

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 1 (2022)

Павлодар

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и
информационных систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/WRIX7218>

Бас редакторы – главный редактор

Кислов А. П.

к.т.н., доцент

Заместитель главного редактора

Талипов О. М., *доктор PhD, доцент*

Ответственный секретарь

Приходько Е. В., *к.т.н., профессор*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я., *д.т.н., профессор*
Новожилов А. Н., *д.т.н., профессор*
Никитин К. И., *д.т.н., профессор (Россия)*
Никифоров А. С., *д.т.н., профессор*
Новожилов Т. А., *к.т.н., доцент (Россия)*
Оспанова Н. Н., *к.п.н., доцент*
Нефтисов А. В., *доктор PhD, доцент*
Шокубаева З. Ж. *технический редактор*

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

© Торайгыров университет

***Ж. Б. Исабеков¹, Б. Б. Исабекова², А. Б. Жантлесова³, А. М. Акаев⁴**

^{1,2,4}Торайгыров университет,

Республика Казахстан, г. Павлодар;

³Казахский государственный университет имени С. Сейфуллина,

Республика Казахстан, г. Нур-Султан

ХАРАКТЕРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НЕЙТРАЛИ

В статье предоставлен анализ видов заземления нейтрали, который показал, что наиболее перспективными и эффективными в техническом и экономическом плане является совместное использование дугогасящего реактора (ДГР) и резистора. Также было обнаружено, что данный способ заземления нейтрали достаточно эффективен. В нормальном режиме к нейтральной точке сети подключен ДГР с системой автоматической настройкой и компенсации емкостного тока. При замыкании на землю реактор компенсирует периодическую составляющую емкостного тока и снижает величину перенапряжений. Для определения и отключения места повреждения параллельно реактору кратковременно либо постоянно подключается резистор. Таким образом, при дуговых замыканиях на землю, будут проявляться все положительные стороны ДГР, а при металлическом замыкании на землю параллельно ДГР подключается резистор для срабатывания защиты от замыкания на землю. В нормальном режиме к нейтральной точке сети подключен ДГР с системой автоматической настройкой и компенсации емкостного тока. Также переход от режима изолированной нейтрали к заземлению через резистор дает наибольший эффект при металлических однофазных замыканий на землю (ОЗЗ). Резистивное заземления нейтрали позволяет ликвидировать феррорезонансные явления; снизить уровень дуговых перенапряжений; избежать быстрого отключения первого однофазного замыкания на землю в сети при высокоомном заземлении нейтрали.

Ключевые слова: Сети с изолированной нейтралью, однофазное замыкание на землю, дугогасящий реактор, кабельные сети.

Введение

При проектировании электрической сети 6–10 кВ выбор главной схемы является определяющим и зависящим от нескольких факторов [1,2,3]. Именно в это время определяется полный состав элементов и связей между ними. В свою очередь главная схема представляет собой совокупность основного электрооборудования в виде генераторов, трансформаторов, линий, сборных шин и коммутационной аппаратуры со всеми соединениями между ними [4]. При этом всегда опираются основной фактор в виде экономической целесообразности при минимизации допустимого количества высоковольтного электрооборудования. Это вызвано тем, что именно высоковольтное оборудование является наиболее дорогим и требует значительных площадей для его установки. Другим не менее важным фактором, определяющим конфигурацию кабельных электрических сетей 6–10 кВ, является место расположения источников питания (ИП) и потребителей электроэнергии (ПЭ) и их категория, определяющая надежность электроснабжения. Основным документом, регламентирующим режим работы нейтрали является ПУЭ [5]. В соответствии с разделом п. 1.2.16 предусматривается работа электрических сетей 6–10 кВ как с изолированной, так и с заземленной через дополнительные устройства нейтралью.

Материалы и методы

Сети с изолированной нейтралью отличает простота исполнения. Пример кабельной сети с изолированной нейтралью приведена на рисунке 1 (ключи К1 и К2 разомкнуты). В тоже время сетям с изолированной нейтралью характерны перенапряжения, возникающие при ОЗЗ. Их два вида. Первые возникают из-за возрастания в $\sqrt{3}$ раза напряжение неповрежденных фаз относительно земли. Вторые является следствием феррорезонансных процессов из-за наличие емкостей фаз относительно земли при различных видах коммутации. Особенно при работе вакуумных выключателей. В этом случае перенапряжение могут достигать $5-7 U_H$, где U_H – номинальное линейное напряжение. Эти перенапряжения нередко сопровождается пробоем изоляции неповреждённых фаз и электрической дугой. Что может привести к более тяжелому междуфазному короткому замыканию и к повреждению трансформаторов напряжения. При этом значительно возрастает опасность поражения обслуживающего персонала переменным током.

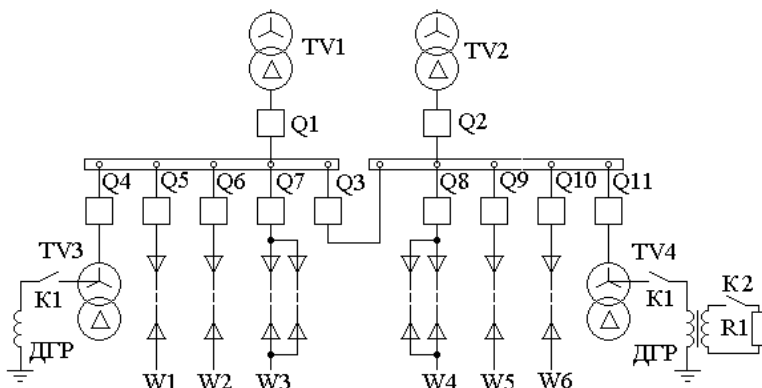


Рисунок 1 – Пример схемы кабельной сети с изолированной нейтралью и возможностью подключения компенсирующих устройств

Токи ОЗЗ в основном определены величиной емкостей проводников кабелей относительно земли. В соответствии с [5] они невелики и не превышают 20–30 А. Именно по этому при ОЗЗ допускается работа сети в течении двух часов. Считается, что этого вполне достаточно для выявления поврежденного элемента.

Что касается величины опасного для электрической машины тока при ОЗК, то единого мнения по этому поводу в мировой практике нет. Вместе с тем опасным для электрической машины следует считать ток, длительное протекание которого в месте ОЗК вызывает значительный местный разогрев и ускоренное разрушение изоляции. Так по [5] за допустимый следует принимать ток в 1–1,5 А. По [7] опасным током для электрических машин считается ток больший или равный 5 А.

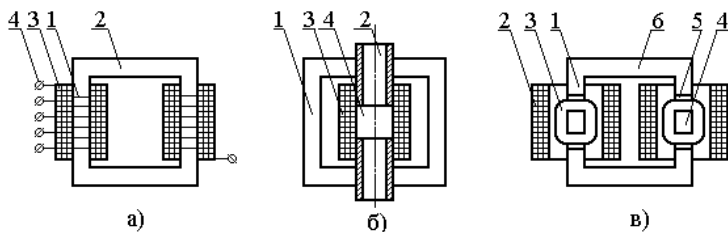
Однако в сетях с изолированной нейтралью крупных промышленных предприятий токи ОЗЗ могут достигать 50-80 А. В этом случае использование режима работы с изолированной нейтралью в кабельных сетях нежелательно. В связи с этим для компенсации емкостных токов следует использовать дугогасящие реакторы (ДГР). На рисунке 1 это достигается замыканием ключей K1.

Дугогасящий реактор представляет собой индуктивность в виде электрического аппарата для компенсации емкостных токов в кабельной сети.

В результате ДГР позволяет устанавливать ток в точке ОЗЗ практически равным нулю. Что обеспечивает надежное гашение дуги в точке замыкания и электрическую безопасность людей при растекании по земле токов замыкания. В этом случае сеть может работать при наличии ОЗЗ продолжительное время.

По конструкции все типы ДГР напоминают конструкцию масляного трансформатора, но различаются исполнением магнитной системы. Основные конструкции магнитной системы [8] приведены на рисунке 1.5. В результате ДГР можно разделить на устройства с распределенным воздушным зазором магнитопровода, с магнитопроводом плунжерного типа и с поперечным подмагничиванием магнитопровода.

ДГР с распределенным воздушным зазором показан на рисунке 1.5 а. Он способен обеспечить линейный характер вольтамперных характеристик реактора. Это достигается за счет нескольких воздушных промежутков 1 в сердечнике 2 ДГР. Регулировка индуктивного сопротивления ДГР ступенчатая. Для чего обмотка 3 имеет ответвления 4. Недостаток этих реакторов заключается в том, что изменение настройки производят вручную при отключении ДГР от сети.



а – с воздушным зазором; б – магнитной системой; в – поперечным подмагничиванием магнитопровода

Рисунок 2 – Конструкции дугогасящих реакторов

ДГР с магнитопроводом плунжерного типа позволяет осуществлять плавное регулирование индуктивного сопротивления. Конструкция его магнитной системы показана на рисунке 1.5 б. Она имеет сердечник 1 и перемещающиеся стержни 2 типа плунжеров внутри обмотки 3, с помощью которых плавно регулируется воздушный зазор 4. Перемещение стержней осуществляется с помощью электродвигательного привода дистанционно. Что дает возможность, обеспечивать плавное дистанционное регулирование сопротивления ДГР без отключения его от сети и автоматизировать процесс компенсации емкостных токов. Это означает, что всякое изменение архитектуры кабельной сети, сопровождающееся изменением емкостного сопротивления, приводит соответствующему изменению индуктивного сопротивления ДГР и сохраняет резонансную настройку [9]. Однако изменение воздушного зазора требует некоторого времени. Поэтому ДГР с магнитопроводами плунжерного типа имеют ограничение по быстродействию.

Конструкция ДГР с поперечным подмагничиванием магнитопровода приведена на рисунке 2, в. В таких ДГР магнитопровод 1 выполнен двухстержневым. На каждом стержне размещаются основная обмотка 2 и обмотка подмагничивания 3. Оси обмоток 3 подмагничивания повернуты на 90° относительно осей основных обмоток 2. Размещение подмагничиваемых участков магнитопровода осуществляется основных обмоток. Подмагничивание осуществляют постоянным током, величину которого устанавливает автоматический регулятор. Магнитный поток от переменного тока в основной обмотке 2 замыкается через подмагничиваемые участки стержней 4, воздушные зазоры 5 и ярма 6. Магнитный поток от постоянного тока в обмотке подмагничивания ориентирован поперек магнитного тока основной обмотки.

Функциональная схема автоматического регулирования резонансной настройки кабельной сети показана на рисунке 3. Она содержит подключенный к нейтрали трансформатора собственных нужд (ТСН) дугогасящий реактор ДГР и автоматическую систему регулирования (АСР). ДГР комплектуется сигнальной обмоткой (СО), встроенным трансформатором тока (ТТ) и преобразователем тока подмагничивания (ПТ). В АСР входит генератор переменной частоты (ГПЧ) и блок блокировки (ББ), блок измерения (БИ) и схему определения частоты резонанса (ОЧР), блок деления и вычисления тока (БД) и блок долговременной памяти (БДП), пропорционально-интегральный регулятор (ПИР) и блок формирования управляющих импульсов (БФУИ), блок сопряжения (БС) и блок предварительного подмагничивания (БПП). Необходимую информацию о состоянии сети АСР получает от СО и ТТ, а также с обмотки «открытый треугольник» измерительного трансформатора напряжения НТМИ.

Автоматическая система регулирования (рисунок 3) работает следующим образом. В нормальном режиме работы сети при отсутствии ОЗЗ реактор ДГР подмагничивается стабилизированным постоянным током от БПП. АСР находится в режиме измерения ожидаемого емкостного тока замыкания на землю. При этом от генератора ГПЧ через блок ББ и сигнальную обмотку СО в нейтраль сети подается напряжение переменной изменяемой в диапазоне от 20 до 80 Гц частоты. В процессе изменения частоты генератора ГПЧ блоком ОЧР определяется резонансная частота. После этого блок БД вычисляет значение ожидаемого тока по соответствующей формуле. При возникновении ОЗЗ последнее вычисленное значение считается порогом регулирования ПИР. Оно запоминается в блоке БДП. ПИР обеспечивает подмагничивание реактора с помощью блока БФУИ в соответствии с определенным значением емкостного тока сети, откорректированным в соответствии с напряжением на нейтрали в блоке БДП.

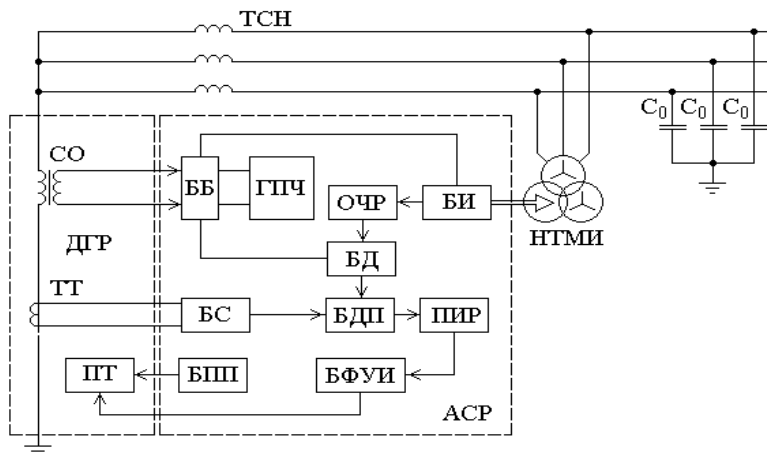


Рисунок 3 – Функциональная схема автоматического регулирования

При возникновении ОЗЗ генератор ГПЧ отключается от сигнальной обмотки СО реактора ДГР блоком ББ, последнее значение емкостного тока запоминается блоком БДП. Одновременно на БФУИ от регулятора ПИР поступает сигнал управления, соответствующий рассогласованию между измеренным ранее током сети и текущим током реактора, получаемым с выхода блока БС.

В первый же момент времени после замыкания ток реактора благодаря предварительному подмагничиванию устанавливается близким к номинальному, а остаточное рассогласование сводится к нулю регулятором ПИР соответствующим углом открытия тиристорov встроенного преобразователя ПТ. Этим обеспечивается скорейший выход реактора в резонансный режим. По достижении требуемого значения тока реактора, равного зафиксированному ранее току емкостного контура сети, сигнал рассогласования на регулятор ПИР становится нулевым. При этом параметры резонансной настройки поддерживаются до исчезновения или ликвидации персонала ОЗЗ.

Использование ДГР с АСР позволяет обеспечить малый остаточный ток ОЗЗ (не более 1–2 А), а следовательно, отсутствует необходимость в немедленном отключении ОЗЗ. Таким образом, заземление через ДГР следует использовать тогда, когда в сети высок риск появления дуговых ОЗЗ. При этом исключается повреждение измерительных трансформаторов из-за феррорезонансных процессов, а наличие фиксированного значения

остаточного тока позволяет правильно организовать селективную работу устройств релейной защиты от ОЗЗ.

Для получения нейтральной точки используют специальные трансформаторы или незначительно загруженные трансформаторы собственных нужд. Способы подключения ДГР приведены на рисунке 1.

Однако при значительной расстройке компенсации емкостных токов возможно возникновение дуговых перенапряжений. Согласно ПТЭ [10], при эксплуатации дугогасящих реакторов допускается расстройка компенсации не более 5 %. Если этих параметров по разным причинам выдержать не удастся, то следует использовать ДГР с шунтирующим низковольтным резистором или резистивное заземления нейтрали.

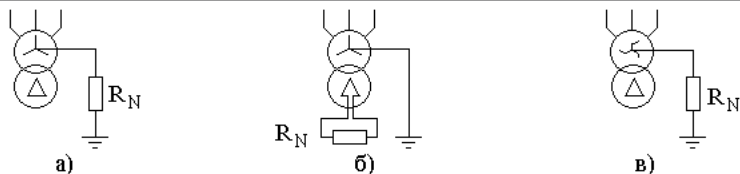
Схема подключения ДГР с шунтирующим низковольтным резистором приведена на рисунке 1, где для их подключения замыкают ключи К1 и К2.

Схема подключения резисторов в нейтраль осуществляется с помощью специального заземляющего трансформатора как показано на рисунке 4. Известно несколько вариантов такого подключения. Так на рисунке 4, а резистор подключается к нейтральной точке незначительно загруженного трансформатора собственных нужд также как ДГР. Иногда практикуется глухое подключение нейтрали заземляющего трансформатора к контуру заземления с подключением резистора R_N во вторичную обмотку, которая соединена по схеме «разомкнутый треугольник» как показано на рисунке 4,б. Значительно реже заземление резистором осуществляется с помощью отдельного трансформатора в режиме холостого хода с соединением его обмотки высокого напряжения по схеме «зигзаг» как показано на рисунке 4,в.

Результаты и обсуждение

Возможны высокоомный и низкоомный варианты резистивного заземления нейтрали. При низкоомном заземлении нейтрали резистор выбирается исходя из условия обеспечения селективности защит от ОЗЗ. Подключать его к нейтрали можно только через специальный заземляющий трансформатора, как это показано на рисунке 4,в.

Заземление с помощью высокоомного резистора используют в сетях с током ОЗЗ не более 10 А. Что существенно ограничивает область его применения. Варианты включения высокоомного резистора показаны на рисунке 4.



а – соединение к нейтральной точке; б – соединение по схеме «разомкнутый треугольник»; в – соединение по схеме «зигзаг»

Рисунок 4 – Способы резисторного заземления нейтрали

Выводы

Резистивное заземления нейтрали позволяет ликвидировать феррорезонансные явления; снизить уровень дуговых перенапряжений; избежать быстрого отключения первого ОЗЗ в сети при высокоомном заземлении нейтрали. Однако такое заземление не приводит к уменьшению тока в месте повреждения при ОЗЗ, а также требует использования резисторов с высокой мощностью рассеивания. Тем не менее переход от режима изолированной нейтрали к заземлению через резистор дает наибольший эффект при металлических ОЗЗ. Резистивное заземления нейтрали позволяет ликвидировать феррорезонансные явления; снизить уровень дуговых перенапряжений; избежать быстрого отключения первого ОЗЗ в сети при высокоомном заземлении нейтрали. Однако такое заземление не приводит к уменьшению тока в месте повреждения при ОЗЗ, а также требует использования резисторов с высокой мощностью рассеивания.

Тем не менее переход от режима изолированной нейтрали к заземлению через резистор дает наибольший эффект при металлических ОЗЗ.

Исследование финансируется Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант №. AP09058186)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 **Novozhilov, A., Issabekov, Zh. and Novozhilov, T.** Configurations of 6-10 kV cable lines and types of cable damages. The conference ICIEAM IEEE Conference Publications. – Chelyabinsk, 2016. – Vol. 1. – P. 1.

2 **Bogdan, A. V., Kletsel’M, Y., & Nikitin, K. I.** Adaptive back-up overcurrent protection for tapped lines with single-end fud // Электричество. – 1991. – 2. – С. 51–54.

3 **Issabekov, Zh. B., Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A. and Issabekova, B. B.** News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan // Series of Geology and Technical Sciences. – 2018. – 5. – С. 128–132.

4 **Идельчик, В. И.** Электрические системы и сети: – М. : Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.

5 Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 января 2013 г. / Госэнергонадзор. – М. : КНОРУС, 2013. – 488 с.

6 **Чернобровов, Н. В., Семенов, В. А.** Релейная защита энергетических систем : учеб. пособие для техникумов. – М. : Энергоатомиздат, - 1998. – 800 с.

7 **Костров, М. Ф., Соловьев, И. И., Федосеев, А. М.** Основы техники релейной защиты. – М-Л. : Госэнергоиздат, 1944. – 436 с.

8 **Лихачев, Ф. А.** Инструкция по выбору, установке и эксплуатации дугогасящих катушек. – М. : «Энергия», 1971. – 152 с.

9 **Брянцев, А. М.** Управляемые подмагничиванием электрические реакторы: сб. ст. – М. : Знак, 2004. – 264 с.

10 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей / Госэнергонадзор Минэнерго России. – М. : ЗАО «Энергосервис», 2003. – 392 с.

REFERENCES

1 **Novozhilov, A. , Issabekov, Zh. and Novozhilov, T.** Configurations of 6-10 kV cable lines and types of cable damages. The conference ICIEAM IEEE Conference Publications, Chelyabinsk, 2016. – Vol. 1. – P. 1.

2 **Bogdan, A. V., Kletsel’M, Y., & Nikitin, K. I.** Adaptive back-up overcurrent protection for tapped lines with single-end fud. *Electrichestvo*. – 1991. – 2. – P. 51–54.

3 **Issabekov, Zh. B., Novozhilov, A. N., Novozhilov, T. A. and Issabekova, B. B.** News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan // Series of Geology and Technical Sciences. – 2018. – 5. – P. 128–132.

4 **Idel’chik, V. I.** Jelektricheskie sistemy i seti [Electrical systems and networks]. – Moscow : Jenergoatomizdat, 1989. – 592 p.

5 Pravila ustrojstva jelektroustanovok. Vse dejstvujushhie razdely shestogo i sed’мого izdaniy s izmenenijami i dopolnenijami po sostojaniju na 1 janvarja 2013 g. / Gosjenergonadzor. [Rules of electrical installations. All current sections of the sixth and seventh editions with amendments and additions as of January 1, 2013 / Gosenergonadzor] – Moscow : KNORUS, 2013. – 488 p.

6 **Chernobrovov, N. V., Semenov, V. A.** Relejnaja zashhita jenergeticheskikh sistem : ucheb. posobie dlja tehnikumov. [Relay protection of energy systems : textbook. manual for technical schools.] – Moscow : Jenergoatomizdat, 1998. – 800 p.

7 **Kostrov, M. F., Solov’ev, I. I., Fedoseev, A. M.** Osnovy tehniky relejnoj zashhity. [Fundamentals of relay protection technology] – M-L. : Gosjenergoizdat, 1944. – 436 p.

8 **Lihachev, F. A.** Instrukcija po vyboru, ustanovke i jekspluatacii dugogasjashhih katushek. [Instructions for the selection, installation and operation of arc-extinguishing coils.] – Moscow : «Jenergija», 1971. – 152 p.

9 **Brjancev, A. M.** Upravljaemye podmagnichivaniem jelektricheskie reaktory: sb. st. [Magnetization-controlled electric reactors: sat. art] – M. : Znak, 2004. – 264 p.

10 **Pravila tehničeskoj jekspluatacii jelektroustanovok potrebitelej / Gosjenergonadzor Minjenergo Rossii.** [Rules of technical operation of electrical installations of consumers / Gosenergonadzor of the Ministry of Energy of Russia] – Moscow : ZAO «Jenergoservis», 2003. – 392 p.

Материал поступил в редакцию 28.02.22.

*Ж. Б. Исабеков¹, Б. Б. Исабекова², А. Б. Жантілєсова³, А. М. Ақаев⁴

^{1,2,4}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

³С. Сейфуллин атындағы Қазақ Агротехникалық университеті,

Қазақстан Республикасы, Нұр-сұлтан қ.

Материал 28.02.22 баспаға түсті.

БЕЙТАРАП РЕЖИМДЕРДІҢ СИПАТТАМАЛЫҚ БЕЛГІЛЕРІ

Мақалада бейтарапты жерге қосу түрлерін талдау қарастырылған, бұл техникалық және экономикалық тұрғыдан ең перспективалы және тиімді болып доғалы реактор (ДР) мен резисторды бөлу болып табылады. Сондай-ақ, бұл бейтарап жерге қосу әдісі өте тиімді екендігі анықталды. Қалыпты режимде ДР автоматты түрде баптау және сыйымды токты өтеу жүйесімен желінің бейтарап нүктесіне қосылған. Жерге тұйықталған кезде реактор сыйымдылық тогының периодты компонентін өтейді және артық кернеуді азайтады. Зақымдану орнын анықтау және ажырату үшін реакторға параллель резистор қысқа уақытқа немесе тұрақты түрде қосылады. Осылайша, доғалық жерге тұйықталу кезінде ДР-нің барлық оң жақтары пайда болады, ал металл жерге тұйықталу кезінде жерге тұйықталудан қорғауды іске қосу үшін резистор ДР-ге параллель қосылады. Қалыпты режимде ДР автоматты түрде баптау және сыйымды токты өтеу жүйесімен желінің бейтарап нүктесіне қосылған. Сондай-ақ, оқшауланған бейтараптық режимінен резистор арқылы жерге қосу жерге металл бір фазалы жерге тұйықталу кезінде үлкен әсер береді. Нейтралды резистивті жерге қосу феррорезонанс құбылыстарын жоюға мүмкіндік береді; доға кернеулігінің деңгейін

томендету; нейтралды жоғары жерге қосу кезінде желідегі бірінші бір фазалы жерге тұйықталудың тез ошуіне жол бермеу.

Кілтті сөздер: оқшауланған бейтарап желілер, бір фазалы жерге тұйықталу, доға сөндіргіш реактор, кабельдік желілер.

*J. B. Issabekov¹, B. B. Issabekov², A. B. Zhantlessova³, A. M. Akaev⁴

^{1,2,4}Toraighyrov University,

Republic of Kazakhstan, Pavlodar;

³S. Seifullin Kazakh AgroTechnical University,

Republic of Kazakhstan, Nur-Sultan.

Material received on 28.02.22.

CHARACTERISTIC FEATURES OF NEUTRAL OPERATING MODES

The article provides an analysis of the types of neutral grounding, which showed that the most promising and effective in technical and economic terms is the joint use of an arc-extinguishing reactor (AER) and a resistor. It was also found that this method of grounding the neutral is quite effective. In normal mode, a AER with a system for automatic adjustment and compensation of capacitive current is connected to the neutral point of the network. In case of a ground fault, the reactor compensates for the periodic component of the capacitive current and reduces the magnitude of overvoltages. To determine and disconnect the damage site, a resistor is connected in parallel to the reactor for a short time or permanently. Thus, in case of arc earth faults, all the positive sides of the AER will manifest themselves, and in case of a metal earth fault, a resistor is connected in parallel to the AER to trigger the earth fault protection. In normal mode, a AER with a system for automatic adjustment and compensation of capacitive current is connected to the neutral point of the network. Also, the transition from the isolated neutral mode to grounding through a resistor gives the greatest effect in the case of single-phase earth faults. Resistive grounding of the neutral allows to eliminate ferroresonance phenomena; to reduce the level of arc overvoltages; to avoid rapid disconnection of the first single-phase earth fault in the network with high-resistance grounding of the neutral.

Keywords: Networks with isolated neutral, single-phase earth fault, arc-extinguishing reactor; cable networks.

Теруге 28.02.2022 ж. жіберілді. Басуға 18.03.2022 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

3,77 Мб RAM

Шартты баспа табағы 13,12. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3883

Сдано в набор 28.02.2022 г. Подписано в печать 18.03.2022 г.

Электронное издание

3,77 Мб RAM

Усл. печ. л. 13,12. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: З. С. Исакова

Корректор: А. Р. Омарова

Заказ № 3883

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

«Торайғыров университет»

коммерциялық емес акционерлік қоғамы

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

8 (7182) 67-36-69

E-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz