Энерго- и ресурсосбережение – XXI век. 2023. С \_ \_ - \_ \_.

Energy and resource saving XXI century. 2023. P. \_ \_ - \_ \_.

Энергоэффективность систем электроснабжения промышленности и направления их развития

Научная статья

УДК: 621.316.9

**Способ автоматического устранения перенапряжения при однофазном замыкании на землю в электрической сети с изолированной напряжением 6-10 кВ**

**Даровых Алина Сергеевна1, Чернышов Вадим Алексеевич**

1,2ФГБОУ ВО «ОГУ имени И.С. Тургенева», Орёл, Россия,

1 [alinkadarovyh1@gmail.com](mailto:alinkadarovyh1@gmail.com)

2blackseam78@mail.ru, https:// orcid.org/0000-0002-5955-5540

Автор, ответственный за переписку: Даровых Алина Сергеевна, [alinkadarovyh1@gmail.com](mailto:alinkadarovyh1@gmail.com)

***Аннотация.*** Рассматриваются проблемы, связанные с возникновением однофазных замыканий на землю в сетях 6-10 кВ. Предлагается новый способ автоматического устранения перенапряжения при однофазном замыкании на землю, позволяющий повысить надежность и безопасность электроснабжения потребителей.

***Ключевые слова:***воздушная электрическая сеть 6-10 кВ с изолированной нейтралью; однофазное замыкание на землю; электротравматизм; перенапряжение изоляции; двойное замыкание на землю, разделительный трансформатор, надежность и бесперебойность электроснабжения.

***Для цитирования:*** Даровых А.С.,Чернышов В.А. Способ автоматического устранения перенапряжения при однофазном замыкании на землю в электрической сети с изолированной // Энерго-и ресурсосбережение – XXI век. 2023. С. \_ \_ - \_ \_.

Energy efficiency of industrial power supply systems and directions for their development.

**A method for automatically eliminating overvoltage during a single-phase ground fault in an electrical network with an isolated voltage of 6-10 kV**

**Darovykh Alina Sergeevna 1, Chernyshov Vadim Alekseevich2**

1,2Oryol state university of I.S. Turgenev, Oryol, Russia

1 alinkadarovyh1@gmail.com

2blackseam78@mail.ru, https:// orcid.org/0000-0002-5955-5540

Corresponding author: Darovykh Alina Sergeevna, [alinkadarovyh1@gmail.com](mailto:alinkadarovyh1@gmail.com)

***Annotation.*** The problems associated with the occurrence of single-phase ground faults in 6-10 kV networks are considered. A new method for automatically eliminating overvoltage during a single-phase ground fault is proposed, which allows increasing the reliability and safety of power supply to consumers.

***Key words:*** overhead electrical network 6-10 kV with insulated neutral; single-phase ground fault; electrical injuries; insulation overvoltage; double ground fault, isolation transformer, reliability and uninterrupted power supply.

***For citation:*** Darovykh A.S., Chernyshov V.A. Method for automatic elimination of overvoltage during a single-phase ground fault in an insulated electrical network // Energy and resource saving - XXI century. 2023. S. \_ \_ - \_ \_.

Воздушные сети с изолированной нейтралью в России используются в системах электроснабжения напряжением 6-10 (35) кВ. На сегодняшний день львиная доля повреждений в этих сетях связана с однофазными замыканиями на землю (ОЗНЗ) [1, 2], которые, в большинстве случаев, происходят по причине обрыва проводов и (или) пробоя линейных изоляторов. Изолированная нейтраль дает возможность потребителям некоторое время работать в штатном режиме, т.к. подаваемое им фазное напряжение не изменяется.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

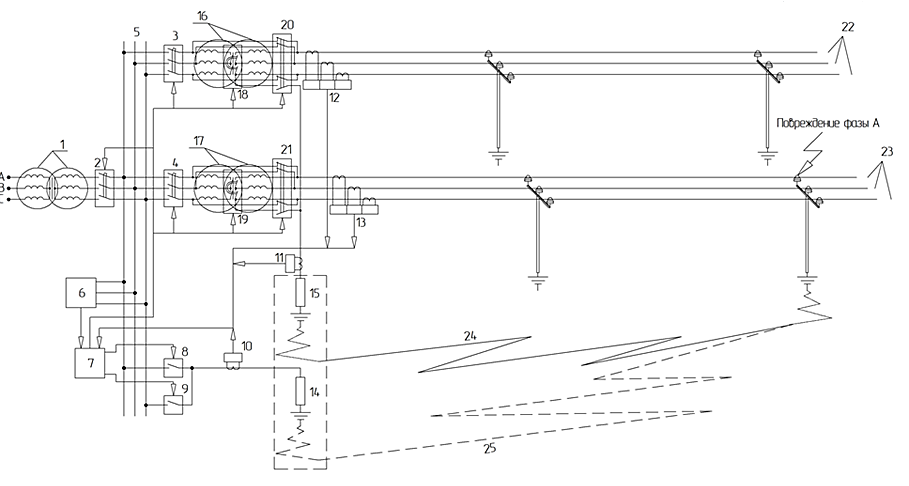
© Даровых А.С., Чернышов В.А., 2023

Это обусловлено тем, что при возникновении ОЗНЗ в электрической связанной сети возникают опасные перенапряжения, которые, собственно и являются основной причиной возникновения более страшной аварии - двойного замыкания на землю (ДЗНЗ).

В настоящее время научно-технический прогресс ориентирован в основном на разработку и внедрение на объектах электроэнергетики разнообразных цифровых телекоммуникационных технологий, а также систем микропроцессорного контроля и управления [3, 4]. Однако, в реальности, такие внедрения могут оказывать на распределительные электрические сети 10 кВ крайне негативный эффект, заключающийся в их неготовности эффективно функционировать в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного или природного характера, когда будут выведены из строя микропроцессорные системы управления или откажут беспроводные каналы передачи информации. Вместе с тем, известен способ определения ВЛЭП с ОЗНЗ в электрических сетях с изолированной нейтралью, заключающийся в регистрации напряжения нулевой последовательности на шинах низковольтного напряжения силового трансформатора, при появлении которого включают на землю одну из фаз шин низковольтного напряжения через токоограничивающее сопротивление и, если в момент включения этой фазы через токоограничивающее сопротивление не протекает ток, то эту фазу отключают и включают на землю любую другую фазу через токоограничивающее сопротивление, при этом контролируют одновременно с этим появление тока двойного замыкания на землю (ДЗНЗ) в одной из отходящих ВЛЭП, а при его появлении делают вывод о том, что в этой линии произошло ОЗНЗ [5]. Недостатком известного способа является то, что при возникновении на ВЛЭП ОЗНЗ элементы электрически связанной сети испытывают на себе перенапряжение, обусловленное повышением напряжения на двух неповрежденных фазах относительно земли в корень из трех раз, что значительно снижает ресурс задействованных коммутационных аппаратов и линейной изоляции, при этом повышается вероятность возникновения более опасного аварийного режима – ДЗНЗ как в процессе определения ВЛЭП с ОЗНЗ, так и в дальнейшем, если ВЛЭП с ОЗНЗ оставляют в работе на время отыскания места повреждения, что в значительной степени снижает надежность и безопасность электроснабжения потребителей. При отключении ВЛЭП с ОЗНЗ оперативным персоналом или релейной защитой и автоматикой (при возникновении ДЗНЗ) персонал оперативно-выездной бригады зачастую испытывает трудности при отыскании места возникновения повреждения на ВЛЭП, что существенно увеличивает время перерыва в электроснабжении потребителей [5].

Кафедра электрооборудования и энергосбережения ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С. Тургенева» активно работает в данном направлении и на сегодняшний день имеет в своем активе имеет несколько схемотехнических решений [6, 7], позволяющих не нарушать электроснабжение потребителей при возникновении в электрической сети однофазных повреждений изоляции, в течение всего периода времени, необходимого для его отыскания. При этом, одно из них позволяет исключить вероятность возникновения электротравматизма людей и животных в зоне его существования [6], за счет гальванического отделения ВЛЭП с ОЗНЗ от источника питания. На рисунке 1 представлена схема устранения перенапряжения в электрической сети с изолированной нейтралью без отключения ВЛЭП с ОЗНЗ.

Схема (рис. 1) содержит источник питания с фазами А, В и С, являющийся силовым трансформатором 1, аппараты автоматической защиты 2 – 4, шины низковольтного напряжения 5, устройство неселективного контроля изоляции 6, блок автоматического управления 7, однофазные выключатели 8 и 9, датчики тока 10 – 13, низкоомный заземляющий резистор 14, высокоомный заземляющий резистор 15, разделительные трансформаторы 16 и 17, первые дистанционно управляемые коммутационные аппараты 18 и 19, вторые дистанционно управляемые коммутационные аппараты 20 и 21, ВЛЭП 22 и 23. На схеме обозначены путь 24 протекания тока однофазного замыкания на землю при высокоомном резистивном замыкании нейтрали высокоомного заземляющего резистора 15 и путь 25 кратковременного протекания тока при двойном замыкании на землю через низкоомный заземляющий резистор 14.



***Рисунок 1 – Схема устранения перенапряжения в электрической сети с изолированной нейтралью без отключения ВЛЭП с ОЗНЗ***

При возникновении ОЗНЗ в любой из ВЛЭП 22-23, регистрируют появление напряжения нулевой последовательности на шинах низковольтного напряжения 5 силового трансформатора 1, при этом включают на землю одну из двух фаз (А или С) шин низковольтного напряжения 5 через токоограничивающее сопротивление 14, обеспечивая протекание тока ДЗНЗ в отходящей ВЛЭП с ОЗНЗ. Каждую из ВЛЭП 22-23, отходящих от источника питания подключают через разделительный трансформатор 16-17, для которого обеспечивают возможность синхронной коммутации первичной и вторичной обмоток по схеме «звезда», посредством первого коммутационного аппарата с дистанционным управлением, контакты которого в нормальном состоянии электрической сети разомкнуты. При этом обеспечивают по фазное шунтирование входных и выходных выводов разделительного трансформатора посредством нормально замкнутых контактов второго коммутационного аппарата с дистанционным управлением, размыкающихся при протекании тока ДЗНЗ в ВЛЭП с ОЗНЗ. Во время кратковременного включения на землю одной из двух фаз шин низковольтного напряжения 5 силового трансформатора 4 через низкоомный заземляющий резистор 14, одновременно с этим, посредством нормально разомкнутых контактов первого коммутационного аппарата обеспечивают синхронную коммутацию первичной и вторичной обмоток разделительного трансформатора по схеме «звезда», а нормально разомкнутым контактом второго коммутационного аппарата, обеспечивают включение на землю через высокоомный резистор 15 нейтрали вторичной обмотки разделительного трансформатора, питающего ВЛЭП с ОЗНЗ.

После устранения на ВЛЭП ОЗНЗ формируют команду на дистанционное возвращение контактов «первого» и «второго» коммутационных аппаратов в исходное положение, обеспечивая тем самым подключение восстановленной ВЛЭП к источнику питания в обход разделительного трансформатора.

Предлагаемое схемотехническое решение не только повышает надежность работы электросетевого оборудования, но также, позволяет и обеспечивать высокую надежность и безопасность электроснабжения потребителей, т.к. при возникновении ОЗНЗ на любой из ВЛЭП в электрически связанной сети с изолированной нейтралью, оперативно устраняется возможность появления перенапряжения на коммутационных аппаратах и линейных изоляторах, а отходящая к потребителю ВЛЭП, имеющая ОЗНЗ, не отключается от источника питания и продолжает надежно функционировать.

**Список источников**

1. Евдокунин Г.А. Выбор способа заземления нейтрали в сетях 6-10 кВ / Г.А. Евдокунин, С.В. Гудилин, А.А. Корепанов // Электричество, 1998. С. 8-22.

2. Лихачев Ф.А. Замыкания на землю в сетях с изолированной нейтралью и с компенсацией емкостных токов / Ф.А. Лихачев // М.: Энергия, 1971. – 152 с.

3. Барабанов, Ю.А. Микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики распределительных сетей / Ю.А. Барабанов. – Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 172 c.

4. Шукуров Р.Ш. Применение современных информационных технологий в управлении качеством электроэнергии / Р.Ш. Шукуров, Т.В. Чернавина // Форум молодых ученых 11 (39) 2019. Издательский центр "ИУСЭР". – г. Саратов. – С. 477-480

5. Васильев В.Г., Чернышов В.А. Патент РФ № 2294585, МПК H02H3/16. Способ определения линии с замыканием на землю в электрических сетях с изолированной нейтралью. Заявл. 31.10.2005; Опубл. 27.02.2007.

6. Шалыт, Г.М. Определение мест повреждения линий электропередачи по параметрам аварийного режима / Г.М. Шалыт, А. И. Айзенфельд, А.С. Малый. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 207 с.

7. Качанов А.Н., Чернышов В.А., Лукьянов Г.В., Даровых А.С. Заявка на изобретение № 2022133610 от 20.12.2022 . Способ перевода разнесенного двойного замыкания на землю в однофазное в сетях с изолированной нейтралью», заявитель ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.Тургенева».

8. Качанов А.Н., Чернышов В.А., Даровых А.С., Лукьянов Г.В. Патент РФ № 2798464. МПК H02H 9/08. Способ автоматического устранения перенапряжения при однофазном замыкании на землю в электрической сети с изолированной нейтралью. заявитель ФГБОУ ВО «ОГУ им. И.С.Тургенева». Заявл. 20.12.2022; Опубл. 23.06.2023.

**References**

1. Evdokunin G.A. Choice of neutral grounding method in 6-10 kV networks / G.A. Evdokunin, S.V. Gudilin, A.A. Korepanov // Electricity, 1998. pp. 8-22.

2. Likhachev F.A. Ground faults in networks with isolated neutral and compensation of capacitive currents / F.A. Likhachev // M.: Energia, 1971. – 152 p.

3. Barabanov, Yu.A. Microprocessor devices for relay protection and automation of distribution networks / Yu.A. Barabanov. – Vologda: Infra-Engineering, 2015. – 172 p.

4. Shukurov R.Sh. Application of modern information technologies in power quality management / R.Sh. Shukurov, T.V. Chernavina // Forum of young scientists 11 (39) 2019. Publishing center "IUSER". – Saratov. – pp. 477-480

5. Vasiliev V.G., Chernyshov V.A. RF patent No. 2294585, IPC H02H3/16. A method for determining a line with a ground fault in electrical networks with an isolated neutral. Application 10/31/2005; Publ. 02/27/2007.

6. Shalyt, G.M. Determination of locations of damage to power lines based on emergency mode parameters / G.M. Shalyt, A.I. Aizenfeld, A.S. Small. – 2nd ed., revised. and additional – M.: Energoatomizdat, 1983. – 207 p.

7. Kachanov A.N., Chernyshov V.A., Lukyanov G.V., Darovykh A.S. Application for invention No. 2022133610 dated December 20, 2022. Method for converting a spaced double ground fault into a single-phase fault in networks with an isolated neutral", applicant FSBEI HE "OGU named after. I.S. Turgenev."

8. Kachanov A.N., Chernyshov V.A., Darovykh A.S., Lukyanov G.V. RF Patent No. 2798464. IPC H02H 9/08. A method for automatically eliminating overvoltage during a single-phase ground fault in an electrical network with an isolated neutral. applicant FSBEI HE "OGU named after. I.S. Turgenev." Application 12/20/2022; Publ. 06/23/2023.

**Информация об авторах**

А.С. Даровых – магистрант

В.А. Чернышов – канд. техн. наук, доцент кафедры электрооборудования и энергосбережения.

**Information about the authors**

A.S. Darovykh – undergraduate;

V.A. Chernyshov – сandidate of sciences in technology, docent of Electric equipment and energy saving department.

Статья поступила в редакцию \_\_\_.\_\_\_.2023; одобрена после рецензирования \_\_\_.\_\_\_.2023; принята к публикации \_\_\_.\_\_\_.2023.

The article was submitted \_\_\_.\_\_\_.2023; approved after reviewing \_\_\_.\_\_\_.2023; accepted for publication \_\_\_.\_\_\_.2023.