 2.1. Устройство УЗО

Токи в этих двух проводниках направлены в противоположных направлениях, и магнитные потоки магнитной индукции компенсируют друг друга, если токи равны. Но если возникает даже незначительная утечка тока от фазного проводника в заземлитель, на трансформаторной обмотке возникает напряжение, размыкающее фазный и нейтральный проводники. Единицей магнитного потока является ВЕБЕР [Вб] Создаётся магнитным полем с индукцией 1 ТЕСЛА через поверхность площадью 1 метр квадратный (см. учебник физики 11 класса).

Наиболее удобный в изготовлении и использовании заземлитель представляет собой стальной уголок 50×50 мм длиной 125 см, имеющий косые срезы в нижней части, представленный на рисунке 2.2.



Рисунок 2.2. Внешний вид стального заземлителя

Наиболее важным итогом работы является разработанная мной система подключения высокоомного заземлителя и УЗО, представленная на рисунке 2.3. Она обеспечивает безопасное функционирование электроустановок в частных домах, расположенных на участках с известняковым грунтом, что и есть ее главное преимущество в практическом применении. Существующие на данный момент заземлители нецелесообразно применять на территориях, где грунт состоит, в основном, из известняка, покрытого незначительным слоем плодородной земли. К таким территориям относится большинство приморских городов РФ, и Севастополь в том числе. Таким образом, применение системы подключения высокоомного заземлителя совместно с УЗО является оптимальным решением проблем безопасной электрификации частных домов на территориях, лежащих близ морей.

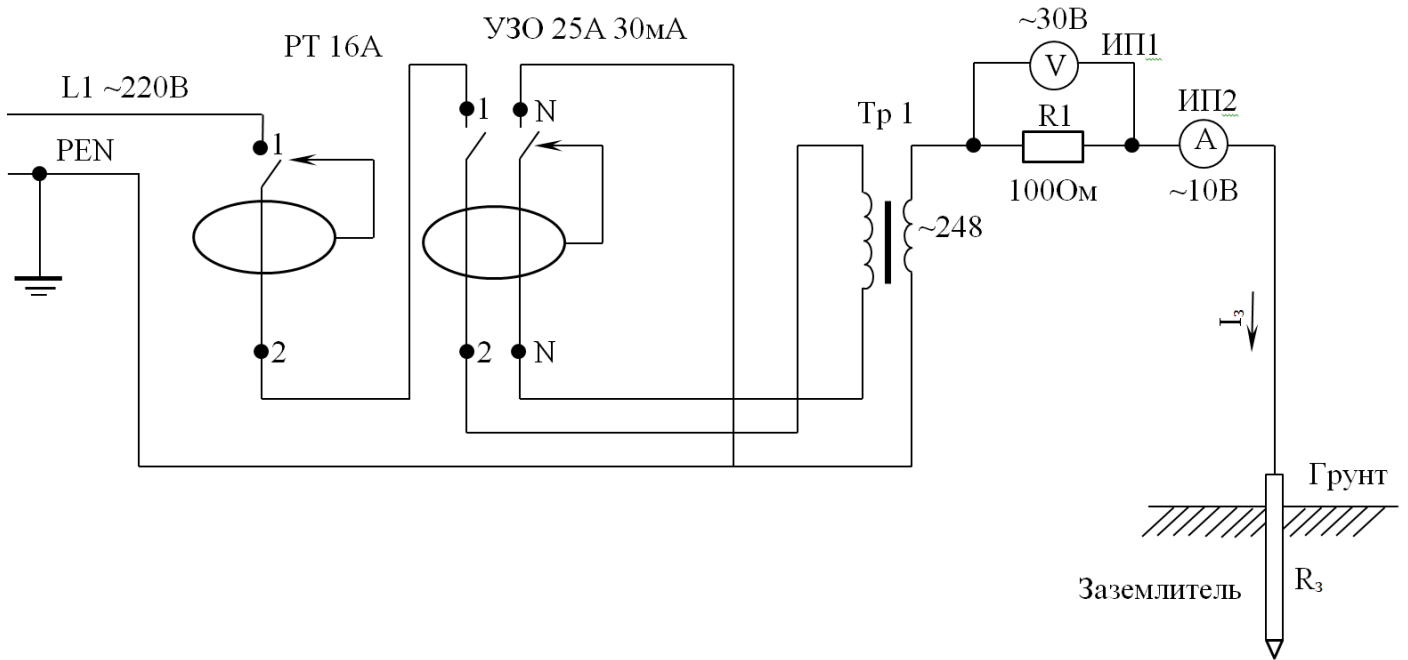


Рисунок 2.3. Система подключения высокоомного заземлителя и УЗО

ВЫВОДЫ

Данная разработка теоретически и экспериментально впервые убедительно показала возможность эффективного применения простых высокоомных конструкций стержневых заземлителей в паре с чувствительными УЗО. Разработка, представленная в работе, пригодна для реализации главной цели - достижения высокого уровня безопасности при работе с любыми электроустановками без какого-либо изменения в их технических решениях.

Научная новизна полученных результатов бесспорна - никто до настоящего времени ничего подобного не предлагал.

Для скорейшего внедрения в повседневную практику разработанных технических решений целесообразно передать весь объем информации по данной теме возможному производителю таких систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. В. Д. Маньков. Заграничный С.Ф. «Защитное заземление и зануление электроустановок» М.: Политехника, 2005.
2. Журнал «Строим свой дом», №2, 2011 г. Издательство ООО «Аванпост-Прим», г. Киев, ул. Сурикова, 3.
3. Карякин Р. Н. справочник «Заземляющие устройства электроустановок» 2-е издание. М.: Энергосервис, 2006.
4. Мякишев Г.Я. Буховцев Б.Б. Физика. Учебник для общеобразовательных учреждений 11 класс. 19-е издание, Москва «Просвещение», 2010.
5. Правила устройства электроустановок. Издание 7. Нормативный документ от 13.12.2006. Утвержден приказом Министерства РФ.