

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СПИСКА ЛИТЕРАТУРЫ  
статей в журнал "Политехнический Вестник"

1. Общие положения.

Все ссылки должны быть только на печатные издания, за исключением ссылок на электронные журналы. Не допускаются ссылки на учебные пособия, методические указания, ГОСТы, сборники тезисов докладов конференций (за исключением конференций, имеющих статус международных), труды высших учебных заведений, диссертации и авторефераты диссертаций, а также другие, труднодоступные для зарубежных читателей, источники<sup>1</sup>.

Авторы полностью несут ответственность за точность библиографических источников, в том числе в переводе на английский язык.

2. Ссылки на цитируемую литературу даются в тексте статьи в квадратных скобках и нумеруются в порядке упоминания и представляются в двух вариантах:

*1 вариант:* (Библиографический список) Оформляется согласно руководству IEEE<sup>2</sup> или ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов». Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

Все ссылки должны быть оформлены единообразно: только с точкой, без тире между частями описания (см. пример). Символы № и & не используются, номер обозначается латинской буквой N без точки после нее. Двойной косой чертой отделяется описание более крупного документа, на фрагмент которого ссылаются. Перед двойной косой чертой точка не ставится. Пробелы перед и после знака // обязательны.

*2 вариант:* (References) для зарубежных баз данных приводится полностью отдельным блоком, повторяя список литературы к русскоязычной части, независимо от того, имеются или нет в нем иностранные источники. Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке, готовящемся в романском алфавите.

Для статей из журналов и сборников использующих кириллицу следует использовать следующий вариант структуры библиографической ссылки: авторы (транслитерация в варианте BSI<sup>3</sup>), английский перевод названия статьи, название источника (транслитерация названия журнала), выходные данные с обозначениями на английском языке, указание на язык публикации в круглых скобках. Перевод названия статьи на английский язык должен соответствовать опубликованному переводу в цитируемом журнале, если таковой имеется.

Авторский коллектив цитируемых статей указывается полностью. Названия цитируемых журналов приводятся полностью, без сокращений. Необходимо также указывать DOI цитируемой статьи (если статья проиндексирована в CrossRef<sup>4</sup>).

<sup>1</sup> Указываются в постраничных сносках и в Библиографическом списке не дублируются.

<sup>2</sup> IEEE REFERENCE GUIDE. IEEE Periodicals Transactions/Journals Department. 445 Hoes Lane Piscataway, NJ 08854 USA. V 11.12.2018

<sup>3</sup> BSI (British Standard Institute). Стандарт BSI обычно применяется в случае, когда требуется корректная транслитерация букв, слов и предложений из кириллического алфавита в латинский в случае оформления библиографических списков с официальным статусом. Им пользуются для того, чтобы попасть в зарубежные базы данных.

<sup>4</sup> Crossref – это официальное агентство регистрации Цифровых Идентификаторов Объекта (DOI) международного DOI фонда. Оно было основано в 2000 году для создания общества издателей академических публикаций. Главная задача агентства заключается в облегчении и ускорении научных исследований с помощью инновационных технологий.

### 3. Примеры оформления библиографических описаний

#### **Библиографический список (1 вариант)**

Лысенко А.П., Серёдкин Ю.Г., Зенькович Г.С. Механизм электролитического получения оксида алюминия, пригодного для производства монокристаллов корунда // *Технология металлов*. 2009. № 12. С. 8–12.

Gorlanov E.S., Bazhin V.Yu., Fedorov S.N. Carbide formation at a carbon-graphite lining cathode surface wettable with aluminum // *Refractories and Industrial Ceramics*. 2016. Vol. 57. No. 3. P. 292–296. <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9971-0>.

Корнеев С.В., Трусова И.А. Управление шлаковым режимом в электродуговых печах // *Литье и металлургия*. 2017. № 4. С. 48–52. <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2017-4-48-52>

Гремячкин В.М., Мазанченко Е.П. Газификация пористых частиц углерода в диоксиде углерода // *Химическая физика*. 2010. № 12. С. 18–23.

Ватулин И.И., Минков О.Б., Сухарев А.В., Сухарев В.А., Шингарев Э.Н. Высокотемпературное алюминотермическое восстановление оксида кальция // *Материаловедение*. 2009. № 3. С. 46–50.

Косенко Н.Ф., Филатова Н.В., Шиганов А.А. Кинетика активированного изотермического спекания корунда в присутствии алюминатных добавок // *Неорганические материалы*. 2007. Т. 43. № 2. С. 193–196.

Пат. № 2347766С2, Российская Федерация, С04В 35/107. Электрокорунд и способ его получения / В.А. Перепелицын, А.С. Зубов, И.В. Кормина, Л.А. Карпец, Е.М. Гришпун, А.М. Гороховский. Заявитель и патентообладатель ОАО "Первоуральский динасовый завод" (ОАО "ДИНУР"). Заявл. 16.04.2007; опубл. 27.02.2009.

Качан Ю.Г., Мных А.С. Алгоритм динамической оптимизации процесса производства электрокорунда нормального на базе метода терминального управления // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2008. № 32. С. 48–56.

Peretyatko M.A., Yakovlev P.V., Peretyatko S.A., Deev A.S., Dyachenok G.V. The study of heat transfer during boiling process of organic fluid // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1614. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012069>

#### **References (2 вариант)**

Lysenko AP, Seryodkin YuG, Zen'kovich GS. Mechanism of electrolytic obtaining of aluminum oxide suitable for the production of corundum single crystals. *Tekhnologiya metallov = Technology of Metals*. 2009;12:8–12. (In Russ.)

Gorlanov ES, Bazhin VYu, Fedorov SN. Carbide formation at a carbon-graphite lining cathode surface wettable with aluminum. *Refractories and Industrial Ceramics*. 2016;57(3):292–296. <https://doi.org/10.1007/s11148-016-9971-0>

Korneev SV, Trusova IA. Management of the slag adjustment in arc furnaces. *Litiyo i Metallurgiya = Foundry Production and Metallurgy*. 2017;(4):48–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.21122/1683-6065-2017-4-48-52>

Gremyachkin VM, Mazanchenko EP. Gasification of porous carbon particles in carbon dioxide. *Himicheskaya fizika = Russian Journal of Physical Chemistry B: Focus on Physics*. 2010;12:18–23. (In Russ.)

Vatulin II, Minkov OB, Suharev AV, Suharev VA, Shingarev EN. High-temperature aluminothermic reduction of calcium oxide. *Materialovedenie*. 2009;3:46–50. (In Russ.)

Kosenko NF, Filatova NV, Shiganov AA. Effect of aluminate additions on the isothermal sintering kinetics of mechanically activated corundum. *Neorganicheskie materialy*. 2007;43(2):193–196. (In Russ.)

Perpelitsyn VA, Zubov AS, Kormina IV, Karpets LA, Grishpun EM, Gorokhovskiy AM. Electrocorundum and its production method. Patent RF, no. 2347766C2; 2009. (In Russ.)

Kachan YuG, Mnykh AS. Algorithm for dynamic optimization of normal electrocorundum production based on terminal control method. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2008;32:48–56.

Peretyatko M.A., Yakovlev P.V., Peretyatko S.A., Deev A.S., Dyachenok G.V. The study of heat transfer during boiling process of organic fluid // *Journal of Physics: Conference Series*. 2019. Vol. 1614. <http://doi.org/10.1088/1742-6596/1614/1/012069>

УДК 331.45

## Моделирование Системы Зануления в Среде Matlab+Simulink для Исследований Условий Электробезопасности

Ш. С. Сайдалиев, Р. Г. Валеев

Южно-Уральский государственный университет. [saidaliev.ss@mail.ru](mailto:saidaliev.ss@mail.ru)

**Аннотация.** Исследование условий электробезопасности сводится к определению значения тока, протекающего через тело человека в различных условиях, в которых он может оказаться при эксплуатации электрических установок. Сети напряжением до 1000 В с глухозаземленным режимом нейтрали (Зануление), в настоящее время, широко распространены в России и странах Средней Азии. Электробезопасность в таких сетях при косвенном прикосновении обеспечивается отключением возникших однофазных замыканий на корпус с помощью предохранителей или автоматических выключателей. Однако, известно, что в ряде случаев зануление не обеспечивает необходимый уровень электробезопасности. При этом, создаются предпосылки для группового электропоражения, в том числе и со смертельным исходом, поскольку эксплуатация электроприемников напряжением до 1000 В, в большинстве случаев, осуществляется неэлектротехническим персоналом, не представляющим условия возникновения и опасность поражения электрическим током. В данной статье приведено описание компьютерной модели для исследования условий электробезопасности системы зануления, построенной в программном комплексе MATLAB+Simulink.

**Ключевые слова:** моделирование; ЭВМ; Matlab; зануление; заземление нейтрали; повторное заземление

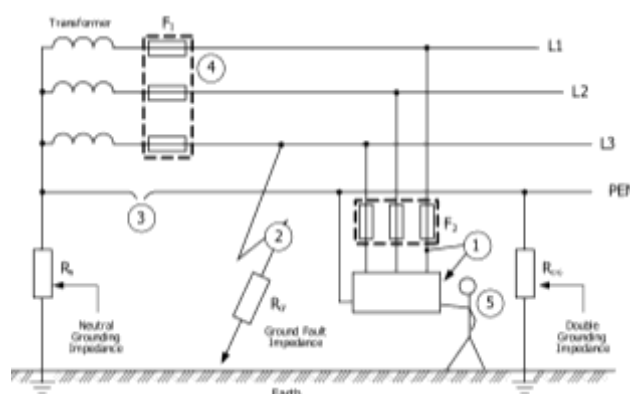
### Введение

При относительно низких значениях токов однофазного короткого замыкания (удаленность нагрузки от источника, малое сечение провода) время отключения существенно возрастает. При этом электропоражение человека, прикоснувшегося к металлическому корпусу, весьма вероятно [1], [2]. Таким образом, в системе зануления существует проблема обеспечения безопасности при косвенном прикосновении из-за невозможности обеспечения быстрого отключения [3]–[10]. Кроме того, при однофазном коротком замыкании на корпус электроприемника возникает вынос потенциала по нулевому проводу (PEN-провод) и др. Имеющиеся недостатки системы зануления показаны на Рис.1.

Самым большим недостатком системы зануления является неработоспособность в них устройств защитного отключения (УЗО).

### Постановка задачи

На воздушных сетях 0,4 кВ системы TN–С [11], [12] для уменьшения напряжения прикосновения на время до отключения поврежденного участка сети или на случай обрыва PEN-провода в системе зануления предусмотрено повторное заземление  $R_{DG}$ . Величину сопротивления этих



- 1 – замыкание фазы на металлическую нетоковедущую часть;
- 2 – однофазное замыкание на землю (ОЗЗ);
- 3 – обрыв PEN-провода; 4 – отказ аппаратов защиты;
- 5 – прикосновение человека к металлической нетоковедущей части

Рис.2. Иллюстрация возможных опасностей при эксплуатации системы зануления

заземлителей [11] нельзя считать рациональными с точки зрения обеспечения электробезопасности [4], [6], [13].

Учитывая распространенность сетей 0,4 кВ, квалификацию эксплуатирующего персонала, можно утверждать, что зануление не только не теряет свою актуальность, но и требует повышенного внимания в свете современного ужесточения требований электробезопасности.

### Теория

Существует ряд методов [14]–[19] исследования условий электробезопасности: статистический, аналитический, экспериментальный и метод логико-вероятностного моделирования (ЛВМ). Перечисленные выше методы исследования условий электробезопасности, несомненно, помогают оценить уровень безопасности, принять решения по повышению уровня электробезопасности. Тем не менее, в силу ряда обстоятельств, далеко не все задачи можно решить аналитическими методами и не все эксперименты осуществимы. Причина этому приближенный характер аналитических расчетов, обусловленных отсутствием конкретных, обоснованных значений ряда параметров; трудности экспериментальной проверки в производственных условиях из-за сложности выполнения организационных и технических мероприятий и т.д.

В настоящее время предпочтение отдается методам компьютерного моделирования с применением мощных вычислительных машин (ЭВМ) и соответствующих программных продуктов.

Для исследования условий электробезопасности сетей до 1000 В с режимом заземления нейтрали и открытых проводящих частей системы TN–C на кафедре «Безопасность жизнедеятельности» ЮУрГУ была разработана компьютерная модель [3] и [20]. Указанная компьютерная модель построена в программной среде MATLAB+Simulink. Общий вид компьютерной модели приведен на Рис.2.

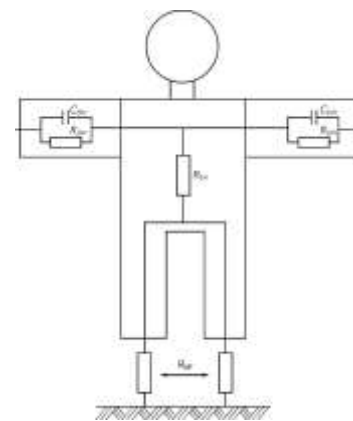


Рис.3. Сопротивление человеческого тела току

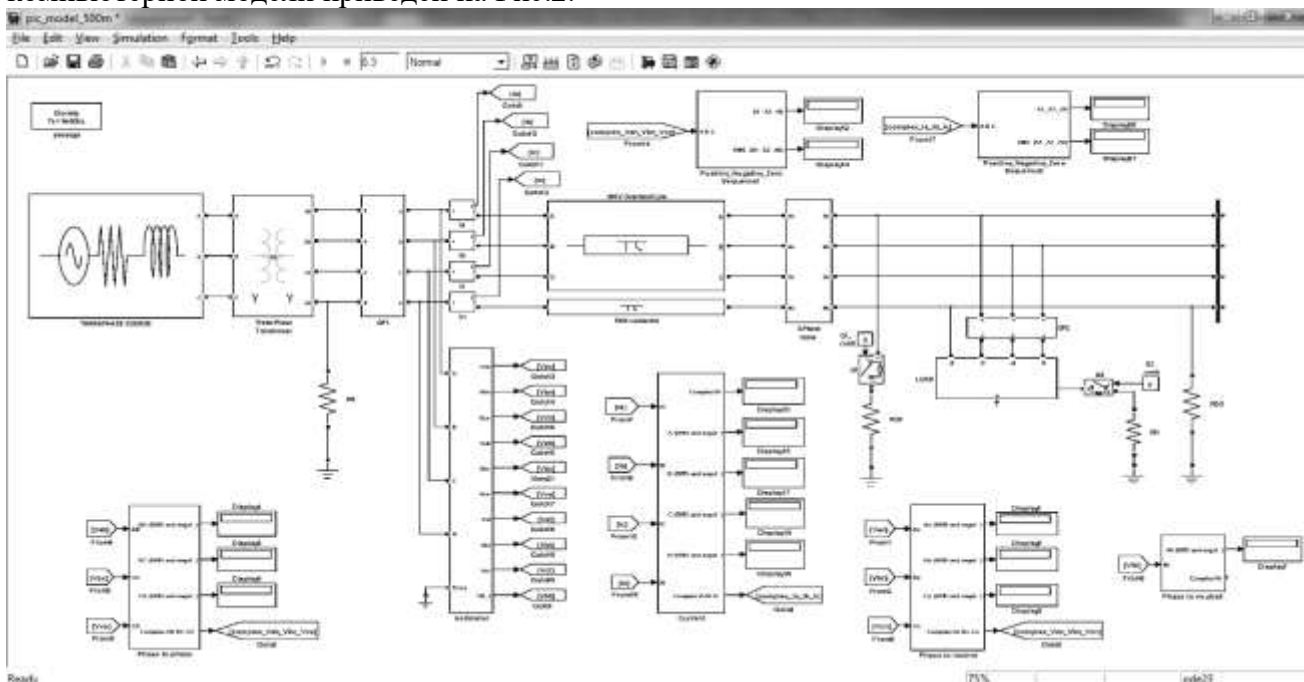


Рис.2. Общий вид компьютерной модели

Описание блоков, применяющихся в данной модели, подробно рассматриваются в [3].

Известно, что в случае возникновения цепи поражения в электроустановках напряжением до 1000 В величина сопротивления человеческого тела является существенным фактором, от которого зависит исход поражения людей электрическим током. Моделирование сопротивление

тела человека, прикоснувшегося к нетоковедущей части производилась при помощи встроенного блока «Series RLC Branch». При этом величина сопротивления тела человека определялась величиной приложенного напряжения.

На Рис. 3 приведена схема замещения сопротивление тела человека по пути протекания тока, где  $C_n$  – емкость конденсатора, образовавшегося в месте контакта с токоведущей частью;  $R_n$  – сопротивление кожного покрова;  $R_{вн}$  – внутреннее сопротивление;  $R_{MF}$  – переходное сопротивление от ног в землю (mutual resistance between both feet).

Для определения зависимости величины полного сопротивления тела человека  $Z_h$  от значения напряжения, приложенного к телу человека  $U_{Zh}$  при переменном токе частотой 50 Гц проф. П.А. Долиным предлагается следующая формула (при  $U_{Zh} \geq 5$  В), кОм [18]:

$$Z_h = \frac{77}{U_{Zh} + 10} + 0.3 \quad (1)$$

По (1) при напряжениях до 50 В переменного тока частотой 50 Гц, величина  $Z_h$  оказывается равной примерно 2,0 – 1,6 кОм. Затем оно незначительно снижается и составляет примерно 0.95 кОм при 100 В, 0.6 кОм при 220 В, 0.5 кОм при 380 В, 0.4 кОм при 1000 В.

Уменьшение значения  $Z_h$  с ростом  $U_{Zh}$  происходит за счет пробоя рогового слоя кожи. По данным [18], пробой рогового слоя наступает при напряжении 50–200 В. Здесь же [18], приводится, что с течением времени при напряжении 20 В и более сопротивление тела человека уменьшается на 10...20%. В таком случае, согласно [21], пробой рогового слоя может наступить и при напряжении 40 В и сопротивление тела человека представляется только величиной внутреннего сопротивления тела человека, т.е.  $R_{вн}$ . Исходя из этого в модели при значениях напряжений, приложенных к телу человека ниже 40 В значения общего сопротивления тела человека нами определялась по (1), а при  $U_{Zh} \geq 40$  В оно принималось равным 0.65 кОм.

Экспериментальные исследования [3], проведенные на реальных действующих электрических сетях напряжением 380 В показали, что результаты компьютерного моделирования и экспериментальных исследований отличались не более чем на 5–10 %.

Исходя из соображения воспроизведения самых неблагоприятных условий электробезопасности, при моделировании были приняты некоторые допущения:

- 1) земля будет считаться как проводник, обладающий бесконечно малым сопротивлением;
- 2) при моделировании не учитываются сопротивления обуви и пола.

На Рис. 4. приведены кривые зависимости значения ожидаемого напряжения прикосновения ( $U_{Zh}$ ) и тока, проходящего через тело человека ( $I_h$ ) от соотношения  $R_0/R_n$  представлены на рисунке 2.10. зависимости ожидаемого напряжения на PEN–проводнике относительно земли ( $U_{PEN}$ ) от величины сопротивлений заземления нейтрали  $R_0$  при возникновении короткого замыкания фазы на металлические нетоковедущие части, полученные при помощи разработанной компьютерной модели в программном комплексе MATLAB/Simulink.

## Выводы

Разработанная в программной среде MATLAB+ Simulink компьютерная модель позволяет описать структуру системы зануления и процессы в ней в естественном виде, не прибегая к использованию формул и строгих математических зависимостей.

Кроме того, моделирование системы зануления предоставляет возможность проведения исследований различных аварийных режимов электрической сети, которые сложно организовать в реальных сетях. При этом исследования (эксперименты) занимают относительно малое время и безопасны для людей. С помощью компьютерной модели можно провести неограниченное количество экспериментов, всесторонне оценить оптимальность регламентируемых в настоящее время составляющих схемы зануления.

## Цитируемая литература

- [1] М. Н. Семенова. Обоснование перехода от глухозаземленной нейтрали к изолированной в сетях электроустановок сельскохозяйственного назначения напряжением до 1000 В. Дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск: ЧГАА, 2011. – 153 с.

- [2] С. Титенков. Режимы заземления нейтрали в сетях 0,4 кВ плюсы и минусы различных вариантов. *Новости электротехники*. – 2004. – № 4(28).
- [3] Р. Г. Валеев. Повышение уровня электробезопасности в электрических сетях напряжением до 1000 В при однофазных коротких замыканиях. Дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск: ЮУрГУ, 2014. – 180 с.
- [4] И. Ф. Суворов. Развитие теории, разработка методов и средств обеспечения электробезопасности в системах электроснабжения напряжением до 1000 В. Дис. ... д-ра техн. наук. – Чита: ЧитГУ, 2006. – 457 с.
- [5] А. И. Якобс и А.В. Луковников. Электробезопасность в сельском хозяйстве. – М.: Колос, 1981. – 239 с.
- [6] Л. В. Савицкий, К.С. Фетько, Ш.С. Сайдалиев и А.И. Сидоров. Обоснование функций системы контроля состояния зануления. *Электробезопасность*. – 2012. – № 4. – С. 18–21.
- [7] А. И. Ревякин и Б.И. Кашолкин. Электробезопасность и противопожарная защита в электроустановках. М.: Энергия, 1980. – 160 с.
- [8] А. Б. Ослон. Зануление как способ обеспечения электробезопасности. *Промышленная энергетика*. – 1981. – № 5. – С. 51–55.
- [9] М. Р. Найфельд. Заземление, защитные меры электробезопасности: изд. 4-е перераб. и доп. – М.: Энергия, 1971. – 312 с.
- [10] В.И. Щуцкий и А.И. Сидоров. Безопасность при эксплуатации электротехнических систем. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 282 с.
- [11] Правила устройства электроустановок: утв. Приказом Минэнерго России от 20 июня 2003 г. № 242. – 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003.
- [12] ГОСТ Р 50571.3-2009 (МЭК 60364-4-1:2005) Низковольтные электроустановки. Часть 4-41. Защита для обеспечения безопасности. Защита от поражения электрическим током. М.: Стандартиформ, 2011. 32 с.
- [13] А. И. Сидоров и Ш.С. Сайдалиев. Замыкание фазного провода четырехпроводной сети 0,4 кВ на металлические корпуса или крыши гаражей. *Электробезопасность*. – 2014. – № 2. – С. 10–16.
- [14] Л. В. Гладилин, В.И. Щуцкий, Ю.Г. Бацезев и Н.И. Чеботаев. Электробезопасность в горнодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1977. – 327 с.
- [15] Г. Ю. Гордон, В.И. Филипов и В.А. Яроченко. Электротравматизм на производстве. – Л.: Лениздат, 1973. – 213 с.
- [16] В.Е. Манойлов. Основы электробезопасности. – 5-е изд., перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат, 1991. – 480 с.
- [17] А. И. Сидоров. Теория и практика системного подхода к обеспечению электробезопасности на открытых горных работах. Дис. ... д-ра техн. наук. – Челябинск: ЧГТУ, 1994. – 444 с.
- [18] П.А. Долин. Основы техники безопасности в электроустановках. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.
- [19] О. В. Номоконова. Применение нечётких множеств в оценке и прогнозировании опасных ситуаций. Дис. ...канд. техн. наук. – Челябинск: ЮУрГУ, 2003. – 100 с.
- [20] А. И. Сидоров, Ш.С. Сайдалиев и Р.Г. Валеев. Компьютерная модель для исследования условий электробезопасности системы зануления в программной среде MATLAB/Simulink. *Вестник Таджикского технического университета им. акад. М.С. Осими. Серия «Энергетика»*. – 2015. – № 1 (29). – С. 59–63.
- [21] А. И. Сидоров, Н.А. Бендяк и Л.И. Торопчина. О напряжении пробоя рогового слоя. Автоматизация энергосистем и энергоустановок промышленных предприятий: Сб. науч. трудов. – Челябинск: ЧГТУ, 1992. – С. 28–32.

## References

- [1] M.N.Semenova. Substantiation of the transition from a solidly grounded neutral to an isolated one in the networks of electrical installations for agricultural purposes with a voltage of up to 1000 V. Dis. ... Cand. tech. sciences. - Chelyabinsk: ChGAA, 2011. -- 153 p.

- [2] S. Titenkov. Neutral grounding modes in 0.4 kV networks. The pros and cons of various options. *Electrical engineering news*. - 2004. - No. 4 (28).
- [3] R.G. Valeev. Increasing the level of electrical safety in electrical networks with voltage up to 1000 V with single-phase short circuits. *Dis. ... Cand. tech. sciences*. - Chelyabinsk: SUSU, 2014. -- 180 p.
- [4] I.F.Suvorov. Development of theory, development of methods and means of ensuring electrical safety in power supply systems with voltage up to 1000 V. *Dis. ... Dr. Tech. sciences*. - Chita: ChitGU, 2006. -- 457 p.
- [5] A.I. Yakobs and A.V. Lukovnikov. *Electrical safety in agriculture*. - M.: Kolos, 1981. -- 239 p.
- [6] L. V. Savitsky, K.S. Fetko, Sh.S. Saydaliev and A.I. Sidorov. Justification of the functions of the grounding state monitoring system. *Electrical safety*. - 2012. - No. 4. - P. 18–21.
- [7] A.I. Revyakin and B.I. Kasholkin. *Electrical safety and fire protection in electrical installations*. Moscow: Energiya, 1980. -- 160 p.
- [8] A. B. Oslon. Zeroing as a way to ensure electrical safety. *Industrial power engineering*. - 1981. - No. 5. - P. 51–55.
- [9] M.R. Nayfeld. *Grounding, protective measures for electrical safety: ed. 4th rev. and add.* - M.: Energy, 1971. - 312 p.
- [10] IN AND. Shchutsky and A.I. Sidorov. *Safety in the operation of electrical systems*. - Chelyabinsk: SUSU Publishing House, 2001. -- 282 p.
- [11] *Electrical installation rules: approved. Order of the Ministry of Energy of Russia dated June 20, 2003 No. 242. - 7th ed.* Moscow: NTs ENAS Publishing House, 2003.
- [12] GOST R 50571.3-2009 (IEC 60364-4-1: 2005) *Low-voltage electrical installations. Part 4-41. Protection to ensure safety. Protection against electric shock*. M.: Standartinform, 2011. 32 p.
- [13] A.I.Sidorov and Sh.S. Saydaliev. Closing the phase wire of a four-wire network of 0.4 kV to metal cases or roofs of garages. *Electrical safety*. - 2014. - No. 2. - P. 10-16.
- [14] L. V. Gladilin, V. I. Shchutsky, Yu.G. Batsezhev and N.I. Chebotaev. *Electrical safety in the mining industry*. - M.: Nedra, 1977. -- 327 p.
- [15] G. Yu. Gordon, V.I. Filipov and V.A. Yarochenko. *Electrical injuries at work*. - L.: Lenizdat, 1973. -- 213 p.
- [16] V.E. Manoilov. *Basics of electrical safety*. - 5th ed., Rev. and add. - L.: Energoatomizdat, 1991. -- 480 p.
- [17] A.I.Sidorov. *Theory and practice of a systematic approach to ensuring electrical safety in open pit mining*. *Dis. ... Dr. Tech. sciences*. - Chelyabinsk: ChSTU, 1994. -- 444 p.
- [18] P.A. Valleys. *Fundamentals of safety in electrical installations*. - 2nd ed., Rev. and add. - M.: Energoatomizdat, 1984. -- 448 p.
- [19] OV Nomokonova. *The use of fuzzy sets in the assessment and forecasting of dangerous situations*. *Dis. ... Cand. tech. sciences*. - Chelyabinsk: SUSU, 2003. -- 100 p.
- [20] A.I.Sidorov, Sh.S. Saidaliev and R.G. Valeev. Computer model for studying electrical safety conditions of the grounding system in the MATLAB / Simulink software environment. *Bulletin of the Tajik Technical University named after acad. M.S. Osimi. Series "Energy"*. - 2015. - No. 1 (29). - S. 59–63.
- [21] A.I.Sidorov, N.A. Bendyak and L.I. Toropchin. *On the breakdown voltage of the stratum corneum. Automation of power systems and power plants of industrial enterprises: Sat. scientific. works*. - Chelyabinsk: ChSTU, 1992. - pp. 28–32.

## **Modeling a Zeroing System in Matlab + Simulink for Electrical Safety Research**

**Sh.S. Saydaliev, R.G. Valeev**

South Ural State University. [saidaliev.ss@mail.ru](mailto:saidaliev.ss@mail.ru)

**Annotation.** The study of electrical safety conditions is reduced to determining the value of the current flowing through the human body in various conditions in which it may find itself during the operation of electrical installations. Networks with voltages up to 1000 V with a grounded neutral mode (Zeroing)

are currently widespread in Russia and the countries of Central Asia. Electrical safety in such networks with indirect contact is ensured by disconnecting the resulting single-phase short circuits to the case using fuses or circuit breakers. However, it is known that in some cases grounding does not provide the required level of electrical safety. At the same time, prerequisites are created for group electric shock, including fatal, since the operation of electrical receivers with voltage up to 1000 V, in most cases, is carried out by non-electrical personnel who do not represent the conditions of occurrence and the danger of electric shock. This article describes a computer model for studying the electrical safety conditions of a grounding system built in the MATLAB + Simulink software package.

**Key words:** modeling; COMPUTER; Matlab; grounding; neutral grounding; re-grounding

## Симулятсияи системаи сифркунӣ дар Matlab + Мухити Simulink барои таҳқиқоти бехатарии барқӣ

**Ш.Сайдалиев, Р.Г.Валеев**

Донишгоҳи давлатии Урали Ҷанубӣ. [saidaliiev.ss@mail.ru](mailto:saidaliiev.ss@mail.ru)

**Аннотатсия.** Омӯзиши шароити бехатарии барқ то муайян кардани арзиши ҷараён тавассути бадани инсон дар шароити мухталифе, ки он метавонад ҳангоми истифодаи дастгоҳҳои барқӣ пайдо шавад, кам карда мешавад. Шабакаҳои шиддаташон то 1000 В бо режими асосноки бетараф (Zeroing) дар ҳоли ҳозир дар Русия ва кишварҳои Осиёи Марказӣ паҳн шудаанд. Бехатарии барқ дар чунин шабакаҳое, ки алоқаи ғайримустақим доранд, бо ҷудо кардани микросхемаҳои кӯтоҳи якфазаи ба вучуд омада бо истифода аз муҳофизаткунакҳо ё хомӯшкуннакҳо таъмин карда мешавад. Аммо, маълум аст, ки дар баъзе ҳолатҳо заминкунӣ сатҳи зарурии амнияти барқро таъмин намекунад. Ҳамзамон, барои зарбаи гурӯҳии барқ, аз ҷумла марговар, заминаҳо фароҳам оварда мешаванд, зеро қори қабулкунакҳои барқии шиддаташон то 1000 В, дар аксари ҳолатҳо, аз ҷониби кормандони ғайримуқаррарӣ иҷро карда намешавад, ки шароити пайдоиш ва хатари зарбаи барқ. Дар ин мақола модели компютерӣ барои омӯхтани шароити бехатарии барқии системаи заминкунӣ, ки дар бастаи нармафзори MATLAB + Simulink сохта шудааст, тасвир шудааст.

**Калимаҳои асосӣ:** моделсозӣ; Компютер; Матлаб; заминкунӣ; заминсозии бетараф; дубора заминсозӣ

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ (AUTHORS' BACKGROUND)

ФИО	Академическая степень и должность <sup>5</sup>	Организация	Область исследования	e-mail	Персональный сайт

Your Name	Title <sup>6</sup>	Organization	Research Field	e-mail	Personal website

<sup>5</sup> Кандидат наук, доктор наук, магистр, докторант Phd, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор кафедры.

<sup>6</sup> Title can be chosen from: master student, Phd candidate, assistant professor, senior lecture, associate professor, full professor