

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
(ВлГУ)



УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-методической работе

А.А. Панфилов

« 02 » 10 2015 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Структурное моделирование динамических систем

Направление подготовки: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Профиль подготовки: Электроснабжение

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: заочная

Семестр	Трудоёмкость, зач. ед./ час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаб. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз/зачёт)
пятый	9/324	6	4	4	283	Экзамен (27)
Итого	9/324	6	4	4	283	Экзамен (27)

Владимир – 2015

*Год начала подготовки - 2014*

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Целями** освоения дисциплины являются: приобретение знаний о методах и технических средствах автоматического управления и регулирования в системах электроснабжения; знаний основ методов структурного моделирования динамических систем, методов анализа их устойчивости и качества регулирования в устройствах автоматики, применяемых в системах электроэнергетики и электроснабжения; формирование готовности участвовать в исследовании отдельных компонентов систем электроэнергетики и электротехники.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Структурное моделирование динамических систем» относится к вариативной части дисциплин учебного плана направления подготовки бакалавров «Электротехника и энергетика» для профиля «Электроснабжение» (блок Б1.В.ДВ). Дисциплина логически и содержательно- методически тесно связана с рядом естественно- научных и профессиональных дисциплин.

Математические и естественно- научные дисциплины формируют необходимые для изучения динамических систем способности к обобщению и анализу информации, навыки постановки цели и выбора путей её достижения; готовность использовать компьютер как одно из средств освоения новой дисциплины; способности математического анализа и моделирования процессов в системах автоматики; готовность выявить информационную основу функционирования средств автоматики, способность и готовность понимать актуальность совершенствования систем автоматики в экономическом и экологическом аспектах.

К числу общепрофессиональных дисциплин, наиболее тесно связанных со «Структурным моделированием динамических систем», относится предмет «Теоретические основы электротехники». В результате его освоения студенты приобретают необходимые для изучения процессов в динамических системах знания основных понятий и законов электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей; методов и средств электрических измерений, элементной базы современной электроники. Приобретают умения применять современные методы расчёта электромагнитных полей, электрических и магнитных цепей; встраивать измерительные средства и преобразователи в тракты обратных связей автоматических устройств; собирать и налаживать схемы простых электротехнических и электронных устройств. Овладевают программными средствами для решения задач теоретической электротехники, современными средствами электрических измерений и аппаратурой для исследования электротехнических и электронных устройств.

Знания и умения, получаемые в ходе изучения дисциплины «Структурное моделирование динамических систем» служат базой для последующего изучения таких профессио-



нальных дисциплин, как «Электропривод», «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электромагнитная совместимость в электроэнергетике».

### 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие компетенции:

Знать:

И обладать способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий (ОПК-1).

Методы расчёта режимов работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6).

Уметь:

Рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности (ПК-6).

Владеть:

Способностью использовать методы анализа и моделирования электрических цепей (ОПК-3).

### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачётных единиц, 324 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)					Объём учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС		
1	Динамические системы и принципы автоматического управления и регулирования.	5		2	1	1	–	70	2/50%	
2	Методы анализа и моделирования свойств функциональных элементов и динамических	5		2	1	1	–	71	2/50%	

	систем.									
3	Типовые динамические звенья.	5		1	1		71		1/50%	
4	Критерии устойчивости динамических систем. Качество регулирования.	5	2	1	1	–	71		2/50%	
Всего			6	4	4		283		7/50%	Экзамен (27)

### Содержание лекций по разделам

Раздел 1. Динамические системы и принципы автоматического управления и регулирования.

Введение: понятие о динамических системах, их классификация. Введение в структурное моделирование: функциональный элемент, функциональная схема динамической системы. Примеры функциональных схем промышленных систем автоматического управления (САУ). Принципы автоматического управления: принцип разомкнутого управления, принцип компенсации возмущения, принцип обратной связи. Принципиальные особенности САУ с обратной связью. Типовая функциональная схема САУ с обратной связью.

Раздел 2. Методы анализа и моделирования свойств функциональных элементов и динамических систем.

Способы представления математических моделей функциональных элементов. Динамическое звено. Связь между дифференциальным уравнением линейного динамического стационарного звена и его передаточной функцией, а также комплексной частотной характеристикой (КЧХ). Импульсная и переходная характеристики линейного динамического звена. Структурная схема динамической системы. Сигнальный граф. Методы построения сигнальных графов электрических цепей. Формула Мэсона для сигнального графа. Применение её для определения передаточной функции системы. Описание динамической системы в пространстве состояний. Нелинейное обобщение принципа моделирования в пространстве состояний. Управляемость и наблюдаемость системы.

Раздел 3. Типовые динамические звенья.

Пропорциональное (безынерционное) звено. Интегрирующее и апериодическое звено первого порядка. Апериодическое звено второго порядка. Идеальное дифференцирующее звено. «Реальное» дифференцирующее звено. Консервативное и колебательное звено. Влияние коэффициента демпфирования на его динамические свойства. Неустойчивое звено первого порядка. Запаздывающее звено. Дифференциальные уравнения, передаточные функции, КЧХ, импульсные и переходные характеристики типовых динамических звеньев. Логарифмические амплитудно-частотные (ЛАЧХ) и фазочастотные (ЛФЧХ) характеристики. Кусоч-



но-линейная аппроксимация ЛАЧХ. Схемная реализация типовых динамических звеньев на операционных усилителях.

Раздел 4. Критерии устойчивости динамических систем. Качество регулирования.

Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной стационарной динамической системы. Алгебраические критерии устойчивости: критерий Рауса, критерий Гурвица, критерий Лъенара– Шипара. Критерий устойчивости по виду КЧХ разомкнутой системы (критерий Найквиста). Запас устойчивости по модулю и фазе. Краткие сведения о показателях качества регулирования в переходных и установившихся режимах.

#### **Тематика практических занятий**

- 1) Анализ функциональных схем САУ разомкнутого типа, с компенсацией возмущений и с обратными связями (1 час).
- 2) Дифференциальные уравнения и передаточные функции линейных электрических динамических звеньев (1 час).
- 3) Анализ временных и частотных свойств типовых динамических звеньев (1 час).
- 4) Анализ устойчивости динамических систем по передаточным функциям по алгебраическим критериям (1 час).

#### **Тематика лабораторных занятий**

- 1) Исследование функциональных схем САУ разомкнутого типа, с компенсацией возмущений и с обратными связями (4 часа).

#### **Самостоятельная работа студентов**

Самостоятельная работа студентов предусматривает самостоятельную подготовку по сбору, систематизации и обработке материала из предложенного списка литературы (и дополнительной литературы), лекционного материала к практическим и лабораторным занятиям, экзамену. Сюда включается также самостоятельное выполнение расчётно-графической работы (РГР). Учебным планом предусмотрена одна РГР на тему «Анализ устойчивости электронной схемы с операционными усилителями и однофазным трансформатором».

## **5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Лекционные и практические занятия проводятся в аудиториях, оборудованных компьютерами, электронными проекторами, что позволяет сочетать активные и интерактивные формы проведения занятий. Чтение лекций сопровождается демонстрацией компьютерных слайдов, комплект которых содержится в электронном приложении к рабочей программе. Лабораторные занятия проводятся в компьютерном классе. Интерактивные формы – компьютерные симуляции, а также разбор ситуаций, связанных с подачей на входы динамических систем различных форм сигналов, а также с изменением параметров рассматриваемой сис-

темы. Контроль текущей успеваемости и самостоятельной работы студентов производится в форме опросов. Перечни контрольных вопросов представлены ниже.

В рамках учебного курса предусмотрены встречи со специалистами, работающими в области электроэнергетики и электротехники.

## **6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

### **6.1. Вопросы по разделам программы для проведения текущего контроля**

Контрольные вопросы по СРС.

1. Что называют динамическими системами?
2. Что называют динамическими системами с сосредоточенными параметрами?
3. Что называют динамическими системами с распределёнными параметрами?
4. Понятие о системах автоматического регулирования (САР) и управления (САУ).
5. Каким образом описываются динамические свойства САР и САУ?
6. Что такое информация вообще и измерительная информация?
7. Что называют сигналом и его информационными параметрами?
8. Что такое модуляция? Какие виды модуляции существуют для синусоидального несущего сигнала?
9. Что называют сигналом, непрерывным по уровню, непрерывным по времени и аналоговым сигналом?
10. Что называют сигналом, дискретным по уровню, дискретным по времени и цифровым сигналом?
11. Что называют аналоговой и цифровой САР или САУ?
12. Что называют функциональным элементом и функциональной схемой динамической системы?
13. Изобразить и прокомментировать функциональную схему процесса регулирования температуры электропечи для закалки металла.
14. Изобразить и прокомментировать функциональную схему автоматической системы регулирования температуры в электропечи. Из каких трёх частей состоит любая САР или САУ с обратной связью?
15. Какие принципы управления существуют в системах с обратной связью?



16. Изобразить и прокомментировать функциональную схему разомкнутой системы регулирования частоты вращения коллекторного двигателя постоянного тока.
17. Изобразить и прокомментировать функциональную схему замкнутой системы автоматического регулирования частоты вращения коллекторного двигателя постоянного тока (с обратной связью).
18. Основная цель управления. Определение системы автоматического управления.
19. Фундаментальные принципы управления.
20. Принципиальные особенности САУ с обратной связью.
21. Изобразить и прокомментировать типовую функциональную схему САУ с обратной связью.
22. Какими способами описываются динамические свойства функциональных элементов динамических систем?
23. Что называют динамическим звеном? В чём заключается особенность линейного динамического звена? Что называют структурным моделированием динамической системы?
24. Что такое передаточная функция линейного стационарного динамического звена? Как она связана с дифференциальным уравнением, описывающим свойства звена?
25. Что такое комплексная частотная характеристика динамического звена и как она связана с передаточной функцией?
26. Что называют действительной, мнимой, амплитудной (АЧХ) и фазовой (ФЧХ) частотными характеристиками линейного стационарного динамического звена?
27. Что называют логарифмической АЧХ (ЛАЧХ) и логарифмической ФЧХ (ЛФЧХ) звена?
28. Логарифмические единицы частоты в ЛАЧХ и ЛФЧХ.
29. Логарифмические единицы коэффициентов передачи в ЛАЧХ.
30. Единичная функция и дельта-функция.
31. Что называют переходной и импульсной характеристиками линейного стационарного динамического звена? Как они связаны между собой и с передаточной функцией?
32. Что такое сигнальный граф и как он строится по уравнениям системы?
33. Элементы сигнального графа. Передачи ветвей. Передачи сигнального графа.
34. Однозначное соответствие между структурной схемой и сигнальным графом динамической системы.
35. Формула Мэсона для сигнального графа.
36. Технология построения сигнального графа уравнений Кирхгофа электрической цепи.
37. Описание динамической системы в пространстве состояний (линейная форма).
38. Понятие и критерий управляемости линейных систем.
39. Понятие и критерий наблюдаемости линейных систем.

40. Нелинейное обобщение описания динамической системы в пространстве состояний.
41. Структурная схема канонической формы управляемости.
42. Структурная схема канонической формы наблюдаемости.
43. Пропорциональное звено: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики, свойства в пространстве состояния.
44. Схемная реализация пропорционального звена.
45. Интегрирующее звено: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики, свойства в пространстве состояния.
46. Схемная реализация интегрирующего звена.
47. Аперриодическое звено первого порядка: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики, свойства в пространстве состояния.
48. Схемная реализация аперриодического звена первого порядка.
49. Идеальное дифференцирующее звено: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики.
50. Схемная реализация идеального дифференцирующего звена. Устойчивость такого каскада.
51. «Реальное» дифференцирующее звено: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики, свойства в пространстве состояния.
52. Схемная реализация «реального» дифференцирующего звена.
53. Аперриодическое звено второго порядка: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики, свойства в пространстве состояния.
54. Схемная реализация аперриодического звена второго порядка.
55. Колебательное и консервативное звено: передаточная функция, дифференциальное уравнение, частотные характеристики.
56. Колебательное и консервативное звено: временные характеристики, свойства в пространстве состояния, схемная реализация на пассивных элементах.
57. Колебательное и консервативное звено: графики ЛАЧХ и ЛФЧХ при разных значениях коэффициента демпфирования.
58. Колебательное и консервативное звено: графики переходных и импульсных характеристик при разных значениях коэффициента демпфирования.
59. Неустойчивое звено первого порядка: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики.
60. Свойства неустойчивого звена первого порядка в пространстве состояния.
61. Запаздывающее звено: уравнение, передаточная функция, временные и частотные характеристики.



62. Сколько переменных состояния нужно для описания динамических свойств идеального запаздывающего звена в пространстве состояния?
63. Определения устойчивости динамической системы.
64. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной стационарной динамической системы.
65. Критерий устойчивости Рауса.
66. Особенность применения критерия Рауса, когда первый элемент строки матрицы Рауса равен нулю, и хотя бы один другой элемент этой строки не равен нулю.
67. Особенность применения критерия Рауса, когда все элементы строки матрицы Рауса равны нулю.
68. Матрица Гурвица и её определители.
69. Формулировка критерия устойчивости Гурвица.
70. Критерий устойчивости Лъенара-Шипара.
71. Передаточная функция и годограф КЧХ разомкнутой системы, диаграмма Найквиста.
72. Критерий устойчивости Найквиста.
73. Покажите с помощью диаграмм Найквиста влияние статического коэффициента передачи разомкнутой системы на устойчивость замкнутой системы, если передаточная функция разомкнутой системы имеет третий порядок.
74. Определение устойчивости замкнутой системы по ЛАЧХ и ЛФЧХ разомкнутой системы (т.е. по диаграмме Боде).
75. Что такое запас устойчивости по модулю? В каких единицах он измеряется?
76. Что такое запас устойчивости по фазе? В каких единицах он измеряется?
77. Три группы показателей качества регулирования.
78. Параметры переходного процесса системы при воздействии единичного ступенчатого входного сигнала.
79. Ошибка регулирования. Коэффициент ошибки по положению.
80. Коэффициенты ошибки по скорости и по ускорению.
81. Какова роль интегрирующего и дифференцирующего трактов в типовых регуляторах, работающих в составе САУ?
82. Понятие об оценке качества регулирования. Абсолютные интегральные показатели оценки качества.
83. Относительные интегральные показатели оценки качества регулирования.

## 6.2. Вопросы к экзамену

1. Понятие о динамических системах, их классификация.
2. Понятие о сигналах в динамических системах.

3. Типы сигналов в динамических системах.
4. Введение в структурное моделирование: функциональный элемент, функциональная схема динамической системы.
5. Примеры функциональных схем промышленных систем автоматического управления (САУ): САУ и САУ температуры в электрической печи.
6. Примеры функциональных схем промышленных систем автоматического управления (САУ): разомкнутая и замкнутая САУ частоты вращения ДПТ.
7. Принципы автоматического управления.
8. Принципиальные особенности САУ с обратной связью.
9. Типовая функциональная схема САУ с обратной связью.
10. Способы представления математических моделей функциональных элементов.
11. Линейное стационарное динамическое звено с одним входом и одним выходом.
12. Связь между дифференциальным уравнением линейного динамического звена и его передаточной функцией, а также комплексной частотной характеристикой.
13. Примеры вывода дифференциальных уравнений и передаточных функций простейших электрических динамических звеньев.
14. Передаточные функции каскадов на операционных усилителях с обратной связью.
15. Коэффициент передачи дифференциального усилителя с обратной связью.
16. Импульсная и переходная характеристики линейного динамического звена.
17. Переход от сигнального графа к структурной схеме динамической системы.
18. Сигнальный граф.
19. Метод построения сигнальных графов электрических цепей по уравнениям Кирхгофа.
20. Формула Мэсона для сигнального графа.
21. Пример применения формулы Мэсона для определения передаточной функции системы.
22. Описание динамической системы в пространстве состояний.
23. Нелинейное обобщение принципа моделирования в пространстве состояний.
24. Управляемость и наблюдаемость системы.
25. Каноническая форма управляемости.
26. Каноническая форма наблюдаемости.
27. Пропорциональное (безынерционное) звено
28. . Интегрирующее звено.
29. Аперiodическое звено первого порядка.
30. Аперiodическое звено второго порядка.
31. Идеальное дифференцирующее звено.



32. «Реальное» дифференцирующее звено.
33. Консервативное и колебательное звено. Влияние коэффициента демпфирования на его динамические свойства.
34. Неустойчивое звено.
35. Запаздывающее звено.
36. Схемная реализация типовых динамических звеньев на операционных усилителях.
37. Необходимое и достаточное условие устойчивости линейной динамической системы.
38. Критерий Рауса.
39. Особые случаи применения критерия Рауса.
40. Критерий Гурвица.
41. Критерий Лъенара– Шипара.
42. Годограф КЧХ и диаграмма Найквиста разомкнутой системы. Характеристическое уравнение замкнутой системы.
43. Формулировка критерия устойчивости Найквиста.
44. Анализ устойчивости по диаграмме Найквиста разомкнутой системы.
45. Анализ устойчивости по диаграмме Боде разомкнутой системы.
46. Наиболее важные группы показателей качества регулирования.
47. Параметры переходного процесса при воздействии тестовых входных сигналов.
48. Ошибка регулирования и коэффициенты ошибок в установившихся режимах.
49. Интегральные абсолютные показатели качества регулирования.
50. Интегральные относительные показатели качества регулирования.

## **7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

а) основная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Математические методы теории управления. Проблемы устойчивости, управляемости и наблюдаемости [Электронный ресурс] / Ильин А.В., Емельянов С.В., Коровин С.К., Фомичев В.В., Фурсов А.С. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2014. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922115445.html>.

2. Борисевич, А. В. Теория автоматического управления: элементарное введение с применением MATLAB [Электронный ресурс] / А. В. Борисевич. – М.: Инфра-М, 2014. – 200 с. – ISBN 978-5-16-101828-6 (online). – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=470329>.

3. Теория автоматического регулирования / Глазырин Г.В. – Новосиб.: НГТУ, 2014. – 168 с.: ISBN 978-5-7782-2473-5. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=558731>.

4. Автоматическое регулирование в электрических системах/ Шойко В.П. – Новосиб.: НГТУ, 2012. – 195 с.: ISBN 978-5-7782-1909-0. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546048>.

б) дополнительная литература (фонд библиотеки ВлГУ и электронные библиотечные системы со свободным доступом для сотрудников и студентов ВлГУ):

1. Автоматическое управление: Учебное пособие / А.М. Петрова. – М.: Форум, 2010. – 240 с.: ил.; 60x90 1/16. – (Профессиональное образование). (переплет). – ISBN 978-5-91134-418-4. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=195454>.

2. Управление техническими системами: учеб. пособие / Е.Б. Бунько, К.И. Меша, Е.Г. Мурачев и др.; Под ред. В.И. Харитонов. – М.: Форум, 2010. – 384 с.: ил.; 60x90 1/16. – (Профессиональное образование). (переплет). – ISBN 978-5-91134-278-4. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=188363>.

3. Устойчивость электрических систем/ Долгов А.П. - Новосиб.: НГТУ, 2010. - 176 с.: ISBN 978-5-7782-1320-3. – <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=546337>.

в) периодические издания (фонд библиотеки ВлГУ):

1. Журнал «Автоматика и телемеханика».
2. Журнал «Мехатроника, автоматизация, управление».
3. Журнал «Проектирование и технология электронных средств».
4. Журнал «Электричество».
5. Журнал «Электро. Электротехника. Электротехническая промышленность».
6. Журнал «Электротехника».

г) Internet-ресурсы:

1. [http://www.infoterra.ru/oty/books/files/tau\\_dlya\\_chainikov.pdf](http://www.infoterra.ru/oty/books/files/tau_dlya_chainikov.pdf)
2. <http://window.edu.ru/resource/619/47619/files/susu26.pdf>
3. <http://www.novsu.ru/file/143723>
4. [http://portal.tpu.ru/SHARED/d/DYADIK/study/tau/Tab/posobie\\_tau.pdf](http://portal.tpu.ru/SHARED/d/DYADIK/study/tau/Tab/posobie_tau.pdf)
5. <http://tau-predmet.narod.ru/>



## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекции читаются в аудиториях кафедры ЭтЭн, оборудованных электронными проекторами (ауд. 520-3, 522-3, 517-3), с использованием комплекта слайдов.

Для выполнения контрольной работы и подготовки к практическим занятиям, а также для выполнения лабораторной работы студенты могут воспользоваться компьютерным классом кафедры ЭтЭн (лаб. 519-3; 16 компьютеров) с применением офисного и математического ПО. Основным математическим ПО является система инженерных и научных расчётов MATLAB. Кроме ядра этой системы на компьютерах лаб. 519-3 установлены также пакеты расширения, применяемые для выполнения операций с передаточными функциями и другими формами представления динамических свойств объектов: Symbolic Math Toolbox и Control System Toolbox. Установлена также подсистема MATLAB для структурного моделирования динамических систем (Simulink), позволяющая наглядно имитировать их переходные и установившиеся режимы.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

Рабочую программу составил: Шмелёв В.Е., к.т.н., доцент кафедры «Электротехника и электроэнергетика» (ЭтЭн).

*В.Е. Шмелёв*

Рецензент: Начальник проектного отдела ООО "МФ-Электро"

Чебрякова Ю.С.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ЭтЭн

Протокол № 2 от 02.10.2015.

Заведующий кафедрой

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» 2 октября 2015 года.

Протокол № 2 от 02.10.2015.

Председатель комиссии

*Сбитнев*

Сбитнев С.А.