

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
ВК «Кузбасская ярмарка»

НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ
РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

№ 9 - 2023

УДК 622.2

ISSN 2311-8342

ББК 33.1

Н 340

Главный редактор
д.т.н., проф. Фрянов В.Н.

Редакционная коллегия:
чл.-корр. РАН, д.т.н., проф. Клишин В.И., д.т.н., проф. Никитенко С.М.,
д.т.н. Павлова Л.Д. (технический редактор), д.т.н., проф. Домрачев А.Н.,
д.э.н., проф. Петрова Т.В.

Н 340 Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов : науч. журнал / Сиб. гос. индустр. ун-т; под общей ред. В.Н. Фрянова. – Новокузнецк, 2023. - № 9. – 390 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных наукоёмких технологий диверсификации угольного производства и обобщены результаты научных исследований, в том числе создание роботизированных и автоматизированных угледобывающих и углеперерабатывающих предприятий, базирующиеся на использовании прорывных технологий добычи угля и метана, комплексной переработке этих продуктов в угледобывающих регионах и реализации энергетической продукции потребителям в виде тепловой и электрической энергии.

Журнал предназначен для научных и научно-технических работников, специалистов угольной промышленности, преподавателей, аспирантов и студентов вузов.

Номер подготовлен на основе материалов Международной научно-практической конференции «Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов», проводимой в рамках специализированной выставки технологий горных разработок «Уголь России и Майнинг» (Новокузнецк, 6-9 июня 2023 г.).

Основан в 2015 г.
Выходит 1 раз в год

Учредитель - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

УДК 622.2
ББК 33.1

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2023

замены на генерирующие мощности «зеленой энергетики», с весьма большой вероятностью начнутся процессы стагнации целых энергоемких отраслей с полной остановкой производственной деятельности. Поэтому, перед принятием геополитических решений необходимо решить глобальную комплексную экономическую проблему, имеющую межотраслевой и межгосударственный характер, и в первую очередь, касающуюся занятости населения.

Список литературы

1. Особенности цветения цианобактерий в центральной части Азовского моря по спутниковым данным / Н.В. Василенко, А.В. Медведева, А.А. Алескерова [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 5. – С. 166-180.
2. Раевский Б.В., Тарасенко В.В., Петров Н.В. Оценка современного состояния и динамики растительных сообществ Онежского полуострова по разновременным спутниковым снимкам Landsat // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2021. – Т. 18. – № 5. – С. 145-155.
3. The real potential of current passive satellite data to map aboveground biomass in tropical forests / Nidhi Jha, Nitin Kumar Tripathi, Nicolas Barbier [et al.] // Remote Sensing in Ecology and Conservation. – 2021. – V. 7. – I. 3. – P. 504-520.
4. Monitoring ash dieback (*Hymenoscyphus fraxineus*) in British forests using hyperspectral remote sensing / Aland H. Y. Chan, Chloe Barnes, Tom Swinfield, David A. Coomes // Remote Sensing in Ecology and Conservation. – 2021. – V. 7. – I. 2. – P. 306-320.
5. Mapping of Aluminum Con-centration in Bauxite Mining Residues Using Sentinel-2 Imagery / S. Kasmaeeyazdi, E. Mandanici, E. Balomenos [et al.] // Remote Sens. – 2021. – № 13. P. 1517. – doi.org/10.3390/rs13081517.
6. Monitoring and Evaluating Restoration Vegetation Status in Mine Region Using Remote Sensing Data / W.Wang, R. Liu, F. Gan [et al.] // Remote Sens. Monitoring Mining Activities Using Sentinel-1A InSAR Coherence in Open-Pit Coal Mines 2021. – № 13. – P. 1350. – doi.org/10.3390/rs13071350.
7. Monitoring Mining Activities Using Sentinel-1A InSAR Coherence in Open-Pit Coal Mines / L. Wang, L. Yang, W. Wang [et al.] // Remote Sens. – 2021. – № 13. – P. 4485. – doi.org/10.3390/rs13214485
8. Evaluation of Ecological Stability in Semi-Arid Open-Pit Coal Mining Area Based on Structure and Function Coupling during 2002–2017 / X. Li, S. Lei, Y. Liu [et al.] // Remote Sens. – 2021. – № 13. – P. 5040. – doi.org/10.3390/rs13245040.
9. Li Q., Guo J., Wang F., Song Z. Monitoring the Characteristics of Ecological Cumulative Effect Due to Mining Disturbance Utilizing Remote Sensing // Remote Sens. – 2021. № 13. – P. 5034. – doi.org/10.3390/rs13245034
10. URL: <https://www.google.com.earth>

УДК 662.523

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ТРАНСФОРМАТОРА

к.т.н. Кузнецова Е.С., Усова Э.А., Комарова О.В., Качурин А.С.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк

Аннотация. Разработана имитационная модель дифференциальной защиты трансформатора. Применение модели позволит проводить исследования работы дифференциальной защиты трансформатора при различных параметрах сети или трансформатора.

Ключевые слова: имитационная модель, подстанция, трансформатор, дифференциальная защита, короткое замыкание, осциллограмма.

Основными видами повреждений в трансформаторах являются:

– замыкания между фазами внутри кожуха трансформатора и на наружных выводах обмоток;

– замыкания в обмотках между витками;

– замыкания на землю обмоток или их наружных выводов.

Защита трансформатора бывает основной и резервной. Основная автоматика контролирует обмотки, железо трансформатора, а также шины, провода. Резервная защита должна срабатывать на повреждения за трансформатором, из-за которых могут выйти из строя внутренние детали и проводники.

Дифференциальная защита применяется как основная быстродействующая защита трансформатора. Она защищает трансформатор, который находится в защищаемой зоне, определяемой расположением трансформаторов тока.

Дифференциальная защита осуществляет сравнение величин мгновенных значений тока и векторов направления. Принцип сравнения основан по первому закону Кирхгофа (геометрическая сумма токов, втекающих и вытекающих из узла, равна нулю в любой момент времени). За зону защиты примем защищаемый трансформатор (рис. 1).

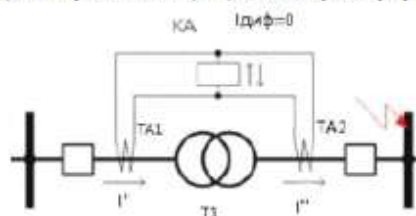


Рис. 1. Внешнее короткое замыкание

Дифференциальная защита не должна срабатывать при коротких замыканиях вне защищаемого объекта. Токи увеличиваются, а вектор направления их не изменяется. При разности токов мы получаем значение тока небаланса, меньше значения срабатывания. В нагрузочном режиме так же вектор направления не изменится.

В рассмотренном случае разность токов, протекающих в дифференциальной цепи равна нулю. В реальности же этот ток отличен от нуля и называется током небаланса.

В случае внутреннего короткого замыкания (рис. 2) ток, протекающий через трансформаторы тока, увеличивается. Но и вектор направления одного из токов относительно короткого замыкания так же изменяется. Происходит уже не разность токов, а сумма. Тогда ток в дифференциальной цепи резко возрастает, значение становится выше уставки и срабатывает защита, и формируется команда отключения выключателей.

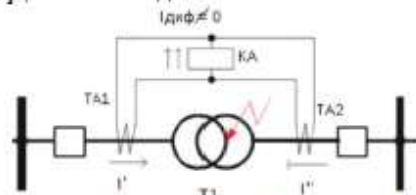
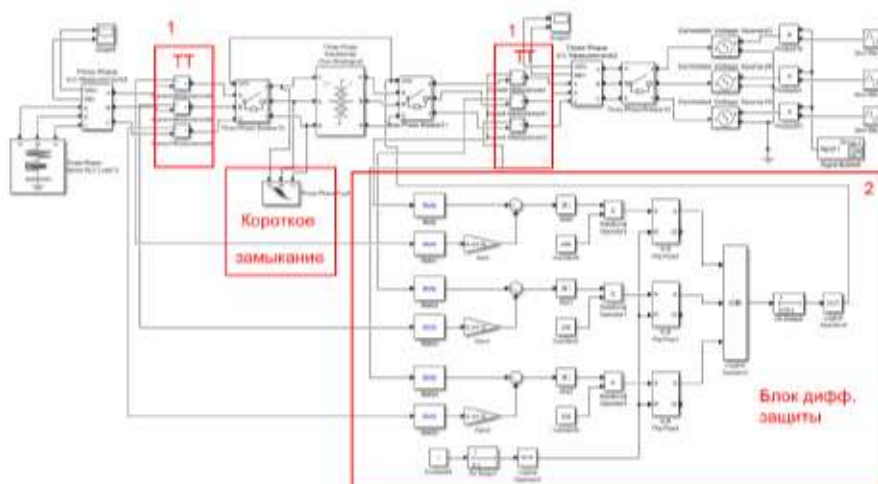


Рис. 2 – Внутреннее короткое замыкание

На рис. 3 показана схема подключения блока дифференциальной защиты и логические элементы симулирующих её работу.

На сторонах ВН и НН установлено по три трансформатора тока. Мгновенной значение тока с ТТ установленного на стороне ВН, поступает на блок RMS. В блоке RMS

происходит перерасчет мгновенного значения тока в действующий. Далее сигнал поступает на блок сумматора, в котором вычисляется разность действующих токов с ТТ со стороны ВН и НН. Т.к. значения токов стороны ВН и НН отличаются кратно, то введен множитель для ТТ на стороне НН. Далее значение дифференциального тока поступает на блок сравнения, в котором дифференциальный ток сравнивается с током уставки. Если значение дифференциального тока превышает ток уставки, то на управляющие сигналы выключателей подается сигнал на отключение поврежденного трансформатора. После срабатывания защиты подается сигнал на включения АВР и сигнальной индикации.



1 – трансформаторы тока; 2 – блок дифференциальной защиты

Рис. 3. Блок дифференциальной защиты и схема подключения

Для моделирования работы блока дифференциальной защиты используется модель изображенная на рис. 3, короткое замыкание будет происходить в точке К1.

Из осциллограмм, показанных на рис. 4, видно, что во время нормальной работы системы значение дифференциального тока равно нулю. На 6 секунде у трансформатора 1Т происходит короткое замыкание и значение дифференциального тока резко возрастает. Защита срабатывает и подает управляющий сигнал на выключатели, которые отключают поврежденный участок.

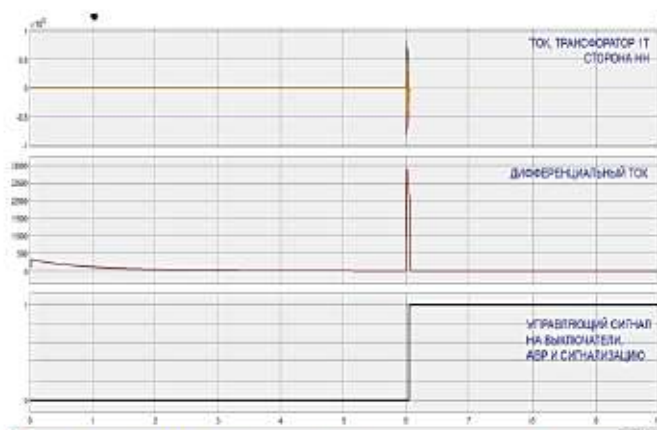


Рис. 4. Осциллограммы дифференциального тока, тока трансформатора 1Т и управляющего сигнала

Для большей наглядности на рис. 5 показан момент срабатывания защиты в увеличенном масштабе.

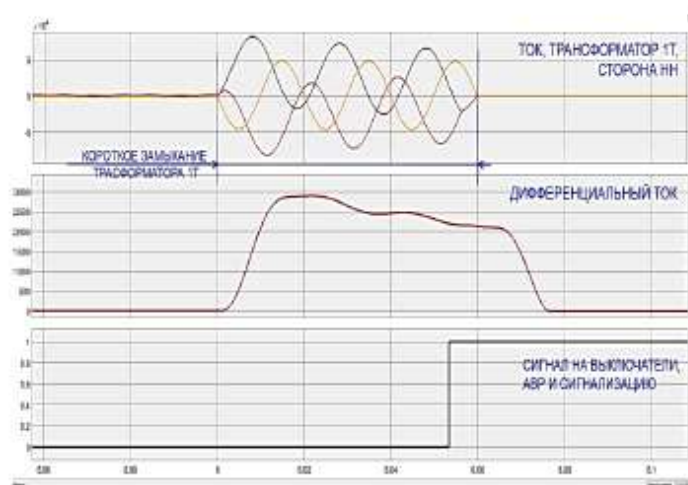


Рис. 5. Осциллограммы работы блока дифференциальной защиты

На рис. 6 показаны осциллограммы тока и напряжения трансформатора 2Т на стороне НН. Из осциллограмм видно, что после срабатывания дифференциальной защиты происходит включение АВР и нагрузка, которая была подключена к трансформатору 1Т, подключается к трансформатору 2Т и ток увеличивается.

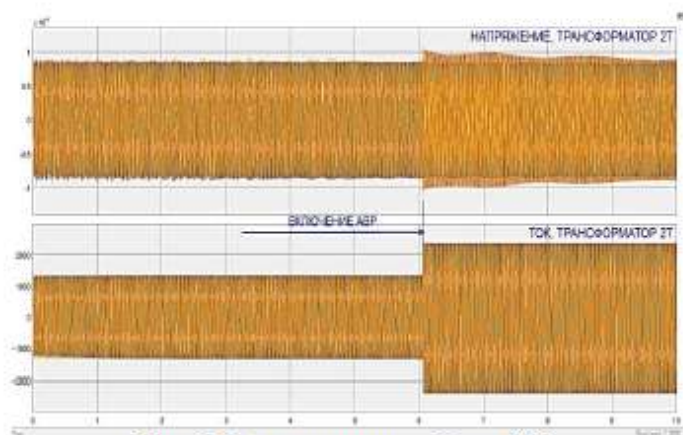


Рис. 6. Осциллограмма работы АВР

Вывод. Имитационное моделирование в среде «MATLAB-SIMULINK» позволяет рассмотреть различные режимы работы трансформаторных подстанций и действие защит при аварийных режимах.

Список литературы

1. Ершов Ю.А., Киселёв Д.Н. Моделирование устройств релейной защиты в программном комплексе MATLAB: уч. пос. – Pal-marium Academic Publishing, 2012. – 144 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
3. Имитационное моделирование подстанции в среде «MATLAB-SIMULINK» / Кузнецова Е.С., Дурнев А.А., Пестрецов А.Е. [и др.] // Системы автоматизации (в образовании,

УДК 621.317

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ГОРНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

¹к.т.н. Кузнецова Е.С., ²Кузьмина С.Ю., ³Кузьмин С.А.

1 – Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк, Россия

2 – ООО «Горэлектросеть», г. Новокузнецк, Россия

3 – ООО «Фаза», г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Рассмотрена структура расхода электроэнергии на горных предприятиях. Приведены пути цифрового перехода в области учета электроэнергии на промышленном предприятии. Переход на интеллектуальный учет электроэнергии позволит решить проблему разделения потребления электроэнергии на группы потребителей, а также другие задачи.

Ключевые слова: электросчетчик, неинвазивный мониторинг нагрузки, расход электроэнергии, условно-постоянные расходы, условно-переменные расходы, искусственный интеллект, цифровой переход.

Система электроснабжения горнодобывающего предприятия является динамической структурой, подвергающейся внешним воздействиям. Упорядочение учета электроэнергии и, как следствие этого, обеспечение нормального производственного режима, выравнивания графика нагрузки, круглосуточный мониторинг состояния электрохозяйства способствуют повышению энергоэффективности производства и возможности управления им на современном уровне.

Современные мировые энергетические стратегии определяют необходимость внедрения цифровых технологий во все этапы жизненного цикла электрической энергии. Внедрение интеллектуальных систем учета, управления и регулирования являются одним из направлений таких стратегий.

В стратегии научно-технологического развития Российской Федерации выделено направление «Переход к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям, роботизированным системам, новым материалам и способам конструирования, создание систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта».

Эффективность управления и регулирования электропотреблением определяется минимизацией аварий оборудования, снижением числа остановок технологического процесса предприятий из-за обесточивания, скоростью восстановления нормального режима энергосистемы после аварии.

Типовая структура расхода электроэнергии на горных предприятиях представлена в табл. 1.

Исследователями доказано, что основными технологиями цифрового перехода в электроэнергетической отрасли являются технологии интеллектуальных систем учета электроэнергии, которые основываются на счетчиках электроэнергии, снабженных модулями сбора, обработки, хранения, отправки и получения данных.

В отличие от традиционных счетчиков электроэнергии системы интеллектуального учета обладают более широким спектром функций:

– мониторинг объема потребления в режиме реального времени;