

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»
Администрация Правительства Кузбасса
Администрация г. Новокузнецка
Институт проблем управления им. Трапезникова РАН
Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН
АНО «Научно-образовательный центр «Кузбасс»

СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ
(в образовании, науке и производстве)
AS' 2022

ТРУДЫ ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ
(с международным участием)

15-16 декабря 2022 г.

Новокузнецк
2022

УДК 658.011.56
С 409

Редакционная коллегия:

д.т.н., проф. В.В. Зимин (ответственный редактор),
д.т.н., проф. С.М. Кулаков, д.т.н., проф. В.Ю. Островляничик,
д.т.н., проф. Л.Д. Павлова, д.т.н., доц. И.А. Рыбенко,
к.т.н., доц. В.И. Кожемяченко (технический редактор).

С 409 Системы автоматизации (в образовании, науке и производстве) AS'2022: труды Всероссийской научно–практической конференции (с международным участием), 15-16 декабря 2022 г. / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Сибирский государственный индустриальный университет ; под общ. ред. В.В. Зимина. – Новокузнецк : Издательский центр СибГИУ, 2022. – 632 с.

ISBN 978-5-7806-0583-6

Труды конференции посвящены научным и практическим вопросам в области современных систем автоматизации и информатизации учебных, исследовательских и производственных процессов. Представлены результаты исследования, разработки и внедрения методического, математического, программного, технического и организационного обеспечения систем автоматизации и информационно-управляющих систем в различных сферах деятельности.

Сборник трудов ориентирован на широкий круг исследователей, научных работников, инженерно-технический персонал предприятий и научно-исследовательских лабораторий, преподавателей вузов, аспирантов и обучающихся по программам бакалавриата и магистратуры.

УДК 658.011.56

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2022

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОДСТАНЦИИ В СРЕДЕ «MATLAB – SIMULINK»

Кузнецова Е.С., Дурнев А.А., Пестрецов А.Е., Арбузов И.С., Полосухин А.Е.

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, kuzlena00@yandex.ru*

Аннотация. Разработана имитационная модель подстанции 110/6 кВ. Применение модели позволит исследовать различные режимы работы подстанции: без нагрузки, под нагрузкой, просадка напряжения, в различных режимах короткого замыкания.

Ключевые слова: имитационная модель, подстанция, трансформатор, ток, напряжение, холостой ход, просадка напряжения, короткое замыкание, осциллограмма.

Abstract. A simulation model of a 110/6 kV substation has been developed. Application of the model will allow investigating various modes of substation operation: no load, under load, voltage drop, in various modes of short circuit.

Keywords: simulation model, substation, transformer, current, voltage, idle, voltage drop, short circuit, oscillogram.

Имитационное моделирование является одним из видов компьютерного моделирования. В настоящее время имеется значительное количество программных комплексов, позволяющих с помощью последовательности вычислений и графического отображения их результатов воспроизводить (имитировать) процессы функционирования объекта при условии воздействия на него различных факторов. Среди систем компьютерного моделирования особо выделяется программа MATLAB (матричная лаборатория), ориентированная в первую очередь на научно-технические вычисления и моделирование.

Моделирование систем электроснабжения возможно как с помощью создания своей программы на языке MATLAB, так и путем использования моделей типовых элементов системы электроснабжения из пакета расширения Simulink.

Пакет расширения Simulink программы MATLAB позволяет выполнить имитационное моделирование объектов, состоящих из графических блоков с заданными параметрами. В свою очередь в пакет Simulink входит крупный пакет расширения SimPowerSystems, предназначенный специально для моделирования электротехнических устройств и энергетических систем большой мощности.

Приложение Simulink является своего рода «виртуальной лабораторией», позволяющей собирать и исследовать работу многих видов электрических цепей и устройств.

В данной работе разработана модель подстанции ОП-4 для исследования различных режимов работы как нормальных так ненормальных и аварийных. На подстанции установлены два трансформатора по 40000 кВ·А типа ТРДН-40000/110 напряжением 110/6 кВ. Параметры трансформатора задаются в окне Block Parameters.

Модель электроснабжения трансформатора представлена на рисунке 1 и содержит силовой трансформатор ТРДН-40000/110, генераторы синусоидальных сигналов фаз А, В, С, а также высоковольтный выключатель.

На рис. 2 показаны осциллограммы переходных процессов напряжения и тока при включении трансформатора без нагрузки в момент времени 5 секунд.

Из осциллограмм видно, что при включении трансформатора на холостой ход возникает значительный бросок тока, равный 600 А, а сам процесс намагничивания равен около 18 секунд.

На рисунке 3 показаны переходные процессы токов фаз А, В, С в момент включения трансформатора без нагрузки.

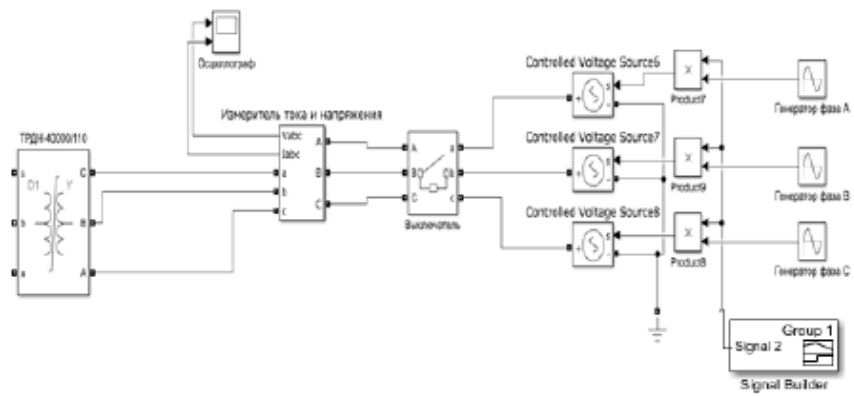


Рисунок 1 – Модель электроснабжения трансформатора

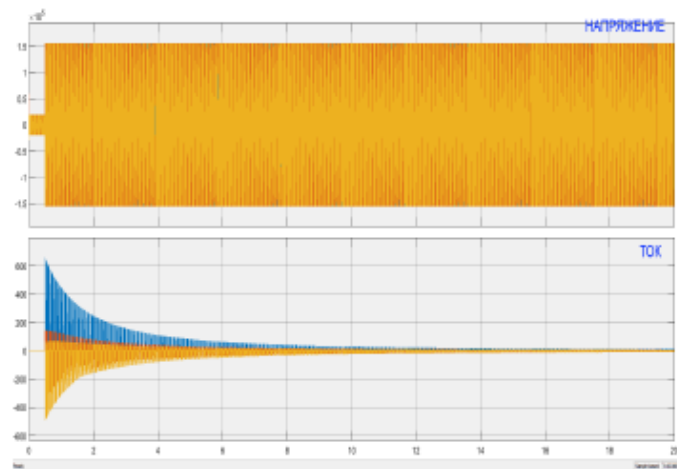


Рисунок 2 – Осциллограммы переходных процессов напряжения и тока при включении трансформатора без нагрузки

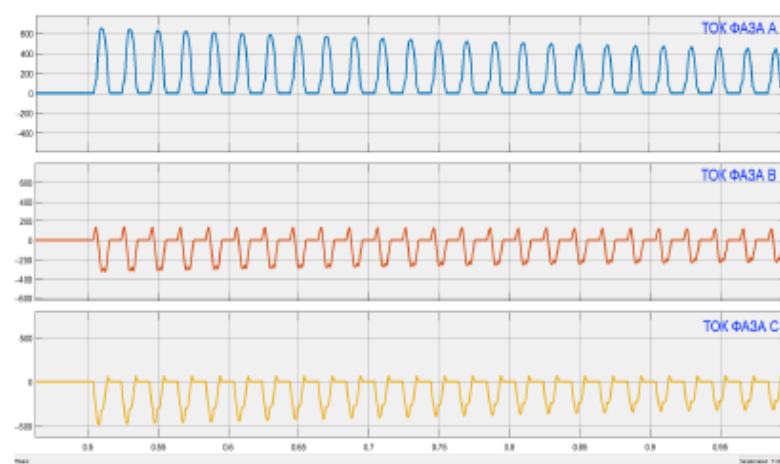


Рисунок 3 – Осциллограммы токов фаз А, В, С

На рисунке 4 показаны осциллограммы параметры трансформатора на высокой и низкой сторонах при просадке напряжения в диапазоне 6 – 8 секунд. Просадка напряжения формируется в блоке Signal Builder.

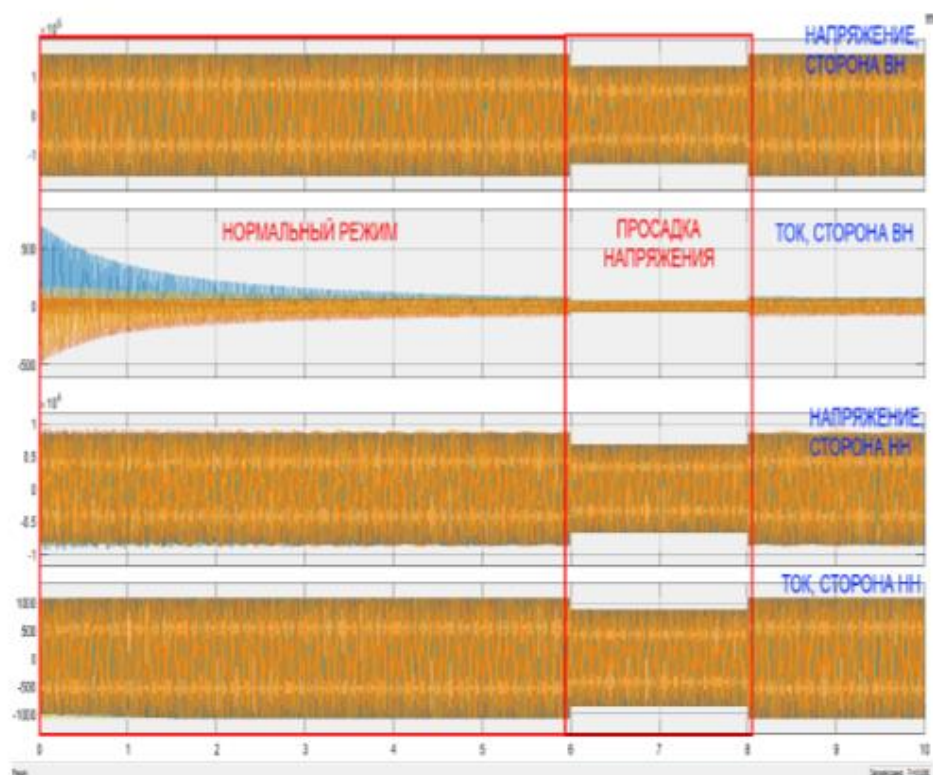


Рисунок 4 – Осциллограммы параметров трансформатора при просадке напряжения на высокой стороне

На рисунке 5 показана модель подстанции ОП-4 для исследования режимов короткого замыкания. Симуляция короткого замыкания производится с помощью блока Three-Phase Fault (трехфазный короткозамыкатель).

На рисунке 6 показана осциллограмма переходных процессов тока и напряжения на стороне ВН трансформатора в момент короткого замыкания в точке К1. Ударный ток на высокой стороне составит 4,8 кА, а амплитудное значение установившегося тока короткого замыкания - 1,8 кА.

На рисунке 7 показана осциллограмма переходных процессов параметров трансформатора на стороне НН в точке К1. В момент к.з происходит значительная просадка напряжения, при этом ударный ток составляет – 74 кА, а амплитудное значение установившегося тока короткого замыкания – 39,6 кА.

На рисунке 8 показана осциллограмма переходных процессов параметров трансформатора в точке К2. В момент короткого замыкания ударный ток составляет 51 кА, а амплитудное значение установившегося тока короткого замыкания – 23,4 кА.

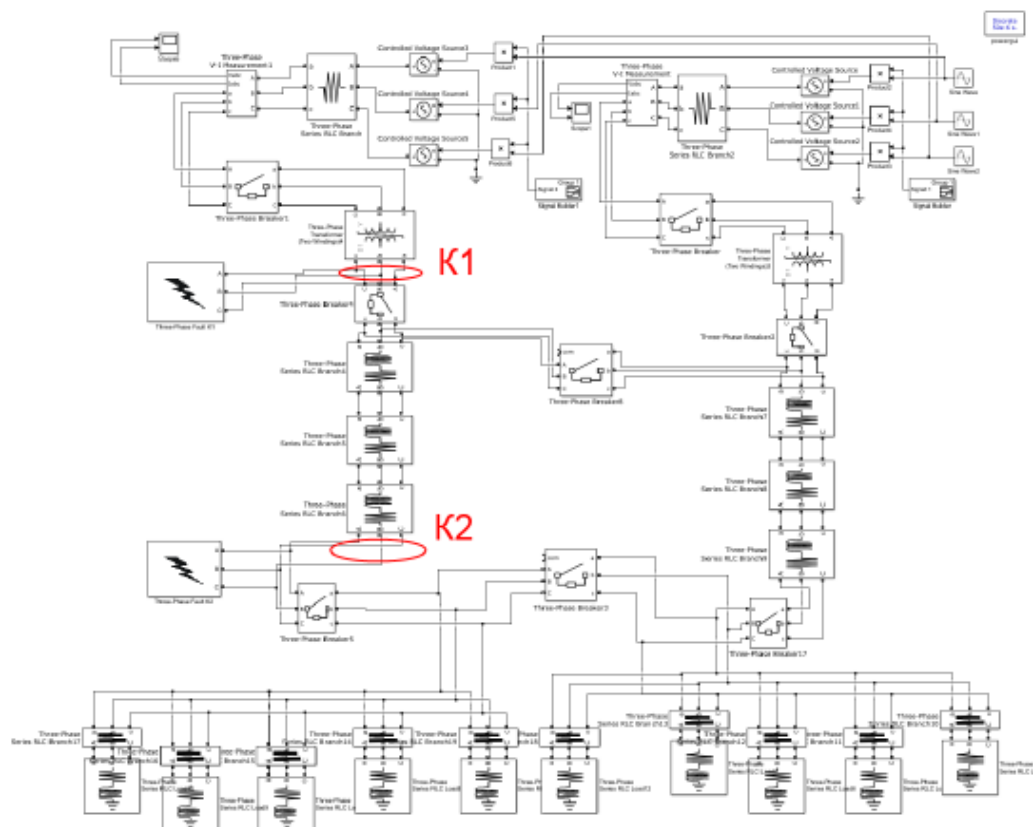


Рисунок 5 – Модель схемы подстанции ОП-4

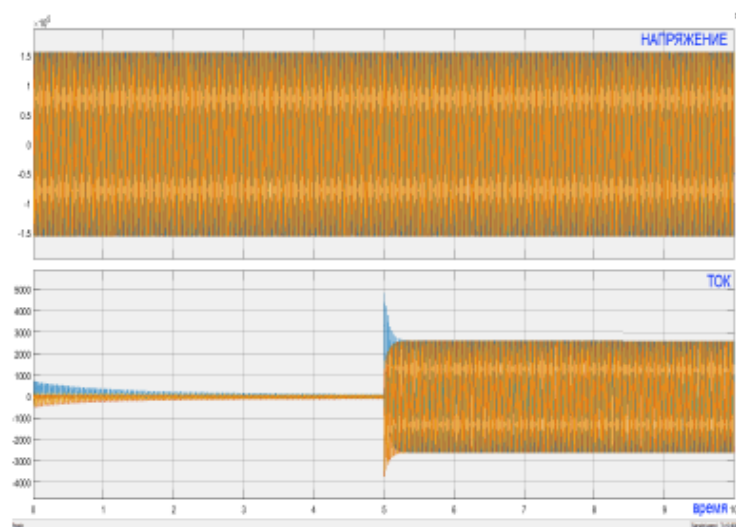


Рисунок 6 – Осциллограмма тока и напряжения в момент короткого замыкания на стороне ВН

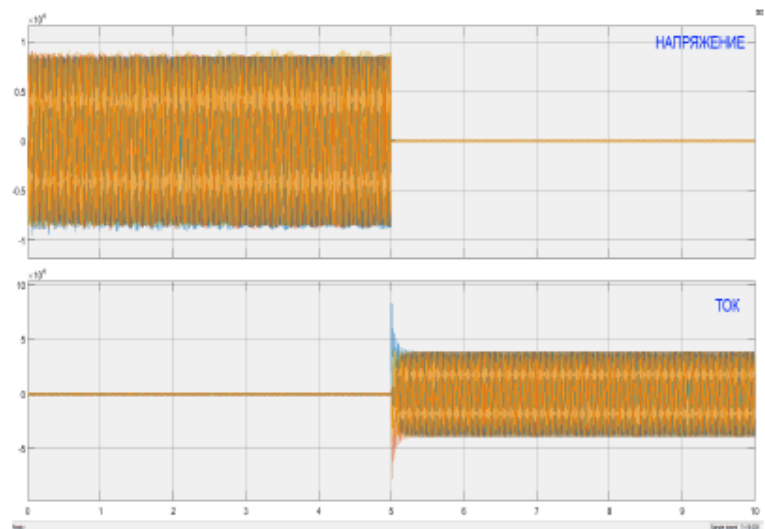


Рисунок 7 – Осциллограмма переходных параметров трансформатора в K1 на стороне НН

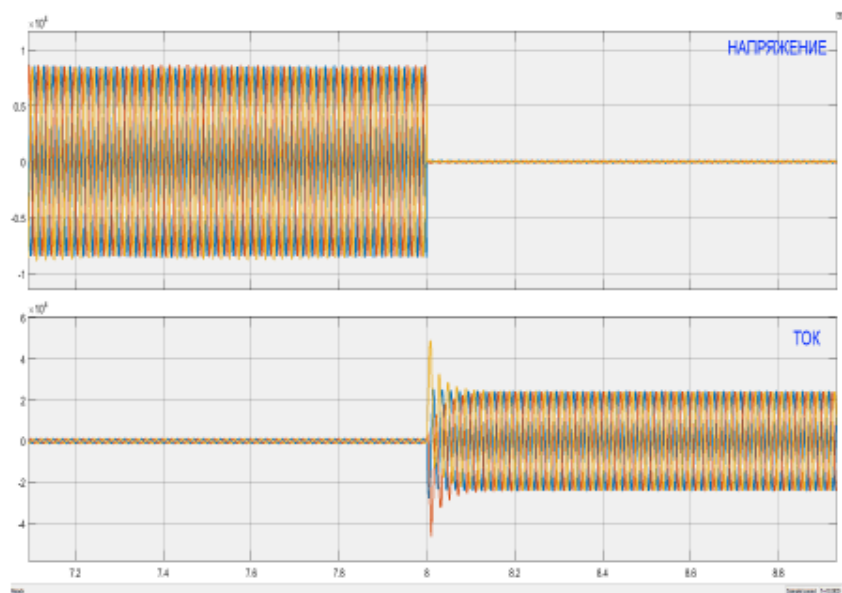


Рисунок 8 – Осциллограмма переходных параметров трансформатора в точке K2 на стороне НН

Выводы. Разработанная модель подстанции ОП-4 позволяет исследовать нормальные и аварийные режимы ее работы, с целью оптимизации и повышения надежности системы электроснабжения.

Библиографический список

1. Кудрин Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений/Б.И.Кудрин. - М.: Интермет Инжиниринг, 2005. -672 с.: ил.

2. Черных И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystem и Simulink. -М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. - 288 с.
3. Кончакова, О. В. Разработка модели мини-ТЭЦ в MATLAB / О. В. Кончакова, В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова // Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: труды Девятой научно-практической конференции, 25-26 ноября 2020 г. – Новокузнецк : Изд. центр СибГИУ, 2020. – С. 108-117.
4. Разработка модели подстанции 110/6 кв в среде «Матлаб – Симулинк» = Evelopment of the scheme of a 110/6 kv substation in the «Matlab – Simulink» environment / Кузнецов В. А., Кузнецова Е. С., Видинеев А. А. // Современная наука: актуальные вопросы, достижения и инновации : сборник статей XXII Международной научно-практической конференции, 5 ноября 2021 г. – Пенза : МЦНС «Наука и просвещение», 2021. – С. 42–47.

УДК 004.942

МЕТОДИКА РАСЧЁТА МАТЕРИАЛЬНОГО БАЛАНСА КИСЛОРОДНО-КОНВЕРТЕРНОГО ПРОЦЕССА

Рыбенко И.А., Белавенцева Д.Ю., Гасымов Р.Р., Качалкова К.И.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»
г. Новокузнецк, Россия, rybenkoi@mail.ru

Аннотация. В статье рассмотрена методика расчета материального баланса кислородно-конвертерного процесса и представлена математическая модель баланса потоков, веществ и элементов в кислородной конвертере, которая позволяет решать задачу определения оптимальных расходов шихтовых материалов на плавку.

Ключевые слова: кислородно-конвертерный процесс, математическая модель, материальный баланс, потоки, вещества, элементы.

Abstract. The article considers the method of calculating the material balance of the oxygen converter process and presents a mathematical model of the balance of flows, substances and elements in an oxygen converter, which allows solving the problem of determining the optimal consumption of charge materials for melting.

Keywords: oxygen converter process, mathematical model, material balance, flows, substances, elements.

Конвертерное производство является одним из ресурсоемких отраслей металлургии. Необходимость снижения материалоемкости конвертерной стали требует совершенствования традиционных схем производства с использованием новых современных методов моделирования, позволяющих определять оптимальные соотношения расходов шихтовых материалов [1].

В настоящее время при расчете шихтовки кислородно-конвертерной плавки используется упрощенная модель, основанная на уравнениях балансов тепла, кислорода, железа и основности шлака. Такая модель реализует последовательно уточняемый расчет, что не может обеспечить решение задачи по определению оптимальных расходов шихтовых материалов на плавку [2, 3]. Поэтому разработка комплексной математической модели расчета материального баланса кислородно-конвертерного процесса является актуальной задачей.

Кислородно-конвертерный процесс является многомерным, нелинейным, нестационарным объектом с большим количеством взаимосвязанных и взаимодействующих между собой элементов и сопровождается сложным комплексом физико-химических превращений, протекающих в условиях твердых, жидких и газообразных сред при высокой температуре. В общем виде кислородно-конвертерный процесс можно представить в виде совокупности следующих стадий и подпроцессов: горение углерода, окисление компо-