

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.А. Ачитаев

подпись инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2021 г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

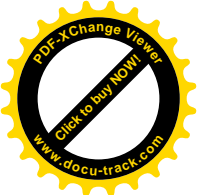
**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЫХОДНОГО КАСКАДА ЭМУЛЯТОРА
ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ
ЗАЩИТ**

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

Научный руководитель	_____	<u>Ст. преподаватель кафедры</u> <u>ГГЭЭС СШФ СФУ</u>	<u>А.М. Волошин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Д.В.Алемасов</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	<u>Инженер 1-ой категории</u> <u>Оперативной службы</u> <u>филиала ПАО «РусГидро» -</u> <u>«Саяно-Шушенская ГЭС имени</u>	<u>Ю.А. Мальцев</u>
	подпись, дата	<u>П.С. Непорожного»</u>	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____	<u>заведующий РИО</u>	<u>А.А. Чабанова</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2021



АННОТАЦИЯ

Тема магистерской диссертации. Разработка прототипа выходного каскада эмулятора выходных сигналов для проверки микропроцессорных защит.

Объем диссертации составляет 50 страниц, которые включают в себя 26 рисунков. Список использованных источников включает в себя 10 наименований.

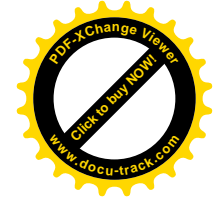
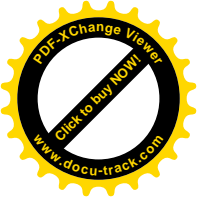
В магистерскую диссертацию входят 3 главы:

В первой главе производится анализ модели с использованием реверсивного счетчика, достоинства и недостатки, настройка, опыты.

Во второй главе производится анализ модели с использованием ЦАП, достоинства и недостатки, настройка, опыты, измерения.

В третьей главе производится анализ модели с использованием ускоренного ШИМ, достоинства и недостатки, настройка, опыты, измерения описывается разработка программного комплекса.

Ключевые слова: эмулятор для проверки микропроцессорных защит, эмулятор, COMTRADE, аварийный сигнал, комплекс для проверки РЗА.



АВТОРЕФЕРАТ

Магистерская работа по теме «Разработка схемы выходных каскадов эмулятора аварийных сигналов»

Актуальность темы:

Моделирование аварийных процессов, проведение комплексного тестирования систем релейной защиты и автоматики является важным как в производстве, так и в учебном процессе. Проверка электромеханических и микропроцессорных защит, требует испытательного оборудования большой сложности. В решении данных задач в настоящее время используют испытательные комплексы, например такие как РЕТОМ-51, достойно зарекомендовавшие себя в течение многолетней эксплуатации на производстве. Но для проведения испытаний в лабораторных условиях в небольших учебных группах, покупка испытательных комплексов может оказаться неоправданной, так как цены на оборудование находятся в пределах от 150 тысяч до 2,5 миллионов рублей.

По этой причине было принято решение о разработке устройства, которое будет эмулировать токи и напряжения необходимой величины, моделировать реальные аварийные сигналы (записанные ранее в электроустановках), и имитировать возможные ситуации в лабораторных условиях, а также для выполнения различных проверок и испытаний.

Цель работы:

Создание эмулятора аварийных сигналов.

Основные задачи:

Разработать алгоритм преобразования формата COMTRADE

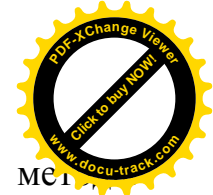
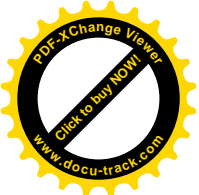
Разработка схемы управления

Разработка силовой схемы

Программирование микроконтроллера

Сборка и отладка прибора

Метод исследования:



В процессе научного исследования были применены методы исследования практического, теоретического так и эмпирического характера. Были использованы методы алгоритмирования, программирования, составления схем и расчетов обобщения, статистического и др.

Научная новизна:

Были предложены новые алгоритмы преобразования аварийных сигналов записанных в формате COMTRADE в аварийные сигналы в виде токов и напряжений, новая логика управления и уникальный программный код управления с помощью микроконтроллера, схема испытательного комплекса для формирования данных аварийных сигналов.

Апробация результатов работы:

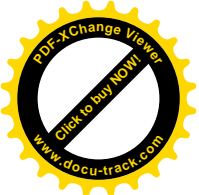
Основные результаты исследований, изложенные в диссертации, были представлены:

- на VI Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ» (р.п. Черемушки, 2019 г.).

- на VII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ» (р.п. Черемушки, 2020 г.).

- на VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «ГИДРОЭЛЕКТРОСТАНЦИИ В XXI ВЕКЕ» (р.п. Черемушки, 2021 г.).

- на XVII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны - 2021»



ABSTRACT

Final qualifying work on the topic " Development of the output stage scheme of the alarm emulator»

Relevance of the topic:

Modeling of emergency processes, conducting complex testing of relay protection and automation systems is important both in production and in the educational process. Testing of electromechanical and microprocessor protections requires testing equipment of great complexity. In solving these problems, test complexes are currently used, for example, such as RETOM-51, which have proved themselves worthily during many years of operation in production. But for conducting tests in laboratory conditions in small training groups, the purchase of test complexes may be unjustified, since the prices for equipment are in the range of 150 thousand to 2.5 million rubles.

For this reason, it was decided to develop a device that will emulate the currents and voltages of the required value, simulating alarms, and simulating all possible situations in the laboratory, as well as to perform various checks and tests.

An alarm emulator for testing microprocessor protections is a device that will generate currents and voltages similar to those issued from current transformers and voltage transformers in a real-world environment.

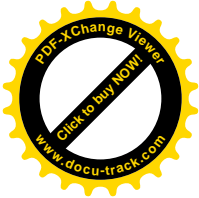
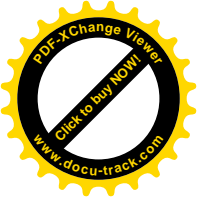
One of the standards for recording alarms is currently the COMTRADE data format.

Purpose of the work:

Creating an alarm emulator.

Main tasks:

- Develop a COMTRADE format conversion algorithm
- Development of the control scheme
- Development of the power circuit
- Microcontroller programming
- Assembly and debugging of the device



Research method:

In the process of scientific research, methods of research of a practical, theoretical and empirical nature were applied. Methods of algorithmization, programming, drawing up schemes and calculations of generalization, statistical, etc. were used.

Scientific novelty:

New algorithms have been proposed for converting COMTRADE into alarms. New control logic and unique microcontroller control program code. Creation of a test complex for generating emergency signals

Approbation of the results of the work:

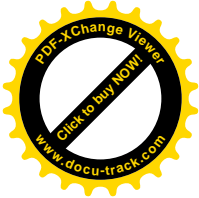
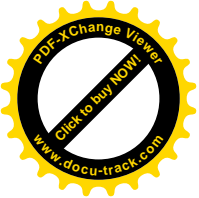
The main results of the research presented in the dissertation were presented:

- at the VI All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists, specialists, postgraduates and students " Hydroelectric power plants in the XXI CENTURY "(R. P. Cheremushki, 2019).

- at the VII All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists, specialists, postgraduates and students " Hydroelectric power Stations in the XXI CENTURY "(R. P. Cheremushki, 2020).

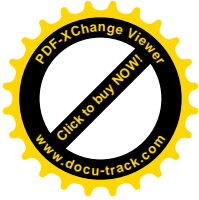
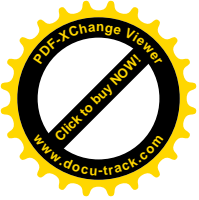
- at the VIII All-Russian Scientific and Practical Conference of young scientists, specialists, postgraduates and students "Hydroelectric power stations in the XXI CENTURY" (R. P. Cheryomushki, 2021).

- at the XVII International Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists " Svobodny Avenue-2021»



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Способ управление через реверсивный счетчик.....	10
1.1 Реверсивный счетчик.....	11
1.2 Временная диаграмма сигналов схемы управления.....	13
1.3 Кварцевый генератор.....	15
1.4 Силовая часть (усилитель класса D)	16
1.5 Работа с преобразованным файлами аварийных сигналов.....	17
1.6 Программная часть(код) считывания из ПЗУ ШИМ сигнала преобразованного из COMTRADE формата и его выдача в выходной каскад.....	18
2 Способ управления через внешний ЦАП	22
3 Способ управления ускоренным ШИМ.....	25
3.1 Измерения частоты сигналов формируемых ускоренным ШИМ.....	26
3.2 Программная часть	29
3.3 Гальваническая развязка	30
3.4 Фильтр нижних частот	33
3.5 Усилитель тока и напряжения	35
3.6 Программная часть (код).....	37
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	39
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	40



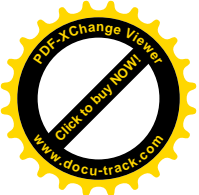
ВВЕДЕНИЕ

Представленное в данной статье исследование продолжает серию работ, посвященных разработке выходных каскадов эмулятора аварийных сигналов для проверки микропроцессорных защит написанные авторами: Алемасов Д.В. и Лаубером А.Д., под руководством Волошина А.М.[1,2,3,4,5].

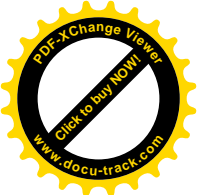
Эмулятор аварийных сигналов для проверки микропроцессорных защит представляет собой устройство, которое будет формировать токи и напряжения подобные тем, которые выдаются с трансформаторов тока и трансформаторов напряжения в реальной обстановке. Одним из стандартов записи аварийных сигналов в настоящее время является формат данных COMTRADE. Это общепринятый формат регистрации осциллограмм переходных процессов в энергосистемах. Этот формат представлен двумя файлами с одинаковыми именами, но разными расширениями (например g07.cfg и g07.dat). Файл конфигурации (cfg файл), содержащий параметры устройства и условия при которых была сформирована осциллограмма и файл данных (dat файл), который представляет собой бинарный или ASCII файл, с нормализованными значениями параметров каждого канала в каждый момент времени измерения. В разработанном устройстве применяется алгоритм преобразования формата COMTRADE описанный Лаубером А.Д.[2], в работе мы будем использовать его результаты для дальнейшего моделирования аварийных сигналов.

Для задания параметров и связи с эмулятором, а также управления процессами формирования токов и напряжения необходим микроконтроллер. В решении данной задачи решено было использовать платформу Arduino и программный комплекс Arduino IDE.

Были разработаны общие схемы, программы управления эмулятором и преобразования аварийного сигнал для дальнейшей подачи на устройство, которое будет формировать токи и напряжения.

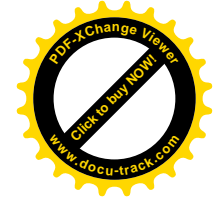
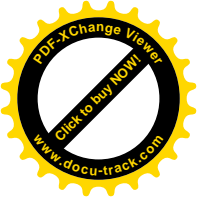


В ходе работы были разработаны и проверены разные схемы для создания эмулятора. Ниже приводятся рассмотренные варианты разработанных моделей, опробованных в ходе опытов и в итоге приведенных к единой модели прибора.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведены анализ и испытания трех вариантов схем эмулятора аварийных сигналов. Были выбраны необходимые компоненты, собраны схемы прототипов для проверки их на соответствие заданным требованиям. Разработан алгоритм и программная часть на контроллер Arduino Uno, управляющие логической и силовой частями через выходные каскады эмулятора аварийных сигналов. Собран окончательный вариант прототипа эмулятора и проведены лабораторные испытания, подтвердившие его работоспособность и соответствие поставленной задаче.



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

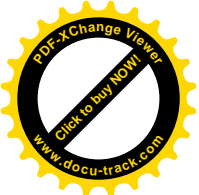
1. Алемасов Д.В., Разработка схемы выходных каскадов эмулятора аварийных сигналов для проверки микропроцессорных защит / Гидроэлектростанции в XXI веке : сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 25–26 апреля 2019 г.; отв. за вып. В.Б. Затеев. – Саяногорск; Черемушки: Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, 2019. – 386 с.: ил.

2. Лаубер А.Д., Разработка алгоритма преобразования информации в эмуляторе аварийных сигналов для проверки микропроцессорных защит / Гидроэлектростанции в XXI веке : сб. материалов VI Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 25–26 апреля 2019 г.; отв. за вып. В.Б. Затеев. – Саяногорск; Черемушки : Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, 2019. – 386 с.: ил.

3. Алемасов Д.В., Разработка программного кода управления эмулятором аварийных сигналов защит / Гидроэлектростанции в XXI веке : сб. материалов заочного этапа VII Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 12 мая 2020 г.; отв. за вып. А.В. Толмачев. – Саяногорск; Черемушки: Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, 2020. – 437.: ил.

4. Алемасов Д.В., Development of data conversion software code for interaction with the alarm emulator / Гидроэлектростанции в XXI веке : сб. материалов заочного этапа VII Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 12 мая 2020 г.; отв. за вып. А.В. Толмачев. – Саяногорск; Черемушки: Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, 2020. – 437.: ил.

5. Алемасов Д.В., Выбор и проверка методов и частей схемы управления эмулятором аварийных сигналов / Гидроэлектростанции в XXI веке : сб. материалов заочного этапа VIII Всерос. науч.-практ. конф., Саяногорск; Черемушки, 14-16 апреля 2021 г.; отв. за вып. А.В. Толмачев. –



Саяногорск; Черемушки: Саяно-Шушенский филиал Сибирского федерального университета, 2021. – 408 с.: ил.

6. Петин В.А., Проекты с использованием контроллера Arduino. — СПб.: БХВ-Петербург, 2014. — 400 с.: ил. — (Электроника)

7. Микроконтроллеры [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.qrz.ru/schemes/contribute/microcontrollers/wvod_taktovyh_signalov_dla_mikrokontrollera.html

8. Arduino Mega 2560 Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.robotshop.com/media/files/pdf/arduinomega2560datasheet.pdf>

9. Arduino Uno Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://static.chipdip.ru/lib/549/DOC001549488.pdf>

10. Fairchild Semiconductor 74F579 Datasheet [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/50369/FAIRCHILD/74F579.html>

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
САЯНО-ШУШЕНСКИЙ ФИЛИАЛ

Кафедра гидроэнергетики, гидроэлектростанций, электроэнергетических
систем и электрических сетей

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

 А.А. Ачитаев

подпись инициалы, фамилия


« 21 »  2021 г.


МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ВЫХОДНОГО КАСКАДА ЭМУЛЯТОРА
ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ
ЗАЩИТ

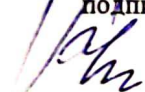
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

13.04.02.06 Гидроэлектростанции

Научный руководитель  16.06.21. Ст. преподаватель кафедры
подпись, дата должность, ученая степень А.М. Волошин
инициалы, фамилия

Выпускник  21.06.21 Д.В.Алемасов
подпись, дата инициалы, фамилия

Рецензент  21.06.21 Инженер 1-ой категории
подпись, дата должность, ученая степень Ю.А. Мальцев
инициалы, фамилия

Нормоконтролер  21.06.21. Оперативной службы
подпись, дата должность, ученая степень А.А. Чабанова
инициалы, фамилия

Саяногорск; Черемушки 2021