

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

СОГЛАСОВАНО
Директор института заочного обучения

М.Н. Нестеров
« 15 » 10 2015 г.

УТВЕРЖДАЮ
Директор энергетического института

А.В. Белоусов
« 15 » 10 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ
ПЕРЕХОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ

направление подготовки

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электроснабжение

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

заочная

Энергетический институт

Кафедра электроэнергетики и автоматики

Белгород – 2015

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 2015 году.

Составитель: канд. техн. наук, доцент



Ю.В. Скурятин

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматики

« 13 » 10 2015 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент



А.В. Белоусов

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 15 » 10 2015 г., протокол № 2

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	В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:назначение расчетов и основные допущения при расчетах токов короткого замыкания; руководящие указания по расчёту симметричных и несимметричных токов короткого замыкания в электрических сетях напряжением до и выше 1 кВ; нормативные требования к устойчивости узлов нагрузки и электроэнергетических систем и методы ее определения; уметь:выполнять расчеты токов короткого замыкания; выбирать мероприятия для ограничения токов коротких замыканий и повышения устойчивости электроэнергетических систем. владеть:навыками расчета периодической и аperiodической составляющих токов короткого замыкания; навыками определения ударного тока короткого замыкания; навыками расчета симметричных и несимметричных токов короткого замыкания; приемами ограничения токов коротких замыканий и повышения; навыками выбора мероприятий по повышению устойчивости электроэнергетических систем
2	ПК-6	Способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	В результате освоения дисциплины обучающийся должен знать:методы расчёта токов симметричных и несимметричных коротких замыканий в электрических сетях; методы расчёта статической и динамической устойчивости электроэнергетических систем и узлов нагрузки. уметь:составлять схемы замещения нулевой, прямой и обратной последовательностей для расчёта переходных процессов; определять значения токов симметричных и несимметричных коротких замыканий в электроэнергетических системах; решать задачи, возникающие при расчётах динамической устойчивости, методами численного интегрирования; оценивать статическую и динамическую устойчивость электроэнергетических систем владеть:навыками расчета токов короткого замыкания, анализа статической и динамической устойчивости режимов работы электроэнергетических систем

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Высшая математика
2	Физика
3	Начертательная геометрия и инженерная графика
4	Теоретические основы электротехники
5	Электрические аппараты
6	Электрические машины
7	Особенности профессиональной деятельности

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины
1	Электроснабжение
2	Электрические станции и подстанции
3	Электроэнергетические системы и электрические сети
4	Энергосбережение в системах электроснабжения
5	Снижение потерь
6	Умные энергетические микросети зданий
7	Проектирование систем электроснабжения зданий
8	Эксплуатация систем электроснабжения
9	Эксплуатация электрооборудования станций и подстанций
10	Релейная защита и автоматика
11	Коммутационные и защитные аппараты в системах электроснабжения
12	Электроснабжение цеховых электроприёмников
13	Компьютерная практика
14	Профессиональная практика
15	Преддипломная практика
16	Государственная итоговая аттестация

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 4	Семестр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	2	145	141
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	38	2	20	16
лекции	16	2	6	8
лабораторные	8	—	8	-
практические	14	—	6	8
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	250	—	125	125
Курсовой проект	—	—	—	—
Курсовая работа	36	—	—	36
Расчетно-графическое задания	—	—	—	—
Индивидуальное домашнее задание	—	—	—	—

Другие виды самостоятельной работы	142	–	89	53
Форма промежуточная аттестация (зачет, <u>экзамен</u>)	72	–	Экзамен(36)	Экзамен(36)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 4

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Электромагнитные переходные процессы в простейшей трехфазной сети					
1.1	Основные понятия об электромагнитных переходных процессах в электрической системе. Основные виды коротких замыканий, относительная вероятность их возникновения в электрических системах. Причины возникновения и последствия коротких замыканий. Допущения, принятые при расчетах токов короткого замыкания Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в простейшей цепи, питаемой от шин неизменного напряжения	2	—	—	—

Курс 3 Семестр 5

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1.2	Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в цепи, питаемой от шин неизменного напряжения (от источника бесконечной мощности). Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в цепи, питающейся от генератора ограниченной мощности. Переходные процессы при включении силового трансформатора в сеть с синусоидальным напряжением. Установившийся режим короткого замыкания	1	–	2	12
2. Составление и эквивалентирование схем замещения					
2.1	Представление отдельных элементов электрических систем в схемах замещения и расчет их параметров. Составление схем замещения для расчёта	0,5	–	–	10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
	электромагнитных переходных процессов в электрических сетях с участками различного напряжения. Преобразование схем замещения				
2.2	Расчет токов короткого замыкания в системе относительных единиц. Составление схемы замещения при расчете в относительных единицах, точное и приближенное приведение Составление схемы замещения при расчете в именованных единицах, точное и приближенное приведение	0,5	1	–	10
3. Расчёты токов трехфазного короткого замыкания					
3.1	Расчёты токов трехфазного короткого замыкания в начальный момент времени; определение ударных токов. Включение силового трансформатора	1	1	–	6
3.2	Расчёты периодической и апериодической составляющих тока короткого замыкания для произвольного момента времени в цепи, питаемой от шин неизменного напряжения (от источника бесконечной мощности)	–	–	2	6
3.3	Расчет токов короткого замыкания по типовым кривым. Учёт двигательной и комплексной нагрузки при расчёте токов короткого замыкания	–	1	–	6
3.4	Расчет токов короткого замыкания в электроустановках напряжением до 1000 В	–	–	–	8
4. Несимметричные переходные процессы					
4.1	Метод симметричных составляющих. Схемы замещения прямой, обратной и нулевой последовательностей	1	2	–	8
4.2	Однократная поперечная несимметрия. Однофазное и двухфазное короткие замыкания, двухфазное короткое замыкание на землю. Построение векторных диаграмм при несимметричных коротких замыканиях	–	0,5	–	6
4.3	Алгоритм расчёта токов несимметричных коротких замыканий. Комплексные схемы замещения. Сравнение токов различных видов коротких замыканий	0,5	0,5	–	6
4.4	Однократная продольная несимметрия. Разрыв одной и двух фаз в сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности. Алгоритм расчёта однократной продольной несимметрии. Сложные виды несимметрии. Двойное замыкании на землю в электрической сети с изолированной нейтралью, питающейся от источника практически бесконечной мощности	1	–	4	6
5. Ограничение токов короткого замыкания					

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
5.1	Способы ограничения токов КЗ. Координация токов КЗ и параметров электрооборудования	0,5	–	–	5
ИТОГО:		6	6	8	89

Курс 3 Семестр 6

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
6. Статическая устойчивость					
6.1	Основные понятия и определения. Допущения, принимаемые при анализе устойчивости. Нормативные указания по анализу статической устойчивости	1	–	–	4
6.2	Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа электромеханических переходных процессов. Характеристика мощности генератора. Влияние различных видов автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генератора на характеристику мощности	–	2	–	8
6.3	Статическая устойчивость простейшей системы. Критерий устойчивости. Уравнение механического движения ротора генератора	1	–	–	6
6.4	Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой. Расчёт собственных и взаимных проводимостей	1	–	–	6
6.5	Статическая устойчивость сложных систем. Метод малых колебаний	1	–	–	6
6.6	Статическая устойчивость нагрузки. Вторичные критерии устойчивости нагрузки	1	3	–	6
7. Динамическая устойчивость					
7.1	Анализ динамической устойчивости простейшей системы. Динамическая устойчивость при КЗ на линии. Предельный угол отключения КЗ	1	–	–	6
7.2	Решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов.	1	3	–	6

7.3	Мероприятия по улучшению устойчивости электрических систем	1	–	–	5
	ВСЕГО	8	8	-	53

4.2.Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Составление и эквивалентирование схем замещения	Составление схем замещения при расчете токов трехфазного короткого замыкания в относительных и именованных единицах, точное и приближенное приведение. Преобразование схем замещения	1	2
2	Расчёты токов трехфазного короткого замыкания	Расчёты токов трехфазного короткого замыкания в начальный и произвольный момент времени	1	2
		Расчет токов короткого замыкания по типовым кривым. Учёт двигательной и комплексной нагрузки при расчёте токов короткого замыкания	1	2
3	Несимметричные переходные процессы	Составление и преобразование схемзамещения прямой, обратной и нулевой последовательностей	2	2
		Построение векторных диаграмм при несимметричных коротких замыканиях. Расчёт токов несимметричных коротких замыканий	1	2
ИТОГО:			6	10
семестр № 6				
1	Статическая устойчивость	Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа электромеханических переходных процессов	2	2
		Статическая устойчивость нагрузки Вторичные критерии устойчивости нагрузки	3	3
2	Динамическая устойчивость	Решение уравнения движения ротора генератора. Метод последовательных интервалов	3	3
ИТОГО:			8	8
ВСЕГО за год:			14	18

4.3.Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 5				
1	Электромагнитные переходные процессы в	Переходный процесс при трехфазном коротком замыкании в цепи,	2	2

	простейшей трехфазной сети	питаемой от источника бесконечной мощности. Переходный процесс при подключении к сети ненагруженного трансформатора (лабораторный стенд ППЭЭС.001 РБЭ (932))		
2	Расчёты токов трехфазного короткого замыкания	Переходный процесс при симметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности и от синхронного генератора для анализа периодической и апериодической составляющих тока короткого замыкания для произвольного момента времени в цепи (лабораторный стенд ППЭЭС.001 РБЭ (932))	2	2
3	Несимметричные переходные процессы	Переходный процесс при: 1) несимметричном коротком замыкании в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности; 2) при обрыве фазы в электрической сети, питающейся от источника практически бесконечной мощности; 3) при двойном замыкании на землю в электрической сети с изолированной нейтралью, питающейся от источника практически бесконечной мощности (лабораторный стенд ППЭЭС.001 РБЭ (932))	4	4
ИТОГО:			8	8

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

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Введение в электромагнитные переходные процессы	1. Причины возникновения электромагнитных и электромеханических переходных процессов в электрической системе. 2. Основные виды коротких замыканий. Относительная вероятность их возникновения в электрических системах. 3. Какие виды нарушения режима относятся к продольной и поперечной несимметрии. 4. Основные допущения при расчете электромагнитных переходных процессов. 5. Процесс трехфазного короткого замыкания в неразветвленной цепи. 6. Кривые изменения тока короткого замыкания и его составляющие. 7. Определение установившегося режима короткого замыкания.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
2	Составление и эквивалентирование схем замещения	8. Основные характеристики и параметры синхронной машины. 9. Сверхпереходные значения ЭДС и сопротивлений источников. 10. Преимущества и недостатки системы относительных единиц по сравнению с системой именованных единиц. 11. Приведение ЭДС и сопротивлений элементов схемы к выбранным базисным условиям. 12. Составление схемы замещения при расчете в относительных единицах. Точное и приближенное приведение. 13. Составление схемы замещения при расчете в именованных единицах. Точное и приближенное приведение. 14. Преобразование схем замещения. 15. Последовательное и параллельное соединение элементов схемы замещения. 16. Преобразование треугольника в эквивалентную звезду. 17. Преобразование звезды в эквивалентный треугольник. 18. Преобразование многолучевой звезды в многоугольник с диагоналями. 19. Замена нескольких источников эквивалентным. 20. Разделение связанных цепей. Коэффициенты токораспределения.
3	Расчёты токов трехфазного короткого замыкания	21. Основные допущения при практических методах расчета токов короткого замыкания. 22. Различия между практическими методами. 23. Практический расчет начального сверхпереходного и ударного токов при коротких замыканиях. 24. Метод расчетных и типовых кривых. Порядок расчета по общему изменению. 25. Порядок расчета по индивидуальному изменению. Приближенный учет системы. 26. Условия, определяющие максимальное значение апериодической составляющей тока короткого замыкания. 27. Условия возникновения максимума мгновенного значения полного тока. Ударный ток и ударный коэффициент. 28. Действующие значения полных величин и их отдельных составляющих. 29. Расчет токов короткого замыкания при отсутствии автоматического регулирования возбуждения (АРВ) генераторов. Влияние АРВ. 30. Учет электродвигателей при расчете токов короткого замыкания. 31. Как учитывается в расчетах влияние нагрузки на режим короткого замыкания. 32. Расчет токов короткого замыкания в сетях напряжением до 1000 В.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
4	Несимметричные переходные процессы	33. Метод симметричных составляющих при расчете токов короткого замыкания. 34. Сопротивления элементов схемы для токов обратной и нулевой последовательности. 35. Схемы отдельных последовательностей, определение результирующих ЭДС и сопротивлений. 36. Векторные диаграммы токов и напряжений для места несимметрии. 37. Правило эквивалентности прямой последовательности для поперечной несимметрии. 38. Применение практических методов к расчету переходного процесса при однократной поперечной несимметрии. 39. Однократная продольная несимметрия. Разрыв одной фазы. 40. Однократная продольная несимметрия. Разрыв двух фаз.
5	Ограничение токов короткого замыкания	41. Способы и средства ограничения токов короткого замыкания. 42. Схемные решения для ограничения токов короткого замыкания. 43. Токоограничивающие реакторы, их выбор. 44. Использование трансформаторов с расщепленной обмоткой для ограничения токов короткого замыкания.
6	Статическая устойчивость	45. Виды нарушения устойчивости электроэнергетических систем. 46. Допущения, принимаемые при анализе статической устойчивости. 47. Нормативные указания по анализу статической устойчивости. 48. Схема замещения и векторная диаграмма синхронного генератора для анализа электромеханических переходных процессов. 49. Характеристика мощности генератора. 50. Регулирование возбуждения, его задачи. 51. Статическая устойчивость простейшей системы. Критерий устойчивости. 52. Уравнение механического движения ротора генератора 53. Характеристика мощности при сложной связи генератора с системой. 54. Расчёт собственных и взаимных проводимостей 55. Статическая устойчивость сложных систем 56. Метод малых колебаний 57. Статическая устойчивость нагрузки. 58. Вторичные критерии устойчивости нагрузки 59. Регулирующий эффект нагрузки и его влияние на устойчивость
7	Динамическая устойчивость	60. Оценка динамической устойчивости простейшей электрической системы 61. Динамическая устойчивость при коротком замыкании на линии. 62. Предельный угол отключения короткого замыкания. 63. Метод последовательных интервалов. 64. Способы повышения динамической устойчивости. 65. Электрическое торможение как способ повышения динамической устойчивости. 66. Влияние регулирующего эффекта нагрузки на устойчивость работы генератора 67. Понятие электрического центра системы. 68. Устойчивость узлов нагрузки.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
		69. Критерии устойчивости узлов нагрузки. Лавина напряжения. 70. Характеристика элементов нагрузки при оценке динамической устойчивости простейшей электрической системы 71. Процессы в узлах нагрузки при больших возмущениях 72. Обеспечение устойчивости двигателей при набросе мощности 73. Пуск двигателей 74. Самозапуск двигателей 75. Асинхронные режимы в электрических системах 76. Импульсная разгрузка как метод повышения динамической устойчивости 77. Устойчивость многомашинной системы

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

Курсом «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы» предусмотрена одна курсовая работа – в 6 семестре.

Курсовая работа является отдельным видом самостоятельной работы, в процессе выполнения которой студент применяет практически все умения, полученные в процессе изучения дисциплины, и повышает степень владения навыками расчета и анализа статической и динамической устойчивости режимов работы электроэнергетических систем.

На выполнение курсовой работы учебным планом отводится 36 часов.

Курсовая работа выполняется на одну из двух тем:

- 1) «Расчёт симметричных и несимметричных коротких замыканий в электрических сетях энергосистем и энергообъектов»;
- 2) «Оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы».

Типовое задание на курсовую работу на тему **«Расчёт симметричных и несимметричных коротких замыканий в электрических сетях энергосистем и энергообъектов»:**

1. Для заданной схемы (рисунок 1) рассчитать при трехфазном коротком замыкании (КЗ) в заданной точке:

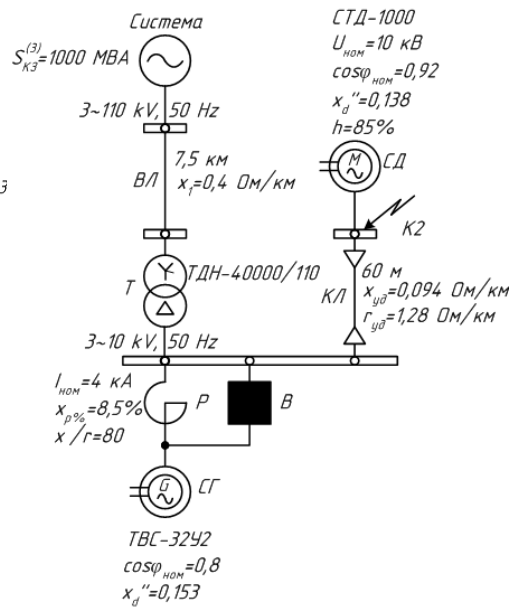
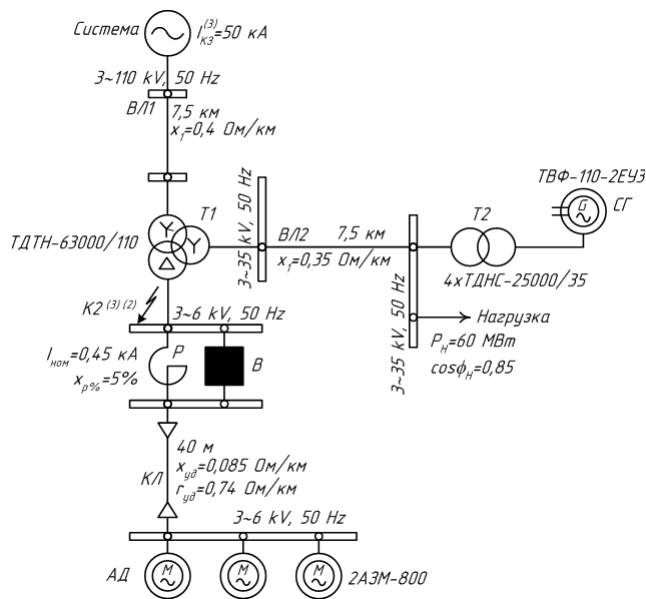
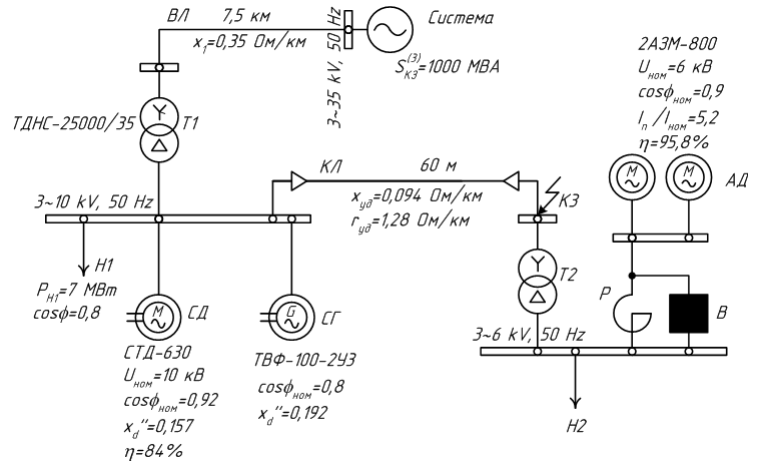
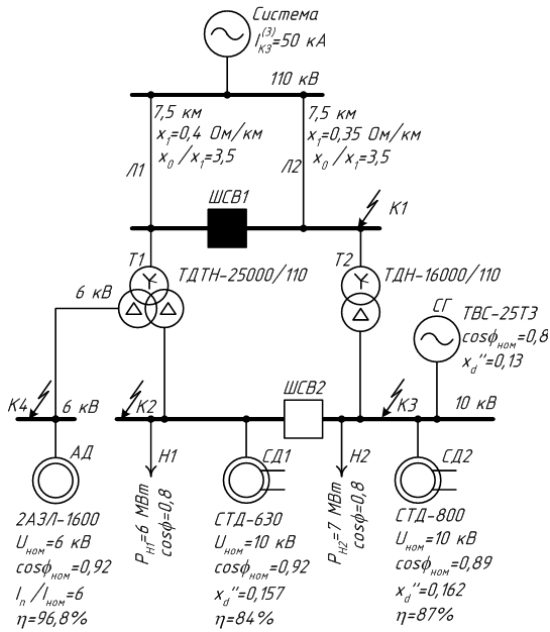
1.1. Начальное значение периодической составляющей тока КЗ в заданной точке и на шинах источников (расчёт провести двумя методами – в именованных и в относительных единицах; осуществить точный учет коэффициентов трансформации);

1.2. Ударный ток в заданной точке КЗ;

1.3. Значение периодической составляющей тока в точке КЗ к моменту его снятия ($t_{откл}=0,1$ с).

2. Для заданной схемы (рисунок 1) для трех видов несимметричных КЗ в заданной точке КЗ (рисунок 1) рассчитать начальное значение периодической составляющей тока КЗ аварийных фаз в точке КЗ и на шинах источников (расчёт провести любым из методов, использовать приближенный учет коэффициентов трансформации).

Схема электрической сети, параметры элементов сети и расчётные точки КЗ для 1 и 2 пунктов задаются преподавателем индивидуально для каждого студента



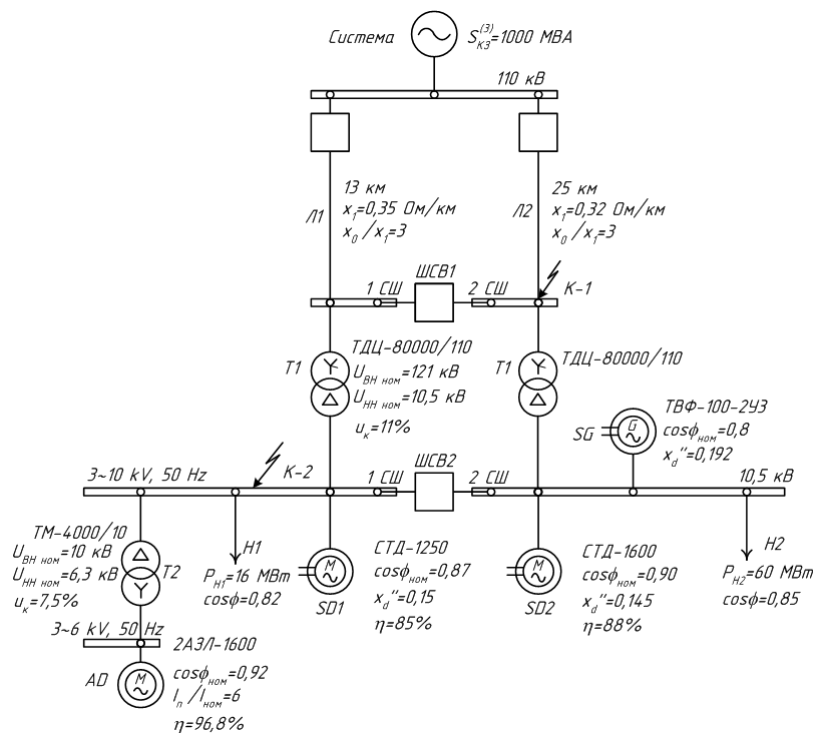


Рис. 1. Примеры схемы электрической сети

Типовое задание на курсовую работу на тему «Оценка устойчивости простейшей электроэнергетической системы»:

1. Для заданной схемы электропередачи (рисунок 2) определить запас статической устойчивости по пределу передаваемой мощности, при передаче от генератора в систему мощности P_H для следующих случаев:

- неявнополюсный генератор без автоматического регулирования возбуждения (АРВ);
- неявнополюсный генератор с АРВ пропорционального типа ($E'_q = \text{const}$);
- неявнополюсный генератор с АРВ сильного действия ($U_T = \text{const}$).

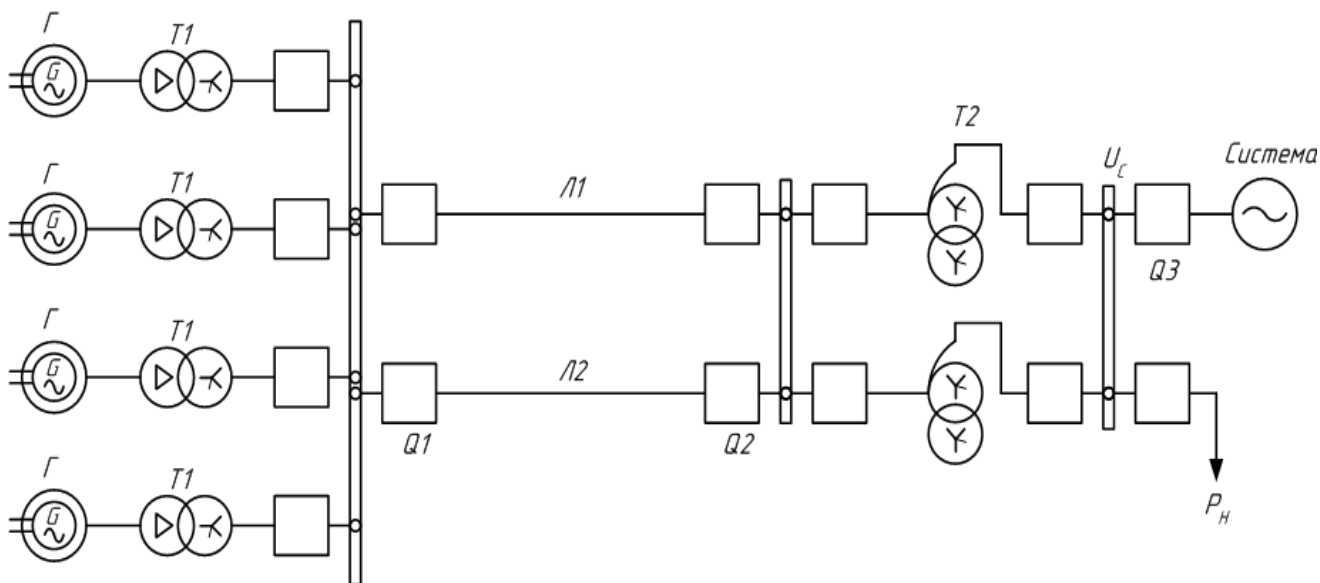


Рис. 2. Схема электропередачи

Характеристики элементов электропередачи приведены в таблице 1

Таблица 1

Генератор									
Тип	S _{НОМ} , МВА	n _Г	X _d	X _q	X' _d	X ₂	T _j , с	T _{d0} , с	T _e ,с
ТГ	40	4	2,45	—	0,24	0,17	6,0	10,4	0,15
Трансформаторы									
Т1					Т2				
S _{НОМ} , МВА	u _к , %	Группа соедин.			S _н , МВА	u _к ВН, %	Группа соедин.	k _{Т2}	
40	10,5	Δ/Y ₀			2×125	14,0	Y ₀ /Y ₀	110/220	
Нагрузка					Линия				Система
P _н , МВт	cosφ	Скольжение, s ₀		T _j , с	L,км	U _{НОМ} , кВ	x ₀ , Ом/км	U _С , кВ	
90	0,81	0,035		2	60	110	0,4	220	

2. Построить векторную диаграмму генератора в исходном режиме.

3. Выполнить расчет динамической устойчивости в соответствии с алгоритмом развития аварии при КЗ в заданной преподавателем точке в следующей последовательности:

- рассчитать и построить угловые характеристики мощности нормального, аварийного и послеаварийного режимов при $E' = \text{const}$;
- произвести численный расчет и построить зависимость изменения угла и ускорения ротора от времени (приближенный расчет);
- в случае нарушения устойчивости определить предельные угол и время отключения КЗ, необходимые для сохранения устойчивости;
- при сохранении устойчивости определить коэффициент запаса динамической устойчивости.

4. Проверить, будет ли устойчива нагрузка P_n после отключения выключателя и определить коэффициент запаса устойчивости по напряжению в случаях:

- отсутствия АРВ у генератора;
- генератор снабжен АРВ пропорционального типа;
- генератор снабжен АРВ сильного действия.

5. Определить допустимое время перерыва электроснабжения по условиям устойчивости эквивалентной асинхронной нагрузки.

Алгоритм развития аварии (пример): В точке К (задаётся преподавателем) – трехфазное короткое замыкание сопровождается отказом основной защиты – поперечной дифференциальной – с обеих сторон линии. В результате выключатель Q1 (со стороны Т1) отключен первой ступенью дистанционной защиты: $t_{c.з.}=0$, $t_{o.в.}=0,15$ с, выключатель Q2 (со стороны Т2) второй ступенью дистанционной защиты $t_{c.з.}=0,05$ с, $t_{o.в.}=0,15$ с. АПВ с контролем наличия напряжения на Q1 $t_{АПВ}=0,1$ с, $t_{в.в.}=0,05$ с. АПВ – успешное.

Схема электропередачи, параметры её элементов, точка КЗ, алгоритм развития аварий задаются преподавателем индивидуально для каждого студента.

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий

Индивидуальные домашние задания и расчетно-графические задания учебным планом не предусмотрены.

5.4. Перечень контрольных работ

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены.

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Крючков И.П., Короткие замыкания и выбор электрооборудования. [Электронный ресурс] / Крючков И.П., Старшинов В.А., Гусев Ю.П.. — Электрон. дан. — М. : Издательский дом МЭИ, 2012. — 568 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/72231>

2. Хрущев, Ю.В. Электромеханические переходные процессы в электроэнергетических системах: учебное пособие. [Электронный ресурс] / Ю.В. Хрущев, К.И. Заповодников, А.Ю. Юшков. — Электрон. дан. — Томск : ТПУ, 2012. — 154 с. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/10327>

3. Переходные процессы в электроэнергетических системах : метод. указания к выполнению лаб. работ для студентов очной и заоч. форм обучения специальности 140211 - Электроснабжение и направления бакалавриата 140200 "Электроэнергетика" / БГТУ им. В. Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост. : А.А. Виноградов, М.Н. Нестеров, С.В. Килин, Р.С. Сингатулин. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2012. – 38 с.

4. Переходные процессы в электроэнергетических системах : метод. указания к выполнению курсового проекта для студентов очной и заоч. форм обучения специальности 140211 и направления бакалавриата 140400 / БГТУ им. В.Г. Шухова, каф. электроэнергетики; сост.: С.В. Килин, М. А. Синдецкий, Р.С. Сингатулин, Ю.Ю. Клименко, М. Ю. Михайлова. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2013. – 80 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

5. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчёту токов короткого замыкания и выбору электрооборудования / Под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2001. NormaCS.(2шт за 2004)

6. СО 153-34.20.576-2003. Методические указания по устойчивости энергосистем. NormaCS.

6.3. Перечень интернет ресурсов

1. Переходные процессы в линейных электрических цепях [Электронный

ресурс]. — Режим доступа: <http://model.exponenta.ru/electro/0060.htm> . — Заглавие с экрана.

2. Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture24/lecture24.html>. — Заглавие с экрана.

3. Переходные процессы в электрических цепях [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org>. — Заглавие с экрана.

4. Моделирование переходных процессов в двухтрансформаторной подстанции. Электронный научный журнал «Международный студенческий научный вестник» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=17199>. — Заглавие с экрана.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует требованиям ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Лекционные занятия проводятся в аудиториях 033 и 034 (главный корпус), оснащенных оборудованием для звукоусиления и визуализации с использованием таких источников, как настольный и портативный компьютер, моноблок, документ-камера, телесеть университета, Интернет. При проведении лекционных занятий возможно использование электронных плакатов соответствующей тематики.

Лабораторные работы частично проводятся в лаборатории (ауд. МК223), оснащенной компьютеризованным стендом ППЭЭС.001 РБЭ (932) производства Иженерно-производственного центра «Учебная техника», Челябинск, позволяющим моделировать физические процессы в трёхфазной сети, моделировать работу элементов сети: выключателей, линий электропередач, трансформаторов, генераторов. Стенды имеют возможность подключения к ПК, что позволяет управлять электрическими машинами, а также коммутационными аппаратами, фиксировать мгновенные значения физических величин. Вторая часть лабораторных работ проводится в компьютерном классе (ауд. МК424) с помощью промышленного программно-вычислительного комплекса (ПВК) для решения задач по расчету, анализу и оптимизации режимов электрических сетей и систем RastrWin3 Базовый комплекс (бесплатная студенческая лицензия с ограничением по числу учитываемых узлов сети).

Программный комплекс RastrWin3 предназначен для решения задач по расчету, анализу и оптимизации режимов электрических сетей и систем. В рамках дисциплины «Электромагнитные и электромеханические переходные процессы» используются следующие расчетные модули программного комплекса RastrWin3:

- Контроль исходной информации на логическую и физическую непротиворечивость;
- Полный расчет всех электрических параметров режима (токи, напряжения, потоки и потери активной и реактивной мощности во всех узлах и ветвях электрической сети);
- Эквивалентирование (упрощение) электрических сетей;
- Расчет предельных по передаваемой мощности режимов энергосистемы, определение опасных сечений;
- Моделирование отключения ЛЭП, в том числе одностороннего, и определение напряжения на открытом конце.
- Модуль RastrKZ, позволяющий выполнять:
- Расчет металлических КЗ 1, 2, 3, 1.1, одно и многократных.
- Учёт реальных ЭДС и углов из установившегося режима.
- Расчет влияния размыканий ветвей на ТКЗ, продольные и поперечные шунты.

- Учет взаимоиндукции ветвей нулевой последовательности и трансформаторов с мнимым коэффициентом трансформации.
- Расчет поперечного и продольного шунта для моделирования однократной несимметрии в расчете установившегося режима и динамики.
- Расчет распределения тока в грозотросе.

На лабораторных и практических занятиях и в самостоятельной работе студентов также используется система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования PTC MathCadPrime 4.0 Express (распространяется бесплатно, с ограничениями)

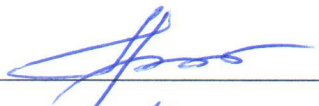
Mathcad – система компьютерной алгебры из класса систем автоматизированного проектирования, ориентированная на подготовку интерактивных документов с вычислениями и визуальным сопровождением, которая отличается лёгкостью использования и применения для коллективной работы. Работа в среде Mathcad осуществляется в пределах рабочего листа, на котором уравнения и выражения отображаются графически, Mathcad достаточно удобно использовать для обучения, вычислений и инженерных расчетов.

Также при работе в компьютерном классе используется следующее предустановленное лицензионное программное обеспечение Microsoft Windows 10 Корпоративная (Enterprise) (№ дог. E04002C51M), Microsoft Office Professional Plus 2016 (№ дог. E04002C51M), Microsoft Visio Professional 2013 (№ дог. E04002C51M), Autodesk AutoCAD 2017 - Русский (Russian, Версия N 52.0.0 - № дог. 7053026340), Autodesk AutoCAD Electrical 2017 SP 1 - Русский (Russian, v.14.1.3.0 - № дог. 7053026340).

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 15 заседания кафедры от « 11 » 06 2016 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

Список изменений и дополнений в рабочей программе.

В пункт 6.2 добавлены следующие литературные источники:

1. Котова, Е.Н. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / Е.Н. Котова, Т.Ю. Паниковская. — Электрон. дан. — Екатеринбург : УрФУ, 2014. — 216 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/98984>. — Загл. с экрана.

В пункт 6.3 добавлены следующие литературные источники:

1. Переходные процессы при включении силового трансформатора в сеть с синусоидальным напряжением – Совместный семинар компании NXP Semiconductors и группы компаний «Симметрон» [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.power-e.ru/2005_04_34.php. — Заглавие с экрана.

Рабочая программа с изменениями, дополнениями утверждена на 2017/2018 учебный год.

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

Заведующий кафедрой ЭиА _____  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС _____  А.В. Белоусов

Список изменений и дополнений в рабочей программе.

В пункт 6.2 добавлены следующие литературные источники:

1. Александров, В.В. Расчет токов коротких замыканий в Электроэнергетических системах [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Александров, А.А. Малютин. — Электрон. дан. — Москва : ФЛИНТА, 2016. — 131 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/83846>. — Загл. с экрана.

Рабочая программа без изменений и дополнений утверждена на 2018/2019 учебный год

Протокол № 10 заседания кафедры от « 14 » 05 2018 г.

Заведующий кафедрой ЭиА  А.В. Белоусов

Директор института ЭИТУС  А.В. Белоусов

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

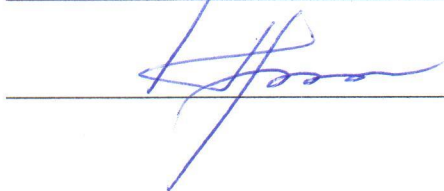
Протокол № 13 заседания кафедры от « 07 » июня 2019 г.

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



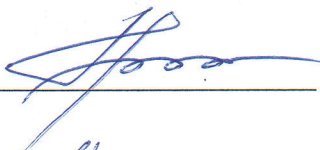
А.В. Белоусов

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

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Методические рекомендации при работе над конспектом лекций во время проведения лекции

В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

В ходе подготовки к практическим занятиям необходимо изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования рабочей программы. Дорабатывать свой конспект, делая в нем соответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Подготовить тезисы для выступлений по всем учебным вопросам, выносимым на практические и лабораторные занятия. Готовясь к докладу или реферативному сообщению, обращаться за методической помощью к преподавателю. Составить план-конспект своего выступления. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных проектов.

Методические рекомендации студентам по самостоятельной работе над изучаемым материалом и при подготовке к лабораторным работам

Важной составной частью учебного процесса в вузе являются лабораторные занятия. Задачей преподавателя при проведении лабораторных работ является грамотное и доступное разъяснение принципов и правил проведения работ, побуждение студентов к самостоятельной работе, определения места изучаемой дисциплины в дальнейшей профессиональной работе будущего специалиста. Цель лабораторной работы – научить студентов самостоятельно производить необходимые действия для достижения желаемого результата. Прежде чем приступить к выполнению лабораторной работы, студенту необходимо ознакомиться с теоретическим материалом, соответствующим данной теме.

Выполнение лабораторной работы целесообразно разделить на несколько этапов:

- формулировка и обоснование цели работы;
- определение теоретического аппарата, применительно к данной теме;
- выполнение заданий;
- анализ результата;
- выводы.

Индивидуальные задания для лабораторных работ представлены конкретно-практическими и творческими задачами. На первой ступени изучения темы выполняются конкретно-практические задачи, при решении которых формируется минимальный набор умений. Преподаватель опосредованно руководит познавательной деятельностью студентов, консультирует и подробно разбирает со студентами возникшие затруднения в ходе решения задачи, обращает внимание группы на возможные ошибки.

Вторая ступень изучения темы дифференцируется в зависимости от степени усвоения его обязательного уровня. Студенты, усвоив содержание типовых методов и приемов решения задач, приступают к решению творческих задач. Если уровень знаний и умений, демонстрируемых студентом при контрольном обследовании, не соответствует установленным требованиям, студент

вновь возвращается к стандартным упражнениям, но под более пристальным наблюдением преподавателя.

После изучения отдельной темы курса дисциплины, каждый студент получает оценку по результатам выполнения лабораторных работ. Начиная подготовку к лабораторному занятию, необходимо, прежде всего, указать студентам страницы в конспекте лекций, разделы учебников и учебных пособий, чтобы они получили общее представление о месте и значении темы в изучаемом курсе. Затем следует рекомендовать им поработать с дополнительной литературой, сделать записи по рекомендованным источникам.

Групповая консультация. Разъяснение является основным содержанием данной формы занятий, наиболее сложных вопросов изучаемого программного материала. Цель – максимальное приближение обучения к практическим интересам с учетом имеющейся информации и является результативным материалом закрепления знаний. Групповая консультация проводится в следующих случаях: когда необходимо подробно рассмотреть практические вопросы, которые были недостаточно освещены или совсем не освещены в процессе лекции; с целью оказания помощи в самостоятельной работе (написание рефератов, сдача зачетов, подготовка конференций).

Методические рекомендации студентам по изучению рекомендованной литературы. Эти методические рекомендации раскрывают рекомендуемый режим и характер различных видов учебной работы (в том числе самостоятельной работы над рекомендованной литературой) с учетом специфики выбранной студентом очной формы. Изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы, особое внимание, уделяя целям и задачам, структуре и содержанию курса. Студентам рекомендуется получить в научной библиотеке университета учебную

литературу по дисциплине, необходимую для эффективной работы на всех видах аудиторных занятий, а также для самостоятельной работы по изучению дисциплины. Успешное освоение курса предполагает активное, творческое участие студента путем планомерной, повседневной работы

Вся рекомендуемая для изучения курса литература подразделяется на основную и дополнительную и приводится в п. 6 данной рабочей программы. К основной литературе относятся источники, необходимые для полного и твердого усвоения учебного материала (учебники и учебные пособия). Необходимость изучения дополнительной литературы диктуется прежде всего тем, что в учебной литературе (учебниках) зачастую остаются неосвещенными современные проблемы, а также не находят отражение новые документы, события, явления, научные открытия последних лет. Поэтому дополнительная литература рекомендуется для более углубленного изучения программного материала.