

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Шебзухова Татьяна Александровна
Должность: Директор Пятигорского института (филиал) Северо-Кавказского
федерального университета
Дата подписания: 23.08.2023 17:23:12
Уникальный программный ключ:
d74ce93cd40e39275c3ba2f58486412a1c8ef96f

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕ-
НИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

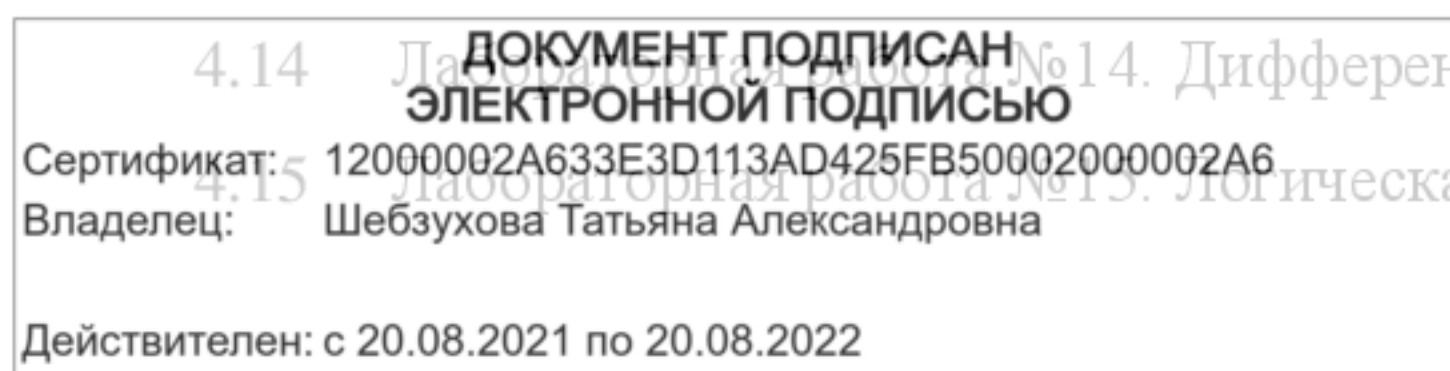
Пятигорский институт (филиал) СКФУ

Методические указания
по выполнению лабораторных работ
по дисциплине «РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕ-
СКИХ СИСТЕМ»
для студентов направления подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание

№	Содержание	Стр.
п/п	Введение	
1.	Цель и задачи изучения дисциплины	
2.	Оборудование и материалы	
3.	Наименование лабораторных работ	
4.	Содержание лабораторных работ	
4.1	Лабораторная работа №1. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи.	
4.2	Лабораторная работа №2. Моделирование мгновенной токовой отсечки линии электропередачи.	
4.3	Лабораторная работа №3. Моделирование максимальной токовой защиты радиальной электрической сети с односторонним питанием.	
4.4	Лабораторная работа №4. Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи.	
4.5	Лабораторная работа №5. Моделирование дифференциальной защиты трансформатора.	
4.6	Лабораторная работа №6. Токовая направленная защита линий электропередачи в кольцевой сети.	
4.7	Лабораторная работа №7. Продольная дифференциальная защита линии электропередачи.	
7.8	Лабораторная работа №8. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий электропередачи.	
4.9	Лабораторная работа №9. Дистанционная защита линий электропередачи в сети с двусторонним питанием.	
4.10	Лабораторная работа №10. Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя.	
4.11	Лабораторная работа №11. Максимальная токовая защита с блокировкой по минимальному напряжению.	
4.12	Лабораторная работа №12. Дифференциальная защита трансформатора.	
4.13	Лабораторная работа №13. Токовая защита трансформатора.	



- 4.16 Лабораторная работа №16. Автоматическое повторное включение линии электропередачи.
- 4.17 Лабораторная работа №17. Автоматическое повторное включение сборных шин
- 4.18 Лабораторная работа №18. Автоматическое включение резерва секционного выключателя.
- 5 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
- 5.1 Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины
- 5.2 Перечень учебно-методического обеспечения самостоятельной работы обучающихся по дисциплине
- 5.3 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет, необходимых для освоения дисциплины

Приложения

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Введение

Целью работы в лаборатории является углубление и закрепление приобретенных теоретических знаний путем экспериментальной проверки теоретических положений, а также знакомство с электронными компонентами, оборудованием, измерительными приборами и аппаратурой, используемыми в лаборатории.

В результате выполнения лабораторных работ студенты должны приобрести умения и навыки по сборке и исследованию электронных схем и приборов, измерениям электрических величин. Тематика лабораторных работ полностью соответствует содержанию основных разделов курса, изучаемого в высших технических учебных заведениях. В предлагаемом учебном пособии описано одиннадцать лабораторных работ. В описании каждой лабораторной работы сформулирована ее цель, изложены основные теоретические положения, описана схема установки для проведения экспериментального исследования, даны рекомендации по проведению опытов и обработке результатов измерений, а также контрольные вопросы.

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

1. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем» является формирование знаний о принципах организации и технической реализации релейной защиты и автоматизации электроэнергетических систем.

Задачей изучения дисциплины является усвоение студентами основных принципов выполнения защит, как отдельных элементов, так и системы в целом, а также основных положений по расчету систем релейной защиты.

2. Оборудование и материалы

Аппаратные средства:

- Лаборатория теоретических основ электротехники, релейной защиты и электробезопасности с интерактивным мультимедиа оборудованием
- Лабораторное оборудование «Электроэнергетика-релейная защита и автоматика»
- Комплект типового лабораторного оборудования «Электроэнергетика - однолинейная модель»
- Научно-исследовательский комплекс «Централизованные средства защиты, автоматизации и управления электроэнергетических систем», исполнение стендовое компьютерное
- Научно-исследовательский комплекс «Автоматизированные средства управления и защиты в системах электроснабжения промышленных предприятий»

Учебная аудитория для проведения учебных занятий, оснащена оборудованием и техническими средствами обучения. Переносной ноутбук, проектор, доска магнитно-маркерная.

3. Наименование лабораторных работ

№ Темы дисциплины	Наименование тем дисциплины, их краткое содержание	Объем часов	Из них практическая подготовка, часов
6 семестр			
1	Лабораторная работа № 1. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи. Исследование устройства, принципа действия и действия токовой защиты (МТЗ).	1,5	

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2	Лабораторная работа № 2. Моделирование мгновенной токовой отсечки линии электропередачи. Изучение устройства, принципа действия и схем токовой отсечки (ТО).		
3	Лабораторная работа №3. Моделирование максимальной токовой защиты радиальной электрической сети с односторонним питанием. Исследование МТЗ и ТО двух линий электропередачи с односторонним питанием.		
4	Лабораторная работа №4. Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи. Изучение устройства, принципа действия и схем дифференциальной защиты линии электропередачи.		
5	Лабораторная работа №5. Моделирование дифференциальной защиты трансформатора. Изучение устройства, принципа действия и схем дифференциальной защиты силового трансформатора.	1,5	
6	Лабораторная работа №6. Токовая направленная защита линий электропередачи в кольцевой сети. Ознакомление студентов с принципом действия, схемой и выбором уставок токовой направленной защиты линий электропередачи в кольцевой сети.		
7	Лабораторная работа №7. Продольная дифференциальная защита линии электропередачи. Изучить принцип действия и назначение продольной дифференциальной токовой направленной защиты.		
8	Лабораторная работа №8. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий электропередачи. Изучить принцип действия и назначение поперечной дифференциальной токовой направленной защиты.		
9	Лабораторная работа №9. Дистанционная защита линий электропередачи в сети с двусторонним питанием. Ознакомиться с принципом действия дистанционной защиты линий.		
	Итого за 6 семестр:	3	
7 семестр			
	Лабораторная работа №10. Максимальная токовая защита независимой выдержкой времени линий электропередачи и вводного выключателя.		

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
 ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
 Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	Изучить принцип действия максимальной токовой защиты, изучить методы расчета и проверки уставок защиты, исследовать факторы, влияющие на селективность и зону действия МТЗ.		
11	Лабораторная работа №11. Максимальная токовая защита с блокировкой по минимальному напряжению. Изучить принцип действия максимальной токовой защиты с блокировкой по минимальному напряжению, изучить методы расчета и проверки уставок защиты, исследовать влияние пусковых органов напряжения на чувствительность МТЗ.	1,5	
12	Лабораторная работа №12. Дифференциальная защита трансформатора. Изучить принцип действия дифференциальной защиты трансформатора, изучить особенности дифференциальных защит трансформаторов, связанные с необходимостью выравнивания вторичных токов по величине, изучить особенности настройки параметров дифференциальных реле с торможением типа ДЗТ-11, исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.		
13	Лабораторная работа №13. Токовая защита трансформатора. Изучить особенности расчета установок, селективности и зоны срабатывания токовой отсечки и максимальной токовой защиты трансформатора, изучить особенности расчета установок защиты от перегрузки силового трансформатора.		
14	Лабораторная работа №14. Дифференциальная защита сборных шин. Изучить принцип действия дифференциальной защиты шин, исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.		
15	Лабораторная работа №15. Логическая защита сборных шин. Изучить принцип действия и область применения логической защиты сборных шин, исследовать факторы, влияющие на селективность и зону действия ЛЗШ.	1,5	
16	Лабораторная работа №16. Автоматическое повторное включение линии электропередачи. Изучить алгоритмы работы устройств АПВ на электроснабжении от внешнего источника питания, изучить принцип действия устройств АПВ и релейной защиты, изучить принципы расчета		

16 ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

	установок АПВ линий электропередач с односторонним питанием.		
17	Лабораторная работа №17. Автоматическое повторное включение сборных шин. Изучить особенности работы устройств автоматического повторного включения шин, изучить особенности взаимодействия устройств АПВ шин и устройств релейной защиты.		
18	Лабораторная работа №18. Автоматическое включение резерва секционного выключателя. Изучить принцип действия и особенности работы устройств автоматического включения резерва секционного выключателя.		
	Итого за 7 семестр:	3	
	Итого:	6	

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

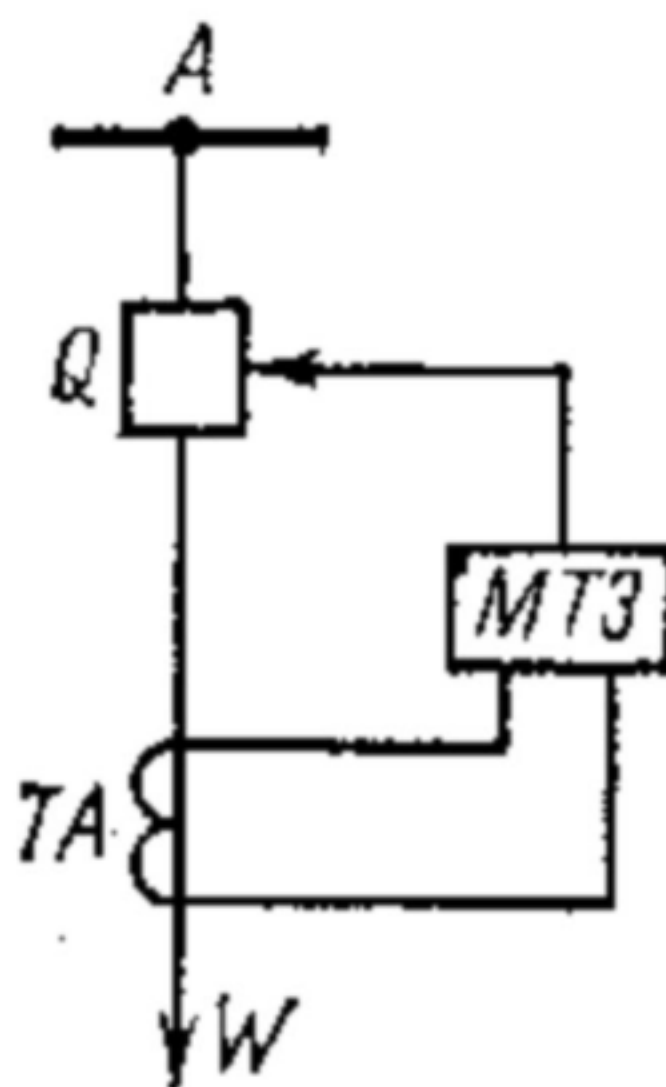
4. Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Моделирование максимальной токовой защиты линии электропередачи.

Цель работы: Изучение устройства, принципа действия и схем максимальной токовой защиты (МТЗ).

Основы теории:

Как отмечалось ранее, одним из наиболее характерных признаков КЗ явл. Появление сверхтока, кот. становится $I_{нагр.}$. На использовании этого принципа и основано действие МТЗ.



Принцип действия МТЗ

К реле МТЗ через ТА подводится ток, проходящий по защищаемому элементу (линии W). Когда ток достигает заранее установленного значения, защита приходит в действие (срабатывает) и отключает выключатель Q. Значение тока, при котором происходит срабатывание защиты, называется током срабатывания ($I_{сраб.}$). Появление сверхтока в к-л элементе не всегда является признаком повреждения этого элемента, ибо сверхток проходит и по неповрежденным, но связанным с поврежденным элементами цепи.

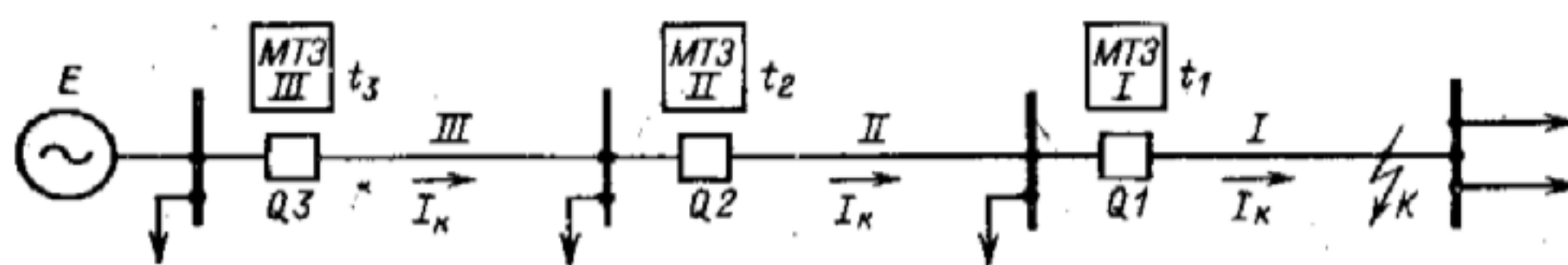
Так: в электросети, состоящей из 3^х последовательно соединенных участков, при КЗ в (•) К сверхток проходит от источника G к месту повреждения как по поврежденному участку

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022



Работа МТЗ в радиальной сети с односторонним питанием

Если сверхток превысит ток срабатывания, то недопустимо, чтобы сработали все три защиты. Правильная ликвидация аварии будет иметь место в том случае, если сработает МТЗ I и отключит выключатель Q1, ближайший к месту повреждения. Это и есть требование избирательности или селективности к МТЗ. Для выполнения этого условия необходимо, чтобы (в частности) МТЗ участков имели разл. $t_{сраб.}$, возрастающее по направлению к источнику питания.

Время срабатывания защиты от момента возникновения сверхтока до воздействия на выключатель называется выдержкой времени. В данном случае наименьшую выдержку времени t_1 должна иметь защита МТЗ I; несколько $>$ - ю t_2 – защита МТЗ II и самую $>$ - t_3 – МТЗ III.

Для выявления момента возникновения аварии и обеспечения действия - МТЗ состоит из пускового органа, кот. выявляет момент возникновения КЗ и производит пуск защиты и замедляющего органа (выдержки времени), который замедляет действие защиты для обеспечения селективности.

Такие токовые реле, как например, РТВ, РТ-80, РТ-90 совмещают в себе обе описанные функции.

МТЗ является наи $>$ простой и дешёвой защитой и, поэтому, применяется для защиты Г, Тр-ров, ЭД и ЛЭП с односторонним, а в ряде случаев и с двусторонним питанием.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте,

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

Отключите (если включен) выключатель А9.

Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1, например, 1,0.

Установите желаемые параметры линии электропередачи Л, например, 100 Ом и 0,2 Гн, а также место расположения на ней точки короткого замыкания, например, в середине линии. Для этого переключателями установите параметры моделей линий электропередачи А2 и А3 равными 50 Ом и 0,1 Гн.

Установите желаемый ток срабатывания реле А10, например, 1,0 А.

Установите желаемое время срабатывания реле АН, например, 1,0 с.

Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя Р1.

Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включите выключатель А9. В результате загорится зеленая лампа блока А8, сигнализирующая о подаче оперативного напряжения.

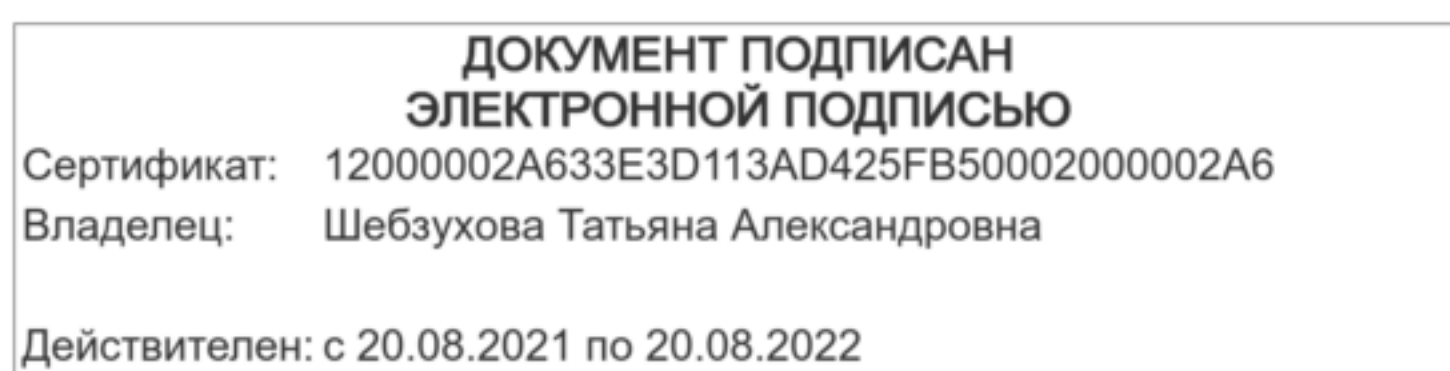
Нажмите верхнюю кнопку поста управления А7. В результате включится контактор А4 (выключатель Q) и на модели линий А2, А3 (линию Л) будет подано напряжение. Об этом будет сигнализировать загоревшаяся красная лампа в блоке А8. Зеленая лампа в блоке А8 погаснет.

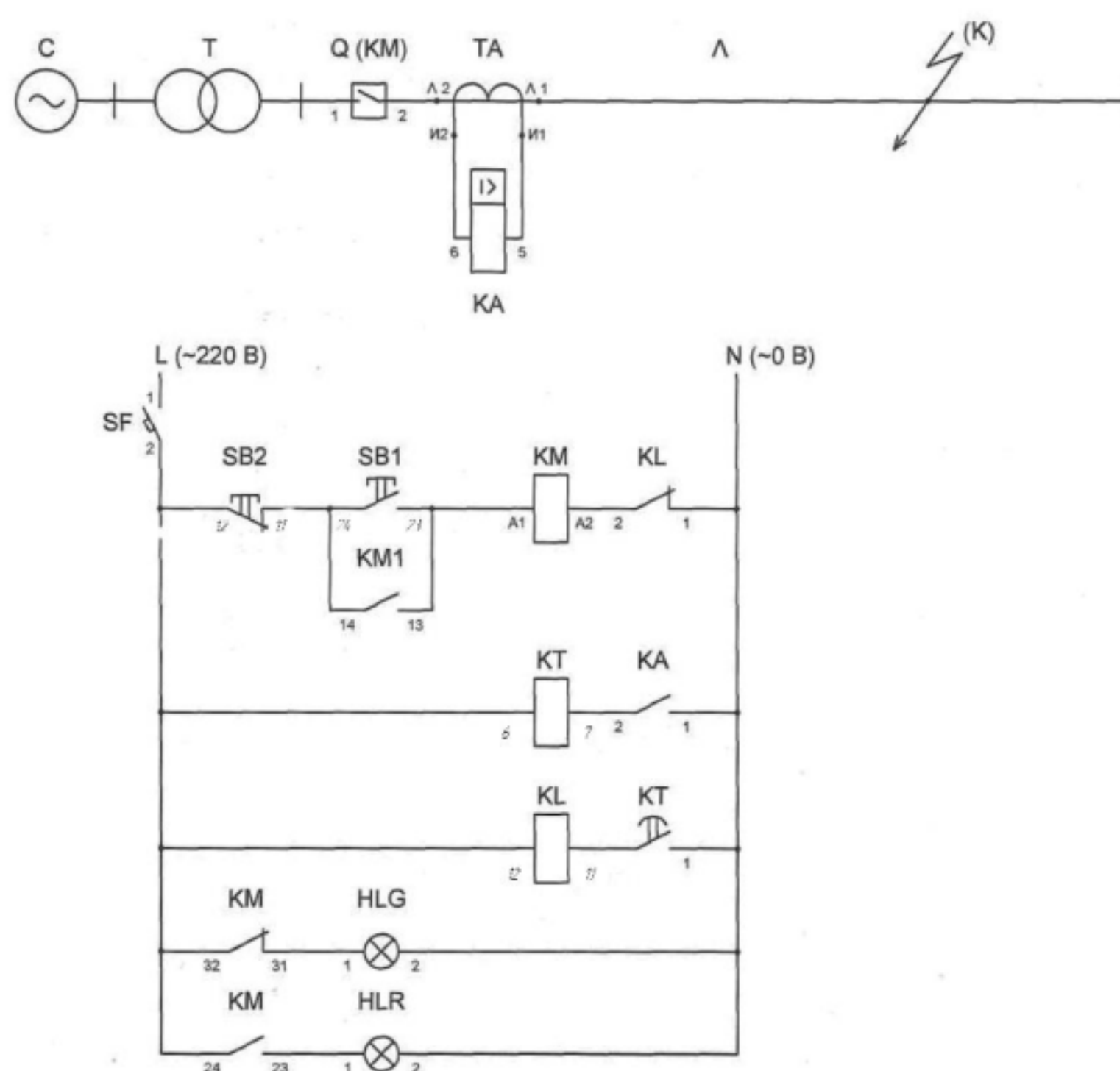
Смоделируйте короткое замыкание на линии электропередачи Л. Для чего воткните проводник «П» в гнездо между моделями линий А2 и А3. В результате сработает максимальная токовая защита и поврежденная линия электропередачи Л (модели линий А2, А3) с выдержкой времени отключится (отключатся) от источника питания выключателем Q (контактором А4). Красная лампа в блоке А8 погаснет, а зеленая загорится.

С индикаторов измерителя Р1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

Выньте проводник «П» из гнезда.

По завершении эксперимента отключите однофазный источник питания G1 выключатель «СЕТЬ» измерителя Р1.





Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Что такое максимальная токовая защита (МТЗ) и как она выполняется?
2. Какие достоинства и недостатки максимальных токовых защит?
3. Какая область применения МТЗ?
4. Как определяется относительный коэффициент чувствительности максимальной токовой защиты?
5. Как выбирают ток срабатывания МТЗ?
6. Что такое коэффициент запуска, коэффициент отстройки?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

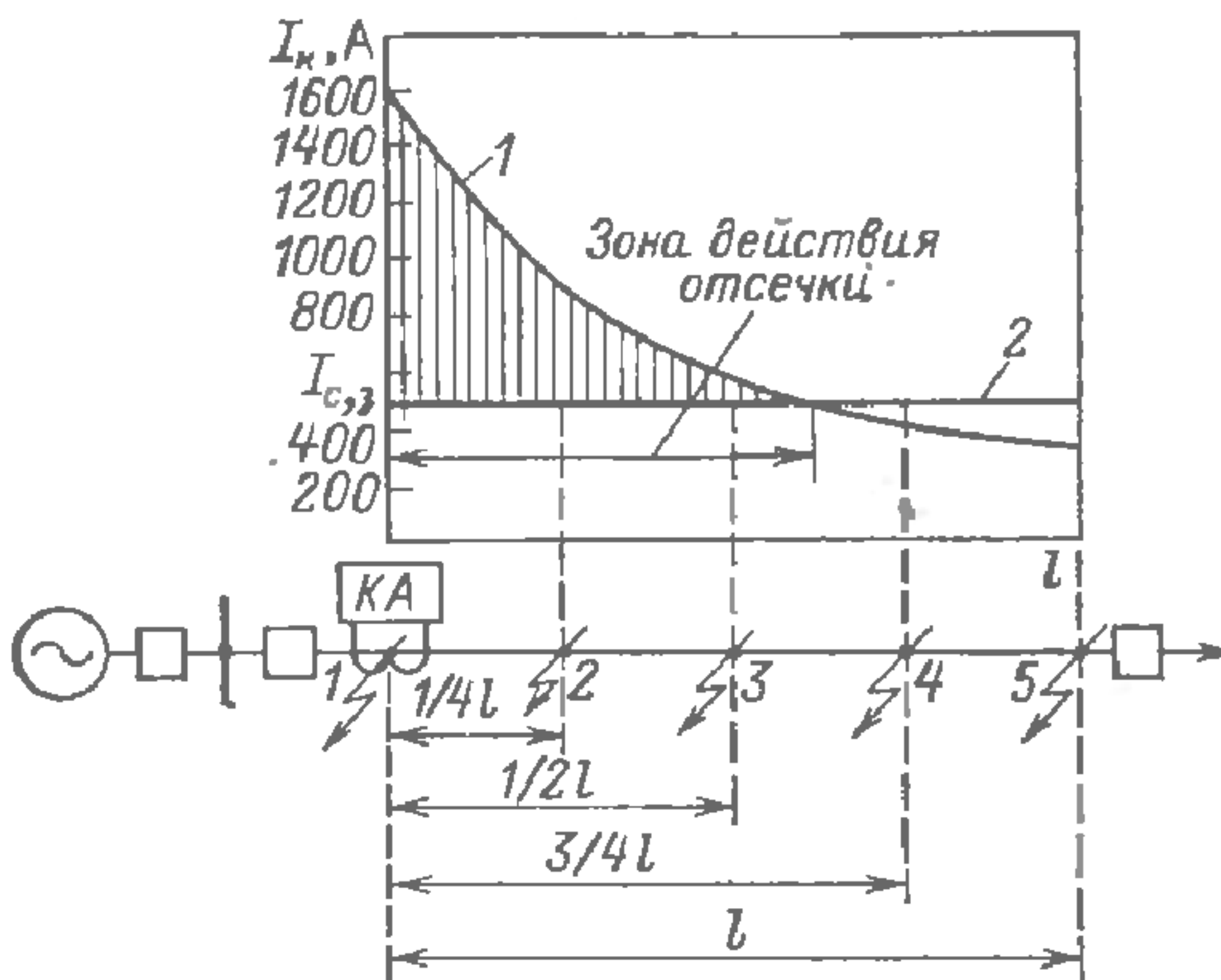
Лабораторная работа №2. Моделирование мгновенной токовой отсечки линии электропередачи.

Цель работы: Изучение устройства, принципа действия и схем токовой отсечки (ТО).

Основы теории:

Токовой отсечкой наз. МТЗ с ограниченной зоной действия, имеющая в случае мгновенное действие.

В отл. от МТЗ селективность действия ТО обеспечивается не выдержкой времени, а ограничением зоны её действия. Для этого $I_{с.з.}$ отсечки отстраивается не от тока нагрузки, а от тока КЗ в конце защищаемой линии или от другой определённой, где ТО не должна действовать.



Принцип действия токовой отсечки на линии с односторонним питанием

Зона действия отсечки определяется графически: для этого вычисляются токи КЗ, проходящие по защищаемой линии при КЗ в начале и конце её, а также на расстоянии $1/4$; $1/2$, $3/4$ длины от от начала и строится кривая изменения тока КЗ в зависимости от удаления

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

места КЗ от источника питания (кривая 1). По приведённой формуле рассчитывается ток срабатывания отсечки и на этом же чертеже проводится прямая тока срабатывания (прямая 2). Точка пересечения кривой 1 с прямой 2 определяет зону действия отсечки. Отсечка действует в зоне, где $I_{КЗ} > I_{сраб}$.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

Отключите (если включен) выключатель A9.

Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например, 1,0.

Установите желаемые параметры линии электропередачи Л, например, 100 Ом и 0,2 Гн, а также место расположения на ней точки короткого замыкания, например, в середине линии. Для этого переключателями установите параметры моделей линий электропередачи A2 и A3 равными 50 Ом и 0,1 Гн.

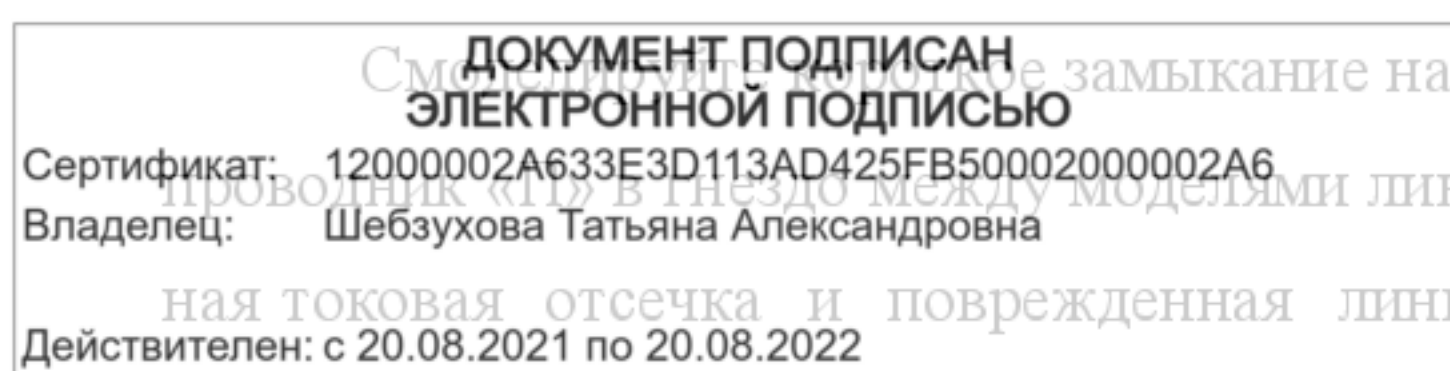
Установите желаемый ток срабатывания реле A10, например, 1,0 А.

Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.

Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включите выключатель A9. В результате загорится зеленая лампа блока A8, сигнализирующая о подаче оперативного напряжения.

Нажмите верхнюю кнопку поста управления A7. В результате включится контактор A4 (выключатель Q) и на модели линий A2, A3 (линию Л) будет подано напряжение. Об этом будет сигнализировать загоревшаяся красная лампа в блоке A8. Зеленая лампа блоке A8 погаснет.



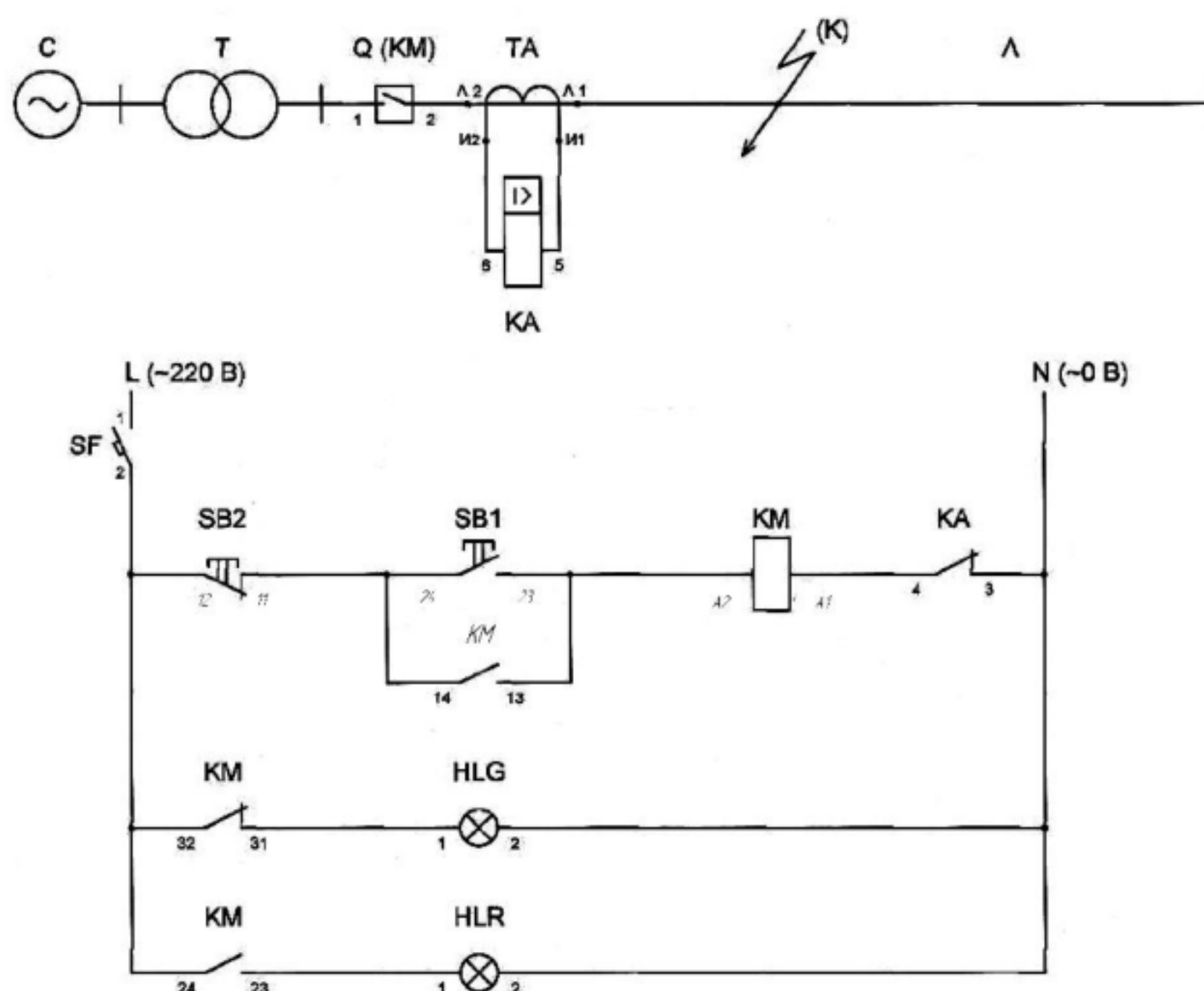
Смонтируйте короткое замыкание на линии электропередачи Л. Для чего воткните проводник «ГН» в гнездо между моделями линий A2 и A3. В результате сработает мгновенная токовая отсечка и поврежденная линия Л (модели линий A2, A3) отключится от

источника питания выключателем Q (контактором А4). Красная лампа в блоке А8 погаснет, а зеленая загорится.

С индикаторов измерителя Р1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

Выньте проводник «П» из гнезда.

По завершении эксперимента отключите однофазный источник питания G1 и выключатель «СЕТЬ» измерителя PL



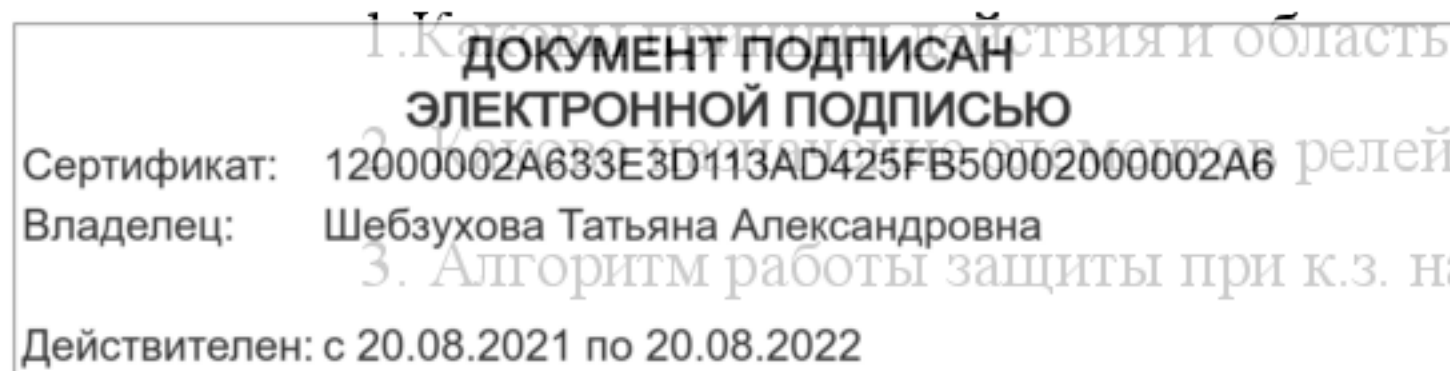
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы основные свойства и область применения ТО линии электропередачи?
2. Каковы основные свойства и область применения релейной частей защиты?
3. Алгоритм работы защиты при к.з. на защищаемой ЛЭП?



Лабораторная работа №3. Моделирование максимальной токовой защиты радиальной электрической сети с односторонним питанием.

Цель работы: Исследование МТЗ и ТО двух линий электропередачи с односторонним питанием.

Основы теории:

В радиальных сетях с односторонним питанием максимальную токовую защиту включают с питающей стороны каждой линии. При этом для обеспечения селективности отключения выдержку времени защиты подбирают по ступенчатому принципу, согласно которому у каждой последующей защиты, считая по направлению к источнику питания, выдержку времени принимают на ступень времени больше, чем у предыдущей защиты.

Рассмотрим пример защиты от однофазного короткого замыкания на землю кабельных линий в сети напряжением 6—10 кВ с заземленной нейтралью.

Токовая отсечка может быть выполнена быстродействующей или с выдержкой времени.

В отличие от максимальной токовой защиты действие токовой отсечки заранее ограничивается зоной действия. Это делается для соблюдения селективности (избирательности действия), которая обеспечивается путем выбора тока срабатывания отсечки, а не выдержки времени (при максимальной токовой защите).

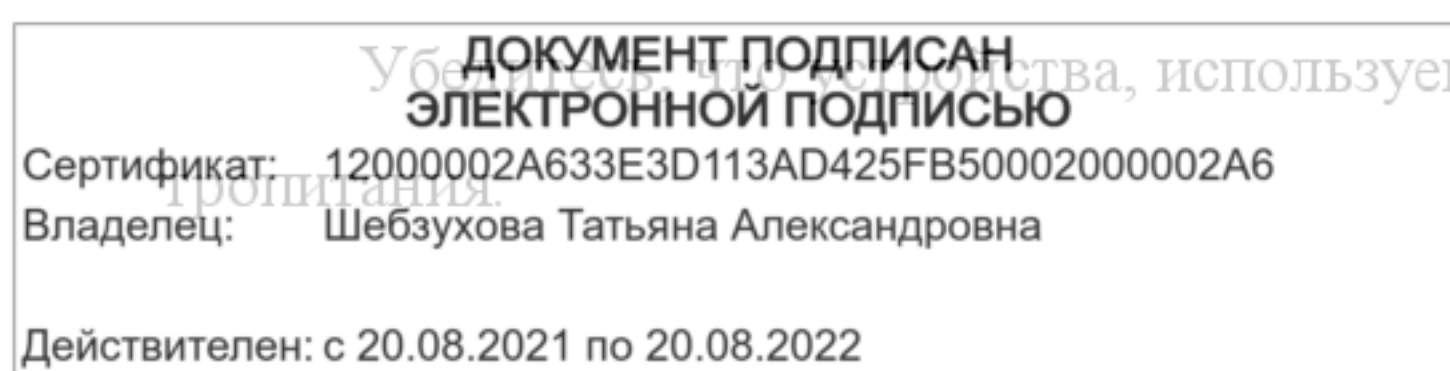
Принцип действия токовой отсечки для ЛЭП с односторонним питанием поясняет рисунок ниже — а.

Известно, что ток к. з. в линии определяется величиной сопротивления от источника питания до места повреждения и уменьшается с удалением последнего (кривая 1, на рисунке ниже положение — б). Наименьший ток к. з. возникает при повреждении в конце линии (в точке К-2), а наибольшее — в начале ее (в точке К-3).

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:



Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

Отключите (если включен) выключатель A9.

Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например, 1,0.

Установите переключателями желаемые параметры моделей линий электропередачи A2 и A3, например, 50 Ом и 0,1 Гн.

Установите желаемый ток срабатывания реле A10 и A15, например, 1,0 А.

Установите желаемое время срабатывания реле АН, например, 1,0

Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.

Включите источник G1. О наличии напряжения на его выходе должна сигнализировать светящаяся лампочка.

Включите выключатель A9. В результате загорится зеленая лампа блока A8, сигнализирующая о подаче оперативного напряжения.

Нажмите последовательно две верхние кнопки поста управления A7. В результате включатся выключатели Q1, Q2 (контакторы A4, A13) и на линии Л1, Л2 (модели линий A2, A3) будет подано напряжение. Об этом будут сигнализировать загоревшиеся красные лампы в блоке A8. Зеленая лампа в блоке A8 погаснет.

Смоделируйте короткое замыкание на линии электропередачи Л2. Для чего воткните проводник «П» в гнездо начала модели линии A3. В результате сработает мгновенная токовая отсечка и поврежденная линия Л2 (модель линии A3) отключится от источника питания выключателем Q2 (контактором A13). Вторая сверху красная лампа в блоке A8 погаснет.

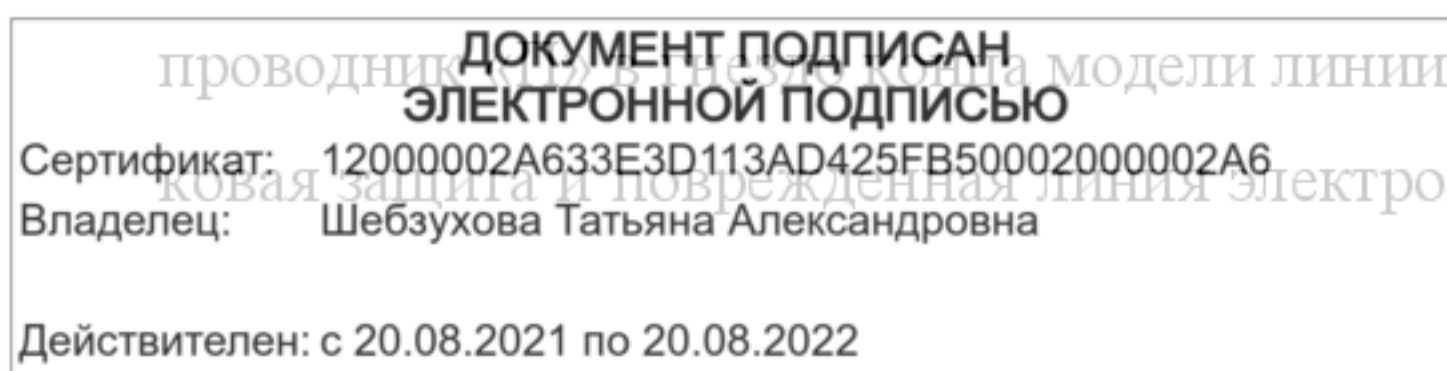
С индикаторов измерителя P1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

Выньте проводник «П» из гнезда.

Нажмите вторую сверху кнопку поста управления A7. В результате включится выключатель Q2 (контактор A13) и на линию Л2 (модель линии A3) вновь будет подано напряжение. Об этом будет сигнализировать загоревшаяся вторая сверху красная лампа в блоке A8.

Смоделируйте короткое замыкание на линии электропередачи Л1. Для чего воткните

проводник «П» в гнездо начала модели линии A2. В результате сработает максимальная токовая защита и поврежденная линия электропередачи Л1 (модель линии A3) с выдержкой

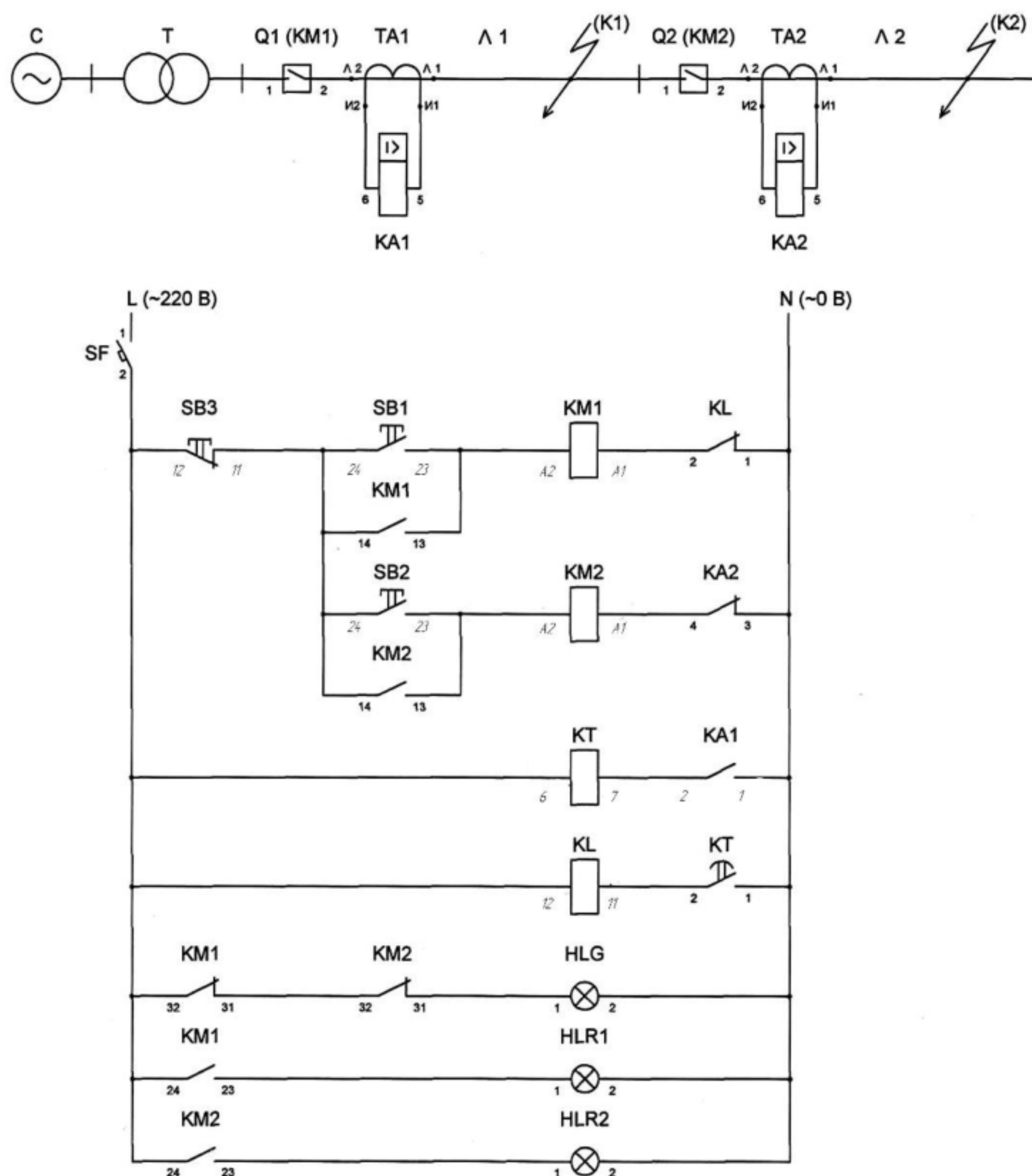


времени отключится от источника питания выключателем Q1 (контактором A4). Первая сверху красная лампа в блоке A8 погаснет.

С индикаторов измерителя P1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

Выньте проводник «П» из гнезда.

По завершении эксперимента отключите однофазный источник питания G1 и выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.



Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;

2. Цель работы;

3. Краткие теоретические сведения;

4. Описание лабораторного оборудования и материалов;

5. Порядок выполнения работы;

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
 Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Виды токовых защит, их краткая характеристика и отличие друг от друга.
2. Принцип действия и селективность МТЗ.
3. Выбор тока срабатывания МТЗ.
4. Выбор выдержки времени МТЗ.
- 5.. Схема двухфазной двухрелейной МТЗ с независимой выдержкой времени.
6. Схема двухфазной трехрелейной МТЗ с независимой выдержкой времени.
7. Схема двухфазной трехрелейной МТЗ с зависимой выдержкой времени.
8. Согласование защит по чувствительности.
9. Принцип действия ТО.
10. Мгновенные ТО на линиях с односторонним питанием.
11. ТО с выдержкой времени.
12. ТО с блокировкой по напряжению.

Лабораторная работа №4. Моделирование дифференциальной защиты линии электропередачи.

Цель работы: Изучение устройства, принципа действия и схем дифференциальной защиты линии электропередач.

Основы теории:

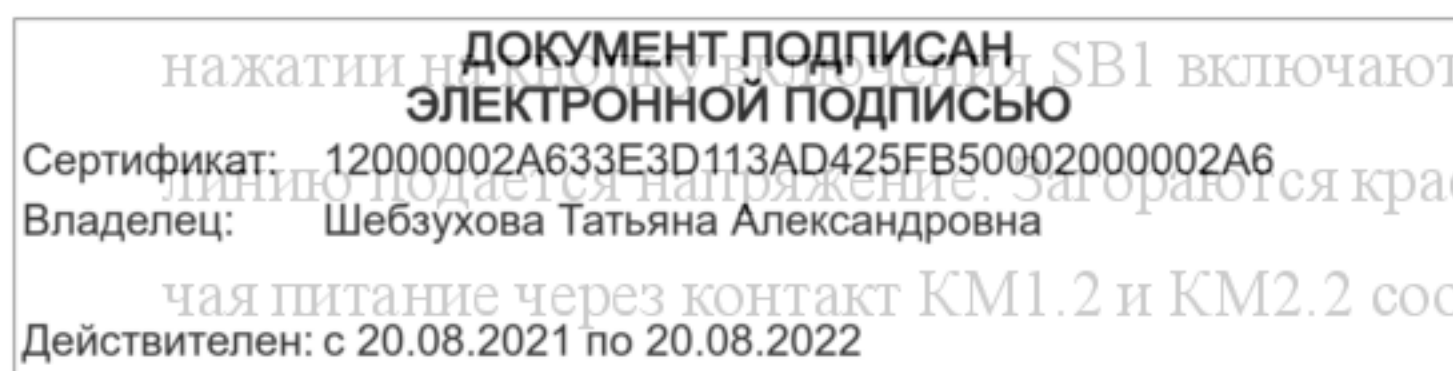
На линиях отходящих от шин электростанций или узловых подстанций, часто по условиям устойчивости требуется обеспечить отключение КЗ в пределах всей защищаемой линии без выдержки времени. Это требование нельзя выполнить с помощью мгновенных токовых отсечек, защищающих только часть линии. Кроме того, отсечки неприменимы по условию селективности, на коротких ЛЭП, где токи КЗ в начале и в конце линии примерно одинаковы. В этих случаях используются дифференциальные защиты (ДЗ), обеспечивающие мгновенное отключение КЗ в любой точке защищаемого участка и не действующие при КЗ за пределами зоны действия.

Дифференциальные защиты подразделяются на: продольные – для защит как оди-
нарных, так и параллельных линий; поперечные – для защиты только параллельных линий.

Измерительный орган продольной дифференциальной токовой защиты включается на разность токов по концам защищаемого объекта

В реле защиты проходит ток I_p , равный разности вторичных токов измерительных трансформаторов тока ТА1 и ТА2 I_{12} и I_{22} . При внешнем коротком замыкании в точке К2 токи I_1 и I_2 по концам защищаемого объекта одинаковы, и ток $I_p = I_{12} - I_{22}$ принципиально равен нулю. При коротком замыкании на защищаемом объекте в точке К1 в реле защиты проходит практически арифметическая сумма вторичных токов короткого замыкания от источников питания ЭС1 и ЭС2 и защита срабатывает. Теоретически ток срабатывания защиты мог бы быть равен нулю. Однако, если учитывать наличие погрешностей измерительных трансформаторов тока защиты, ток в реле защиты при отсутствии короткого замыкания на защищаемом объекте равен току небаланса, значение которого тем больше, чем больше ток в первичных обмотках трансформаторов тока. Поэтому ток срабатывания защиты отстраивается от тока небаланса, имеющего место при максимальном токе, проходящем через защищаемый объект при внешнем КЗ:

При подаче напряжения на схему загорается зеленая сигнальная лампа HLG1. При



нажатии на кнопку «Вкл» кнопки SB1 включаются контакторы KM1 и KM2 и на защищаемую
линию подается напряжение. Загораются красные сигнальные лампы HLR1 и HLR2, полу-
чая питание через контакт KM1.2 и KM2.2 соответственно. Зеленая сигнальная лампа HLG1

гаснет. При отпускании кнопки SB1 обмотки контакторов получают питание через нормально разомкнутый контакт этого контактора KM1.1. При нажатии на кнопку SB2 контактор KM1 и KM2 отключается. Напряжение с линии снимается. Красные сигнальные лампы гаснут, зеленая загорается.

При коротком замыкании в т.К1 обмотка реле тока, включенная на разность токов в начале и конце линии, получает питание, и контакт KA1.1 токового реле размыкает цепь питания контактора KM1.

При коротком замыкании в т.К2 токи в начале и конце линии одинаковы, разность этих токов мала, токовое реле не срабатывает. Таким образом, защита действует только при КЗ на защищаемой линии.

При исчезновении напряжения питающей сети контакторы отключаются. При восстановлении напряжения в сети контакторы остаются отключенным. В эксперименте рассмотренный алгоритм реализован на основе программируемого контроллера.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

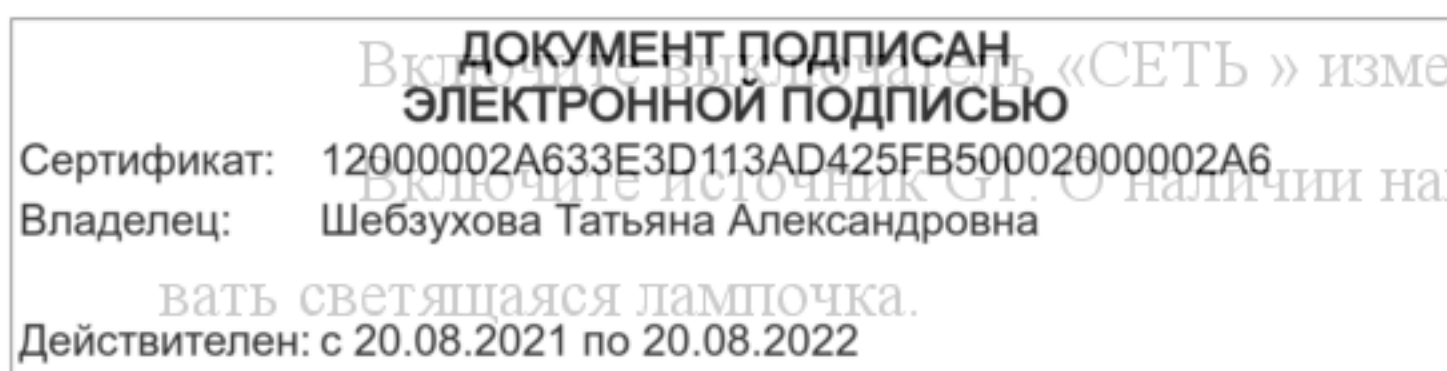
Отключите (если включен) выключатель А9.

Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора А1, например, 1,0.

Установите желаемые параметры линии электропередачи Л, например, 100 Ом и 0,2 Гн, а также место расположения на ней точки короткого замыкания, например, в середине линии. Для этого переключателями установите параметры моделей линии электропередачи А2 и А3 равными 50 Ом и 0,1 Гн.

Установите желаемый ток срабатывания реле А10, например, 1,0 А.

Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя Р1.



Напряжения на его выходе должна сигнализиро-

вать светящаяся лампочка.

Включите выключатель А9. В результате загорится зеленая лампа блока А8. сигнализирующая о подаче оперативного напряжения.

Включить кнопку «пуск» поста управления А7. В результате включатся контакторы А4, А13 (выключатели Q1, Q2) и на модели линий А2, А3 (линию Л) будет подано напряжение. Об этом будут сигнализировать загоревшиеся красные лампы в блоке А8. Зеленая лампа в блоке А8 погаснет.

Смоделируйте короткое замыкание К1 на линии электропередачи Л. Для чего воткните проводник «П» в гнездо между моделями линий А2 и А3. В результате сработает дифференциальная защита и поврежденная линия Л (модели линий А2, А3 отключится (отключатся) от источника питания выключателями Q1 и QI (контакторами А4 и А13). Красные лампы в блоке А8 погаснут, а зеленая лампа загорится.

С индикаторов измерителя Р1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

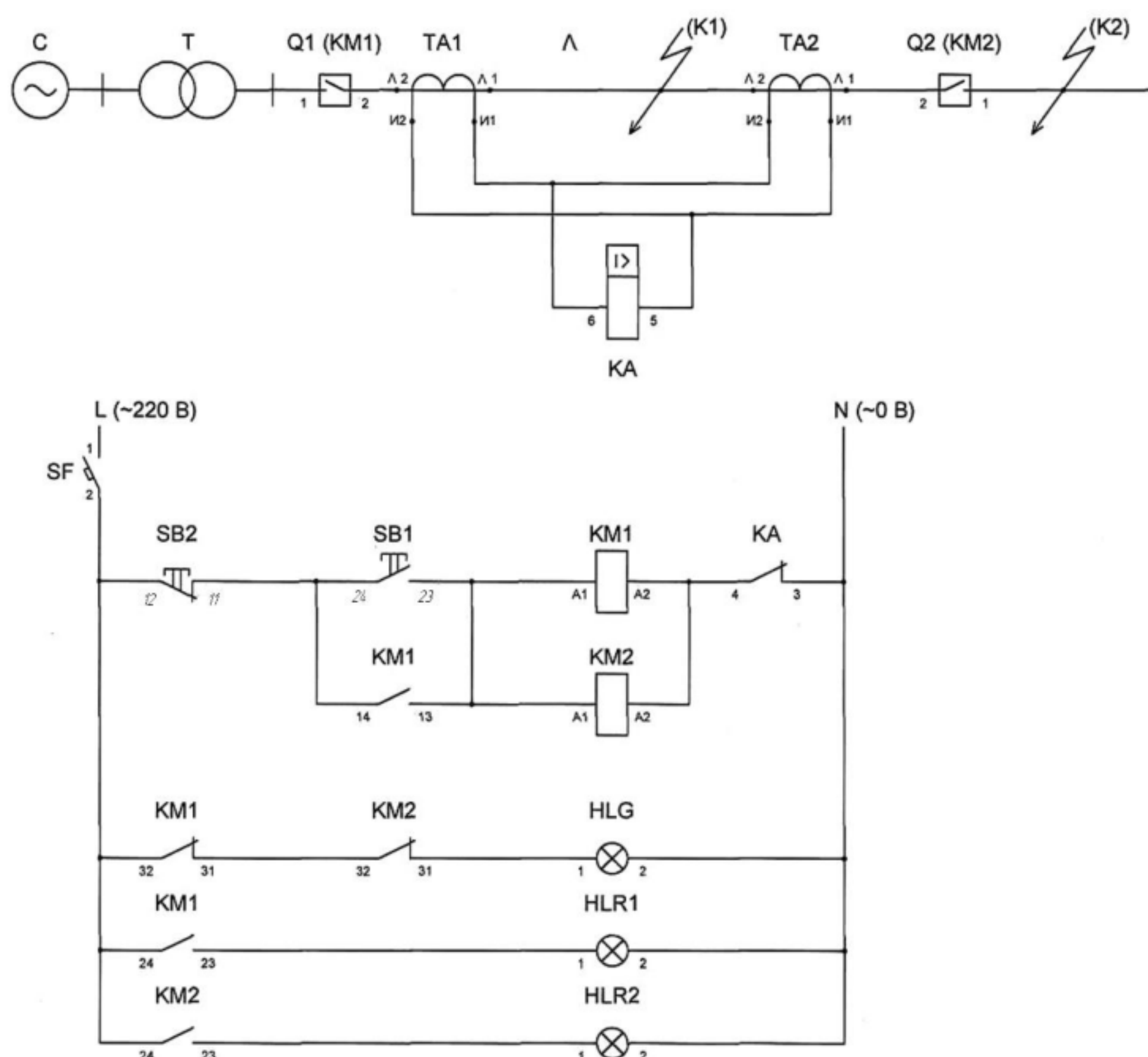
Выньте проводник «П» из гнезда.

Смоделировать короткое замыкание К2 на конце линии Л (вне зоны действия дифференциальной защиты). Для чего воткнуть проводник «П» в гнездо «1» выключателя Q2 (контактора А13). Убедиться, что дифференциальная защита в действии не приходит.

Считать значение тока короткого замыкания

Вынуть проводник «П» из гнезда.

По завершении эксперимента отключите однофазный источник питания G1 выключатель «СЕТЬ» измерителя Р1.



Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Каковы принцип действия и область применения дифференциальной токовой защиты линии электропередачи?
2. Каково назначение элементов релейной частей защиты?
3. Алгоритм работы защиты при к.з. на защищаемой ЛЭП ?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
 Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №5. Моделирование дифференциальной защиты трансформатора.

Цель работы: Изучение устройства, принципа действия и схем дифференциальной защиты силового трансформатора.

Основы теории:

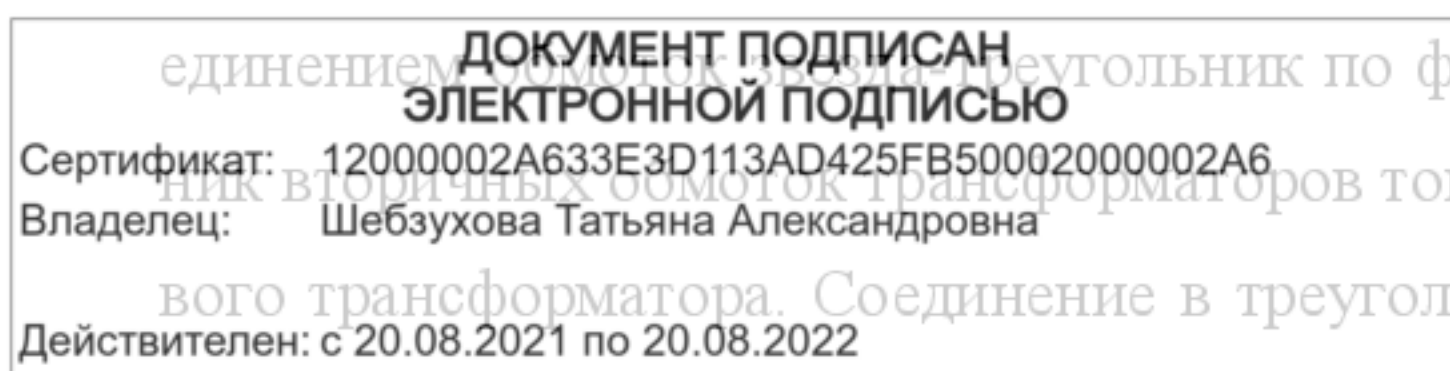
Для защиты трансформаторов от коротких замыканий (КЗ) между фазами, на землю и от замыканий витков одной фазы широкое распространение получила дифференциальная защита. Принцип действия дифференциальной защиты трансформаторов, также как и дифференциальной защиты линий и шин, основан на сравнении величины и направления токов до и после защищаемого элемента (в данном случае трансформатора). При внешнем КЗ и нагрузке токи с обоих концов трансформатора направлены в одну сторону, и находятся в определенном соотношении, равным коэффициенту трансформации трансформатора. При КЗ в трансформаторе токи направлены встречно от шин к месту повреждения. В первом случае защита не должна действовать, во втором – должна работать. С учетом этого и выполняется схема защиты.

Измерительные трансформаторы тока, питающие схему, устанавливаются с обеих сторон защищаемого трансформатора. Дифференциальное реле включается параллельно вторичным обмоткам трансформаторов тока. Для того, чтобы защита не работала при нагрузке и внешних КЗ, необходимо уравновесить вторичные токи в плечах защиты так, чтобы ток в реле, равный их разности, отсутствовал. Это является условием селективности защиты при внешних КЗ.

В дифференциальной защите линий первичные токи в начала и в конце защищаемого участка одинаковы, поэтому для выполнения условия селективности достаточно иметь равенство коэффициентов трансформации трансформаторов тока. Иное положение имеет место в дифференциальной защите трансформаторов. Первичные токи обмоток трансформатора не равны по величине и в общем случае не совпадают по фазе.

В трансформаторе с соединением обмоток звезда-треугольник первичные и вторичные токи отличаются по величине и фазе. В трансформаторе с соединением обмоток звезда-звезда токи различаются только по величине.

Выравнивание первичного и вторичного токов защищаемого трансформатора с со-



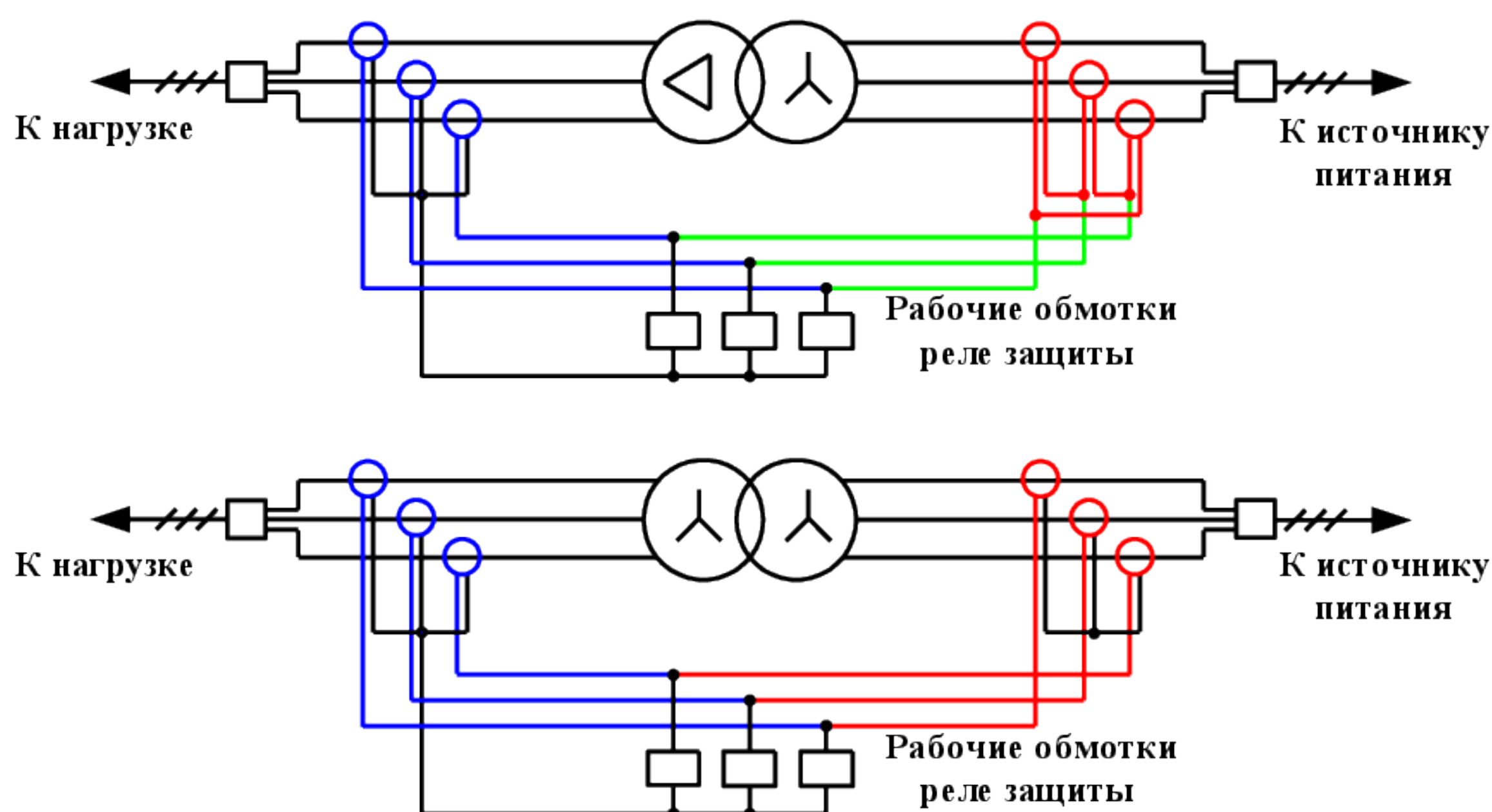
точно соответствовать соединению в треугольник обмоток силового трансформатора. Трансформаторы тока, расположенные на стороне треугольника силового трансформатора, соединяются в звезду.

Выравнивание величин вторичных токов в плечах дифференциальной защиты достигается подбором коэффициентов трансформации трансформаторов тока дифференциальной защиты и параметров специально для этой цели устанавливаемых трансформаторов или автотрансформаторов.

Величина тока небаланса в дифференциальной защите трансформаторов оказывается обычно большей, чем в дифференциальной защите линий и шин, что объясняется наличием дополнительных составляющих в токе небаланса. Еще одним фактором, влияющим на работу дифференциальной защиты, являются броски тока намагничивания при включении трансформатора под напряжение.

Применение быстронасыщающихся трансформаторов (БНТ) позволяет выполнить простую и быстродействующую дифференциальную защиту, надежно отстроенную от токов небаланса и бросков токов намагничивания.

В дифференциальных защитах, установленных на трансформаторах с регулированием напряжения под нагрузкой или многообмоточных трансформаторах с несколькими питающими обмотками, токи небаланса в установившемся режиме имеют значительную величину. В этих случаях дифференциальная защита с реле, включенными через БНТ, получается малочувствительной. Чувствительность дифференциальной защиты в указанных случаях может быть повышена путем применения дифференциальных реле с торможением.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

В данном эксперименте моделируется трансформатор (см. рис), обмотки которого могут иметь схему соединения звезда-звезда или звезда-треугольник. Одна сторона трансформатора подключена к источнику питания, другая – к нагрузке. С обеих сторон трансформатора включены измерительные трансформаторы тока и трехполосные выключатели. Существует возможность устраивать короткие замыкания на выводах трансформатора и на шинах нагрузки.

На компьютере с помощью специальной программы моделируется дифференциальная защита трансформатора. Защита настраивается под нужное соединение и напряжение обмоток силового трансформатора. Также защита может работать с торможением от тока внешнего КЗ или без него. При срабатывании защита воздействует на оба выключателя.

При правильно собранной схеме и корректно выбранных уставках защита должна срабатывать при замыкании в ее зоне действия и не должна действовать при КЗ на выводах нагрузки.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда защитного заземления устройств, используемых в эксперименте, с гнездом "РЕ" однофазного источника питания G1.

Соедините аппаратуру в соответствии со схемой электрической соединений.

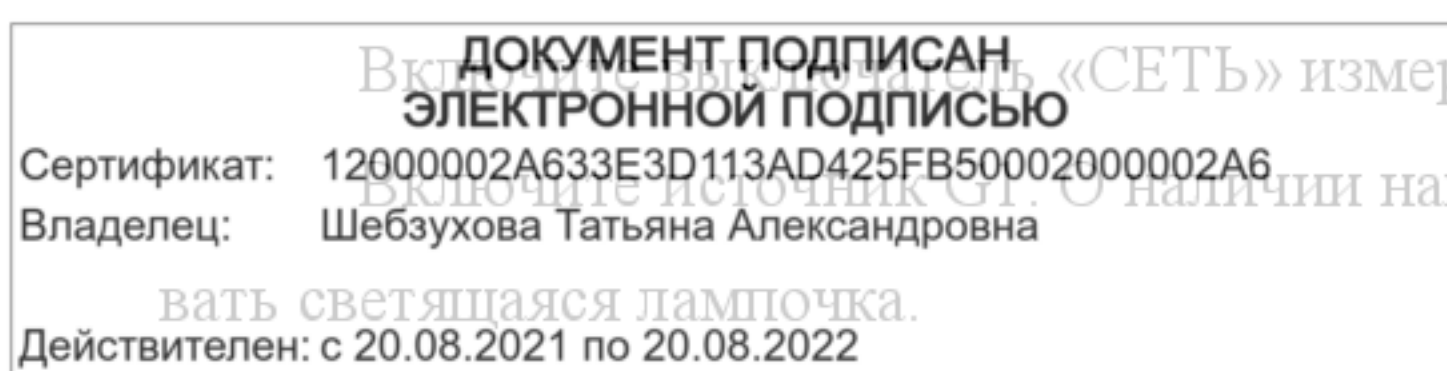
Отключите (если включен) выключатель A9.

Установите переключателем желаемое значение коэффициента трансформации трансформатора A1, например, 1,0.

Установите желаемые параметры линии электропередачи Л, например, 100 Ом и 0,2 Гн, а также место расположения на ней точки короткого замыкания, например, в середине линии. Для этого переключателями установите параметры моделей линий электропередачи A2 и A3 равными 50 Ом и 0,1 Гн.

Установите желаемый ток срабатывания реле A10, например, 1,0 А.

Включите выключатель «СЕТЬ» измерителя P1.



напряжения на его выходе должна сигнализиро-

вать светящаяся лампочка.

Включите выключатель А9. В результате загорится зеленая лампа блока А8, сигнализирующая о подаче оперативного напряжения.

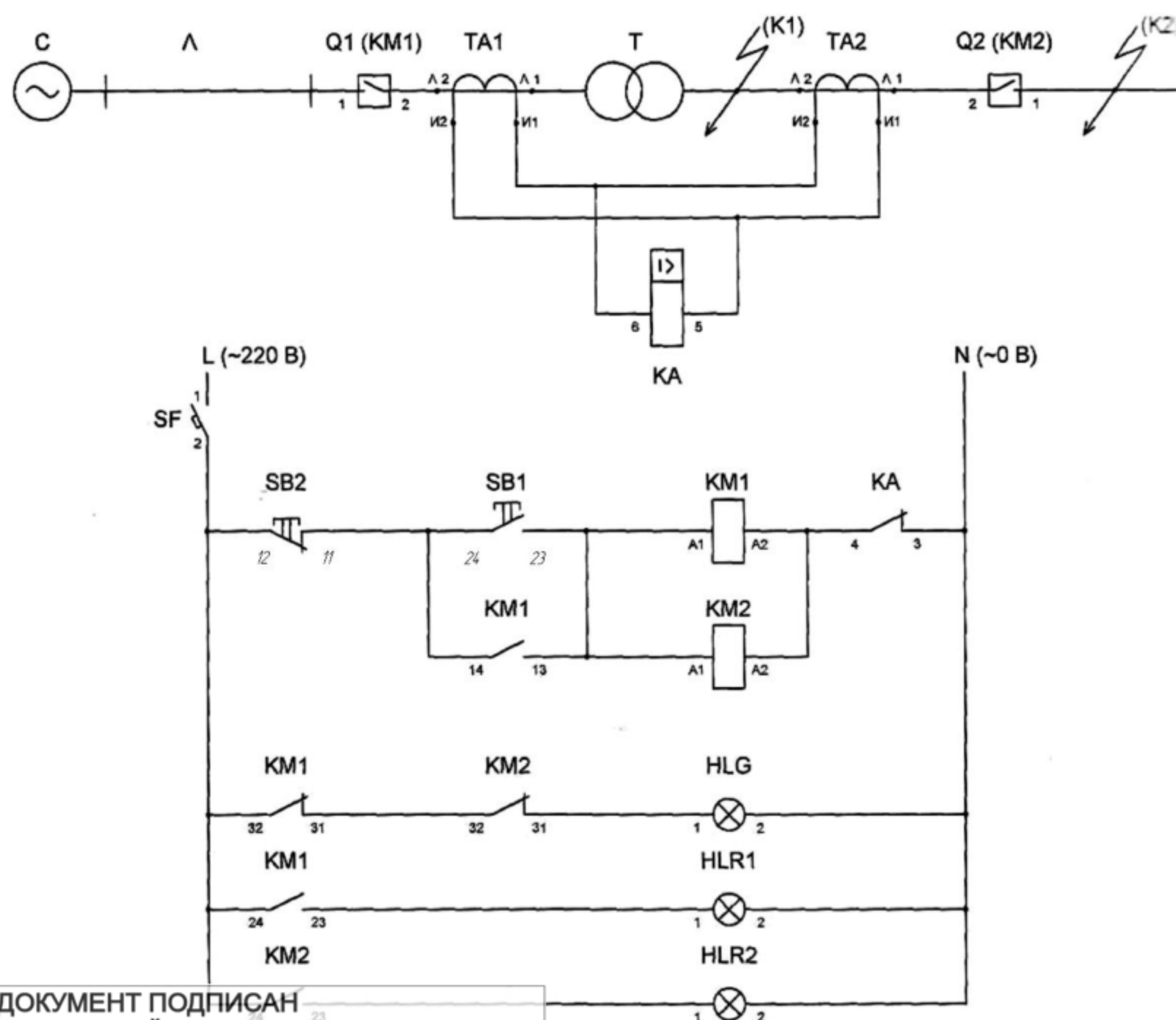
Нажмите последовательно две верхние кнопки поста управления А7. В результате включатся контакторы А4, А13 (выключатели Q1, Q2) и на модели линий А2, А3 (линию Л) будет подано напряжение. Об этом будут сигнализировать загоревшиеся красные лампы в блоке А8. Зеленая лампа в блоке А8 погаснет.

Смоделируйте короткое замыкание на линии электропередачи Л. Для чего воткните проводник «П» в гнездо между моделями линий А2 и А3. В результате сработает дифференциальная защита и поврежденная линия Л (модели линий А2, А3) отключится (отключатся) от источника питания выключателями Q1 и Q2 (контакторами А4 и А13). Красные лампы в блоке А8 погаснут, а зеленая лампа загорится.

С индикаторов измерителя Р1 считайте значение тока короткого замыкания и время работы защиты.

Выньте проводник «П» из гнезда.

По завершении эксперимента отключите однофазный источник питания G1 и выключатель «СЕТЬ» измерителя Р1.



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

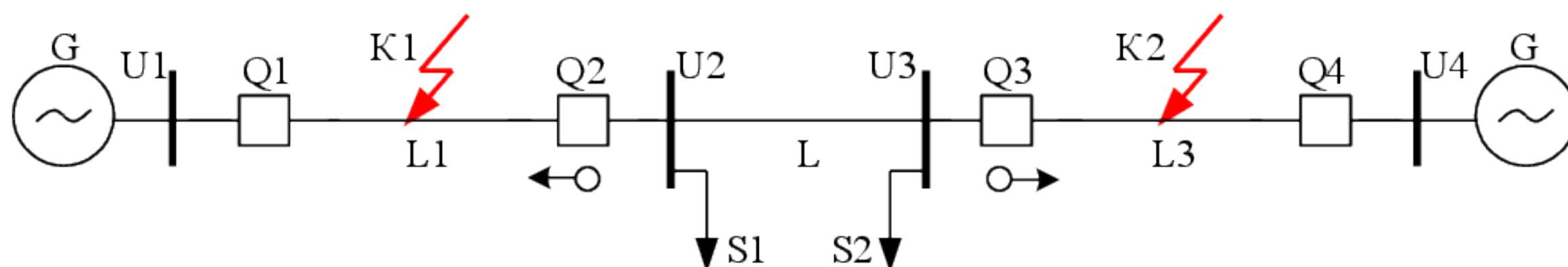
1. Каковы принцип действия и область применения дифференциальной защиты трансформатора?
2. Каково назначение элементов релейной частей защиты?
3. Алгоритм работы защиты при к.з. на защищаемом трансформаторе?

Лабораторная работа №6. Токовая направленная защита линий электропередачи в кольцевой сети.

Цель работы: Ознакомление студентов с принципом действия, схемой и выбором уставок токовой направленной защиты линий электропередачи в кольцевой сети.

Основы теории:

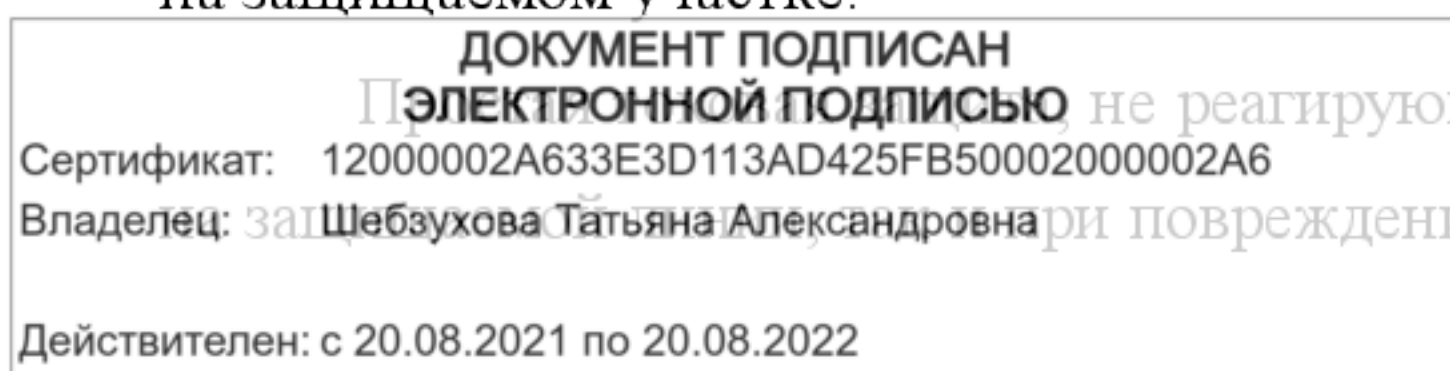
Защита, действующая только при определенном направлении (знаке) мощности короткого замыкания (КЗ), называется направленной. Необходимость в применении направленных защит возникает в сетях с двусторонним питанием. Защита в этих сетях не только реагирует на появление тока КЗ, но и для обеспечения селективности также учитывает направление мощности КЗ в защищаемой линии (иначе говоря, фазу тока в линии относительно напряжения на шинах).



В сетях с двусторонним питанием (см. рис) и в кольцевых сетях направление тока и мощности КЗ зависит от места возникновения повреждения. Например, при коротком замыкании в точке К2 через защиту на выключателе Q3 проходит ток в направлении от шин подстанции 3 к месту повреждения. При коротком замыкании в точке К1 через эту же защиту проходит ток в противоположном направлении.

Если принять, что в первом случае ток короткого замыкания отстает от напряжения U_3 на шинах подстанции 3, а мощность КЗ положительна и направлена от шин в линию, то во втором случае ток КЗ сдвинут на 180° относительно тока КЗ в первом случае, а соответствующая этому мощность КЗ отрицательна и направлена из линии к шинам. Таким образом, направление мощности КЗ, проходящей по линии, характеризует, где возникло повреждение: на защищаемой линии или на других присоединениях, отходящих от шин данной подстанции.

Это обстоятельство используется в направленной защите, которая по знаку мощности определяет, на каком присоединении возникло повреждение и действует только при КЗ на защищаемом участке.



шин подстанции, питающей защищаемую линию. Поэтому получить селективное отключение КЗ в сетях с двусторонним питанием с помощью простой токовой защиты, как правило, невозможно.

На основании изложенного можно сформулировать следующие принципы выполнения селективной защиты в сетях с двусторонним питанием:

1. Защита устанавливается с обеих сторон от защищаемой линии и действует при направлении мощности от шин в линию.

2. Выдержки времени на защитах, работающих при одном направлении мощности, должны быть согласованы между собой по ступенчатому принципу с нарастанием по направлению к источнику питания, от тока которого действуют рассматриваемые защиты.

В данном эксперименте моделируется сеть с двусторонним питанием, состоящая из трех последовательно соединенных линий (см. рис.). К дальним от источников питания шинам линий L1 и L3 подключены нагрузки S1 и S2. Выключатели Q1 и Q2 расположены по концам линии L1, выключатели Q3 и Q4 – по концам линии L3. Точки коротких замыканий K1 и K2 находятся в середине линий L1 и L3 соответственно.

На компьютере с помощью специальной программы моделируются четыре токовые защиты, каждая из которых воздействует на один из выключателей Q1-Q4. Защиты, управляющие выключателями Q2 и Q3, могут иметь орган направления мощности.

Если уставки защит выбраны правильно, то при коротком замыкании отключается только та линия, на которой оно возникло (при КЗ в точке K1 отключаются выключатели Q1 и Q2, при КЗ в точке K2 – Q3 и Q4).

Указание по технике безопасности:

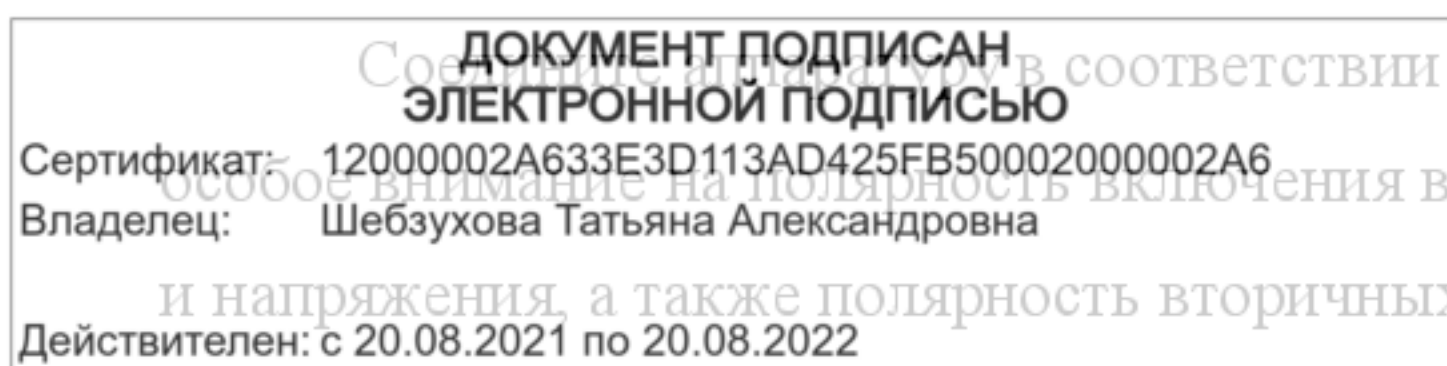
Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда «ТК» источника G1.

Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.



с электрической схемой соединений, обращая внимание на полярность включения в схему измерительных трансформаторов тока и напряжения, а также полярность вторичных сигналов с них.

Переключатели режимов работы трехполюсных выключателей А2, А4, А6, А8 установите в положение «АВТ.», выключателей А10 и А13 – в положение «РУЧН.». Номинальные напряжения обмоток трансформаторов блоков А1 и А9 выставьте равными, например, 230/230 В. Параметры линий электропередачи А3 и А7 переключателями установите, например, следующими: $R = 200 \text{ Ом}$, $L/RL = 1,2/32 \text{ Гн/Ом}$, $C1 = C2 = 0 \text{ мкФ}$. Выберите мощность активной нагрузки А11, например 20% от 50 Вт в используемых фазах. Выберите мощность индуктивной нагрузки А9, например 40% от 40 Вар в используемых фазах.

Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

Включите выключатели «СЕТЬ» выключателей А2, А4, А6, А8, А10, А13 блока А17 ввода-вывода цифровых сигналов.

Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А12, войдите в соответствующий каталог и запустите прикладную программу «Направленная защита.exe».

Смоделируйте требуемый вариант защиты, для чего задайте уставки, нажав на соответствующую виртуальную кнопку. Например, используйте уставки, заданные по умолчанию.

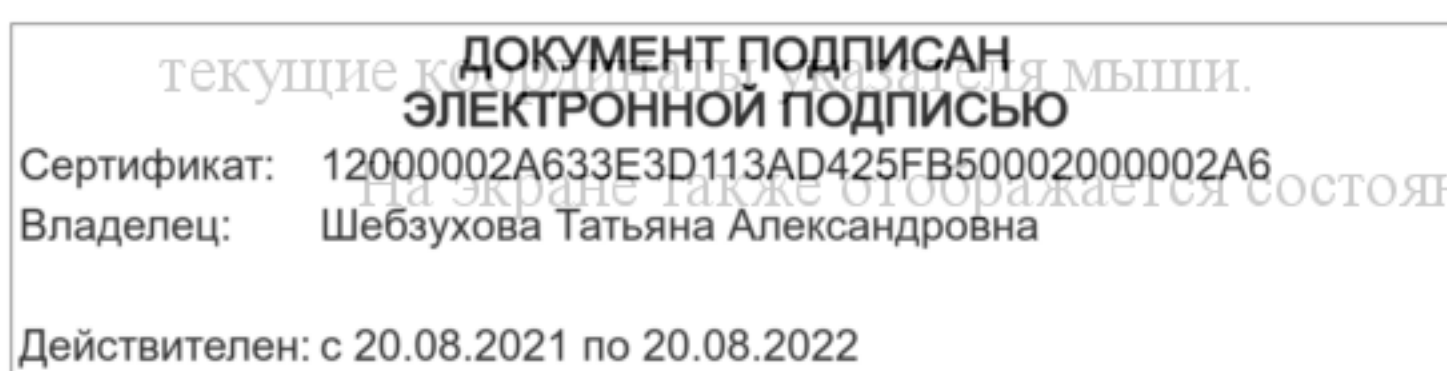
Нажмите на виртуальную кнопку «Начать запись»; введите защиты нажатием на соответствующую кнопку и непосредственно после этого смоделируйте короткое замыкание на одной из линий, включив выключатель А10 или А13. После отключения защитой «поврежденной» линии выведите защиты и остановите запись. Проанализируйте отображенные осциллограммы токов и напряжений линий, состояние выключателей, а также информацию о последовательности произошедших событий в журнале работы защит, вызывать который можно нажатием на соответствующую кнопку.

При работе с программой следует пользоваться ее возможностями:

Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз. Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.

Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.

Для удобства определения значений величин по графикам на экране отображаются



В случае срабатывания той или иной защиты на соответствующей осциллограмме появляется информирующая об этом надпись.

Точные значения любых времен следует определять по осциллограмме, а не по журналу работы защит.

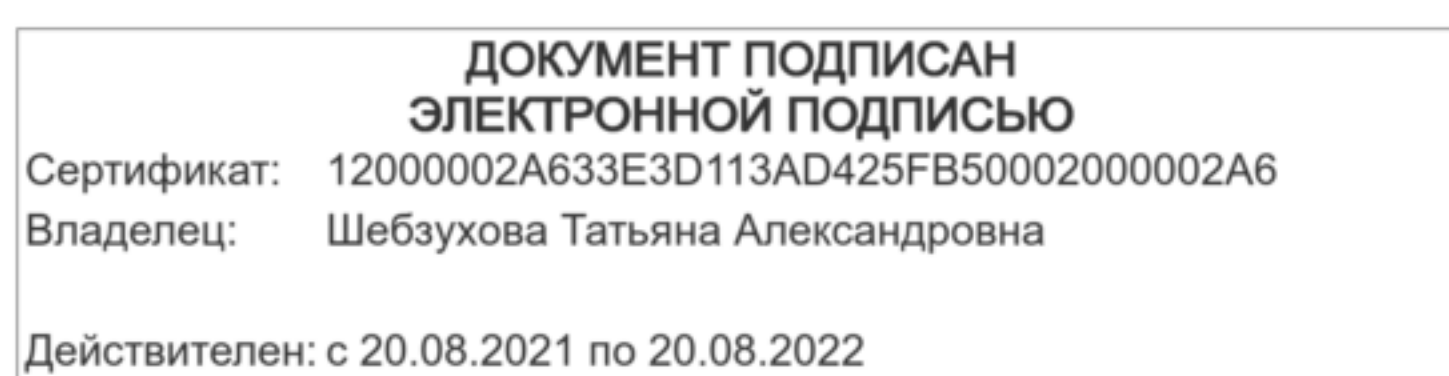
Уставки токов и напряжений следует задавать амплитудными значениями.

При возникновении неправдоподобных результатов эксперимент следует повторить.

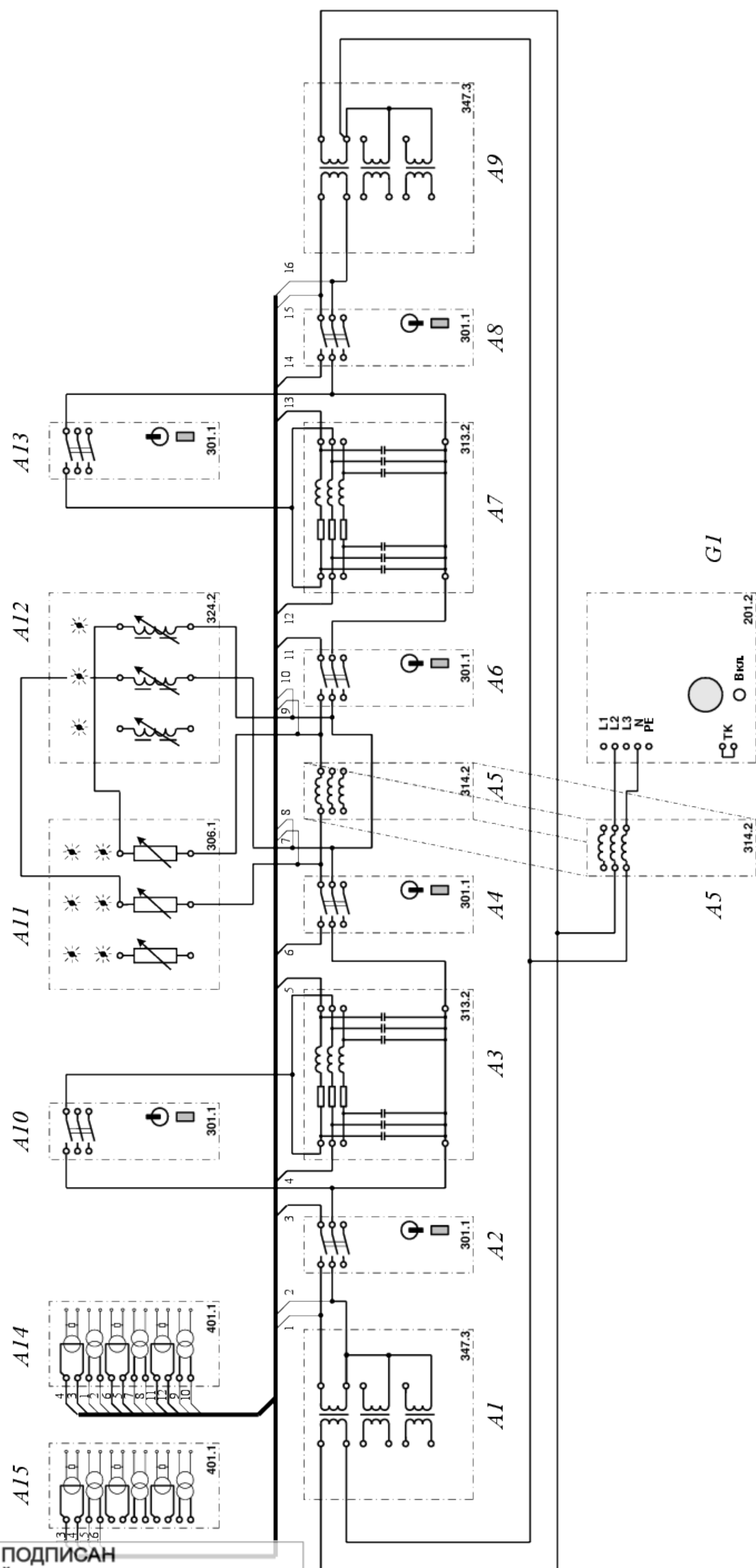
Запись электромагнитных процессов в схеме производится программой в циклический буфер. Его длину можно изменять в пункте меню «Настройки».

По завершении экспериментов отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков A2, A4, A6, A8, A10, A13, A17.

Пример результатов описанного опыта приведен в приложении.



Электрическая схема соединений



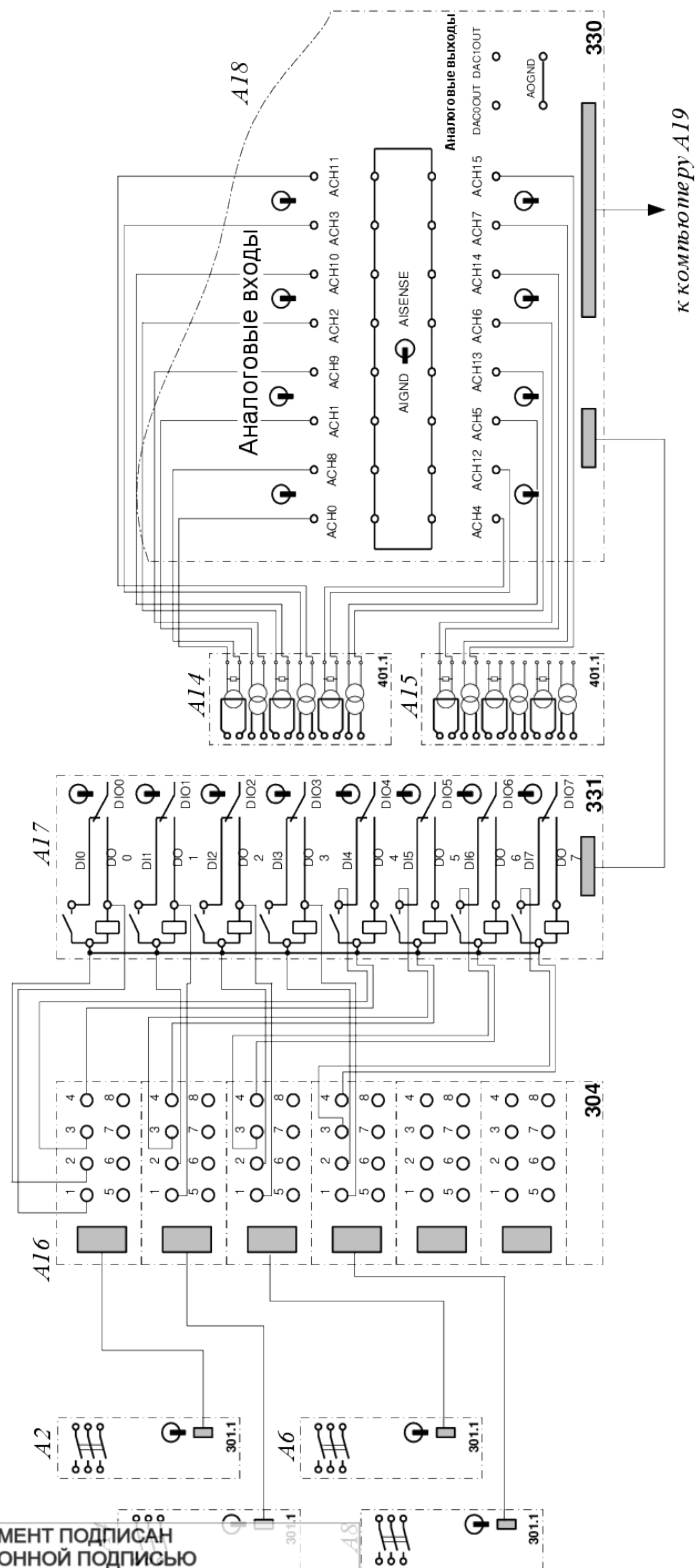
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Продолжение электрической схемы соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

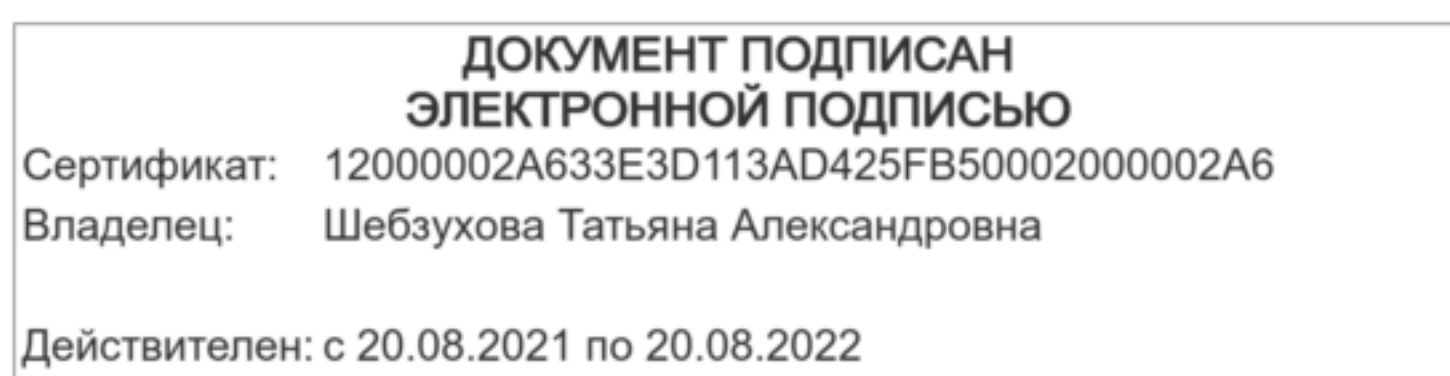
Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Когда применяется МТНЗ?
2. Когда имеет место мертвая зона МТНЗ?
3. Укажите достоинства и недостатки 90о схемы включения реле мощности.
4. Назовите основные типы реле мощности.
5. Как выбирается ток срабатывания МТНЗ?
6. Как выбирается время срабатывания МТНЗ?
7. Что такое каскадное действие защит?
8. В каких сетях имеет место каскадное действие защит?



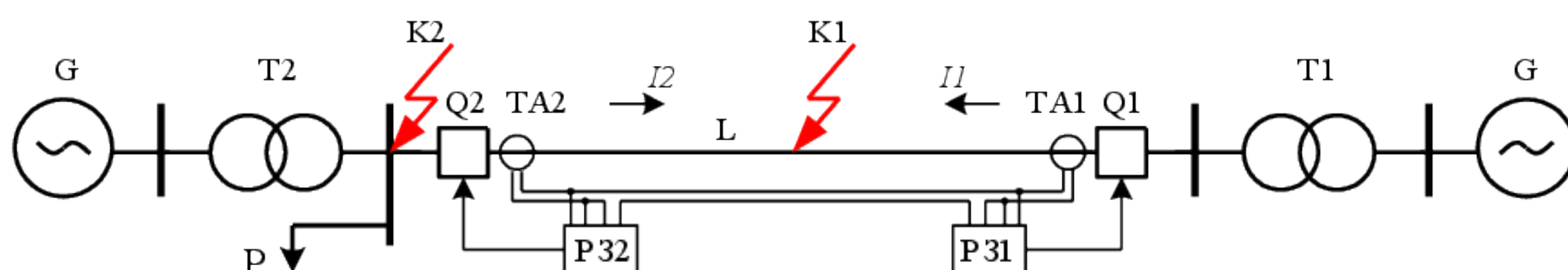
Лабораторная работа №7. Продольная дифференциальная защита линии электропередачи.

Цель работы: Изучить принцип действия и назначение продольной дифференциальной токовой направленной защиты.

Основы теории:

На линиях, отходящих от шин электростанций или узловых подстанций энергосистем, часто по условиям устойчивости требуется обеспечить отключение коротких замыканий (КЗ) без выдержки времени в пределах всей защищаемой линии электропередачи. К защитам, способным удовлетворить это условие, относятся дифференциальные защиты. Они обеспечивают мгновенное отключение КЗ в любой точке защищаемой линии и обладают селективностью при КЗ за пределами этой линии. Дифференциальные защиты подразделяются на продольные и поперечные. Первые служат для защиты как одноцепных, так и параллельных (двухцепных) линий, вторые – только двухцепных линий.

Принцип действия продольных дифференциальных защит основан на сравнении величины и фазы токов в начале и конце защищаемой линии.



Как видно из вышеприведенного рисунка, при внешнем коротком замыкании в точке K2 токи I_1 и I_2 по концам защищаемой линии направлены в одну сторону и равны по величине, а при КЗ на защищаемой линии (в точке K1) они направлены в разные стороны и, как правило, не равны друг другу. Следовательно, сопоставляя величину и фазу токов I_1 и I_2 , можно определить, где возникло КЗ – на линии или за ее пределами. Такое сравнение токов по величине и фазе осуществляется в реагирующем органе дифференциальной защиты.

Для реализации защиты по концам линии устанавливают трансформаторы тока TA1 и TA2 с одинаковым коэффициентом трансформации. Их вторичные обмотки соединяют и подключают к дифференциальному реле (P31, P32) таким образом, чтобы при внешних КЗ в точке K2 ток в реле был равен разности токов в начале и конце линии, а при КЗ на линии в точке K1 – их сумме.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН	
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

В продольных дифференциальных защитах линий при сквозных КЗ могут достигать значительных значений. Значение токов небаланса может обуславливаться большими

кратностями токов внешнего КЗ, неодинаковостью трансформаторов тока по концам линии, их значительной загрузкой и другими причинами.

Для отстройки от токов небаланса получили распространение дифференциальные реле с торможением. Ток срабатывания у таких реле возрастает с увеличением тока внешнего КЗ.

В данном эксперименте моделируется линия электропередачи с двусторонним питанием, по концам которой установлены выключатели и трансформаторы тока (см. рис). Имеется возможность устраивать короткие замыкания на защищаемой линии и вне ее. На защищаемой линии можно устраивать металлические КЗ и КЗ через дополнительное сопротивление, имитирующее дугу.

С помощью специальной программы на компьютере моделируется продольная дифференциальная защита линии, которая может работать с использованием или без использования торможения от внешнего КЗ. В программе существует возможность имитировать погрешность трансформаторов тока. При срабатывании защита воздействует одновременно на выключатели Q1 и Q2.

В правильно собранной схеме защита без торможения должна срабатывать при КЗ на линии (точка K1) и не должна срабатывать при КЗ за ее пределами (точка K2).

Возможно также убедиться в том, что в случае КЗ через дугу дифференциальная защита без торможения не способна работать селективно ни при каких значениях уставок (справедливо при определенном значении погрешности трансформаторов тока; подробнее см. приложение). Ввод в работу торможения позволяет создать селективную дифференциальную защиту.

Указание по технике безопасности:

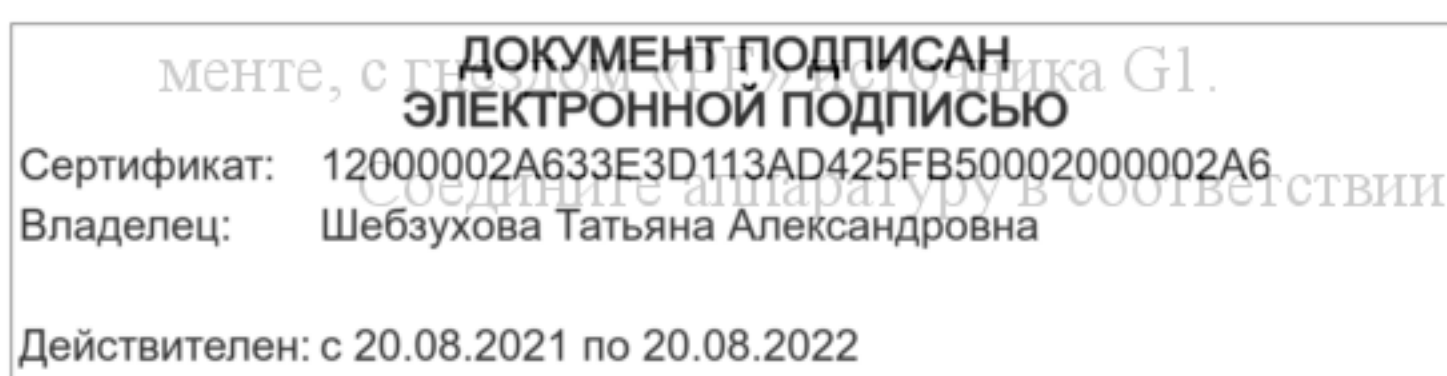
Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда «ТК» источника G1.

Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в экспери-



с электрической схемой соединений.

Переключатели режимов работы трехполюсных выключателей А2 и А4 установите в положение «АВТ.», выключателей А8 и А9 – в положение «РУЧН.». Номинальные напряжения обмоток трансформаторов блока А1 выставьте равными, например, 133/230 В. Параметры линий электропередач А3 и А5 переключателями установите, например, следующими: $R = 150 \text{ Ом}$, $L/RL=0,9/24 \text{ Гн/Ом}$, $C1=C2=0 \text{ мкФ}$. Выберите мощность активной нагрузки А6, например 100% от 50 Вт в фазах, используемых как активная нагрузка и 40% от 50 Вт в третьей фазе.

Смоделируйте металлическое короткое замыкание в середине линии. Для этого соедините клеммы К1 и К2 между собой.

Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

Включите выключатели «СЕТЬ» выключателей А2, А4, А7, А9 а также блока А11 ввода-вывода цифровых сигналов.

Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А14, войдите в соответствующий каталог и запустите прикладную программу «Продольная дифзащита.exe».

Задайте уставки защиты, нажав на соответствующую виртуальную кнопку. Например, используйте уставки, заданные по умолчанию.

Нажмите на виртуальную кнопку «Начать запись», введите защиту нажатием на соответствующую кнопку. Смоделируйте короткое замыкание в зоне действия защиты, включив выключатель А9. После отключения защитой «поврежденной» линии проанализируйте отображенные осциллограммы токов.

Проделайте эксперимент еще раз, моделируя короткое замыкание вне зоны действия защиты с помощью выключателя А7. Проанализируйте полученные осциллограммы токов.

Отключите источник питания G1, разомкните клеммы К1 и К2, симулировав тем самым короткое замыкание через дугу.

Вновь включите источник G1 и, проделав несколько экспериментов, убедитесь, что при данных параметрах схемы реле без торможения не может обеспечить правильную работу защиты.

Введите торможение (в окне задания уставок защиты). Проведя эксперименты, убедитесь, что защита теперь работает правильно.

При работе с программой следует пользоваться ее возможностями:

Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой



Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.

Для удобства определения значений величин по графикам на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.

На экране также отображается состояние выключателей А2 и А4.

Точные значения любых времен следует определять по осциллограмме, а не по журналу работы защит.

Уставки токов следует задавать амплитудными значениями.

При возникновении неправдоподобных результатов эксперимент следует повторить.

Запись электромагнитных процессов в схеме производится программой в циклический буфер. Параметры буфера, а именно его полную длину и длину «эпилога» (фактически – время записи после свершения интересующего события, в данном случае – срабатывания сигнализации) можно изменять в пункте меню «Настройки».

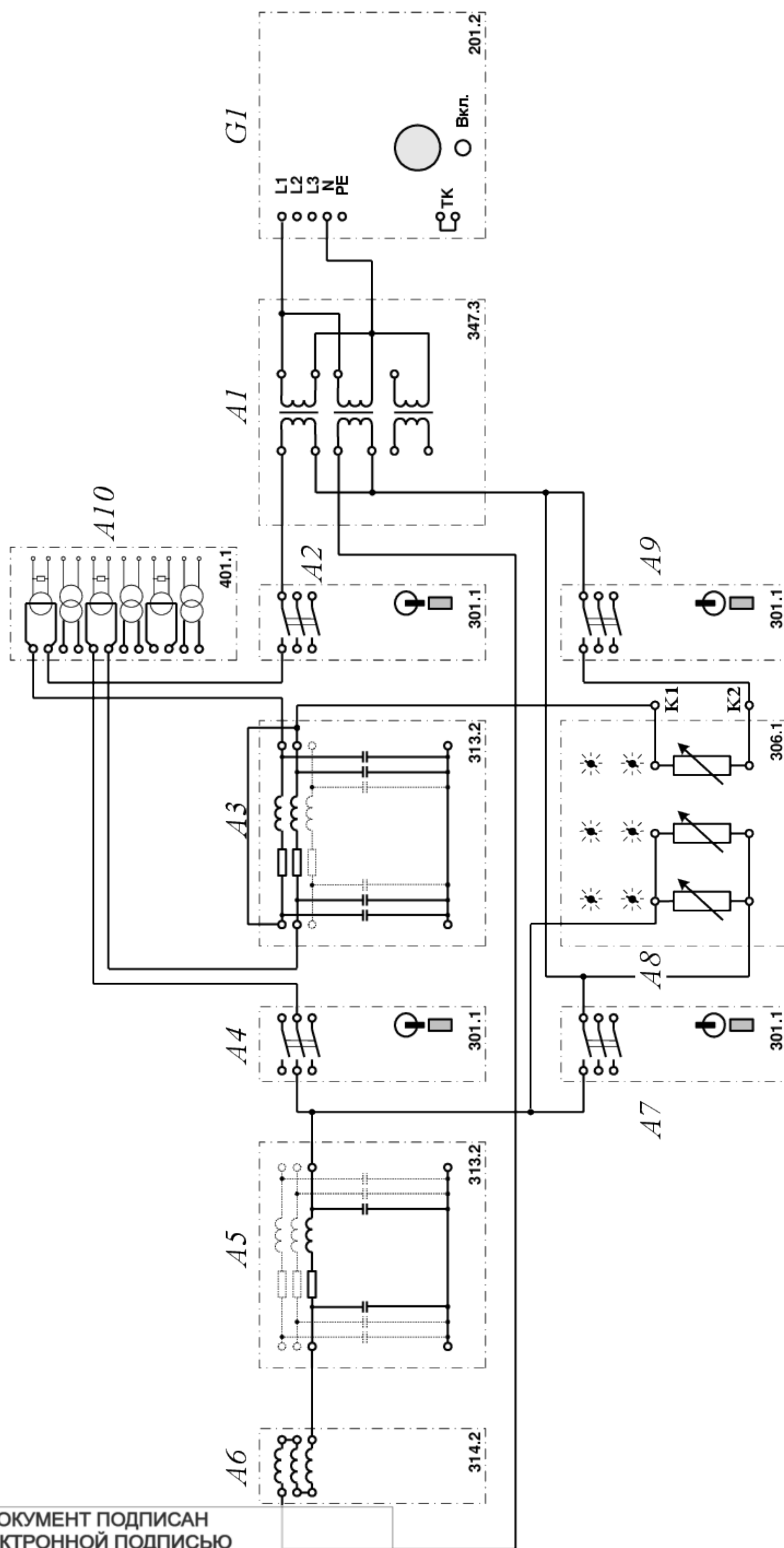
Задать погрешность трансформаторов тока можно в пункте меню «Настройки -> Погрешность трансформаторов тока».

Дифференциальная защита является защитой мгновенного действия. Тем не менее, среди уставок защиты присутствует и уставка выдержки времени, необходимая, во-первых, для повышения наглядности результатов экспериментов, и, во-вторых, для отстройки защиты от коммутационных помех.

По завершении экспериментов отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков А2, А4, А7, А9, А12.

Пример результатов описанных опытов приведен в приложении.

Электрическая схема соединений



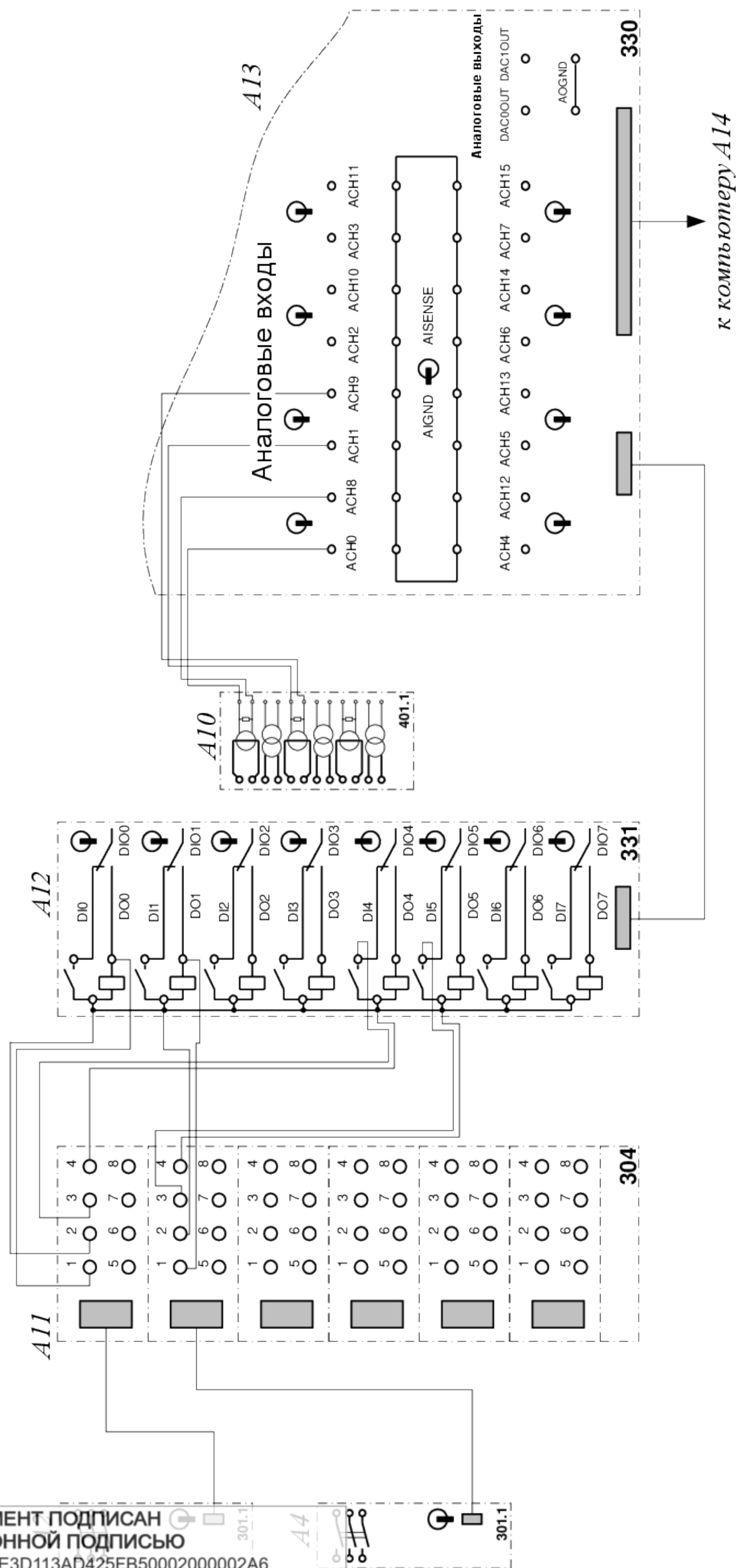
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Продолжение электрической схемы соединений



Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Объяснить принцип действия продольной дифференциальной защиты.
2. Почему дифференциальная защита не реагирует на токи нагрузки, токи внешних коротких замыканий и токи качаний генераторов частей электроэнергетической системы?
3. В каком токовом режиме работы защищаемого объекта ток небаланса будет иметь максимальное значение?
4. С каких трансформаторов тока в реальной трехфазной цепи подаются вторичные токи на входы измерительных органов защиты? Привести примеры.
5. Чем объяснить наличие тока небаланса в цепях измерительной части защиты?
6. Сколько трансформаторов тока необходимо использовать на каждом конце защищаемой трехфазной линии электропередачи напряжением 35 кВ?
7. Сколько трансформаторов тока необходимо использовать на каждом конце защищаемой трехфазной линии электропередачи напряжением 220 кВ? Напряжением 110 кВ?
8. Изобразить простейшую электрическую принципиальную схему измерительной части продольной дифференциальной защиты линии электропередачи напряжением 35 кВ, выполненную на релейных элементах; сделать то же для линии напряжением выше 69 кВ.
9. Какой наиболее существенный недостаток имеют дифференциальные защиты линий электропередачи? В чем заключается наибольшая трудность при выполнении таких защит?
10. Где располагаются устройства (комплекты) продольных дифференциальных защит линий? В каких электроустановках? В каких частях этих электроустановок?
11. Каковы причины возникновения погрешностей в работе продольных дифферен-

циальных защит линий электропередачи, за счет чего устраняется их отрицательное воздействие на работу защиты?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

12. В чем количественно выражаются, состоят погрешности в работе рассматриваемой защиты?

13. Каким видом селективности обладает изучаемая в этой работе защита?

14. Каково быстродействие изучаемой в работе защиты?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №8. Поперечная дифференциальная защита параллельных линий электропередачи.

Цель работы: Изучить принцип действия и назначение поперечной дифференциальной токовой направленной защиты.

Основы теории:

На линиях, отходящих от шин электростанций или узловых подстанций энергосистем, часто по условиям устойчивости требуется обеспечить отключение короткого замыкания (КЗ) в пределах всей защищаемой линии без выдержки времени. К защитам, способным удовлетворить это условие, относятся дифференциальные защиты. Они обеспечивают мгновенное отключение КЗ в любой точке защищаемой линии и обладают селективностью при КЗ за пределами этой линии. Дифференциальные защиты подразделяются на продольные и поперечные. Первые служат для защиты как одноцепных, так и двухцепных (параллельных) линий, вторые – только двухцепных линий.

Токовая поперечная дифференциальная защита предназначена для параллельных линий с общим выключателем на обе линии. При одностороннем питании параллельных линий защита устанавливается только со стороны источника питания, а в сети с двусторонним питанием – с обеих сторон параллельных линий.

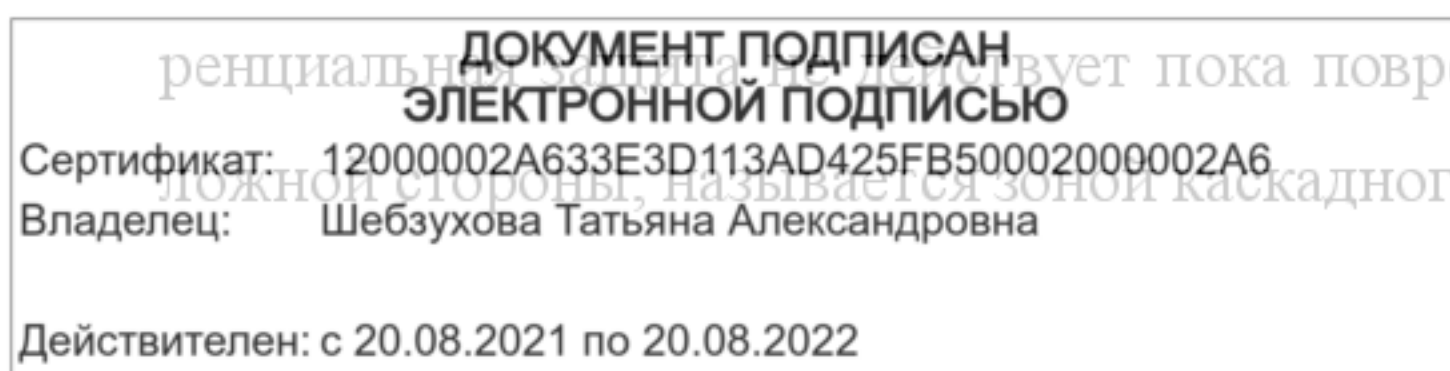
В нормальном режиме работы, при внешних КЗ и качаниях по параллельным линиям протекают одинаковые токи. При КЗ на одной из защищаемых линий токи в линиях становятся разными. Следовательно, сопоставляя величину и фазу токов в параллельных линиях, можно устанавливать факт возникновения КЗ в зоне действия защиты.

При удалении точки КЗ от места установки защиты соотношение токов по поврежденной и неповрежденной линиям изменяется. Часть линий вблизи шин противоположной подстанции не охватывается защитой вследствие уменьшения разницы токов, на которую реагирует защита. Участок линий, в пределах которого при КЗ ток в защите недостаточен для ее срабатывания, называется мертвой зоной защиты.

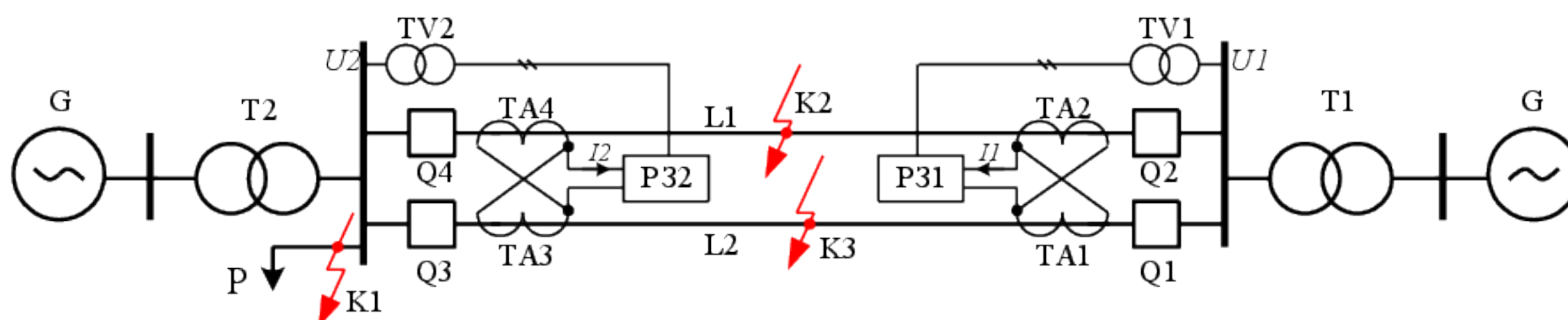
Направленная поперечная дифференциальная защита применяется на параллельных линиях с самостоятельными выключателями на каждой линии. К защите таких линий предъявляется требование – отключать только ту из двух линий, которая повредилась.

На линиях с двусторонним питанием зона, в пределах которой направленная диффе-

ренциальная защита не действует пока поврежденная линия не отключится с противоположной стороны, называется зоной каскадного действия защиты. Зона каскадного действия



определяется на основе таких же соображений, как и мертвая зона ненаправленной дифференциальной защиты параллельных линий.



В рассматриваемом эксперименте моделируются две параллельные линии электропередачи L1 и L2 с двусторонним питанием (см. рис). По концам каждой из них имеются выключатели Q1-Q4 и трансформаторы тока TA1-TA4. К шинам, питающим линии, подключены трансформаторы напряжения TV1 и TV2. От шин подстанции 2 получает питание нагрузка P.

Короткие замыкания устраиваются на обеих линиях электропередачи (в точках K2, K3), а также на питающих их шинах вне зоны действия защиты (в точке K1).

На компьютере с помощью специальной программы моделируются дифференциальные защиты, установленные с обеих сторон линий L1 и L2. Каждая из защит может быть ненаправленная – в таком случае она воздействует на оба выключателя вместе, или направленная – тогда защита определяет, где именно возникло повреждение и воздействует лишь на один выбранный выключатель. При этом любую защиту можно отключить и рассматривать работу оставшейся защиты отдельно.

В рамках описываемого опыта при правильно собранной схеме и определенных параметрах ее элементов можно определить мертвую зону защиты и зону каскадного действия защит (подробнее см. в указаниях по проведению эксперимента).

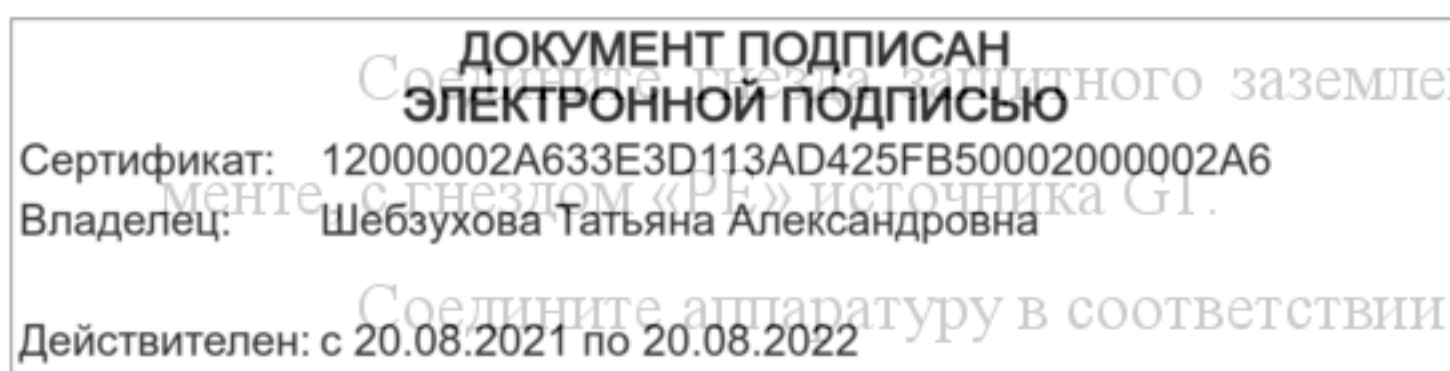
Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда «ТК» источника G1.



Соедините гнезда «ТК» источника G1.

Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.

Переключатели режимов работы трехполюсных выключателей А2, А3, А6, А7 установите в положение «АВТ.», выключателей А10 и А11 – в положение «РУЧН.». Номинальные напряжения обмоток трансформаторов блока А1 выставьте равными, например, 133/230 В. Параметры линий электропередачи А3 и А5 переключателями установите, например, следующими: $R = 150 \text{ Ом}$, $L/RL=0,9/24 \text{ Гн/Ом}$, $C1=C2=0 \text{ мкФ}$. Выберите мощность активной нагрузки А9, например 100% от 50 Вт в используемой фазе.

Смоделируйте короткое замыкание на одной из защищаемых линий. Например, для замыкания на первой (верхней по рисунку) линии соедините гнезда К0 и К1 между собой.

Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

Включите выключатели «СЕТЬ» выключателей А2, А3, А6, А7, А10, А11 а также блока А15 ввода-вывода цифровых сигналов.

Приведите в рабочее состояние персональный компьютер А17, войдите в соответствующий каталог и запустите прикладную программу «Поперечная дифзащита.exe».

Задайте уставки защиты, нажав на соответствующую виртуальную кнопку. Например, используйте уставки, заданные по умолчанию.

Нажмите на виртуальную кнопку «Начать запись», введите защиту нажатием на соответствующую кнопку. Смоделируйте короткое замыкание в зоне действия защиты, включив выключатель А11. После отключения защитой «поврежденной» линии проанализируйте осциллограммы токов и напряжений.

Проделайте эксперимент еще раз, моделируя короткое замыкание вне зоны действия защиты с помощью выключателя А10. Проанализируйте полученные осциллограммы токов и напряжений.

Используя окно задания уставок, смоделируйте направленные дифференциальные защиты. Повторите эксперимент. Убедитесь в том, что отключается лишь та линия, на которой произошло «повреждение».

Установите параметры линии А5 следующими: $R = 50 \text{ Ом}$, $L/RL=0,3/8 \text{ Гн/Ом}$. Повторите эксперимент, моделируя замыкание в зоне действия защиты. Убедитесь в том, что короткое замыкание смоделировано в зоне каскадного действия защит. Проанализируйте полученные осциллограммы и журнал работы защит, обращая внимание на последовательность произошедших событий.

При работе с программой следует пользоваться ее возможностями:

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Масштабирование осциллограмм производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз.

Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.

Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.

Для удобства определения значений величин по графикам на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.

На экране также отображается состояние выключателей А2, А3, А6, А7.

Точные значения любых времен следует определять по осциллограмме, а не по журналу работы защит.

Уставки токов следует задавать амплитудными значениями.

При возникновении неправдоподобных результатов эксперимент следует повторить.

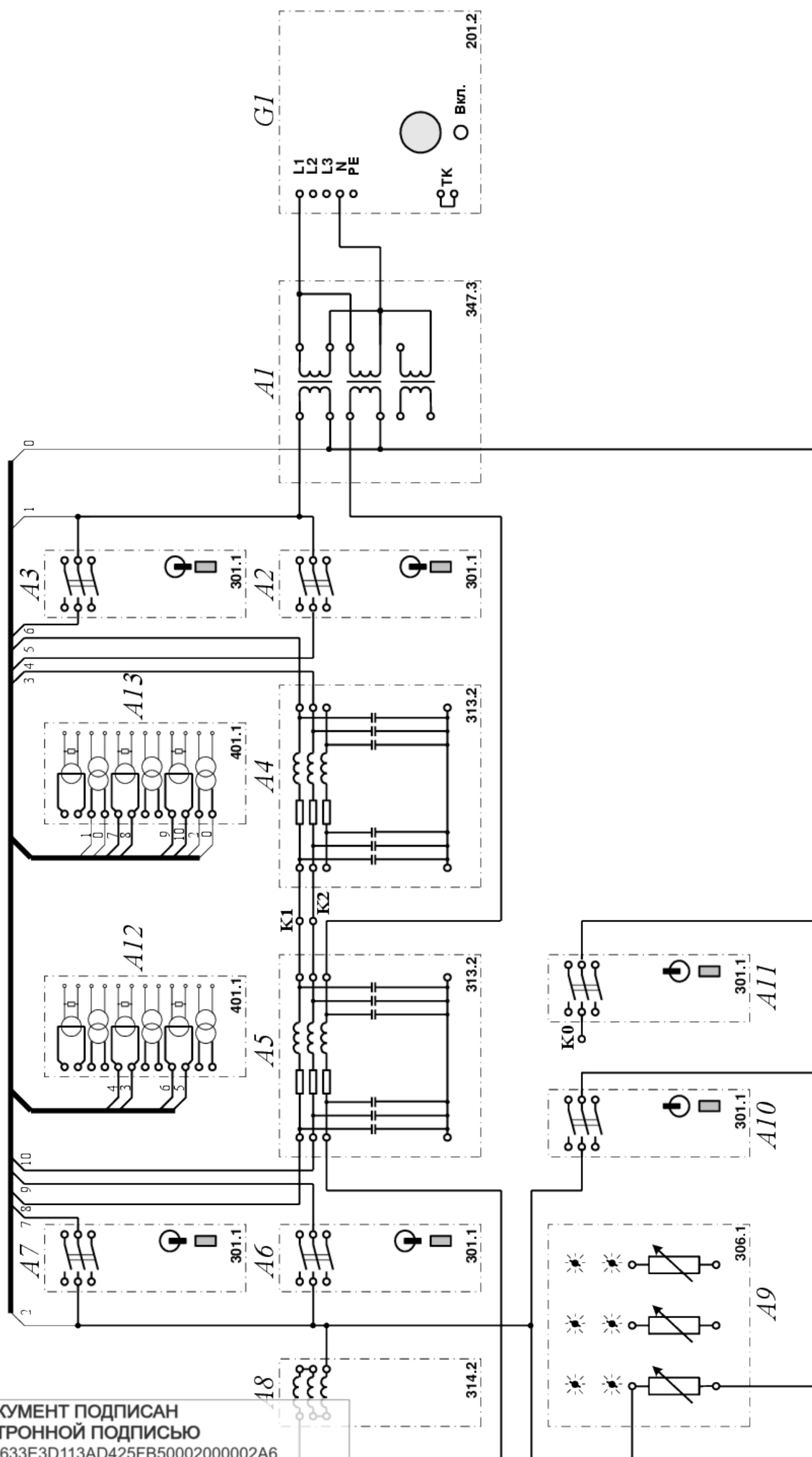
Запись электромагнитных процессов в схеме производится программой в циклический буфер. Параметры буфера, а именно его полную длину и длину «эпилога» (фактически – время записи после свершения интересующего события, в данном случае – срабатывания защиты) можно изменять в пункте меню «Настройки». Например, если срабатывание защиты ожидается через 0,5 секунды после начала короткого замыкания, то для того, чтобы увидеть предаварийный режим, режим короткого замыкания и режим после отключения повреждения длину буфера в целом можно принять равной 2-м секундам, а длину эпилога (по сути, это длина записи режима после отключения КЗ) – 0,5–1 секунде.

Дифференциальная защита является защитой мгновенного действия. Тем не менее, среди уставок защиты присутствует и уставка выдержки времени, необходимая, во-первых, для повышения наглядности результатов экспериментов, во-вторых, для отстройки защиты от коммутационных помех и в-третьих – для гарантированно правильного определения защитой направления мощности.

По завершении экспериментов отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков А2, А3, А6, А7, А10, А11, А15.

Пример результатов описанных опытов приведен в приложении.

Электрическая схема соединений



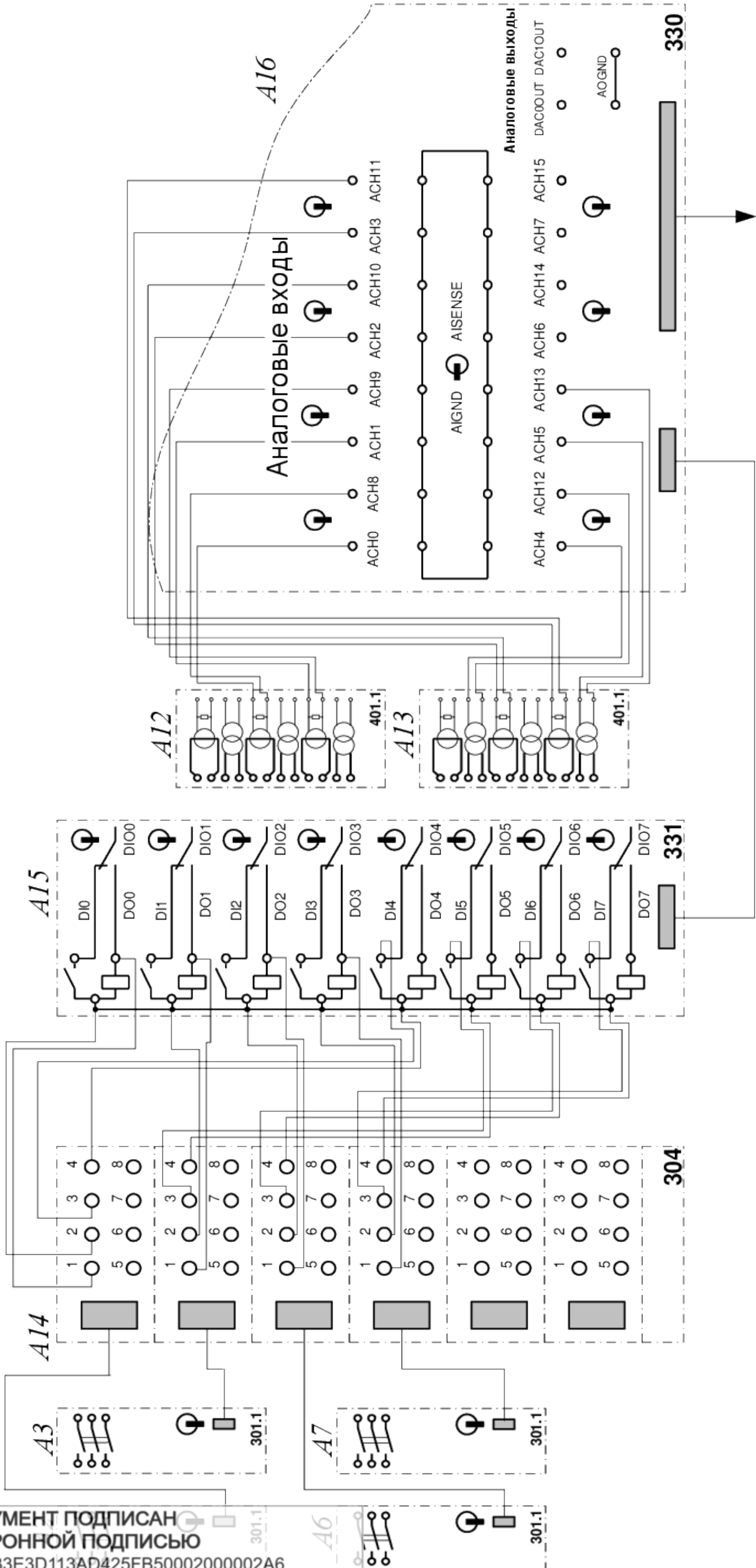
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Продолжение электрической схемы соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Почему дифференциальная защита выполняется без выдержки времени?
2. Чем опасен обрыв соединительного провода в плече дифференциальной защиты?
3. Каковы причины, вызывающие ток небаланса в реле в нормальном режиме и при внешнем КЗ?
4. Как выполнить схему направленной поперечной дифференциальной защиты при отсутствии специального реле направления мощности двустороннего действия?
5. В чем недостаток каскадного действия защиты?
6. Почему наличие блокировки по напряжению повышает чувствительность направленной поперечной дифференциальной защиты?

Лабораторная работа №9. Дистанционная защита линий электропередачи в сети с двусторонним питанием.

Цель работы: Ознакомиться с принципом действия дистанционной защиты линий.

Основы теории:

В сетях сложной конфигурации с несколькими источниками питания максимальные и направленные защиты не могут обеспечить селективного отключения короткого замыкания (КЗ). Токовые отсечки не всегда применимы, а продольные дифференциальные защиты могут устанавливаться только на коротких линиях.

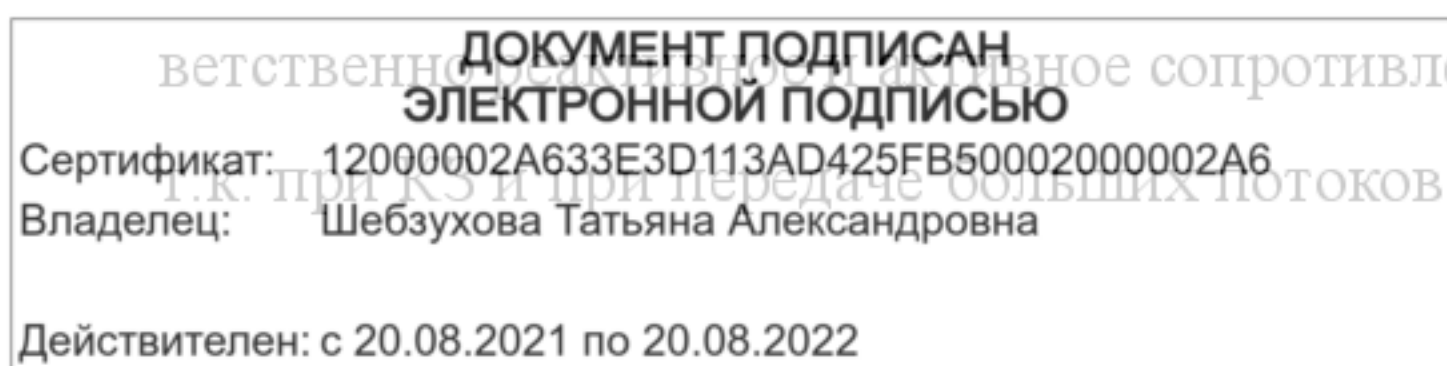
В связи с этим возникает необходимость в применении других принципов, позволяющих получить защиты с необходимым быстродействием, обеспечивающие селективность и чувствительность в электрических сетях любой конфигурации. Одной из таких защит является дистанционная защита.

Выдержка времени дистанционной защиты зависит от расстояния (дистанции) между местом установки защиты и точкой КЗ, и нарастает плавно или ступенчато с увеличением этого расстояния. При таком принципе действия ближайшая к месту повреждения дистанционная защита всегда имеет меньшую выдержку времени, чем более удаленные защиты, благодаря этому автоматически обеспечивается селективное отключение поврежденного участка.

Основным элементом дистанционной защиты является дистанционный орган, определяющий удаленность КЗ от места установки защиты. В качестве дистанционного органа используется реле сопротивления, непосредственно или косвенно реагирующее на полное, активное или индуктивное сопротивление линии.

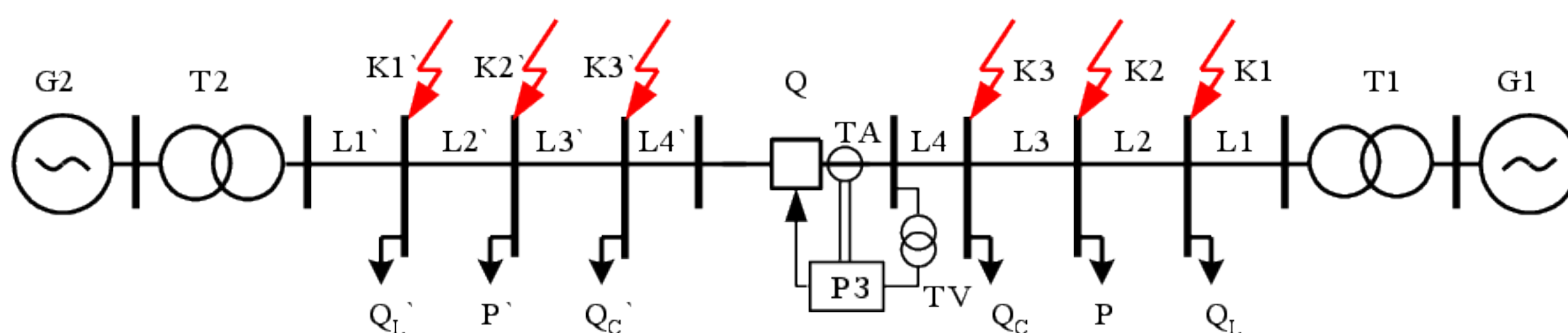
Первоначально дистанционная защита выполнялась с помощью реле сопротивления, реагирующих только на абсолютную величину сопротивления до точки КЗ. По мере увеличения протяженности линий электропередачи и роста передаваемой по ним нагрузки абсолютные значения сопротивлений при КЗ в конце линий стали соизмеримы с сопротивлениями при аварийной нагрузке на линиях электропередачи. В таких условиях реле сопротивления, реагирующие на абсолютные значения сопротивления, уже не могли точно отличить КЗ от нагрузки. В связи с этим дистанционные защиты выполняют реагирующими не только на абсолютную величину сопротивления, но и на величину угла (здесь χ и γ – соот-

ветственно реактивная и активная составляющие сопротивления от точки КЗ до места установки защиты), мощности углы сопротивлений различаются.



Для этой цели были разработаны реле сопротивления, у которых сопротивление срабатывания реле. Такая зависимость называется характеристикой срабатывания реле.

Сопротивление Z является комплексной величиной, поэтому характеристики срабатывания реле изображают на комплексной плоскости в осях r , x . В этой системе координат характеристика срабатывания реле является пограничной кривой, определяющей условия действия реле. Наиболее распространены характеристики реле в виде окружности (ненаправленное или направленное реле полного сопротивления и реле со смещенной круговой характеристикой), эллипса, прямой линии (реле реактивного сопротивления), многоугольника.



В данном эксперименте моделируются восемь последовательно соединенных линий электропередачи ($L1-L4$, $L1'-L4'$), питающихся с двух сторон от двух источников $G1$, $G2$ (см. рис.). К шинам этих линий подсоединены различные электрические нагрузки (P , Q_L , Q_C , P' , Q_L' , Q_C'). Выключатель Q включен между линиями $L4$ и $L4'$.

Существует возможность устраивать короткие замыкания в шести точках схемы ($K1$, $K2$, $K3$, $K1'$, $K2'$, $K3'$) на разных расстояниях и с разных сторон от выключателя Q .

С помощью измерительных трансформаторов фиксируется ток и напряжение вблизи выключателя Q .

На персональном компьютере посредством специальной программы моделируется дистанционная защита $P3$, воздействующая на выключатель Q . Защита может иметь от одной до трех ступеней с различными выдержками времени и различными характеристиками срабатывания реле. Также программа может работать в режиме осциллографа. При этом защита на выключатель не воздействует, но имеется возможность посмотреть ток, напряжение и положение вектора комплексного сопротивления относительно графиков зон срабатывания защиты в реальном времени.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены

в приложении	
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Указания по выполнению лабораторной работы:

Убедитесь, что устройства, используемые в эксперименте, отключены от сети электропитания.

Соедините гнезда «ТК» источника G1.

Соедините гнезда защитного заземления " " устройств, используемых в эксперименте, с гнездом «РЕ» источника G1.

Соедините аппаратуру в соответствии с электрической схемой соединений.

Переключатель режима работы трехполюсного выключателя A3 установите в положение «АВТ.», выключателя A9 – в положение «РУЧН.». Номинальные напряжения обмоток трансформаторов блока A1 выставьте равными, например, 230/230 В. Параметры линий электропередач A2 и A4 переключателями установите, например, следующими: $R = 100 \text{ Ом}$, $L/RL = 1,2/32 \text{ Гн/Ом}$, $C1 = C2 = 0 \text{ мкФ}$.

Выберите мощность активной нагрузки A7, например 10% от 50 Вт в первой фазе, 100% - во второй.

Выберите мощность индуктивной нагрузки A6, например 20% от 40 Вар в первой фазе, 80% - во второй.

Выберите мощность емкостной нагрузки A8, например 20% от 40 Вар в первой фазе, 20% - во второй.

Включите источник G1. О наличии напряжений на его выходе должны сигнализировать светящиеся лампочки.

Включите выключатели «СЕТЬ» выключателей A3, A9 а также блока A12 ввода-вывода цифровых сигналов.

Приведите в рабочее состояние персональный компьютер A14, войдите в соответствующий каталог и запустите прикладную программу «Дистанционная защита.exe».

Используя главное меню, выберите режим работы программы «Осциллограф». В этом режиме релейная защита на выключатель не воздействует, зато имеется возможность в реальном времени посмотреть ток, напряжение и вектор сопротивления дистанционной защиты. Произвольным образом изменяйте величины нагрузок сети и наблюдайте изменение длины и фазы вектора комплексного сопротивления. Некоторые примеры значений нагрузок и получающиеся при их использовании картинки на экране приведены в приложении.

Задайте характеристики защиты, нажав на соответствующую виртуальную кнопку.

Например, задайте характеристики, заданные по умолчанию.

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

установите первоначальные значения всех нагрузок схемы.

Смоделируйте короткое замыкание. Например, соедините точки K0 и K1 между собой и включите выключатель A9. Аналогичным образом имитируйте другие короткие замыкания, соединяя точки K1-K6 с точкой K0. Обратите внимание на изменение вектора комплексного сопротивления, а также на то, в какую область срабатывания при каком коротком замыкании попадает вышеупомянутый вектор. Для точного определения факта попадания вектора в ту или иную область ориентируйтесь на круглые индикаторы в правом нижнем углу экрана.

Выберите режим работы программы «Защита».

Нажмите на виртуальную кнопку «Начать запись», введите защиту нажатием на соответствующую кнопку. Смоделируйте одно из вышеописанных шести коротких замыканий. После отключения защитой «повреждения» проанализируйте осциллограммы токов и напряжений, а также положение вектора сопротивления в различные моменты времени. Некоторые примеры получающихся картинок с экрана приведены в приложении.

При работе с программой следует пользоваться ее возможностями:

Масштабирование осциллограммы токов и напряжений производится путем нажатия на графике левой клавиши мыши и, не отпуская ее, перемещения манипулятора слева направо и сверху вниз. Возврат к начальному масштабу осуществляется обратным перемещением манипулятора – справа налево и снизу вверх.

Двигать график осциллограмм относительно осей координат можно путем нажатия и удержания на нем правой кнопки мыши и ее одновременного перемещения в нужную сторону.

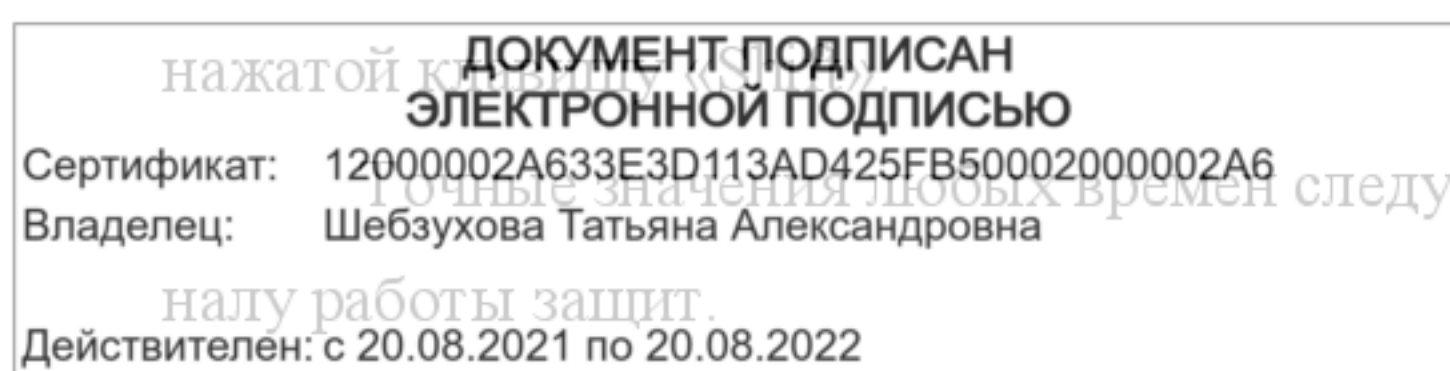
Для удобства определения значений величин по графикам на экране отображаются текущие координаты указателя мыши.

Масштабировать векторные диаграммы, а также графики зон срабатывания защит в окне задания уставок можно путем нажатия на соответствующие кнопки в правом нижнем углу графика.

На экране также отображается состояние выключателя A3.

В режиме работы «Осциллограф» выключатель A3 можно включить, нажав на соответствующую виртуальную кнопку (после нажатия кнопка исчезнет).

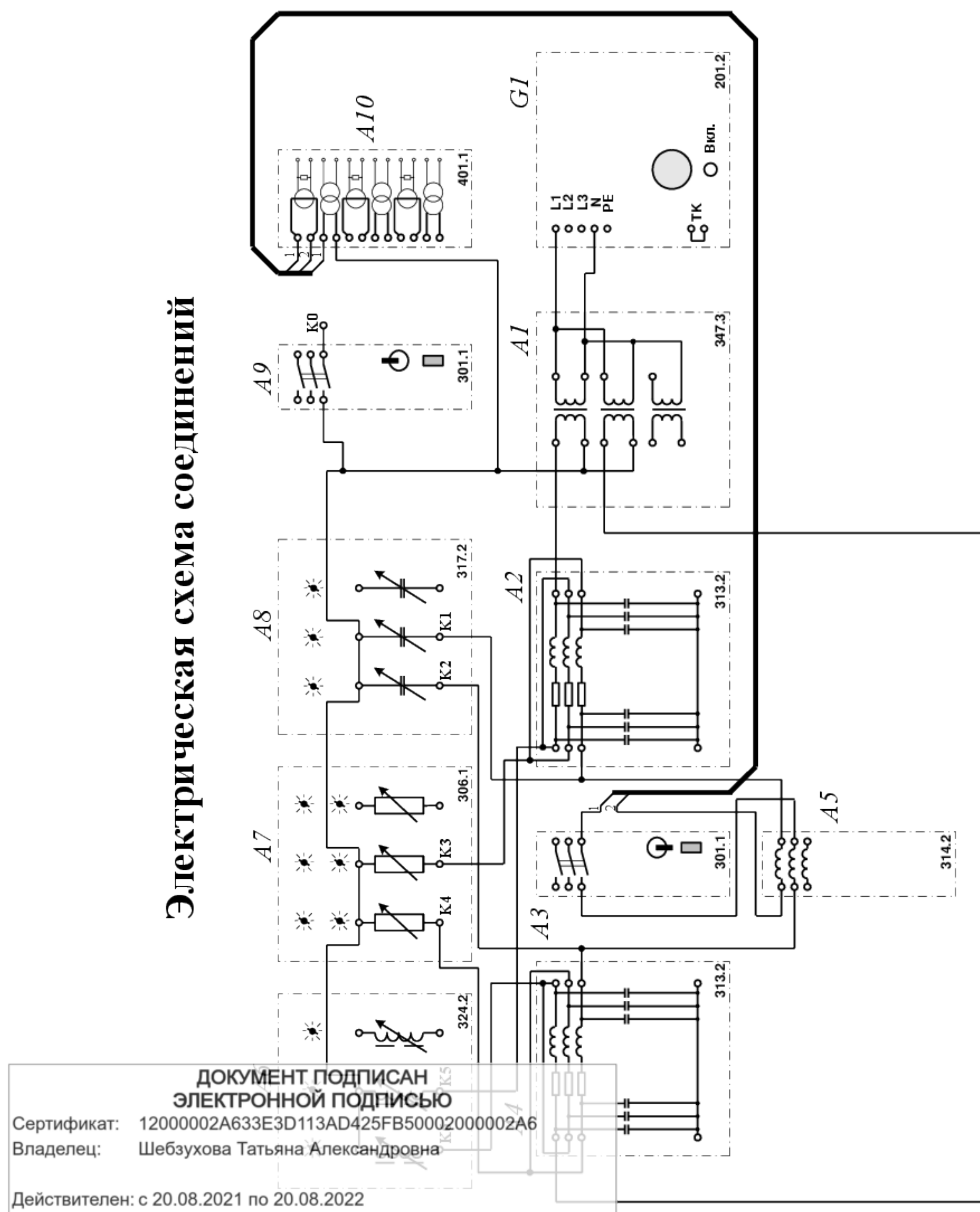
В режиме «Защита» после срабатывания защиты можно посмотреть вектор сопротивления в любой момент времени. Для этого необходимо щелкнуть по интересующему моменту времени на графике осциллограмм тока и напряжения, одновременно удерживая



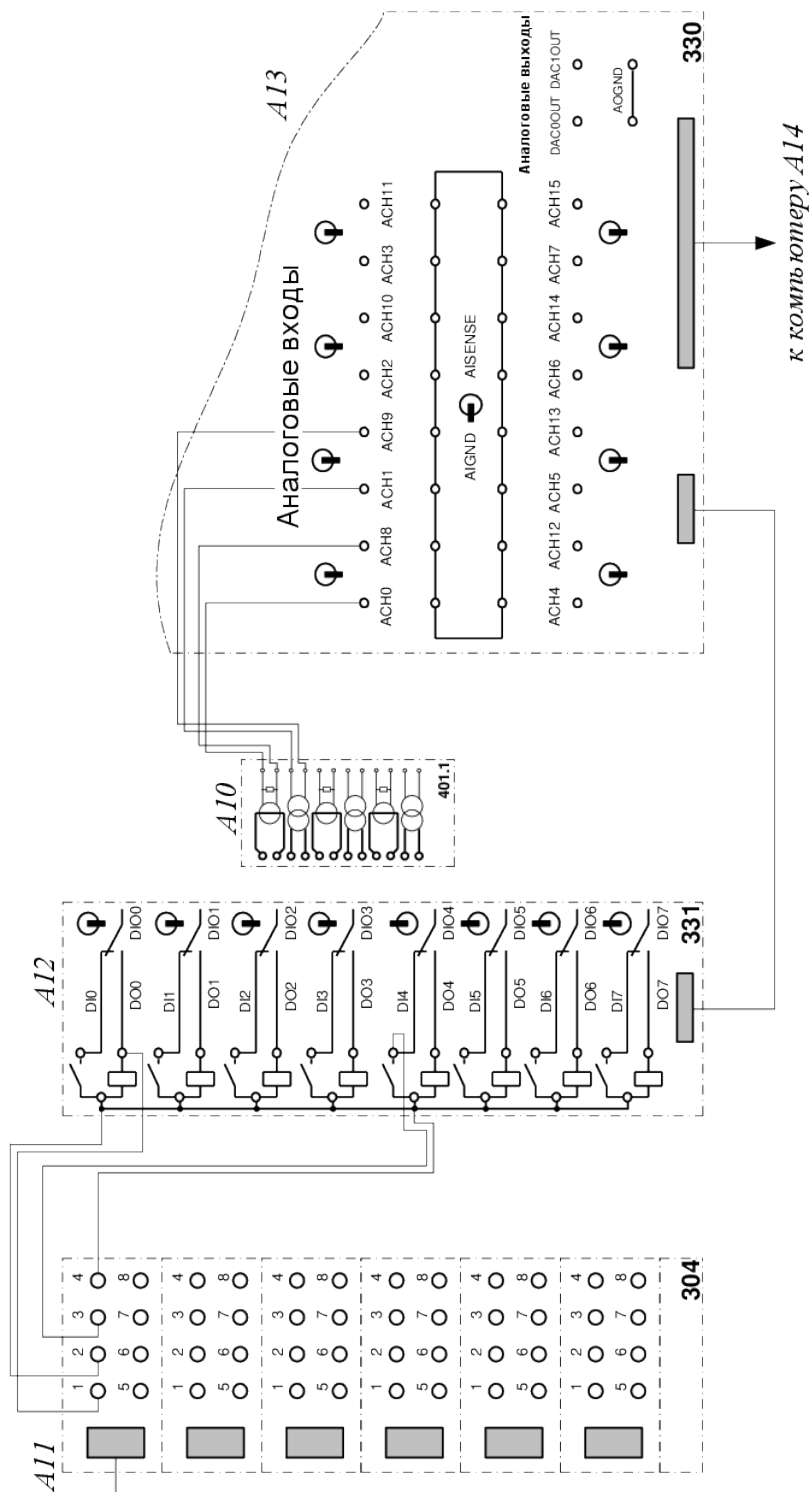
Запись электромагнитных процессов в схеме производится программой в циклический буфер. Параметры буфера, а именно его полную длину и длину «эпилога» (фактически – время записи после свершения интересующего события, в данном случае – срабатывания защиты) можно изменять в пункте меню «Настройки». Например, если срабатывание защиты ожидается через 2 секунды после начала короткого замыкания, то для того, чтобы увидеть предаварийный режим, режим короткого замыкания и режим после отключения повреждения длину буфера в целом можно принять равной 5-и секундам, а длину эпилога (по сути, это длина записи режима после отключения КЗ) – 0,5–1 секунде.

По завершении экспериментов отключите источник G1 и выключатели «СЕТЬ» блоков A3, A9, A12.

Электрическая схема соединений



Продолжение электрической схемы соединений



ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. В каких случаях применяется дистанционная защита линий?
2. Назовите параметр на который срабатывает линия.
3. Какие бывают характеристики выдержек времени дистанционной защиты?
4. Каким образом согласовывают дистанционные защиты между собой?
5. Из каких функциональных частей состоит ДЗ, поясните их?
6. Какие бывают характеристики срабатывания дистанционной защиты?
7. Какими достоинствами и недостатками обладает ДЗ?

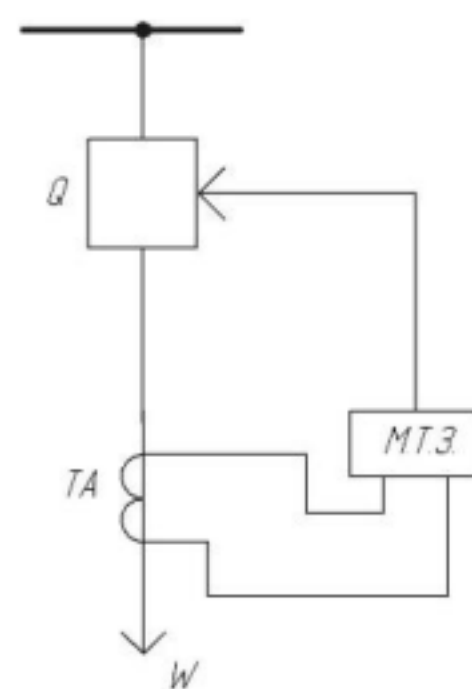
Лабораторная работа №10. Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя.

Цель работы: Изучить принцип действия максимальной токовой защиты, изучить методы расчета и проверки уставок защиты, исследовать факторы, влияющие на селективность и зону действия МТЗ.

Основы теории:

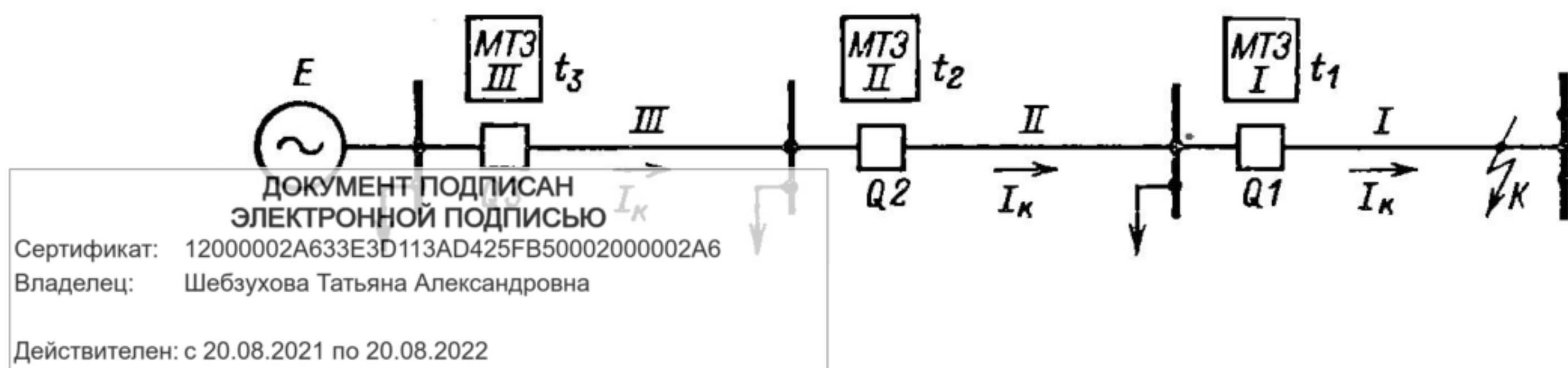
МТЗ – основная защита для воздушных линий с односторонним питанием. МТЗ оснащаются не только ЛЭП, но также и силовые трансформаторы, кабельные линии, мощные двигатели напряжением 6, 10 кВ.

Основным и наиболее характерным признаком К.З. является появление сверхтока, который становится во много раз больше тока нагрузки. На использовании этого принципа и основано действие М.Т.З.



К реле М.Т.З. через ТА подводится ток, проходящий по защищаемому элементу (линии W). Когда ток достигает заранее установленного значения, защита приходит в действие (срабатывает) и отключает выключатель Q . Значение тока, при котором происходит срабатывание защиты, называется током срабатывания. Появление сверхтока в каком либо элементе, не всегда является признаком повреждения этого элемента, ибо сверхток проходит и по неповрежденным элементам цепи.

Так в электросети, состоящей из трех последовательно соединенных участков, при К.З. в точке К. сверхток проходит от источника G к месту повреждения как по поврежденному участку I , так и по неповрежденным: II и III



Если сверхток превысит ток срабатывания, то недопустимо, чтобы сработали все три защиты. Правильная ликвидация аварии будет иметь место в том случае, если сработает М.Т.З. I и отключит выключатель Q_I , ближайший к месту повреждения – это и есть требование к избирательности или селективности М.Т.З.. Для выполнения этого требования необходимо, чтобы М.Т.З. участков имели различное время срабатывания, возрастающее по направлению к источнику питания.

Время срабатывания защиты от момента возникновения сверхтока до воздействия на выключатель называется выдержкой времени. В данном случае наименьшую выдержку времени t_1 должна иметь защита М.Т.З. I; несколько большую t_2 – защита М.Т.З. II и самую большую t_3 – М.Т.З. III.

Указание по технике безопасности:

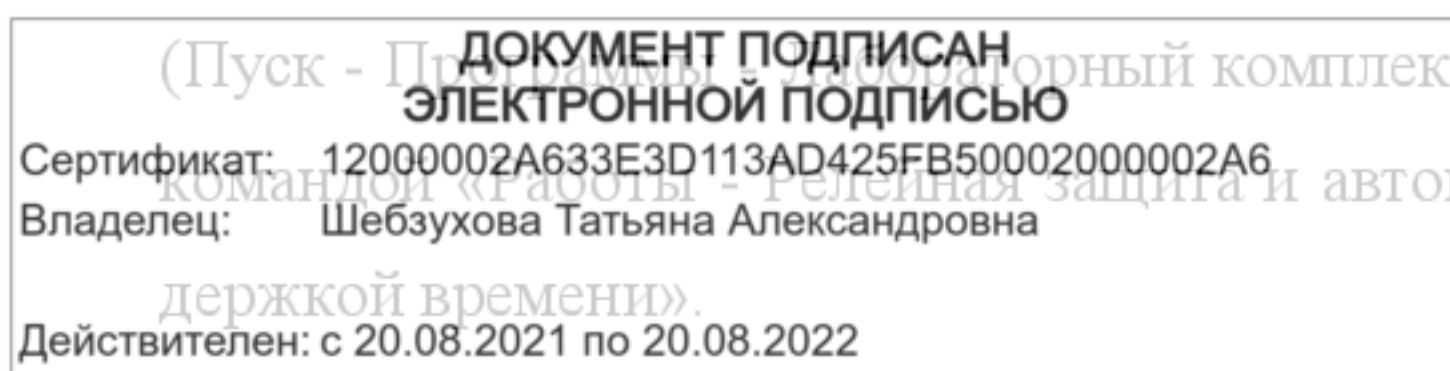
Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

Указания по выполнению лабораторной работы:

1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 2 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!). Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения фазных токов вводного выключателя и выключателя кабельной ЛЭП на первой секции сборных шин (каналы А1 и А2 к фазам А и С модуля вводного выключателя, каналы А3 и А7 к фазам А и С модуля выключателя кабельной ЛЭП). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам А3, В3, С3 модуля выключателя кабельной ЛЭП 1СШ (точка К1). Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 модуля вводного выключателя, модулей выключателя кабельной ЛЭП, модуля двигательной нагрузки и модуля секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi»

(Пуск - Программы - Лабораторный комплекс - DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы - Релейная защита и автоматика - Работа №02 МТЗ с независимой вы-



3) В программе «DeltaProfi» перевести защиты МТ31, МТ32 в режим работы «действие на сигнал» (двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольники «МТ31» и «МТ32», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).

4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление - Пуск» или горячей клавишей F5.

5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый — отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3 и Q6. При этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока.

6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА6, пропорциональное току нагрузки $I_{н. макс}$

7) Рассчитать ток срабатывания защиты МТ32 по классической формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_b} \cdot I_{н. макс}.$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,055$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1$. Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_b = 0,97$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТ32»; в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8) Включить выключатели Q5, Q7 и Q8. Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТА3, пропорциональное току нагрузки ввода №1 $I_{вв. макс}$.

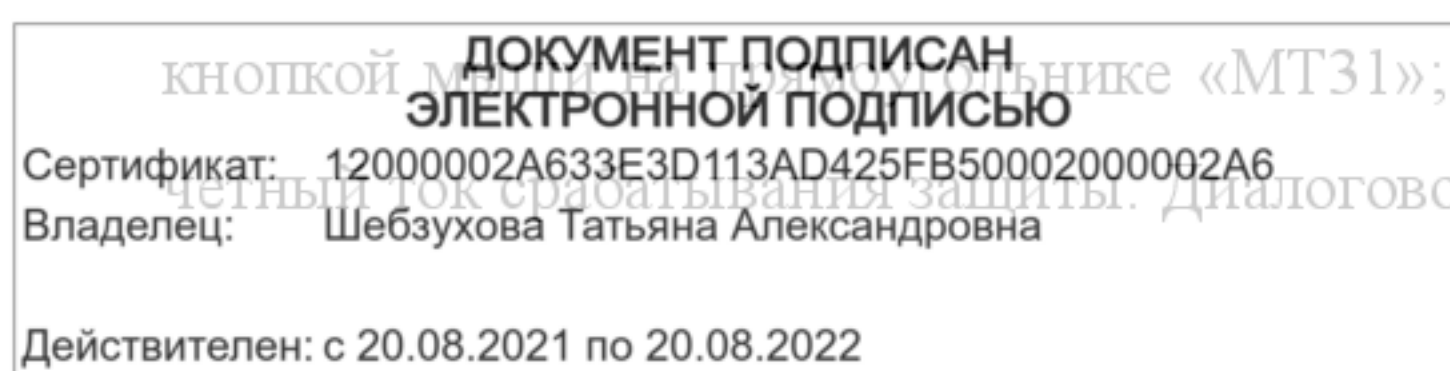
9) Рассчитать ток срабатывания защиты МТ31 по классической формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n \cdot k_z}{k_b} \cdot I_{н. макс}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,050$.

Коэффициент запуска двигательной нагрузки принять равным $k_z = 1,92$. Коэффициент у возврата реле тока принять равным $k_b = 0,97$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой



10) Рассчитать выдержки времени срабатывания защит МТЗ1 и МТЗ2 в соответствии со ступенчатым принципом обеспечения селективности действия. Задать полученные выдержки времени в диалоговых окнах настройки параметров защит.

11) Перевести защиты МТЗ1 и МТЗ2 в режим работы «действие на отключение». Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита МТЗ2, отключая выключатель Q 6.

12) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на первой секции сборных шин (клеммы AI, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K2). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты МТЗ2. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

13) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита МТЗ1, отключая выключатель Q3.

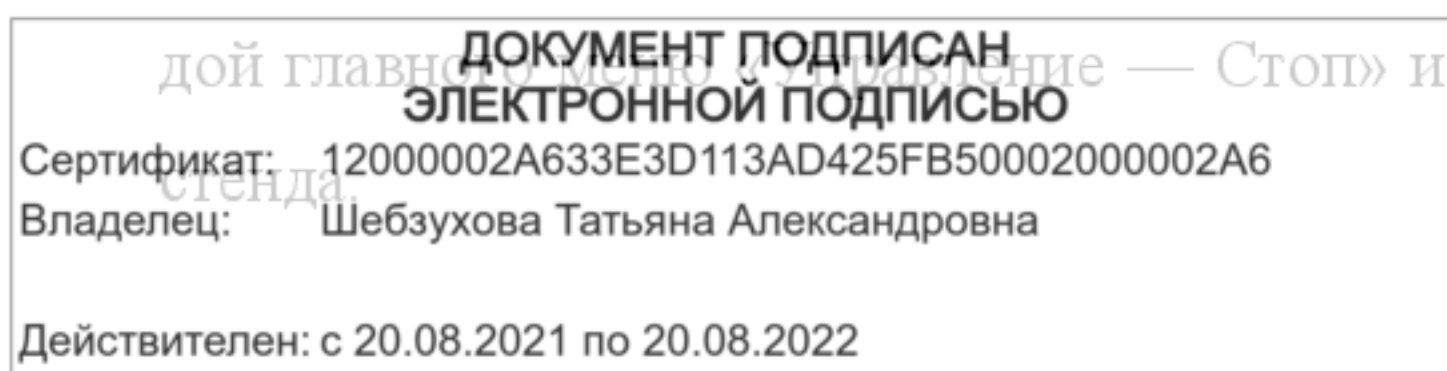
14) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на второй секции сборных шин (клеммы AI, B1, C1 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K3). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты МТЗ1. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

15) Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных установках, срабатывает защита МТЗ1, отключая выключатель Q3.

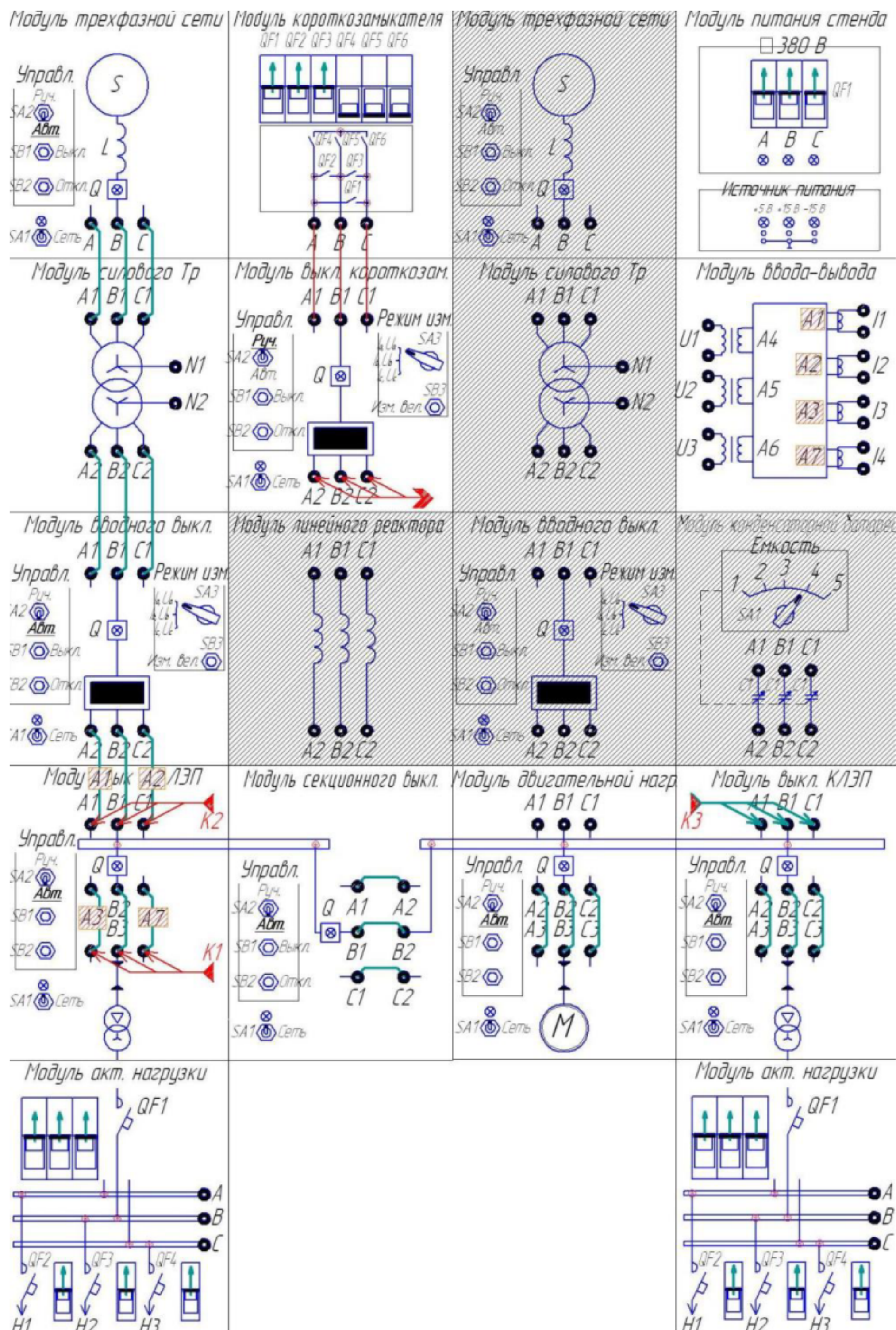
16) Отключить выключатель короткозамыкателя. Отключить все выключатели. Отключить питание стенда. Изменить точку подключения выключателя короткозамыкателя для создания короткого замыкания на кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (клеммы A3, B3, C3 модуля выключателя кабельной ЛЭП. Точка K1). Включить питание стенда. Сбросить указательное реле защиты МТЗ1. Включить выключатели Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 и Q8.

17) Перевести защиту МТЗ2 в режим работы «действие на сигнал» для имитации её отказа. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, срабатывает защита МТЗ1, отключая выключатель Q3.

18) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», коман-

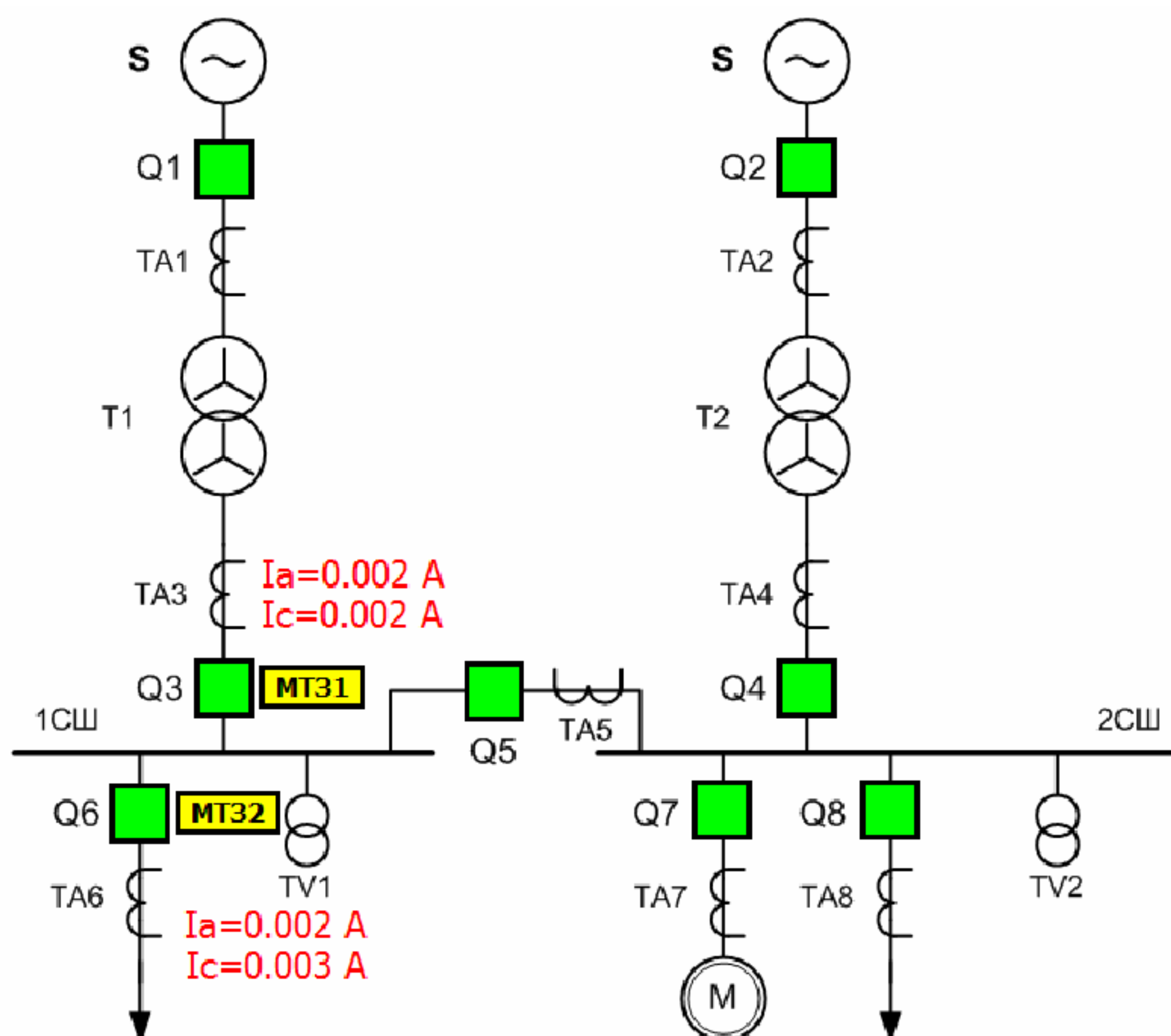


19) Сделать выводы о селективности действия защиты, определить, какие из исследованных точек короткого замыкания относятся к основной и какие к резервной зоне действия защиты МТЗ1. Оформить отчет по лабораторной работе.



Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя. Схема электромонтажная

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022



Максимальная токовая защита с независимой выдержкой времени линии электропередачи и вводного выключателя. Мнемосхема

Содержание отчета:

Отчет должен содержать:

1. Название работы;
2. Цель работы;
3. Краткие теоретические сведения;
4. Описание используемого оборудования и материалов;
5. Порядок выполнения работы;
6. Вычисления и обработка результатов;
7. Выводы.

Контрольные вопросы:

1. Как выбирается уставка по току для максимальной токовой защиты (МТЗ) с независимой выдержкой времени?

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

2. Каким образом определяется уставка по току для максимальной токовой защиты (МТЗ) с независимой выдержкой времени?

3. Каковы основные недостатки применения максимальной токовой защиты.

5. В каких случаях и зачем при определении тока срабатывания измерительного органа защиты используется коэффициент схемы?

4. Как выставить уставку тока на реле КА?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №11. Максимальная токовая защита с блокировкой по минимальному напряжению.

Цель работы: Изучить принцип действия максимальной токовой защиты с блокировкой по минимальному напряжению, изучить методы расчета и проверки уставок защиты, исследовать влияние пусковых органов напряжения на чувствительность МТЗ.

Основы теории:

Максимальной токовой защитой с пуском (блокировкой) по напряжению

Из схемы защиты, представленной на рисунке 3.8 видно, что защита будет действовать на отключение только после срабатывания реле минимального напряжения.

Для обеспечения надёжной работы защиты при всех видах междуфазных и однофазных к.з. устанавливаются три реле минимального напряжения 1, включаемые на линейные напряжения сети и одно реле минимального напряжения 2 реагирующее на появление напряжения нулевой последовательности.

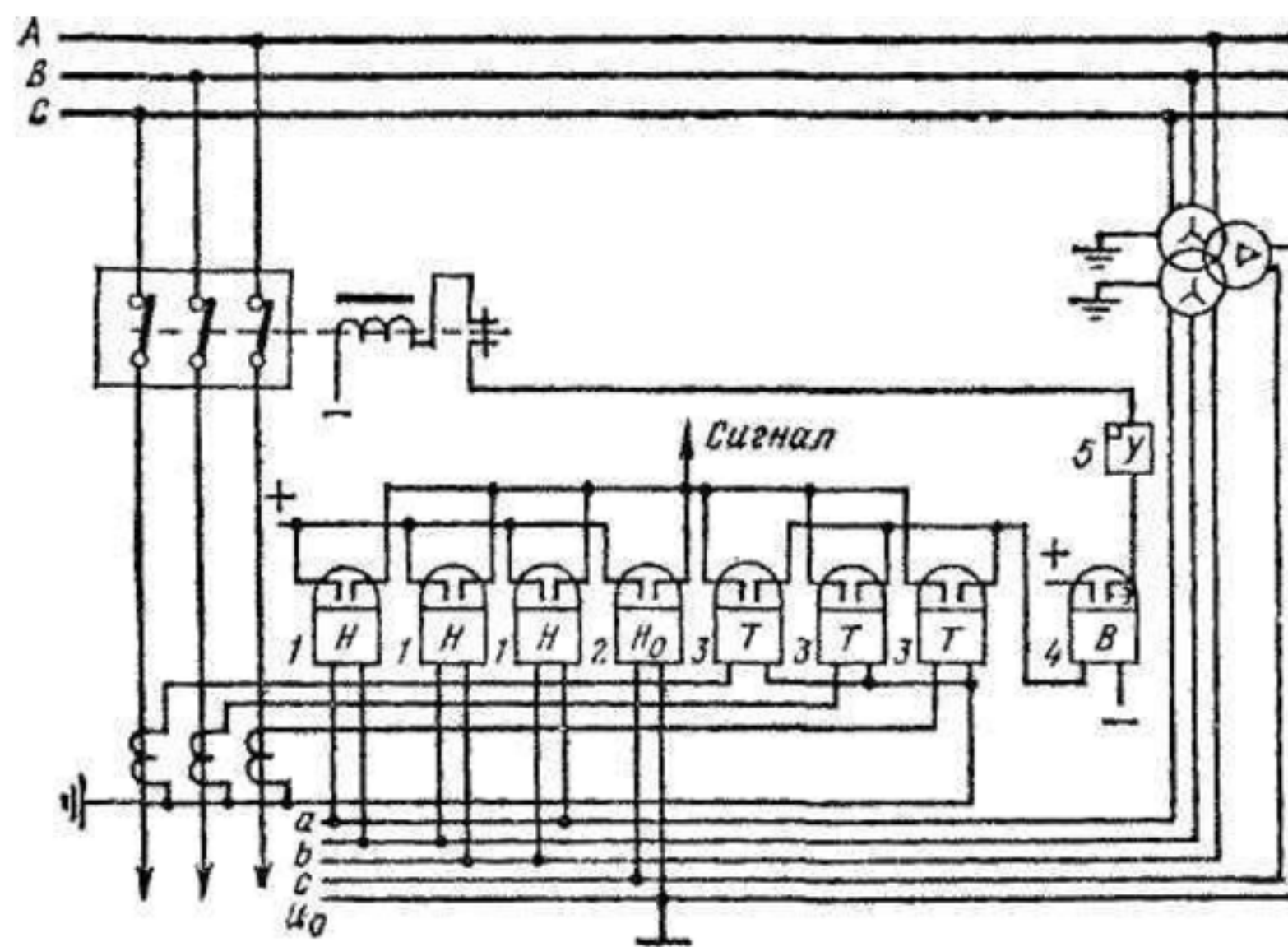


Схема МТЗ с блокировкой минимального напряжения.

В сетях с изолированной нейтралью токовая часть схемы МТЗ с пуском по напряжению выполняется двухфазной. В части реле напряжения схема выполняется 3-х фазной для обеспечения надёжной работы при 2-х фазных к.з., а реле напряжения, реагирующее на нулевую последовательность, не устанавливается, так как защита должна действовать только при междуфазных к.з.

Ток срабатывания МТЗ с пуском по напряжению отстраивается не от макси-

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

мальной нагрузки $I_{н\text{ норм}}$, который

обычно в $1,5 \div 2,0$ раза меньше $I_{н. макс.}$, в результате чего резко повышается чувствительность защиты при к.з.

$$I_{с.з.} = K_n I_{н. норм.};$$

Напряжение срабатывания защиты выбирается исходя из следующих условий:

1. реле напряжения не должны срабатывать (замкнуть контакты) при минимальном значении рабочего напряжения:

$$U_{с.з.} < U_{раб. мин.};$$

2. реле напряжения должны возвращаться (разомкнуть контакты) после отключения к.з. и восстановления напряжения до уровня минимального рабочего:

$$U_{воз.} < U_{раб. мин.};$$

где $U_{воз.} = \frac{1}{K_n} U_{раб. мин.}$; K_n – коэффициент надёжности.

Учитывая, что $K_B = \frac{U_{воз.}}{U_{сраб.}}$ окончательная формула для расчёта напряжения сраба-

тывания МТЗ с пуском по напряжению: $U_{с.з.} = \frac{U_{раб. мин.}}{K_n K_B}$;

Напряжение $U_{раб. мин.}$ обычно принимается на 5-10 % ниже нормального значения.

Чувствительность защиты по напряжению проверяется по максимальному значению напряжения при к.з. в конце зоны действия защиты, при этом коэффициент чувствительности:

$$K_{\chi} = \frac{U_{с.з.}}{U_{к. макс.}} \geq 1,5;$$

Напряжение срабатывания реле максимального напряжения, реагирующего на появление напряжения нулевой последовательности отстраивается от напряжения небаланса фильтра напряжений нулевой последовательности (обмотки разомкнутого треугольника ТН), т.е. $U_{с.р.} > U_{кб}$ и обычно принимается равным 15-20 % максимального напряжения на зажимах реле при однофазных к.з.

Указание по технике безопасности:

Указания по технике безопасности при выполнении лабораторных работ приведены в приложение А.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ	
Сертификат:	12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец:	Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022	

Указания по выполнению лабораторной работы:

- 1) Собрать схему лабораторных испытаний рис. 3 (ВСЕ модули стенда должны быть ОТКЛЮЧЕНЫ!).

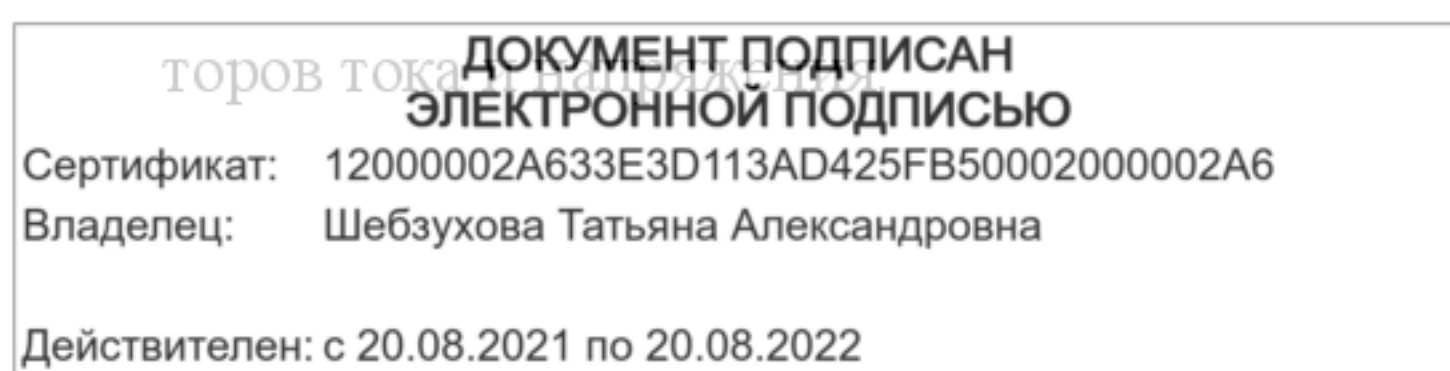
Подключить аналоговые каналы модуля ввода-вывода для измерения линейных напряжений модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин (канал А4 на напряжение АВ, канал А5 на напряжение ВС, канал А6 на напряжение СА) и измерения фазных токов ввода первой секции сборных шин (канал А1 к фазе А, канал А2 к фазе С). Вход модуля выключателя короткозамыкателя QK3 подключить к модулю короткозамыкателя, а выход — к клеммам А1, В1, С1 модуля выключателя кабельной ЛЭП первой секции сборных шин. Перевести переключатели SA1 модуля трехфазной сети, SA2 вводного выключателя, выключателей кабельной ЛЭП, двигательной нагрузки и секционного выключателя в положение «Авт». Перевести переключатели SA3 модулей вводного выключателя и выключателя короткозамыкателя в верхнее положение. Включить автоматические выключатели QF1..QF3 на лицевой панели модуля короткозамыкателя. Включить автоматические выключатели QF1.. QF4 на модулях активной нагрузки. Включить питание стенда автоматическим выключателем QF1, расположенным на модуле питания стенда. Включить питание всех модулей, имеющих индивидуальный тумблер подачи питания SA1 «Сеть».

2) На персональном компьютере запустить программный комплекс «DeltaProfi» (Пуск - Программы — Лабораторный комплекс — DeltaProfi). Открыть лабораторную работу командой «Работы — Релейная защита и автоматика - Работа №03 МТЗ с пуском по напряжению».

3) В программе «DeltaProfi» перевести защиту МТЗН в режим работы «действие на сигнал» (двойной щелчок левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне установить переключатель «Режим работы» в положение «сигнал»).

4) Запустить программу в работу кнопкой «Пуск» или командой главного меню «Управление — Пуск» или горячей клавишей F5.

5) Дистанционно включить выключатель Q1 одинарным щелчком левой кнопки мыши по зеленому прямоугольнику «Q1». Программа всегда отображает текущее состояние выключателя (зеленый - отключен, красный — включен). Аналогичным образом включить выключатели Q3 и Q6. При этом на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов и напряжений, соответственно, во вторичных обмотках измерительных трансформаторов.



6) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТАЗ, пропорциональное току нагрузки ввода первой секции сборных шин $I_{н. \max}$ при включённом левом модуле активной нагрузки. Записать значение напряжения на выходе измерительного трансформатора TV 1 $U_{н. \min}$.

7) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗН по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n}{k_g} \cdot I_{н. \max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_v = 0,95$.

Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток и напряжение 220В срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

8) Перевести защиту МТЗН в режим действия на отключение. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, защита срабатывает, отключая выключатель Q3.

9) Отключить выключатель короткозамыкателя. Сбросить указательное реле защиты МТЗН.

10) Перевести защиту МТЗН в режим работы «действие на сигнал»

11) Дистанционно включить выключатели Q3, Q5, Q7 и Q8. При этом, на мнемосхеме отображаются мгновенные значения токов и напряжений, соответственно, во вторичных обмотках измерительных трансформаторов тока и напряжения.

12) Записать значение тока во вторичной обмотке измерительного трансформатора ТАЗ, пропорциональное току нагрузки ввода первой секции сборных шин $I_{н. \max}$ при полной активной и индуктивной нагрузке. Записать значение напряжения на выходе измерительного трансформатора TV 1 $U_{н. \min}$.

13) Рассчитать ток срабатывания защиты МТЗН по формуле:

$$I_{с.з.} = \frac{k_n}{k_g} \cdot I_{н. \max}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 1,2$.

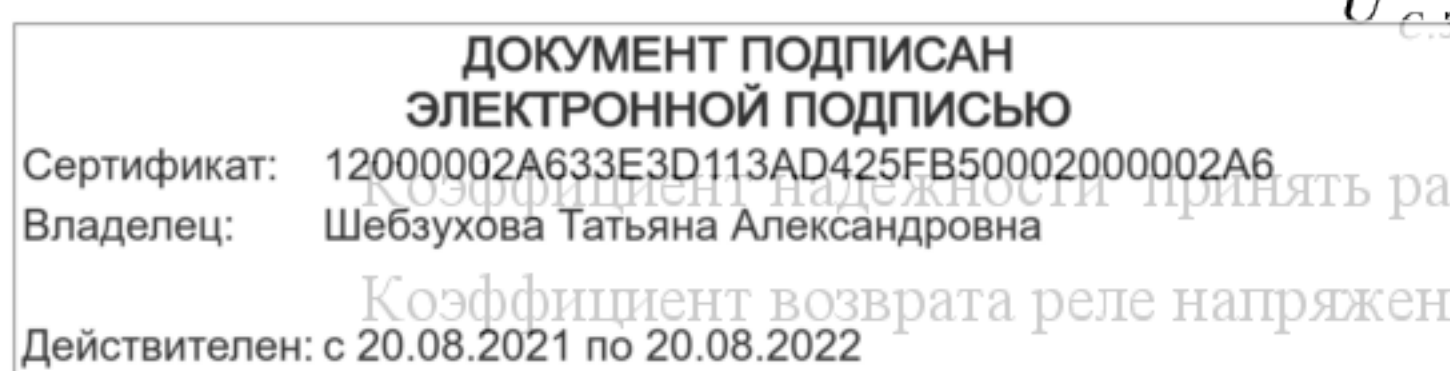
Коэффициент возврата реле тока принять равным $k_v = 0,95$.

8) Рассчитать напряжение срабатывания защиты по формуле:

$$U_{с.з.} = \frac{k_n}{k_g} \cdot U_{н. \min}$$

Коэффициент надежности принять равным $k_n = 0,8$.

Коэффициент возврата реле напряжения принять равным $k_v = 1,05$.



Открыть диалоговое окно настройки параметров защиты двойным щелчком левой кнопкой мыши на прямоугольнике «МТЗН», в появившемся диалоговом окне ввести расчетный ток и напряжение срабатывания защиты. Диалоговое окно закрыть.

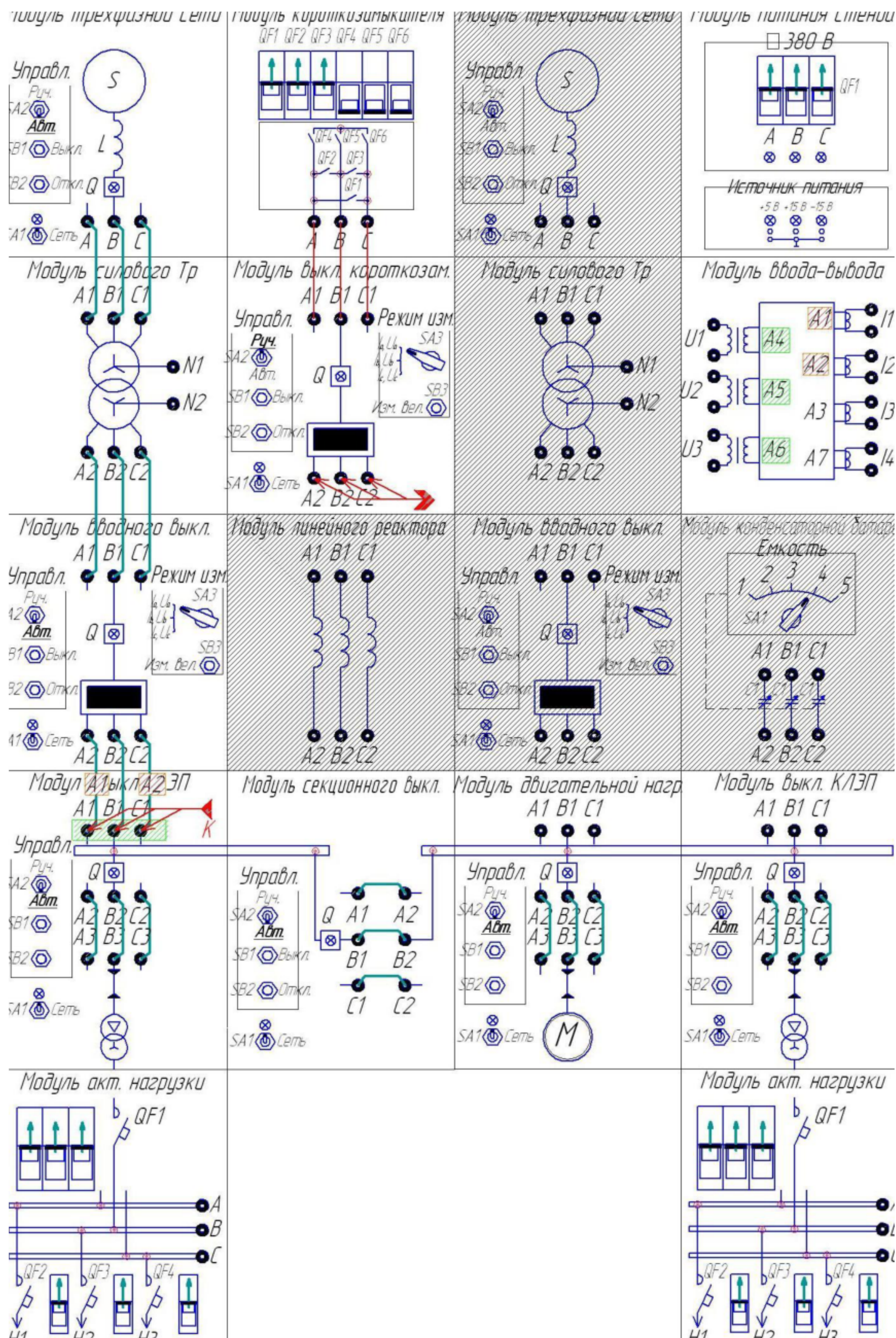
14) Перевести защиту МТЗН в режим действия на отключение. Создать короткое замыкание включением выключателя короткозамыкателя. При правильно выбранных уставках, защита срабатывает, отключая выключатель Q3.

15) Отключить выключатель короткозамыкателя. Сбросить указательное реле защиты МТЗН. Включить выключатель Q3.

16) Для исследования поведения защиты при пуске двигательной нагрузки обратить внимание на то, что ток в измерительном трансформаторе ТА3 значительно превышает ток срабатывания защиты, рассчитанный, как в п. 7), так и в п. 13). Однако, при правильно выбранных уставках, защита не срабатывает.

17) Отключить все выключатели. Остановить программу кнопкой «Стоп», командой главного меню «Управление - Стоп» или горячей клавишей F6. Отключить питание стенда.

18) Сделать выводы о селективности действия защиты, объяснить, почему защита не срабатывает при выходе двигателя на номинальный режим, когда пусковой ток превышает ток уставки защиты, указать особенности данного вида защиты по сравнению с обычной МТЗ. Оформить отчет по лабораторной работе.



Максимальная токовая защита с пуском по напряжению. Схема электромонтажная

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ
Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6
Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна
Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

3. Назовите основные достоинства и недостатки максимальной токовой защиты с блокировкой по напряжению.
4. Как повлияет обрыв в измерительных цепях напряжения на селективность действия защиты?
5. Как производится оценка чувствительности изучаемой защиты?
6. Зачем на реле тока, напряжения, времени, используемые в данной работе, подается дополнительное питание?

**ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ**

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022

Лабораторная работа №12. Дифференциальная защита трансформатора.

Цель работы: Изучить принцип действия дифференциальной защиты трансформатора, изучить особенности дифференциальных защит трансформаторов, связанные с необходимостью выравнивания вторичных токов по величине, изучить особенности настройки параметров дифференциальных реле с торможением типа ДЗТ-11, исследовать факторы, влияющие на селективность, зону действия и чувствительность защиты.

Основы теории:

Для защиты трансформаторов от коротких замыканий (КЗ) между фазами, на землю и от замыканий витков одной фазы широкое распространение получила дифференциальная защита. Принцип действия дифференциальной защиты трансформаторов, также как и дифференциальной защиты линий и шин, основан на сравнении величины и направления токов до и после защищаемого элемента (в данном случае трансформатора). При внешнем КЗ и нагрузке токи с обоих концов трансформатора направлены в одну сторону, и находятся в определенном соотношении, равным коэффициенту трансформации трансформатора. При КЗ в трансформаторе токи направлены встречно от шин к месту повреждения. В первом случае защита не должна действовать, во втором – должна работать. С учетом этого и выполняется схема защиты.

Измерительные трансформаторы тока, питающие схему, устанавливаются с обеих сторон защищаемого трансформатора. Дифференциальное реле включается параллельно вторичным обмоткам трансформаторов тока. Для того, чтобы защита не работала при нагрузке и внешних КЗ, необходимо уравновесить вторичные токи в плечах защиты так, чтобы ток в реле, равный их разности, отсутствовал. Это является условием селективности защиты при внешних КЗ.

В дифференциальной защите линий первичные токи в начала и в конце защищаемого участка одинаковы, поэтому для выполнения условия селективности достаточно иметь равенство коэффициентов трансформации трансформаторов тока. Иное положение имеет место в дифференциальной защите трансформаторов. Первичные токи обмоток трансформатора не равны по величине и в общем случае не совпадают по фазе.

В трансформаторе с соединением обмоток звезда-треугольник первичные и вторичные токи отличаются по величине и фазе. В трансформаторе с соединением обмоток звезда-

звезда ток в обмотке треугольника больше по величине.

ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН
ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСЬЮ

Сертификат: 12000002A633E3D113AD425FB50002000002A6

Владелец: Шебзухова Татьяна Александровна

Действителен: с 20.08.2021 по 20.08.2022