

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

№ 10 - 2024

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, 2024. - № 9. – 350 с.

Рассмотрены аспекты развития инновационных научно-технических 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, 4-7 июня 2024 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, 2024

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ

к.т.н. Кузнецова Е.С., Богдановская Т.В., Игнатенко О.А.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Разработана имитационная модель подстанции 220/35/6 кВ. В работе было смоделировано десять различных режимов работы трансформатора в Matlab Simulink. Исследования показали, что подстанция работает эффективно и надежно во всех режимах и полученная модель подстанции может быть использована для оптимизации работы подстанции и повышения ее эффективности.

Ключевые слова: подстанция, модель, режим работы подстанции резкопеременная нагрузка, трансформатор, схема электроснабжения.

Одной из наиболее распространенных причин нарушения подачи электроэнергии на угледобывающие предприятия является отказ оборудования, что может привести к перегрузкам, короткому замыканию или пожару. Другой причиной может быть неправильно настроенная система, приводящая к неэффективной работе или отказу. Система электроснабжения современной крупной горнодобывающей компании представляет собой сложную комбинацию электрооборудования, включающую региональные электростанции, фидерные и распределительные сети 110-220 кВ и десятки понижающих подстанций.

В отличие от сети региональных энергосистем, потребители большой мощности сосредоточены в ограниченном районе угольного предприятия. Сеть 110-220 кВ работает в сложной замкнутой системе с относительно небольшой длиной линий, что позволяет широко изменять распределение передаваемой мощности в периоды нормального и технического обслуживания для снижения потерь электроэнергии, регулирования напряжения и ограничения токов короткого замыкания.

Подача электроэнергии на угледобывающее предприятие ограничена технологией горных работ, способом эксплуатации основного приемного оборудования, условиями работы электрооборудования и сети (полевые работы, значительная площадь и глубина угольного забоя, распределение приемного оборудования по всей площади и глубине горной выработки, систематическое движение горной техники, взрывные работы, значительная единичная мощность системы электроснабжения).

Для анализа различных режимов работы подстанции и оценки ее эффективности при различных условиях, в программе Matlab Simulink была разработана модель подстанции с глубоким вводом 220/35/6.

Для этого была создана схема подстанции, включающая основные элементы, такие как трансформаторы, выключатели, автоматические выключатели и реле. Кроме того, рассмотрены факторы, влияющие на работу подстанции, такие как напряжение, ток и частота.

Simulink – это мощный инструмент для моделирования и анализа систем. Он позволяет быстро и эффективно проектировать, тестировать и отлаживать системы до их внедрения в реальный мир.

С помощью программы моделирования Matlab Simulink были проведены различные исследования для оценки работы подстанции в различных ситуациях. Были смоделированы такие режимы работы, как номинальная нагрузка, перегрузка и короткое замыкание.

В Simulink эта модель представлена в виде блок-схемы, где каждый блок представляет элемент системы. Например, блок "сумматор" может использоваться для

сложения двух входных сигналов, а блок "интегратор" - для интегрирования сигналов. Блоки соединены линиями для передачи данных между ними.

Чтобы создать модель в Simulink, необходимо выбрать блоки из библиотеки Simulink и соединить их. Также можно создать свои собственные блоки, которые могут быть использованы в модели. После создания модели ее можно запустить и смоделировать в Simulink, чтобы увидеть, как она ведет себя в различных условиях.

Simulink также позволяет анализировать и оптимизировать модель. Можно провести анализ стабильности системы или определить наилучшие параметры системы для достижения заданной цели. Это может повысить производительность и эффективность системы.

На схеме (рис. 1) представлено два трансформатора со схемой обмоток звезда/треугольник, питающие воздушные линии (ВЛЭП), отходящие кабельные линии (КЛ) и сопротивления нагрузки.

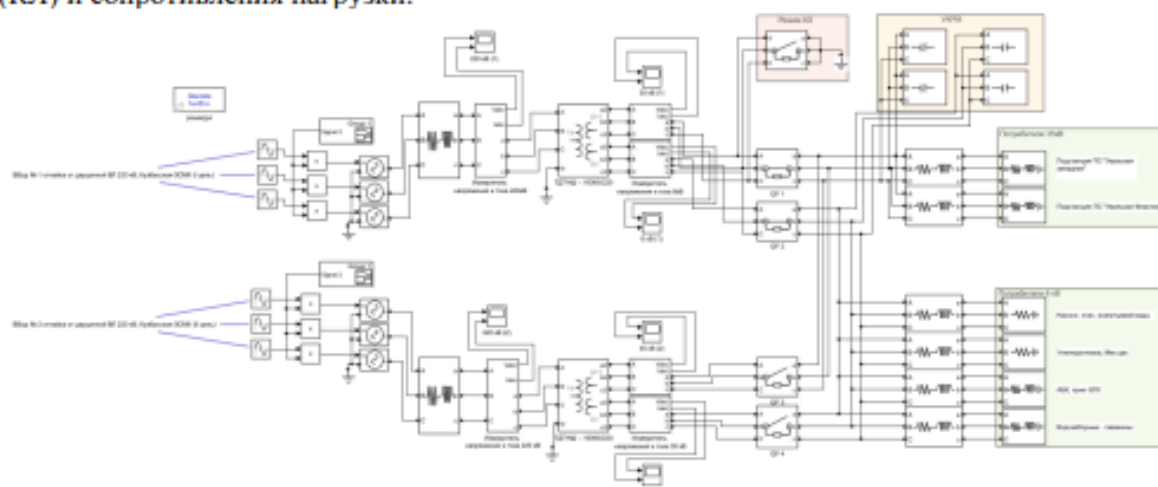


Рис. 1. Принципиальная схема подстанции в среде MatLab Simulink

В работе было смоделировано десять различных режимов работы трансформатора в Matlab Simulink:

- режим холостого хода характеризуется работой трансформатора в режиме холостого хода;
- нормальный режим работы;
- аварийный режим работы трансформатора, который возникает при падении напряжения на 15% на линии электропередачи 110 кВ;
- режим короткого замыкания (вторичная обмотка замкнута накоротко);
- режим короткого замыкания (вторичная обмотка короткозамкнута в обеих фазах);
- режим короткого замыкания ARC (дугового короткого замыкания).
- режим перенапряжения;
- режим тока утечки;
- режим фазового замыкания;
- режим фазного замыкания из-за короткого замыкания на землю.

При моделировании трансформатора важно убедиться, что параметры модели соответствуют параметрам реального трансформатора. Это позволит сделать модель более точной, а результаты - более надежными.

Для анализа результатов моделирования можно использовать различные инструменты Matlab, такие как графики и таблицы. Эти инструменты позволяют визуализировать параметры трансформатора в разное время и на разных частотах.

Анализ осциллограмм (рис. 2-11) позволяет диагностировать электрооборудование, выявлять неисправности и определять причины аварий.

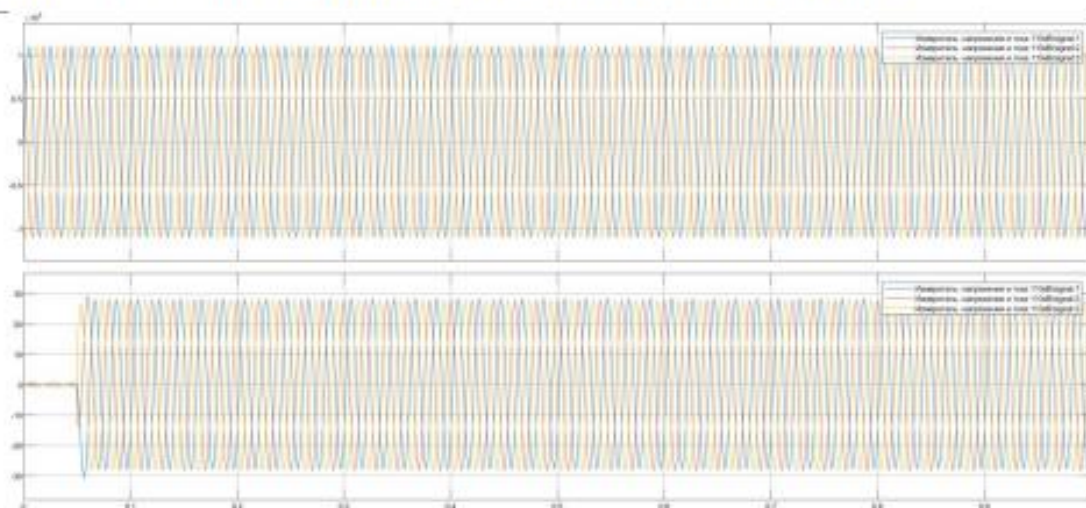


Рис. 2. Осциллограмма тока и напряжения на линии 220 кВ Т1 холостой ход и нагрузка

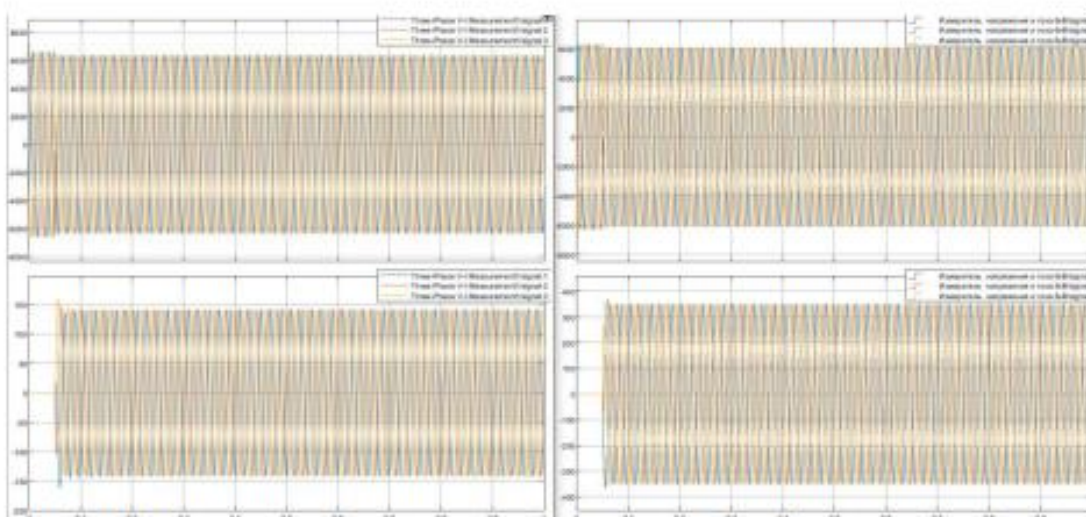


Рис. 3. Осциллограмма тока и напряжения на линии 35 кВ и 6 кВ Т1 холостой ход и нагрузка



Рис. 4. Осциллограмма тока и напряжения на линии 220 кВ Т1 скачок и просадка напряжения

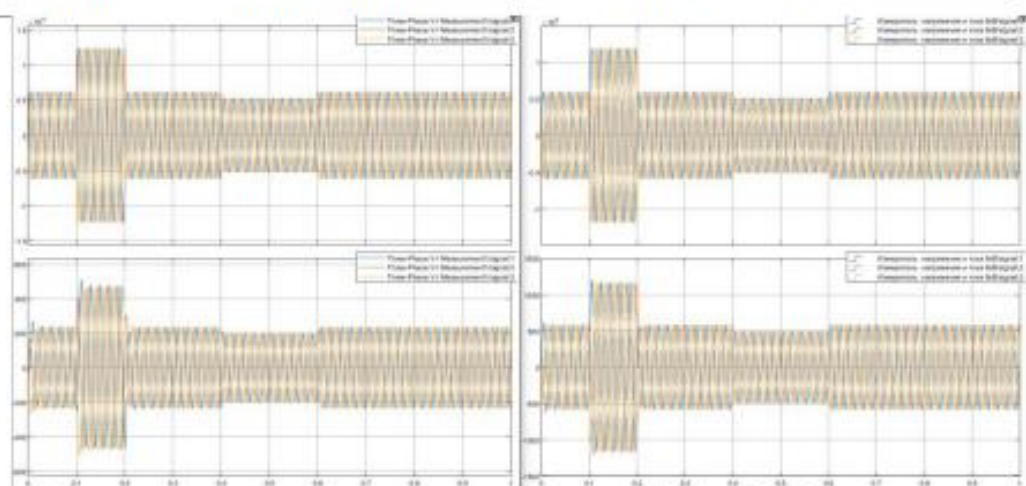


Рис. 5. Осциллограмма тока и напряжения на линии 35 кВ и 6 кВ Т1 скачок и просадка напряжения

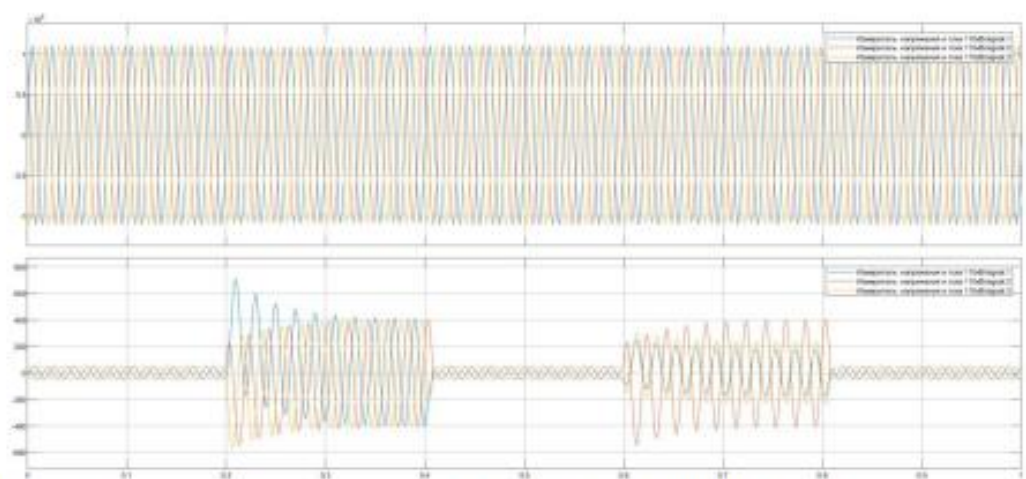


Рис. 6. Осциллограмма тока и напряжения на линии 220 кВ Т1 короткое замыкание всех фаз и одной

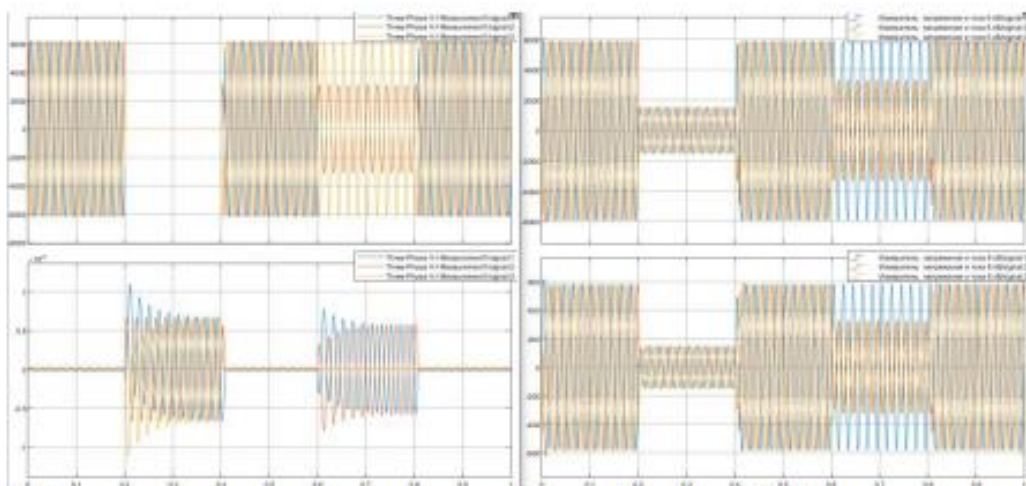


Рис. 7. Осциллограмма тока и напряжения на линии 35 кВ и 6 кВ Т1 короткое замыкание всех фаз и одной

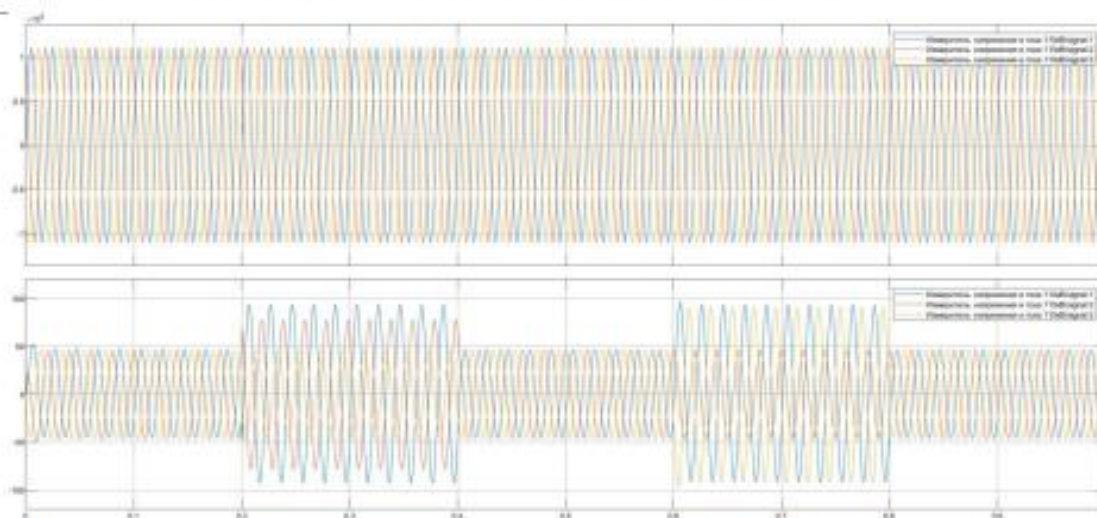


Рис. 8. Осциллограмма тока и напряжения на линии 220 кВ Т1 дуговое замыкание и утечка тока

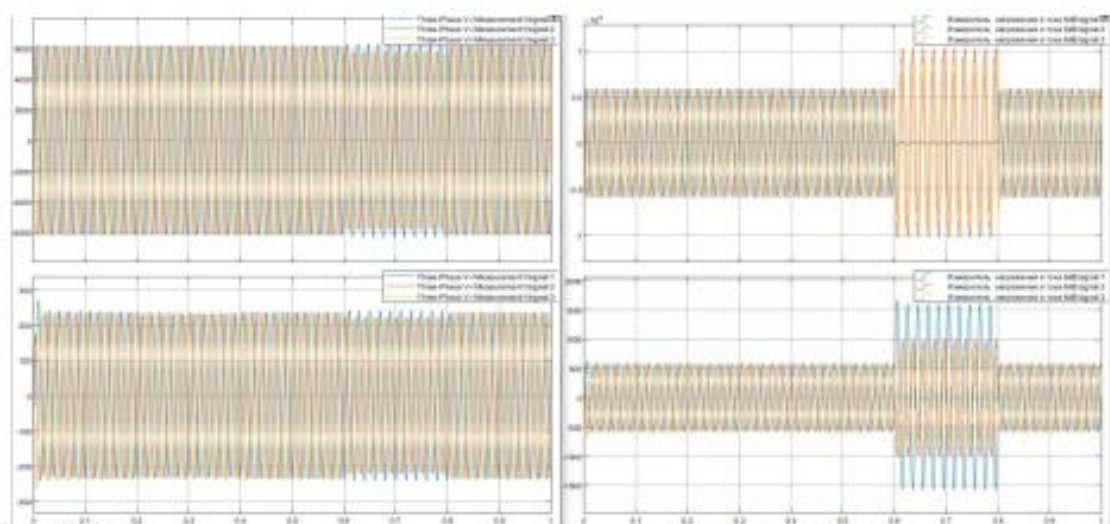


Рис. 9. Осциллограмма тока и напряжения на линии 35 кВ и 6 кВ Т1 дуговое замыкание и утечка тока

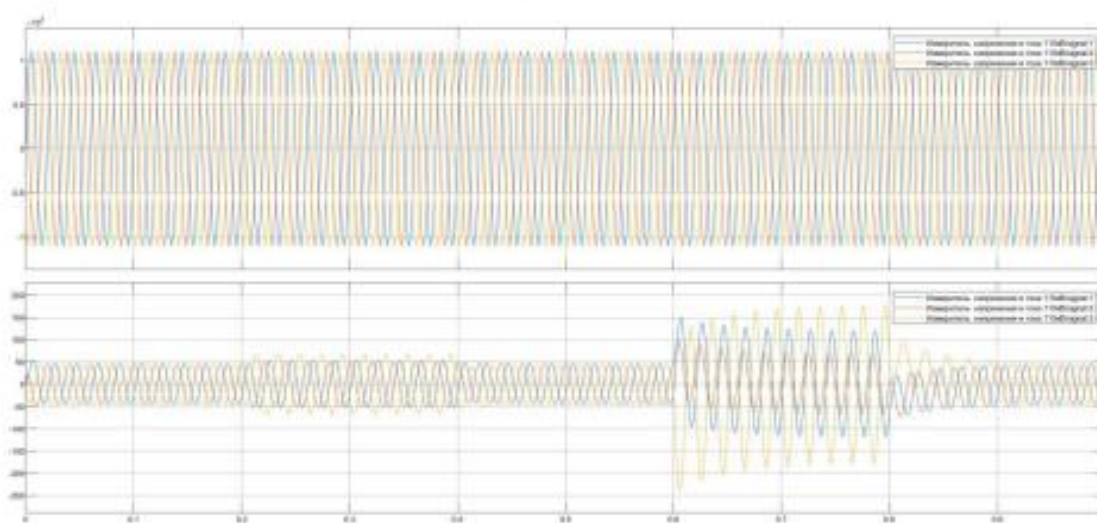


Рис. 10. Осциллограмма тока и напряжения на линии 220 кВ Т1 обрыв фазы без и с замыканием на массу

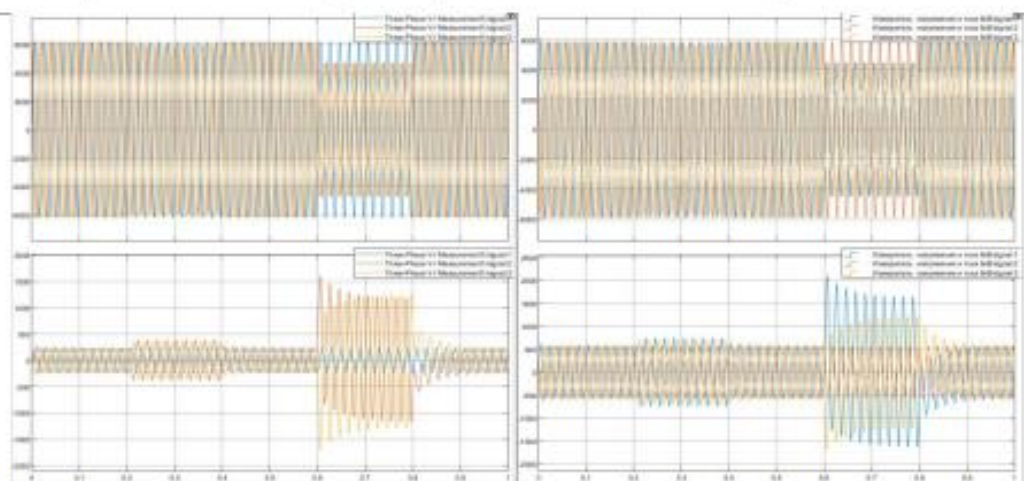


Рис. 11. Осциллограмма тока и напряжения на линии 35 кВ и 6 кВ Т1 обрыв фазы без и с замыканием на массу

Выводы. Исследования показали, что подстанция работает эффективно и надежно во всех режимах, а имитационная модель может быть использована для оптимизации работы подстанции и повышения ее эффективности.

Таким образом, используя модель подстанции, разработанную в программе MATLAB SIMULINK, можно проанализировать работу подстанции, оценить ее эффективность при различных условиях и использовать для улучшения работы подстанции и повышения ее эффективности.

Список литературы

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005. – 672 с.
2. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
3. Кончакова О.В., Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С. Разработка модели мини-ТЭЦ в MATLAB // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: труды девятой науч.-практ. конф., 25-26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2020. – С. 108-117.
4. Кузнецов В.А., Кузнецова Е.С., Видинеев А.А. Разработка модели подстанции 110/6 кВ в среде «Матлаб – Симулинк» // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XXII междунар. науч.-практ. конф., 5 ноября 2021 г. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2021. – С. 42-47.

УДК 621.31

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАТОРА МОЩНЫХ ИМПУЛЬСА НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА

Кузнецова Е.С., Арбузов И.С.

Сибирский государственный индустриальный университет, г. Новокузнецк, Россия

Аннотация. Показана реализация системы управления генератора, в которой в качестве объекта управления используется модель, реализованная в программном пакете MatLab. Управление осуществляется посредством алгоритмов, работающих на контроллере. Для передачи данных служит набор повсеместно принятых спецификаций (технология OPC).