

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»**
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных
технологий и управляющих систем

канд. техн. наук, доцент  А.В. Белоусов

« 11 »  2016 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины

РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА И АВТОМАТИКА

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем
Кафедра электроэнергетики и автоматики

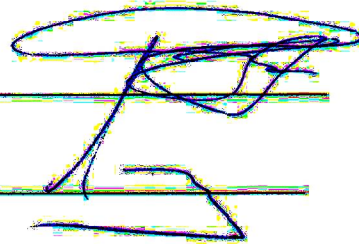
Белгород – 2016

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 955 от 3 сентября 2015 г;
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2016 году.

Составители:

канд. техн. наук _____



Д.А. Прасол

А.С. Солдатенков

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 11 » июня 2016 г., протокол № 15

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент _____ А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 16 » июня 2016 г., протокол № 1.48

Председатель: канд. техн. наук, доцент _____



А.Н. Семернин

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Профессиональные			
1	ПК-3	Способность принимать участие в проектировании объектов профессиональной деятельности в соответствии с техническим заданием и нормативно-технической документацией, соблюдая различные технические, энергоэффективные и экологические требования	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен:</p> <p>Знать: Основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты. Принципы действия защит. Основные типы реле и микропроцессорных устройств релейной защиты. Особенности выполнения защит на постоянном и переменном оперативном токе. Принципы действия трансформаторов тока и напряжения. Основы автоматики электрических сетей.</p> <p>Уметь: Рассчитывать уставки защит, строить карты селективности, правильно выбирать трансформаторы тока и напряжения, реле с помощью технической документации, представляемой производителями оборудования</p> <p>Владеть: Основами выбора средств релейной защиты и автоматики, методами оценки действия защит с помощью коэффициентов чувствительности, методиками проверки трансформаторов тока и расчета защит.</p>
2	ПК-7	Готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	<p>В результате освоения дисциплины обучающийся должен</p> <p>Знать: Основные методики расчетов параметров релейной защиты и автоматики, принципы проектирования электрических схем.</p> <p>Уметь: Проектировать электрические принципиальные схемы токовых защит, управления и сигнализации срабатывания. Разрабатывать методики расчетов максимальной токовой, дифференциальной защиты, строить схемы размещения защит по трансформаторам тока и напряжения и карты уставок на подстанциях классом напряжения до 110 киловольт.</p> <p>Владеть: Методами автоматизации расчета параметров срабатывания релейной защиты энергообъектов электроэнергетической системы с помощью основных программ: Microsoft Exel, Visio, Mathcad. Навыками построения электрических схем в программах AutoCAD. Visio.</p>

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Математика
2	Физика
3	Информатика
4	Начертательная геометрия и инженерная графика
5	Теоретические основы электротехники
6	Программирование и основы алгоритмизации
7	Электрические аппараты
8	Электрические машины
9	Электрические измерения
10	Электроника
11	Автоматизированные системы контроля и учета энергии
12	Электромагнитные и электромеханические переходные процессы
13	Электрические станции и подстанции
14	Электроэнергетические системы и сети
15	Пакеты прикладных программ в электроэнергетике
16	Проектирование систем электроснабжения
17	Основы электропривода
18	Управление электромеханическими системами
19	Техника высоких напряжений
20	Электрофизические процессы в диэлектриках
21	Умные энергетические микросети зданий
22	Проектирование систем электроснабжения зданий

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Эксплуатация систем электроснабжения
2	Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций
3	Преддипломная практика
4	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	85	85
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	131	131
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задания	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	77	77
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	36	Экзамен (36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4 Семестр 7

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие сведения о релейной защите и автоматике					
1.1	Назначение релейной защиты и автоматики. Основные виды повреждений и ненормальных режимов работы электрических сетей. Короткие замыкания, перегрузки. Качания токов и напряжений. Снижение частоты сети. Повышение и понижение напряжения.	2			4
1.2	Основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты. Основные принципы действия защит. Селективность, чувствительность, быстродействие и надежность защиты. Защиты с абсолютной селективностью. Быстродействующие защиты. Резервирование защит	2			4
1.3	Трансформаторы тока. Принцип действия. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока, анализ их работы при различных видах коротких замыканий. Коэффициент схемы. Классы точности трансформаторов тока	2	4	4	8

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.4	Трансформаторы напряжения. Назначение, особенности, классификация. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов напряжения. Классы точности обмоток. Использование трансформаторов напряжения для построения отдельных видов защит. Защиты минимального напряжения	2	2		6
1.5	Основные обозначения элементов на принципиальных схемах релейной защиты. Принципиальные, монтажные и структурные схемы. Виды основных цепей. Названия элементов схемы в соответствии с ГОСТ. Пояснения и комментарии к схемам.	2	4		6
1.6	Реле. Основные типы реле. Устройство и назначение. Реле тока. Реле напряжения. Указательные реле. Промежуточные реле. Реле времени. Реле на полупроводниковой и микропроцессорной элементной базе. Реле для автоматического повторного включения. Бистабильные реле.	2	2	2	5
1.7	Оперативный ток в цепях релейной защиты. Особенности выполнения схем релейной защиты и автоматики на постоянном оперативном токе. Особенности выполнения схем на переменном оперативном токе. Дешунтирование цепей электромагнитов отключения. Специализированные блоки питания для защит и работы выключателей на переменном оперативном токе.	2	4		5
2. Релейная защита в распределительных сетях до 35 кВ					
2.1	Токовые ненаправленные защиты. Классификация. Принципы построения токовых защит, их структурные схемы и параметры: токи срабатывания и возврата, время срабатывания, коэффициент чувствительности. Первая ступень токовой защиты. Основные параметры, структурная и принципиальные схемы, порядок расчета, область применения. Вторая ступень токовой защиты. Основные параметры, структурная и принципиальные схемы, порядок расчета, область применения.	2	2	2	5
2.2	Вторая ступень токовой защиты. Основные параметры, структурная и принципиальные схемы, порядок расчета, область применения. Отстройка максимальной токовой защиты. Независимые и зависимые характеристики. Выдержка времени на срабатывание. Понятие ступени селективности.	2	2	2	4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
2.3	Релейная защита и автоматика распределительных пунктов до 10 кВ. Принципы построения. Выбор параметров. Согласование защит с помощью карт селективности. Выбор трансформаторов тока и их проверка с помощью кривых предельной кратности.	2	2	2	4
2.4	Карта уставок защит распределительных пунктов до 10 кВ. Основные защиты ввода, секционного выключателя, трансформатора напряжения, отходящих линий с воздушным и кабельным выводом, линий к трансформаторам. Ввод ускорения защит.	2	2	2	4
3. Релейная защита в сетях напряжением выше 35 кВ					
3.1	Релейная защита силовых трансформаторов. Виды повреждений в силовых трансформаторах и способы защиты от них. Ненормальные режимы работы трансформаторов и защита от них. Основные и резервные защиты трансформаторов.	2			4
3.2	Дифференциальная защита силовых трансформаторов. Назначение и принцип действия. Особенности выполнения. Схемы дифференциальных защит. Дифференциальная токовая отсечка. Дифференциальная токовая защита с торможением. Построение тормозной характеристики дифференциальной защиты.	2	4	3	6
3.3	Ступенчатые защиты воздушных и кабельных линий электропередачи. Дистанционные защиты. Основные понятия и определения. Расчет и выбор уставок ступеней. Зоны действия ступеней. Блокировка от качаний токов и напряжений в сети.	2	2		4
3.4	Токовые защиты нулевой последовательности. Расчет и выбор уставок ступеней. Зоны срабатывания ступеней защиты. Направленность. Отсройка защиты от тока небаланса. Достоинства и недостатки защиты. Основные и резервные защиты ЛЭП 110 кВ .	2	2		2
3.5	Релейная защита и автоматика подстанции 110 кВ. Общий обзор защит. Схемы распределения защит по трансформаторам тока. Краткий обзор микропроцессорных терминалов релейной защиты и автоматики.	2	2		2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
3.6	Основные виды автоматики. Автоматический ввод резерва (АВР), восстановление нормального режима работы системы (ВНР), автоматическое повторное включение (АПВ), устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ), логическая защита шин (ЛЗШ). Краткий обзор микропроцессорных терминалов релейной защит и автоматики.	2	2		4
ВСЕГО		34	34	17	77

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
1	Элементы устройств релейной защиты	Трансформаторы тока. Общие сведения	2	2
2		Методика проверки трансформаторов тока по кривым предельной кратности	2	2
3		Основные обозначения элементов на принципиальных схемах релейной защиты.	2	2
4		Трансформаторы напряжения. Общие сведения	2	2
5		Основные типы реле	2	2
6	Релейная защита в распределительных сетях до 35 кВ	Токовые ненаправленные защиты.	2	2
7	Релейная защита в распределительных сетях до 35 кВ	Токовые направленные защиты.	2	2
8		Выбор уставок максимальной токовой защиты	2	2
9		Карты селективности	2	2
10	Релейная защита сетей выше 35 кВ	Дифференциальная защита силовых трансформаторов.	2	2
11		Тормозная характеристика дифференциальной защиты	2	2

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
12		Расчет уставок защит силового трансформатора	2	2
13		Расчет уставок ступеней дистанционной защиты	2	2
14		Расчет уставок токовой защиты нулевой последовательности	2	2
15		Изучение схемы дуговой защиты распределительного устройства низшего напряжения на подстанции 110 киловольт.	2	2
16		Изучение схемы шкафа основных и резервных защит и автоматики трехобмоточного трансформатора	2	2
17		Изучение схемы логической защиты шин.	2	2
ВСЕГО			34	34

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №7				
1	Элементы устройств релейной защиты	Схемы соединения измерительных трансформаторов тока и напряжения	4	4
2	Релейная защита линий	Максимальная токовая защита/отсечка двух линий электропередачи с односторонним питанием	4	4
3	Релейная защита линий	Максимальная токовая защита/отсечка линий электропередачи в сети с двусторонним питанием	4	4
4	Защита и автоматика станций и потребителей	Дифференциальная защита трансформатора	3	3
ВСЕГО:			17	17

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1. Общие сведения о релейной защите и автоматике	1. Основные виды повреждений и ненормальной работы электрической сети. Короткие замыкания. Перегрузки. Колебания напряжения и токов при качаниях и нарушениях синхронизма. Понижение и повышение частоты.
	2. Основные требования, предъявляемые к устройствам релейной защиты. Селективность. Чувствительность. Быстродействие. Надежность.
	3. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока в звезду, неполную звезду. Схема соединения трансформаторов тока в треугольник, а обмоток реле в звезду. Схема соединения с двумя трансформаторами тока и одного реле, включенного на разность токов двух фаз.
	4. Реле тока серии РТ 40. Назначение и принцип действия.
	5. Схема соединения трансформаторов тока в фильтр нулевой последовательности.
	6. Трансформаторы напряжения. Устройство и схема включения. Схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов напряжения. Допустимые погрешности трансформаторов напряжения.
	7. Основные типы реле. Токовые реле. Реле напряжения. Промежуточные реле. Указательные реле.
	8. Условные обозначения элементов на принципиальных электрических схемах. Показать обозначения катушки реле, нормально разомкнутых и нормально замкнутых контактов, контактов реле с выдержкой времени на включение и отключение. Показать обозначение двухпозиционного переключателя с самовозвратом в нулевое положение.
	9. Реле тока серии РТ 80. Назначение и принцип действия. Характеристика срабатывания реле. Перечислить основные типы реле.
2. Релейная защита в распределительных сетях до 35 кВ	1. Токовая отсечка. Назначение, расчет уставок, условия отстройки.
	2. Максимальная токовая защита. Назначение, расчет уставок, условия отстройки.
	3. Релейная защита распределительных пунктов сетей до 10 киловольт. Виды токовых защит присоединений. Согласование токовых защит с помощью карт селективности.
	4. Проверка вторичных обмоток трансформаторов тока, предназначенных для защиты, по кривым предельной кратности. Критерий пригодности выбранного трансформатора тока для подключения устройств релейной защиты.

Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
3. Релейная защита в сетях напряжением выше 35 кВ	1. Релейная защита силовых трансформаторов. Требования к выполнению защит силовых трансформаторов.
	2. Дифференциальная защита силовых трансформаторов. Виды дифференциальной защиты. Дифференциальная токовая отсечка. Дифференциальная защита с торожением.
	3. Газовая защита, защита от повреждений внутри бака трансформатора и устройства регулирования под напряжениям (РПН).
	4. Резервная защита силового трансформатора.
	5. Защита от перегрузки силового трансформатора.
	6. Ступенчатые защиты воздушных и кабельных линий электропередачи напряжением выше 35 киловольт. Определение и основные принципы построения защит.
	7. Дистанционные защиты линий электропередачи. Основные элементы дистанционной защиты. Расчет ступеней дистанционной защиты. Ее недостатки и достоинства.
	8. Токовая защита нулевой последовательности. Принципы выполнения. Расчет уставок ступеней
	10. Релейная защита на подстанциях 110/35/10 киловольт (далее по тексту кВ). Принципы построения. Схема распределения защит по трансформаторам тока и напряжения. Основные виды защит. Основные и резервные защиты. Защиты с абсолютной селективностью
	11. Краткий обзор устройств релейной защиты и автоматики подстанций 110/35/10 кВ на микропроцессорной элементной базе.
	12. Основные виды автоматики. Автоматический ввод резерва (АВР), автоматика восстановления нормального режима схемы (ВНР), устройство резервирования отказа выключателя (УРОВ), автоматическая частотная разгрузка (АЧР), автоматическое повторное включение (АПВ).
	13. Защита от дуговых замыканий с контролем по току. Логика срабатывания.
	14. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус-Т-3». Назначение. Структурная схема. Основные виды защит. выполняемые устройством. Основные виды автоматики, выполняемые устройством.
	15. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус-УВ». Назначение. Структурная схема. Основные виды защит. выполняемые устройством. Основные виды автоматики, выполняемые устройством.
	16. Системы постоянного оперативного тока. Расчет параметров аккумуляторной батареи.
	17. Защита от дуговых замыканий с контролем по току. Логика срабатывания.

Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
	18. Логическая защита шин. Последовательная и параллельная схемы включения.
	19. Автоматический ввод резерва. Логика работы.
	20. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус-2В». Назначение. Структурная схема. Основные виды защит, выполняемые устройством. Основные виды автоматики, выполняемые устройством.
	21. Микропроцессорное устройство защиты и автоматики «Сириус-2С». Назначение. Структурная схема. Основные виды защит, выполняемые устройством. Основные виды автоматики, выполняемые устройством.

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем

Курсовые проекты (работы) учебным планом не предусмотрены

5.3. Расчетно-графическое задание.

Расчетно-графическое задание имеет целью ознакомить студентов с наиболее часто встречающимися в практике токовыми защитами отходящих линий сети 6 – 10 киловольт и закрепить их знания, получаемые на практических занятиях.

В процессе выполнения задания студент должен ознакомиться с текущей справочно-каталожной информацией (в соответствии с ПК-3), выбрать необходимые приборы и аппараты, произвести необходимые расчеты, определить пригодность предварительно выбранных трансформаторов тока по возможности работы токовой цепи в заданном классе точности, привести схему принципиальную отходящей линии и перечень элементов (в соответствии с ПК-7).

Тема: Релейная защита распределительных сетей 6(10) кВ.

1. Расчетная часть:

На рисунках 1-4 представлены расчетные схемы линии электропередачи (ЛЭП) 6(10) кВ. ЛЭП питается от камеры сборной одностороннего обслуживания (далее по тексту КСО), установленной в распределительном пункте 6 или 10 кВ. В камере установлены устройства релейной защиты, действующие на отключение выключателя. Для данного присоединения:

- Произвести выбор коэффициентов трансформации трансформаторов тока в их проверку по кривым предельной кратности.

- Произвести расчет токовых защит (максимальная токовая защита (МТЗ), токовая отсечка).

- Выполнить выбор высоковольтных предохранителей (серии ПКТ), защищающих силовые трансформаторы в КТП, установленных на ЛЭП. Построить карту селективности выбранных предохранителей и принятых уставок защиты. За время срабатывания МТЗ принять $t=0,5$ с.

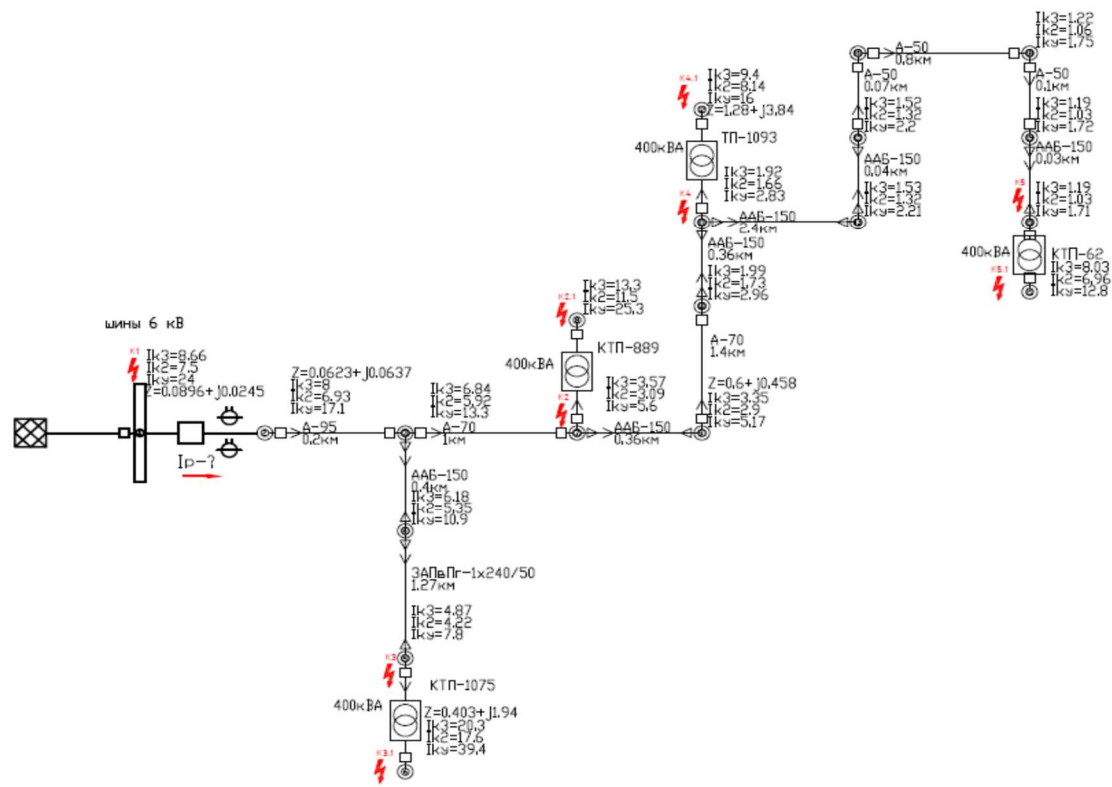


Рисунок 1.

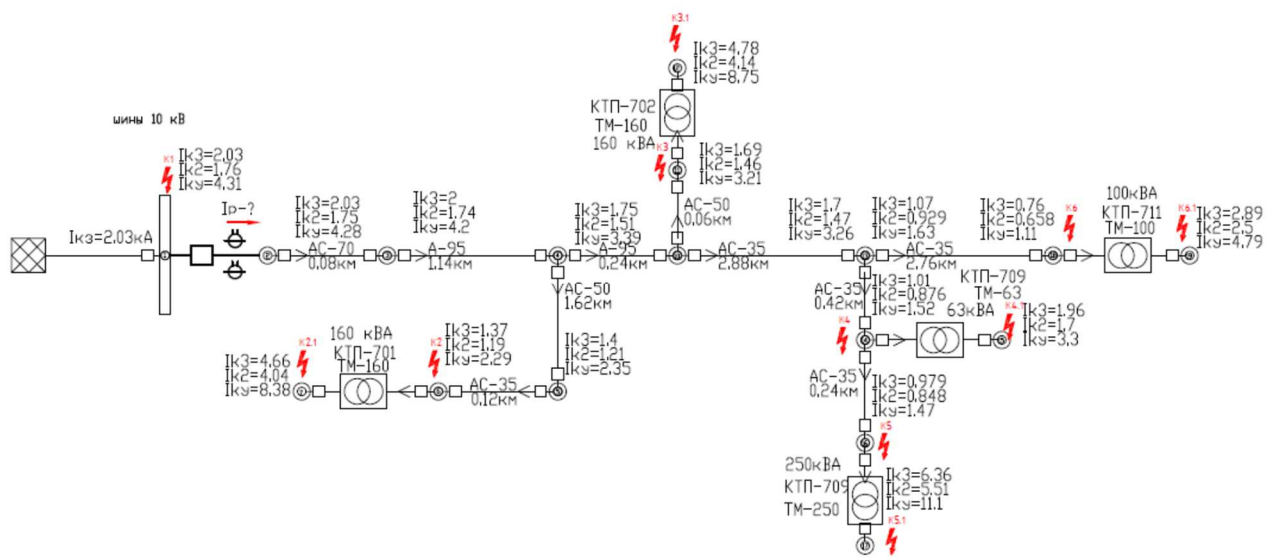


Рисунок 2.

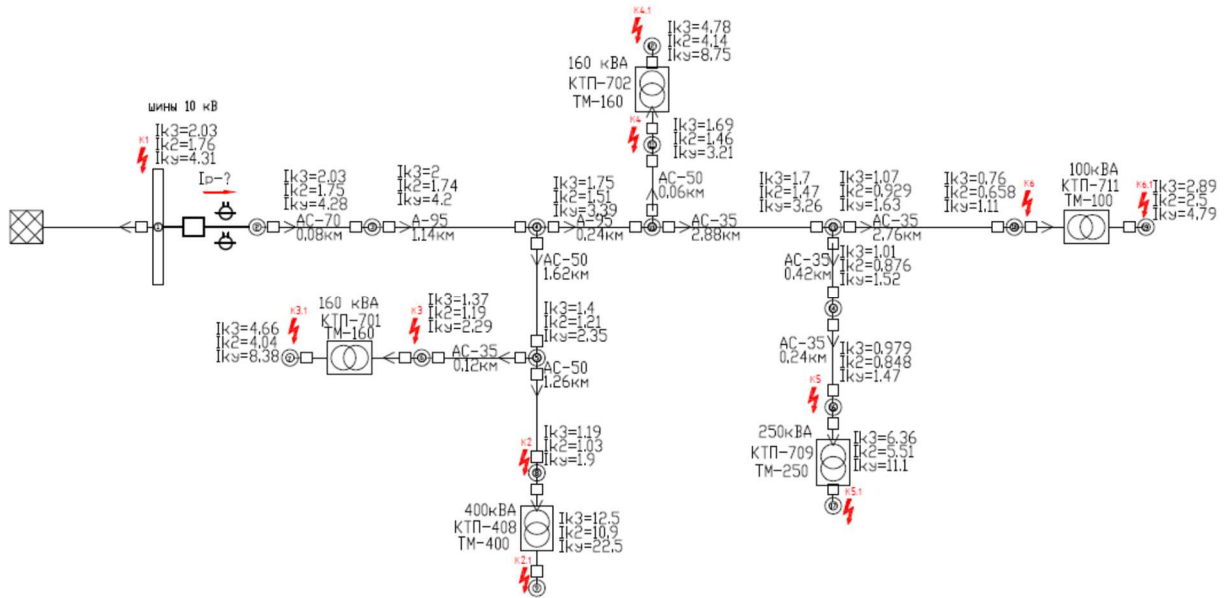


Рисунок 3.

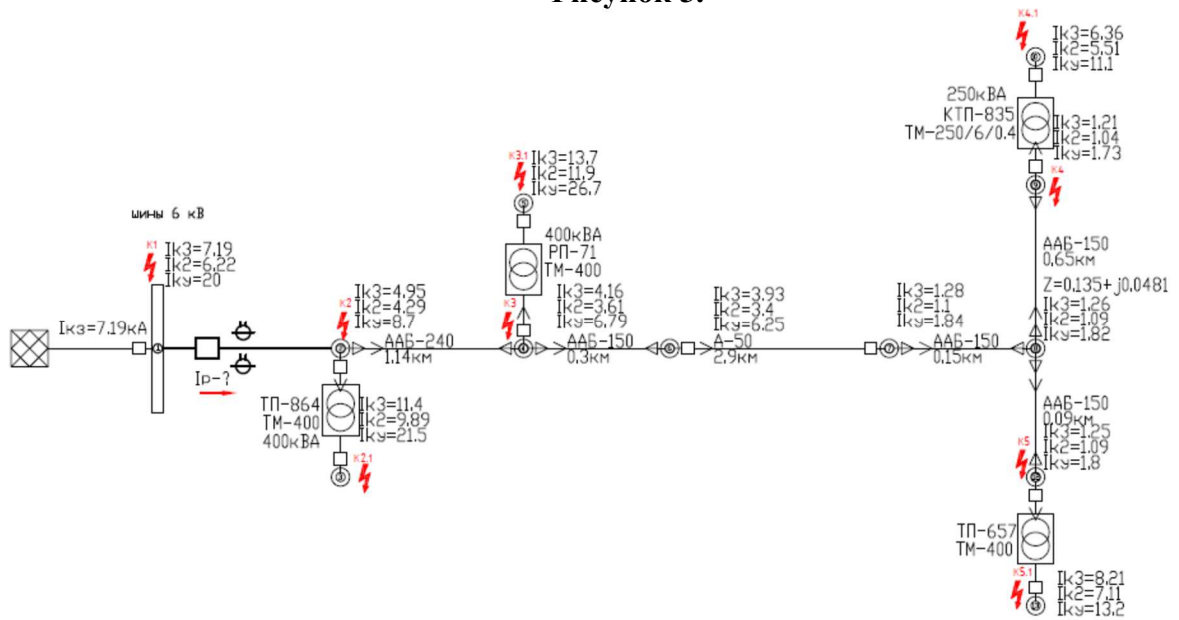


Рисунок 4.

Результаты расчетов оформить в виде таблиц:

Таблица 1.

Результаты выбора коэффициентов трансформации трансформаторов тока, и их проверка

Параметр		Значение
Место установки ТТ		
Назначение кернов		
Коэффициент трансформации ТТ (перв./вторичн.)		
$\Pi_{ТТ}$		
$I_{(3)max}$ (значение 3-ф КЗ) или $I_{(1)max}$ (значение 1-ф КЗ), $I_{кз, max}$, [А]		
$I_{сз}$ (значение сраб.заш.), [А] (уставка МТЗ, ТО, ЛЗШ)		
Вид КЗ		
Схема сборки ТТ ("звезда"-Y, "треугольник"-Δ)		
Значение тока срабатывания, $I_{расч}$ [А] (первичн./вторичн.)		
Длина подключаемого провода, L , [м]		
Сечение подключаемого провода, s , [мм.кв.]		
Максимальная потребляемая мощность подключаемых устройств РЗА к втор.обмотке ТТ, [ВА]:		
Реле (терминал РЗА), $S_{реле}$		
Блок питания "Орион" (если есть), $S_{бп}$		
Блок управления выключателем (если есть), $S_{бпвв}$		
Амперметр (если есть), S_a		
Значение переходного сопротивления, $R_{пер}$ [Ом]		
Сумм.сопротивление устр. РЗА, [Ом]	$Z_{сумм}=S_{сумм}/I_{ном}^2=(S_{реле}+S_{бп}+S_{бпвв})/I_{ном}^2$	
Сопротивление провода, [Ом]	$R_{пр}=L \times \rho / s$	
Расчитанное значение фактического сопротивления на обмотке ТТ, [Ом]		
Фактическая мощность вторичной обмотки ТТ, [ВА]	$S_{ф}=Z_{ф} \cdot I_{ном}^2$	
Расчетная кратность первичного тока	$K(10)=1,1 \cdot I_{расч} / I_{ном}$	
Номинальная мощность вторичной обмотки ТТ $S_{ном}$, [ВА]		
Выбор характеристики КПК, $K=f(Z)$ или $K=f(S)$		
Допустимое сопротивление на вторичной обмотке (по кривой КПК $K=f(Z)$) $Z_{доп}$, [Ом] или допустимая мощность на вторичной обмотке (по кривой КПК $K=f(S)$) $S_{доп}$, [ВА]		
Выполнение условия $Z_{ф} < Z_{доп}$ (или $S_{ф} < S_{доп}$)		

Таблица 2.

Результаты расчёта токовых защит (МТЗ и токовая отсечка)

Параметр			Значение		
Номинальное напряжение, U_n , [кВ]					
ТКЗ максимальный в месте установки защиты, $I_{(кз3)max}$, [А]					
ТКЗ минимальный в месте установки защиты, $I_{(кз2)min}$, [А]					
Рабочий ток. $I_{раб}$, [А]					
Расчитанная величина $4,5*\sum I_{ном}$, А					
ТКЗ максимальный в конце защищаемого участка, $I_{(кз3)max}$, [А]					
ТКЗ минимальный в конце защищаемого участка, $I_{(кз2)min}$, [А]					
Максимальный ток 3-фазного КЗ на стороне НН, $I_{к3 max}$, [кА]					
Ток 3-фазного КЗ, приведенный к стороне ВН, [А]					
коэффициент надежности отстройки, K_n					
коэффициент схемы, $K_{сх}$					
коэффициент самозапуска, $K_{сз}$					
коэффициент возврата максимальных реле тока, $K_{в}$					
Коэффициент трансформации трансформаторов тока $K_{тт} = I_{внтт} / I_{ннтт}$					
$I_{внтт}$, А					
$I_{ннтт}$, А					
Уставка МТЗ высшей ступени, $t_{вс}$, с					
Минимальное значение, Δt , с					
Ступень	Параметр срабатывания	Условие выбора	Расчет		
1 ступень - ТО	$I_{сз}(ТО)$	Отстройка от максимального тока КЗ	$I_{сз} = K_n * I_{кз max}$, А		
		Отстройка от бросков тока намагничивания трансформаторов, включаемых на «холостой ход».	$I_{сз} > 5 * \sum I_{ном}$, А		
		Отстройка от максимального тока КЗ на стороне НН приведенного на сторону ВН.	$I_{сз} > I_{(кз3)max н.н прив} * 1,3$		
		Определение коэффициента чувствительности ТО	$K_{чув(мах)} = I_{кз(3)мах} / I_{сз}(ТО)$		
		Значение уставки во вторичных величинах	$I_{ср} = I_{сз} / K_{тт}$		
		Уставка времени срабатывания ТО, $t_{то}$, с			
2 ступень - МТЗ	$I_{сз}(МТЗ)$	Несрабатывание при токах послеаварийных перегрузок	$K_n * K_{сзи} * I_{нагр} / K_{в}$		
		Определение коэффициента чувствительности МТЗ	$K_{чув(мин)} = I_{кз(2)мин} / I_{сз(мтз)}$		
		Значение уставки во вторичных величинах	$I_{ср} = I_{сз} / K_{тт}$		
		Уставка времени срабатывания ТВ, $t_{тв}$, с	$t_{тв} = t_{твс} - n * \Delta t$, П - кол.-во ступеней		

В расчетной части РГЗ необходимо привести кривую предельной кратности, по которой производилась проверка выбранных трансформаторов тока и построенную карту селективности рассчитанных защит отходящей линии и выбранных высоковольтных предохранителей, защищающих комплектные трансформаторные подстанции (КТП).

2. Графическая часть:

Представить электрическую принципиальную схему камеры КСО «отходящая линия». Схема должна содержать:

- Токовые цепи,
- Цепи управления выключателем,
- Цепи сигнализации срабатывания защит,
- Перечень элементов.

Все элементы схемы (реле, трансформаторы тока) должны соответствовать выбранным в расчетной части задания. Схема должна быть выполнена на переменном оперативном токе.

3. Варианты выполнения задания:

№ рисунка	Тип трансформаторов тока	Тип выключателя в ячейке	Вариант подключения трансформаторов тока	Тип реле (МТЗ)	Тип реле (ТО)	Вариант задания
1	ТОЛ-СЭЩ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	1
1	ТПЛ-10-К	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	2
2	ТОЛ-СЭЩ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	3
4	ТПОЛ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	4
3	ТОЛ-СЭЩ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	5
4	ТОЛ-СЭЩ-10	ВВТЕЛ-10-20/1000	Неполная звезда	серии РТ-40	серии РТ-40	6

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Андреев, Василий Андреевич. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения [Текст]: учеб.: рек. Мин. обр. РФ / В. А. Андреев, 2008. - 640 с.

2. Басс, Элеонора Исааковна. Релейная защита электроэнергетических систем [Текст]: учеб. пособие: рек. УМО / Э. И. Басс, В. Г. Дорогунцев; под ред. В. Г. Дьякова, 2002. - 296 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Булычев, А. В. Релейная защита в распределительных сетях [Электронный ресурс]: пособие для практических расчетов / А. В. Булычев, А. А. Наволочный. – М.: ЭНАС, 2011. – 206с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=58493>.

2. Юндин, М. А. Токовая защита электроустановок [Электронный ресурс] : учеб.пособие /М. А. Юндин. – СПб.: Лань, 2011. – 288 с. – Режим доступа:http://e.lanbook.com/books/element.php?p11_cid=25&p11_id=1802.

3. Плащанский, Л. А. Основы электроснабжения. Раздел «Релейная защита электроустановок» [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Л. А. Плащанский. – М.: Московский государственный горный университет, 2008. – 143с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=99348>.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Механотроника. Интеллектуальные устройства релейной защиты. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.mtrele.ru. — Заглавие с экрана.

4. Устройства РЗА БЭМП официальный раздел сайта АО ЧЭАЗ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://rza.cheaz.ru/> — Заглавие с экрана.

5. Ивановский электротехнический завод [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://ekta-electric.ru/docs/tipovoj_proekt/#1 — Заглавие с экрана.

6. RZA/ ORG. UA. Все о релейной защите. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://rza.org.ua/forum/> — Заглавие с экрана.

7. Электротехнический форум. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.proektant.org/index.php?board=441.0> — Заглавие с экрана.

8. Форум ceshka.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://ceshka.ru/forum/viewforum.php?f=28> — Заглавие с экрана.

9. Виртуальный музей релейной защиты и противоаварийной автоматики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://museumrza.ru/> — Заглавие с экрана.

10. Сайт Ретро-РЗиА и форум Советы бывалого релейщика от Google [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.retro-rzia.ru/link/o-8.html> — Заглавие с экрана.

11. Форум «Электрик» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.electrik.org/forum/index.php?showtopic=12971> — Заглавие с экрана.

12. Начинающему проектировщику. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://dororz.ru/pro1.html> — Заглавие с экрана.

13. Библиотека РЗА. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://dororz.ru/lib.html> — Заглавие с экрана.

14. Релейная лаборатория. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://rzalab.narod.ru/ustr.html> — Заглавие с экрана.

16. Релейная лаборатория. BU/TEL-220-05А - Функциональная схема блока управления [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

http://rzalab.narod.ru/bu_tel_schema.html — Заглавие с экрана.

17. Релейная защита. Книги РЗА [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<http://rzalab.narod.ru/dokum.html>. — Заглавие с экрана.

19. Форум Релейная защита. [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

<http://forum.dwg.ru/showthread.php?t=51252>. — Заглавие с экрана.

21. Релейная и дуговая защита. [Электронный ресурс]. — Режим доступа:

https://www.schneider-electric.ru/ru/work/solutions/for-business/s4/electric-utilities-protection-relays/?utm_source=yandex&utm_medium=cpc&utm_campaign=y_se_Energy_sepam_search&utm_content=5275605467|12145324106&utm_term=РЗА. — Заглавие с экрана.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия – поточная аудитория, оснащенная доской и презентационной техникой (ноутбук, проектор, экран), комплектом электронных презентаций.

Лабораторные занятия – специализированный компьютерный класс М424, оснащенный презентационной техникой (проектор Acer Projector P1165) и персональными компьютерами (Intel Core i3-8100 CPU 3.60 ГГц/ Gigabyte Z370 HD3/ RAM 8192 Мб/ HDD 1 Тб/ NVIDIA GeForce GTX 750/ AOC 23,8"/ ASUS DRW-24D5MT/ Wi-Fi/ LAN100Mb/ CyberPower BS850E), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет:

При проведении занятий используется предустановленное лицензионное программное обеспечение Microsoft Windows 10 Корпоративная (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633/ Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01), Microsoft Visio Professional 2013 (15.0.5015.1000) MSO (Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633/ Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01), MathcadPrime 4.0 Express (свободно распространяемое ПО).

Для самостоятельной работы студентов предусмотрен компьютерный класс, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета, а так же участием в программах Microsoft Office 365 для образования (студенческий) (№ дог. E04002C51M) с возможностью бесплатной загрузки программного обеспечения Microsoft.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 2017/2018 учебный год со следующими изменениями, дополнениями:

В части п. 6.3. «Перечень Интернет-ресурсов» добавлены следующие ссылки:

1. Релейная защита. Схемы и расчеты. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.facebook.com/prorza/photos/pb.804510383016645.-2207520000.1521972314./1012498268884521/?type=3&theater>. — Заглавие с экрана.

2. Проект «РЗА». Все о защите и автоматике электрических сетей. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pro-rza.ru/raschety-ustavok-rza/zavisimye-vremyatokovye-harakteristiki-zashhit-chast-3/> — Заглавие с экрана.

4. Проект «РЗА». Все о защите и автоматике электрических сетей. Зачем нужны реле РПВ и РПО? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pro-rza.ru/proektirovanie/zachem-nuzhny-rele-rpv-i-rpo/> — Заглавие с экрана.

5. Проект «РЗА». Все о защите и автоматике электрических сетей. Какую степень селективности брать в проекте? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pro-rza.ru/raschety-ustavok-rza/kakuyu-stupen-selektivnosti-brat-v-proekte/> — Заглавие с экрана.

6. Проект «РЗА». Все о защите и автоматике электрических сетей. Для любителей предохранителей. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://pro-rza.ru/raschety-ustavok-rza/dlya-lyubitelej-predohranitelej/> — Заглавие с экрана.

7. Школа для электрика. Релейная защита и автоматика силовых масляных трансформаторов 110 кВ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1947-relejnjaja-zashhita-i-avtomatika.html> — Заглавие с экрана.

8. Школа для электрика. Основные виды релейной защиты. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1749-osnovnye-vidy-relejnoj-zashhity.html> — Заглавие с экрана.

9. Школа для электрика. Токовые защиты - МТЗ и токовая отсечка [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1738-tokovye-zashhity-mtz-i-tokovaja-otsechka.html> — Заглавие с экрана.

10. Школа для электрика. Дифференциальная защита. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1731-differencialnaja-zashhita.html> — Заглавие с экрана.

11. Школа для электрика. Как работают устройства автоматике включения резерва (АВР) в электрических сетях. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1691-kak-rabotajut-ustrojstva-avtomatiki.html> — Заглавие с экрана.

12. Школа для электрика. Принцип работы токовой направленной защиты нулевой последовательности в электрических сетях 110 кВ. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1677-princip-raboty-tokovoj-napravlennoj.html> — Заглавие с экрана.

13. Школа для электрика. Принцип работы дистанционной защиты в электрических сетях 110 кВ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1662-princip-raboty-distancionnoj-zashhity.html> —

Заглавие с экрана.

14. Школа электрика. Измерительные трансформаторы тока в схемах релейной защиты и автоматики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1652-izmeritelnye-transformatory-toka-v.html> —

Заглавие с экрана.

15. Школа электрика. Как устроена релейная защита линий электропередач [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1647-kak-ustroena-relejnjaja-zashhita-linijj.html> — Заглавие с экрана.

16. Школа электрика. Схема АПВ однократного действия на воздушных и кабельных ЛЭП 6 - 10 кВ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/relay/1588-skhema-apv-odnokratnogo-dejjstvija-na.html> —

Заглавие с экрана.

17. Школа электрика. Автоматическая частотная разгрузка [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1486-avtomaticheskaja-chastotnaja-razgruzka.html> — Заглавие с экрана.

18. Школа электрика. Микропроцессорные устройства релейной защиты: обзор возможностей и спорных вопросов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1431-mikroprocessornye-ustrojstva.html> — Заглавие с экрана.

19. Школа электрика. Общие принципы построения защит электрооборудования и электрических сетей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1423-obshhie-principy-postroenija-zashhit.html> — Заглавие с экрана.

20. Школа электрика. Реле тока серии РТ40 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/apparaty/1351-rele-toka-serii-rt40.html> — Заглавие с экрана.

21. Школа электрика. Защита плавкими предохранителями в электрических сетях 6 - 10 кВ [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/1274-zashhita-plavkimi-predokhraniteljami-v.html> — Заглавие с экрана.

22. Школа электрика. Газовая защита трансформаторов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/elsnabg/885-gazovaja-zashhita-transformatorov.html> — Заглавие с экрана.

23. Школа электрика. Разновидности реле защиты и релейных защит [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://electricalschool.info/main/drugoe/171-raznovidnosti-rele-zashhity-i.html> —

Заглавие с экрана.

Протокол № 15 заседания кафедры от «10» 06 2017г.

Заведующий кафедрой _____


подпись, ФИО

Директор института _____



подпись, ФИО

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений
Рабочая программа без изменений утверждена на 2018 /2019 учебный год.
Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » 05 2018г.

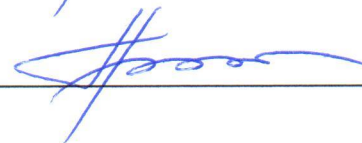
Заведующий кафедрой _____

подпись, ФИО



Директор института _____

подпись, ФИО



Рабочая программа без изменений утверждена на 2019/2020 учебный год.

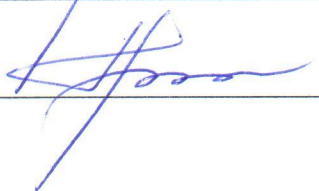
Протокол № 13 заседания кафедры от «07» июня 2019 г.

Заведующий кафедрой ЭиА



А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС



А.В. Белоусов

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 20~~20~~/20~~21~~ учебный год.

Протокол № 10 заседания кафедры от «14» июня 20~~20~~г.

Заведующий кафедрой _____

подпись, ФИО



А.В. Белоусов

Директор института _____

подпись, ФИО



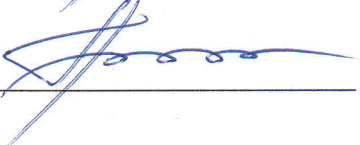
А.В. Белоусов

Утверждение рабочей программы без изменений.

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 11 заседания кафедры от « 15 » мая 2021 г.

Заведующий кафедрой _____  А.В. Белоусов

Директор института _____  А.В. Белоусов