

# Опыт использования среды имитационного моделирования SimInTech в учебном процессе

Докладчик: Валиуллин Камиль Рафкатович  
канд. техн. наук, доцент  
доцент кафедры электро- и теплоэнергетики

# Постановка задачи



Трудоемкость дисциплины «Релейная защита и автоматизация объектов энергетических комплексов»

Вид работы	Трудоемкость, академических часов		
	2 семестр	3 семестр	всего
Общая трудоёмкость	108	108	216
Контактная работа:			
Лекции (Л)	16	16	32
Практические занятия (ПЗ)	8	14	22
Лабораторные работы (ЛР)	6	8	14
Консультации		1	1
Индивидуальная работа и инновационные формы учебных занятий		1,5	1,5
Промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	0,25	0,5	0,75
Самостоятельная работа:	77,75	67	144,75
- выполнение курсового проекта (КП);		+	
Вид итогового контроля (зачет, экзамен, дифференцированный зачет)	зачет	экзамен	

**Проблема:** необходимость методического и материального обеспечения лабораторных работ по дисциплине

# Выбор способа реализации лабораторного курса



## Лабораторные стенды

- + высокая наглядность
- + работа с реальным оборудованием или его моделями
- высокая трудоемкость
- привязка к аудитории
- выход из строя оборудования

## Использование специализированного ПО

- + множество сценариев
- + высокий уровень абстракции
- + нет привязки к аудитории
- необходимость освоения программного обеспечения

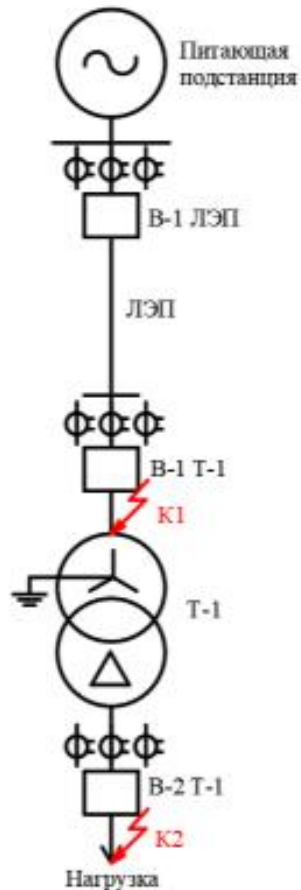
**Вывод:** в курсе бакалавриата для лабораторных работ по дисциплине РЗиА используются учебные стенды, для обеспечения более высокой наглядности и получения навыков сборки схем. В курсе магистратуры принято решение ухода в сторону ПО, так как оно позволяет реализовывать более сложные работы и развивать навыки работы со сложными распределенными системами.

# 1. Основные приемы работы со средой SimInTech



## Задачи:

1. Знакомство с интерфейсом SimInTech
2. Знакомство с основными блоками библиотеки «ЭЦ Динамика»



Для освоения приемов работы с программой SimInTech необходимо создать модель простой электроэнергетической системы и провести моделирование изменения токов и напряжений при различных типах коротких замыканий.

Покажем разработанную модель, рисунок 11.

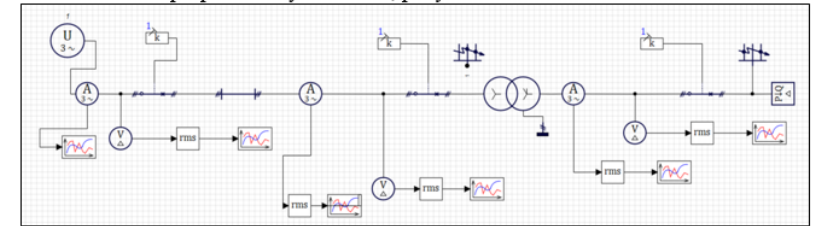


Рисунок 11 – Разработанная модель

На рисунках 12-23 представлены осциллограммы токов и напряжений при КЗ в точках К1 и К2.

Короткие замыкания моделировались в период времени с 0,25 до 0,75 с. Осциллограммы переходных процессов при двухфазном КЗ (К1-BC).

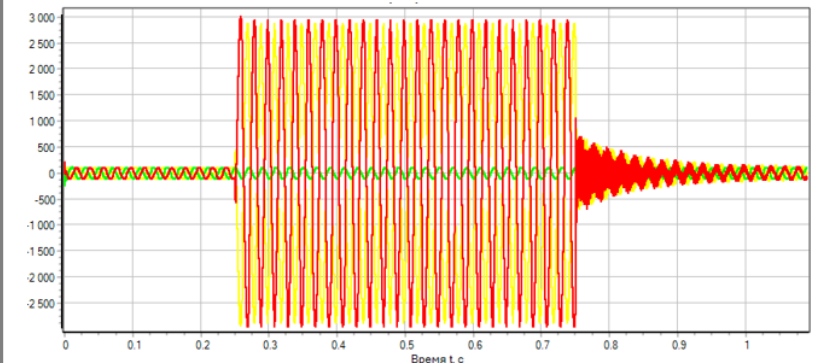


Рисунок 12 – Осциллограмма токов амперметра №1 через В-1 ЛЭП с высокой стороны трансформатора при двухфазном КЗ (К1-AC)

# 2. Логические схемы релейной защиты



## Задачи:

1. Повторение основных принципов формальной логики
2. Знакомство с основными блоками библиотеки логических элементов
3. Знакомство с принципами построения логических схем РЗА

Вариант	Логическое выражение
1	$(B \vee \bar{B}) \vee (A \vee C \vee A) \& (\neg A \vee B \vee C)$

Построить схему в программе SimInTech в соответствии с логическим выражением, указанным в таблице. Заполнить для схемы таблицу истинности для всех возможных вариантов сочетаний входных сигналов

## 2 Практическая часть

Исходные данные для выполнения лабораторной представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные для выполнения лабораторной работы №1

Номер варианта	Логическое выражение
4	$\neg B \& (B \vee C \vee \neg B) \vee (\neg A \& B)$

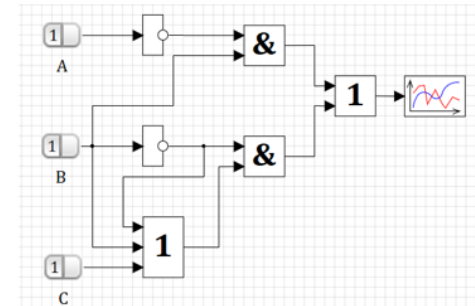


Рисунок 1 – Разработанная логическая схема

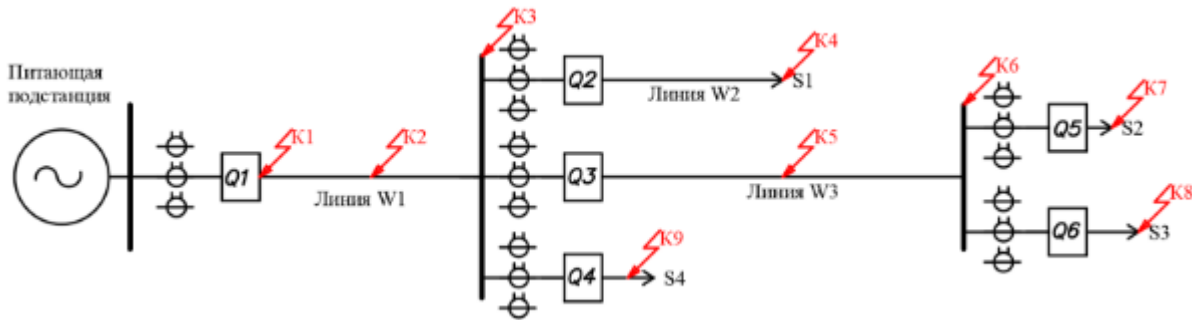
Таблица 1 – Таблица истинности логического выражения

A	B	C	$\neg B \& (B \vee C \vee \neg B) \vee (\neg A \& B)$
0	0	0	1
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	0

# 3. Токвые защиты

Задачи:

1. Повторение принципов работы токовых защит
2. Знакомство с принципами формирования subsystem в среде SimInTech



Необходимо создать имитационную модель электрической сети, однолинейная схема которой изображена на рисунке. Затем провести моделирование ее работы, рассчитать уставки токовых защит, установленных на выключателях. Собрать схемы защит, выставить на них рассчитанные уставки и проверить работоспособность защит

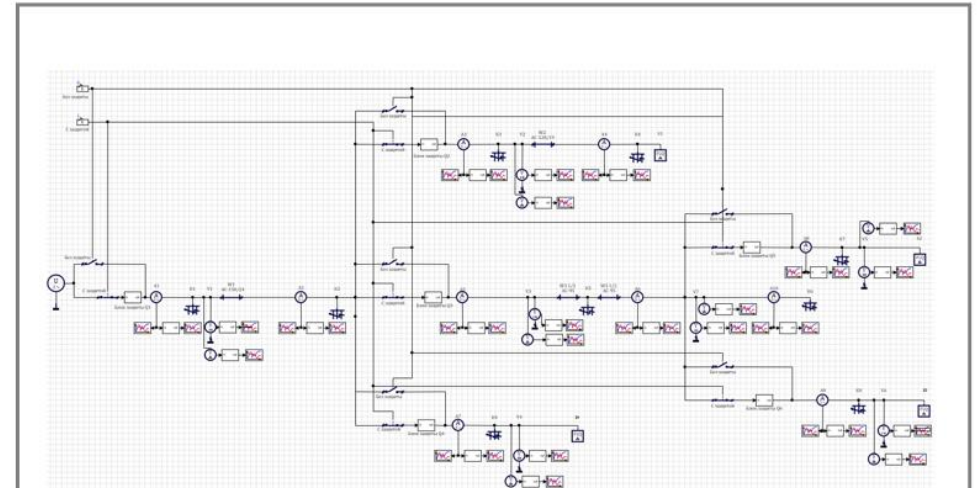
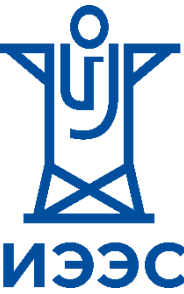


Рисунок 1 – Собранный схема токовой защиты линии электропередач

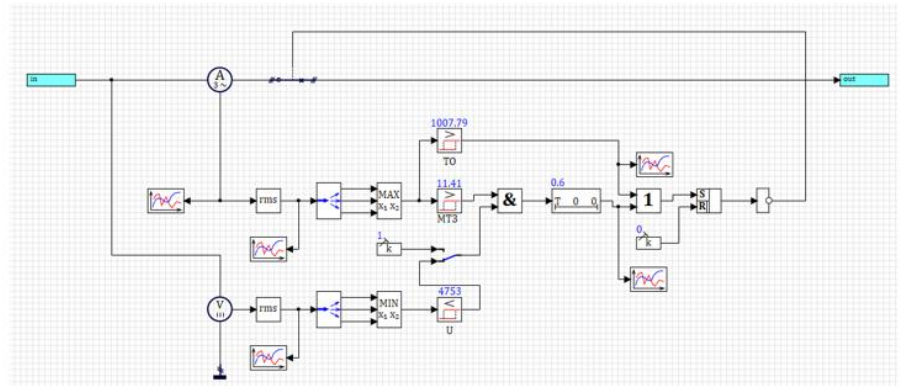


Рисунок 2 – Структурная схема блока защиты

# 3. Токвые защиты

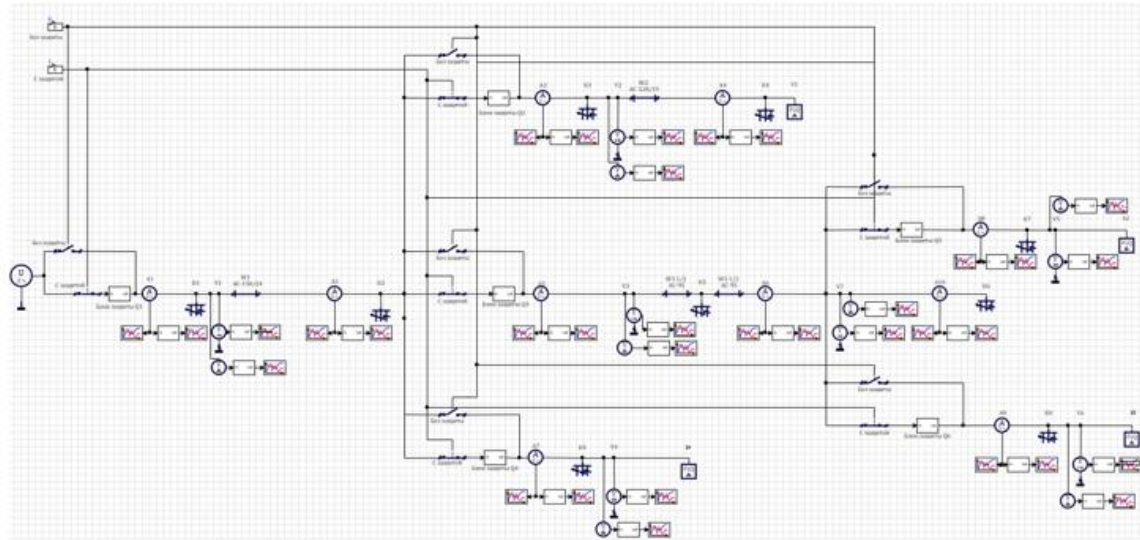


Рисунок 1 – Собранная схема токовой защиты линии электропередач

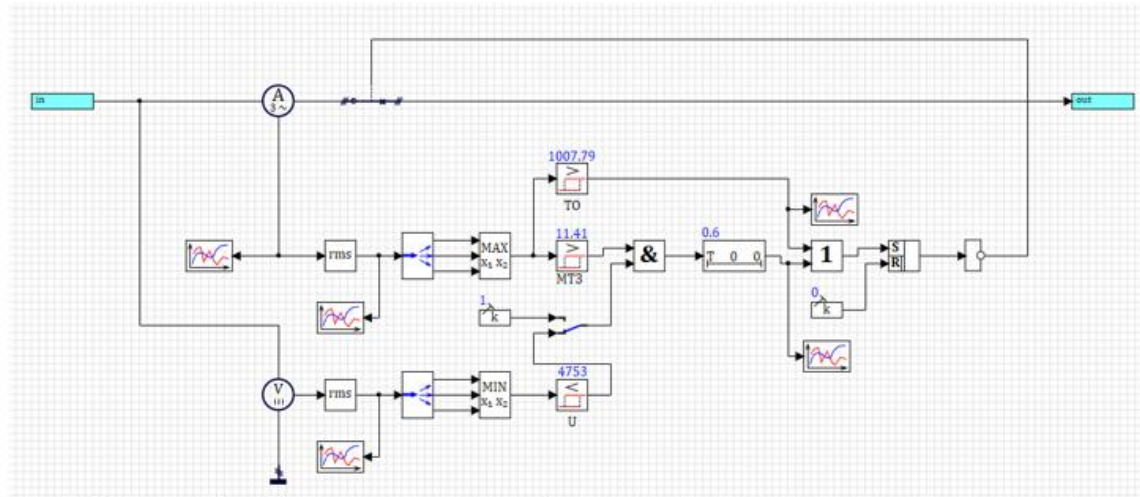


Рисунок 2 – Структурная схема блока защиты

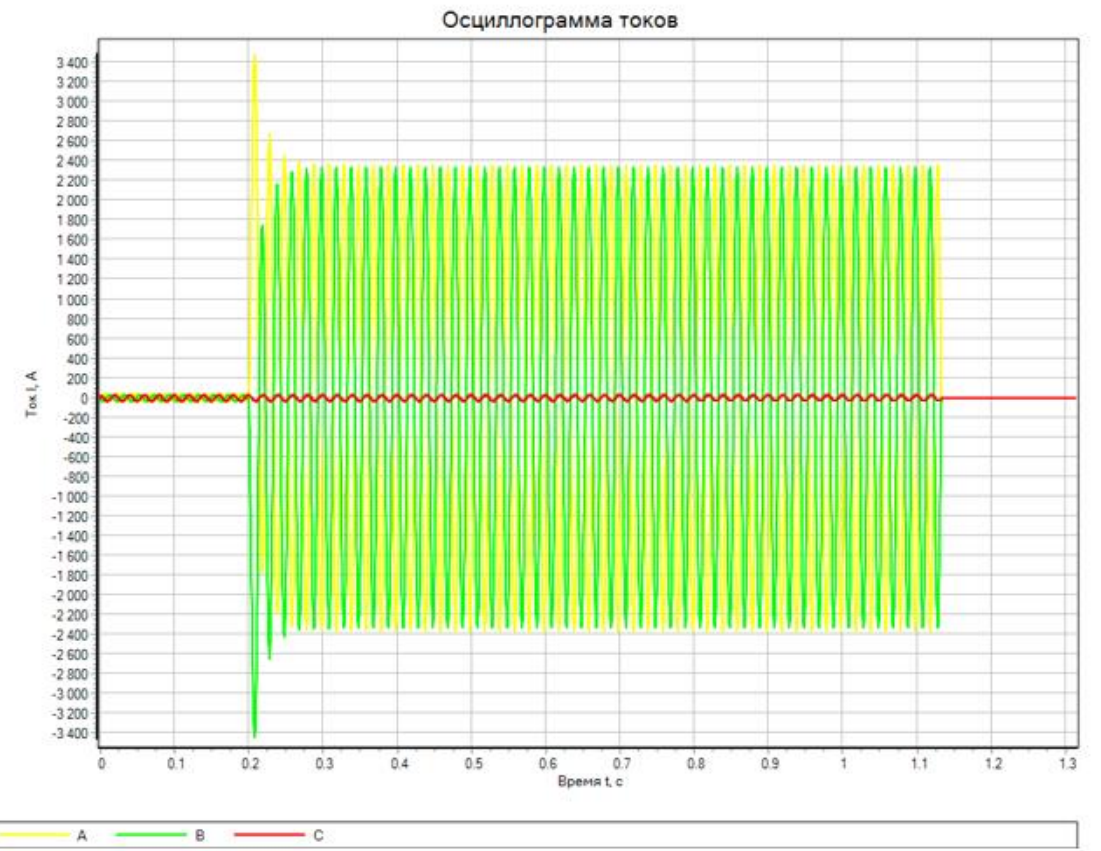
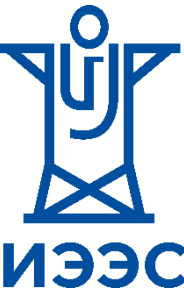


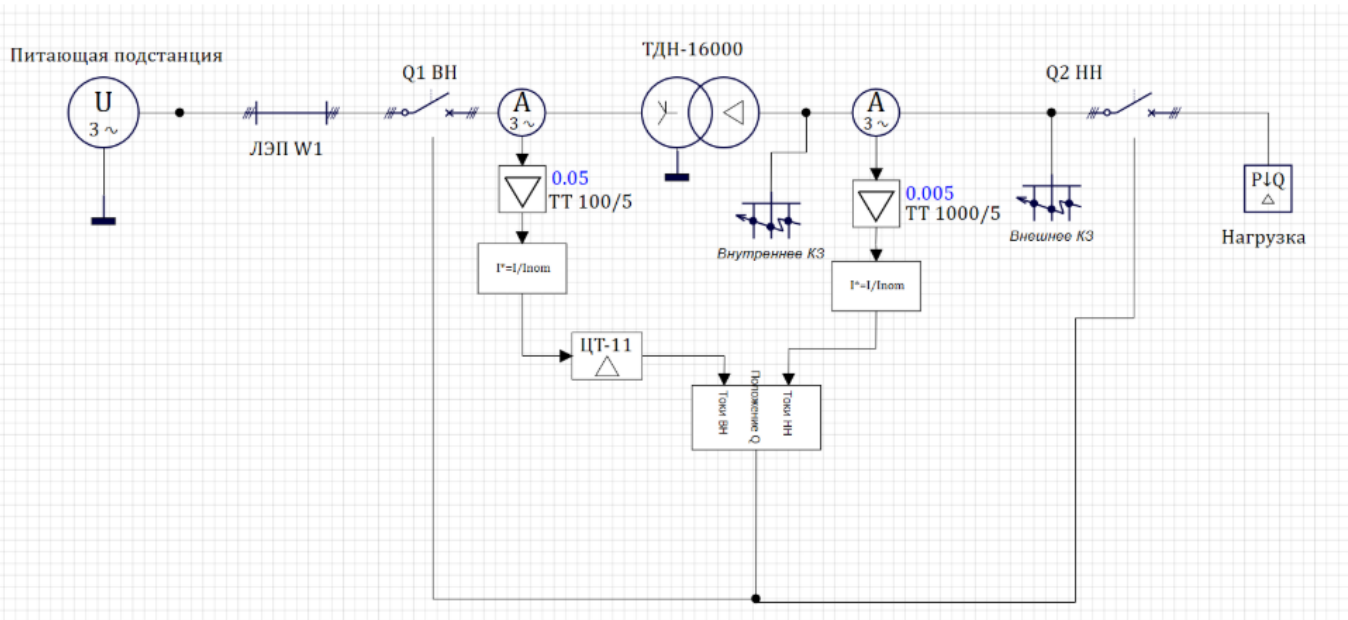
Рисунок 1 – Осциллограмма токов через Q1 при двухфазном КЗ в точке К1

# 4. Дифференциальная защита трансформатора



Задачи:

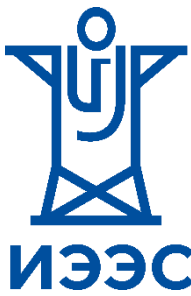
1. Повторение принципов работы дифференциальной защиты трансформатора
2. Знакомство с принципами создания маски subsystemы и ее графического оформления



1. Собрать схему первичных и вторичных цепей защиты, согласно рисунка.
2. Рассчитать уставку срабатывания дифференциальной защиты трансформатора
3. Провести моделирование коротких замыканий в зоне действия защиты и за пределами защиты. Сделать выводы о работоспособности защиты и правильности расчёта уставок.



# 4. Дифференциальная защита трансформатора



На рисунке 1 представлена смоделированная схема дифференциальной защиты трансформатора, с подобранными трансформаторами тока на ВН и НН, а также точка КЗ в зоне защиты и за ее пределами.

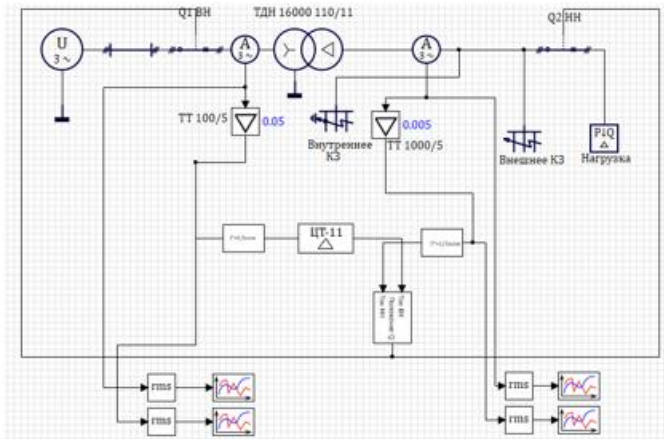


Рисунок 1 – Собранная схема дифференциальной защиты трансформатора

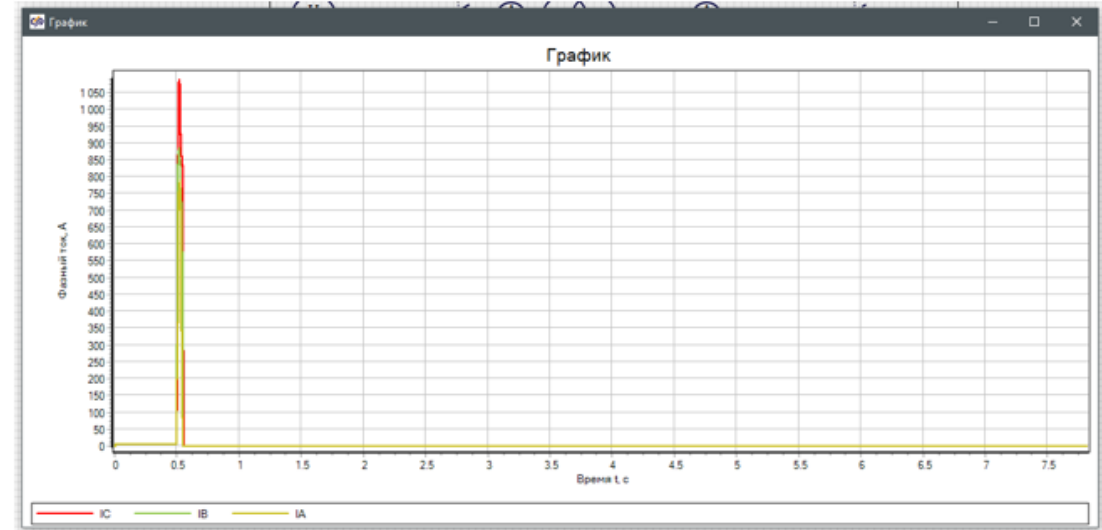
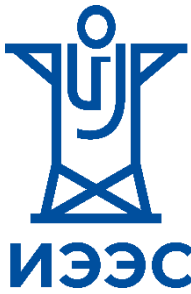


Рисунок 12 – Трехфазное КЗ внутри силового трансформатора на стороне НН: от обмотки 6,6 кВ до точки подключения ТТ (замер тока на стороне ВН)

# 5. Автоматическое повторное включение ЛЭП



## Задачи:

1. Повторение принципов работы АПВ.
2. Получение навыков работы с логическими схемами РЗиА.
3. Знакомство с базой сигналов в среде SimInTech.

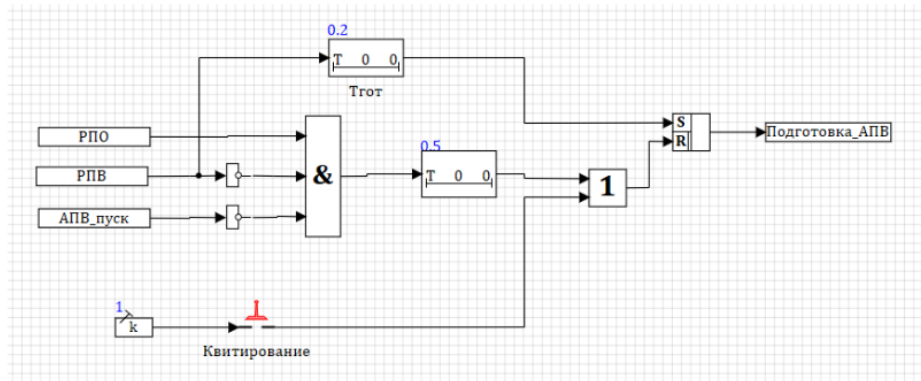


Рисунок 5.10– Схема формирования сигнала *Подготовка АПВ*

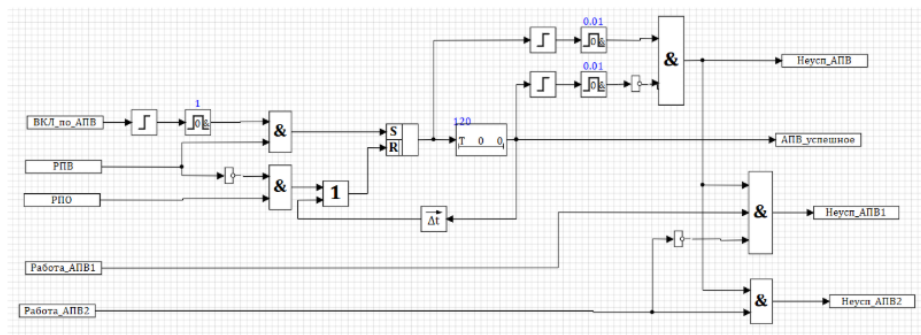
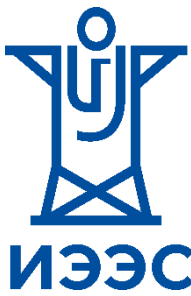


Рисунок 5.11– Схема сигнализации об успешном/неуспешном АПВ

В ходе эксперимента производится следующая последовательность действий:

1. Задаются параметры блоков, согласно выбранного варианта.
2. Моделируется процесс короткого замыкания на ЛЭП с работой автоматического повторного включения.
3. Снимается осциллограмма изменения токов в ЛЭП, делается вывод об успешности/неуспешности работы АПВ.

# 5. Автоматическое повторное включение ЛЭП



осциллограмма работы АПВ при однократном срабатывании.

Так же необходимо отключить АПВ повторного срабатывания с помощью ключа ручного управляемого.

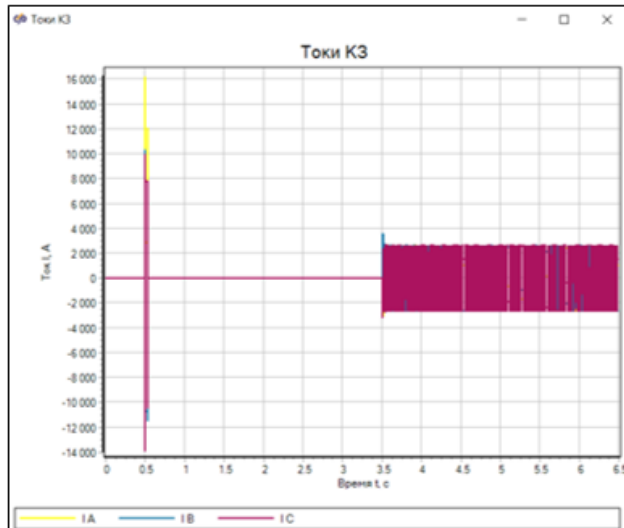


Рисунок 7 – Работа АПВ при однократном срабатывании

Зафиксировано успешное срабатывание АПВ.

Лист

6

Так же необходимо включить АПВ повторного срабатывания с помощью ключа ручного управляемого после отключения в 1 эксперименте.

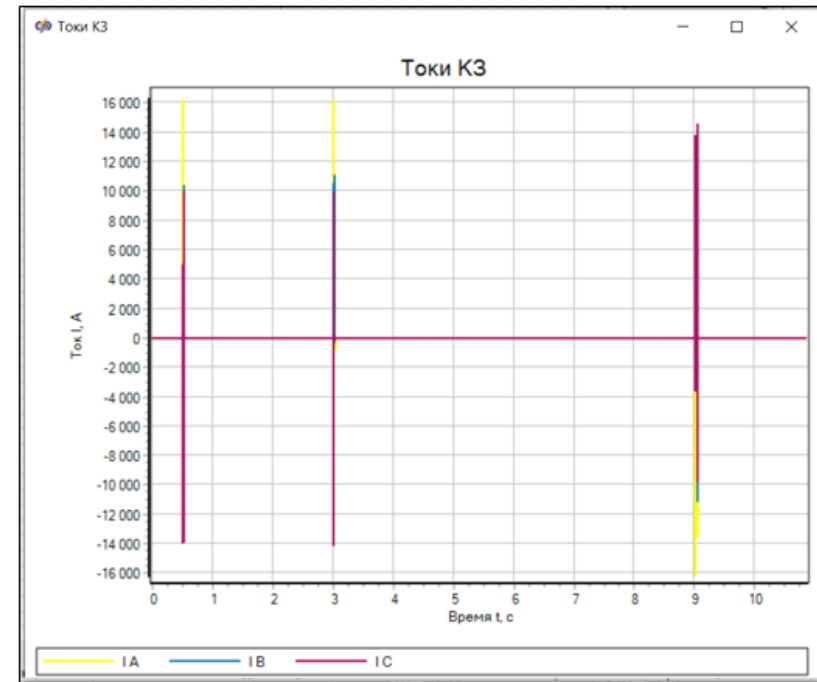


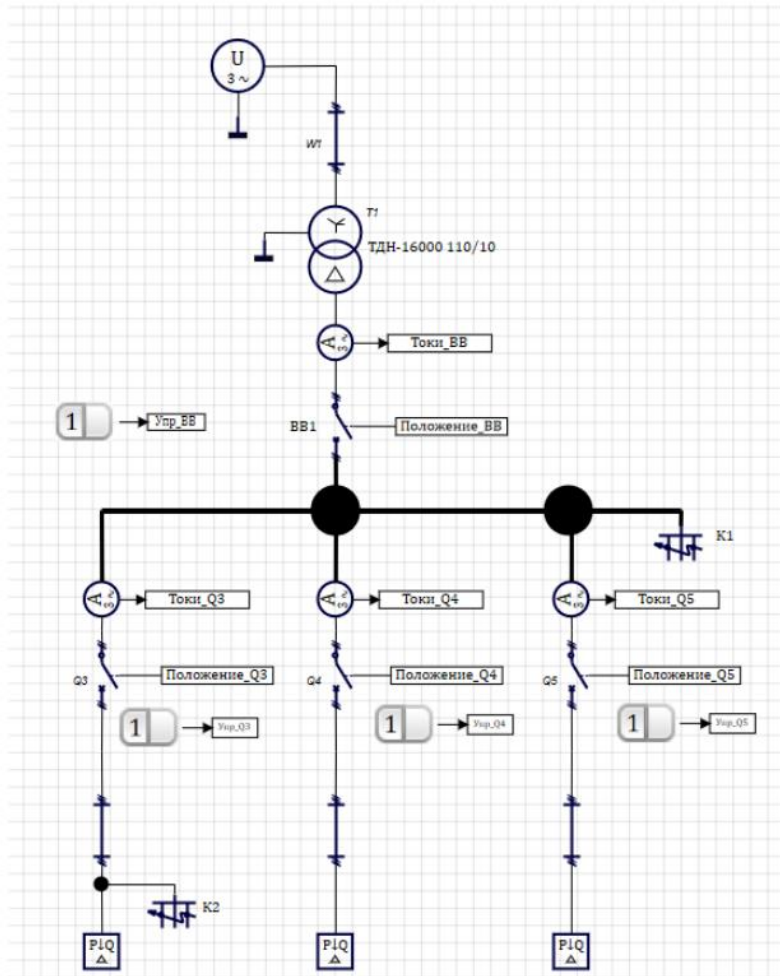
Рисунок 8 – Работа АПВ при двухкратном срабатывании

Двухкратное АПВ отработало неуспешно.

# 6. Логическая защита шин

Задачи:

1. Знакомство с принципом работы логической защиты шин
2. Получение навыков работы с графическими примитивами в среде SimInTech
3. Получение навыков визуализации данных в среде SimInTech

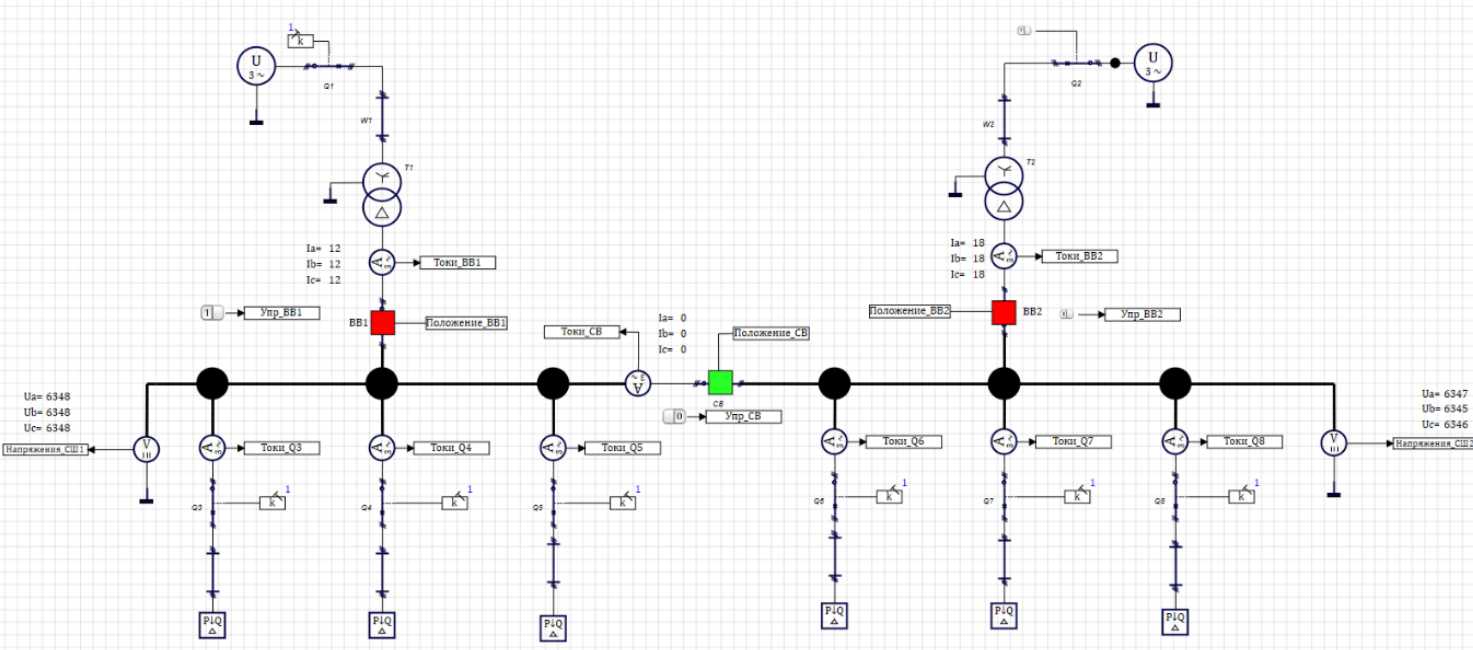


1. Собрать соответствующую схему, используя информацию из пункта 6.
2. Рассчитать уставки ТО и МТЗ для каждой из отходящих линий и вводного выключателя по методике, изложенной в лабораторной работе №3.
3. Провести моделирование трехфазного и двухфазного КЗ в начале и конце каждой из отходящих линий. Сделать выводы о работе защиты.
4. Провести моделирование трехфазного и двухфазного КЗ на шинах. Сделать выводы о работе защиты.

# 7. Автоматическое включение резерва

Задачи:

1. Повторение принципов работы устройств АВР
2. Получение навыков визуализации данных в среде SimInTech



1. Собрать схему для моделирования по рисункам и инструкциям.
2. Рассчитать уставки АВР, например, по методике, изложенной в [2].
3. Провести моделирование работы АВР при отключении источника питания (выключатель Q2). Сделать выводы о работе АВР.
4. Провести моделирование работы АВР при коротком замыкании на одной из секций шин. Сделать выводы о работе АВР.
5. Проверить отсутствие срабатывания устройства АВР при оперативном отключении ввода

# Выводы по результатам использования среды SimInTech



## Студенты:

- + русский интерфейс и справочные материалы
- + многие блоки имеют возможность автоматического параметрирования
- + невысокие требования к ресурсам компьютера
- + оперативная выдача лицензий
- недружелюбный интерфейс и встроенная справка
- неочевидные сообщения об ошибках

## Преподаватель:

- + нет привязки к лабораторному оборудованию
- + возможность создания любого количества вариантов работ
- + легко проверить самостоятельность выполнения работы
- недружелюбный интерфейс и встроенная справка
- программа совершенствуется, что приводит к необходимости изменения методических материалов



*Спасибо за внимание!*

Валиуллин Камиль Рафкатович  
канд. техн. наук, доцент  
доцент кафедры электро- и теплоэнергетики  
Тел: 89225411744  
E-mail: [ValiullinKamil91@gmail.com](mailto:ValiullinKamil91@gmail.com)