

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра техники и электрофизики высоких напряжений

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЭН

к.э.н. Чернов С. С.

“ ____ ” _____ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
Случайные процессы в электроэнергетике

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская
программа: Техника и электрофизика высоких напряжений

Курс: 1, семестр : 1

Факультет энергетики,

		Семестр
№	Вид деятельности	1
1	Всего зачетных единиц (кредитов)	2
2	Всего часов	72
3	Всего занятий в контактной форме, час.	42
4	Лекции, час.	0
5	Практические занятия, час.	18
6	Лабораторные занятия, час.	18
7	из них в активной и интерактивной форме, час.	36
8	Аттестация, час.	2
9	Консультации, час.	4
10	Самостоятельная работа, час.	30
11	Виды самостоятельной работы (курсовой проект, курсовая работа, РГЗ, подготовка к контрольной работе)	РГЗ
12	Вид аттестации	3

Рабочая программа составлена на основании федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

ФГОС введен в действие приказом №1500 от 21.11.2014 г. , дата утверждения: 11.12.2014 г.

Место дисциплины в структуре учебного плана: Блок 1, вариативная, по выбору студента

Рабочая программа разработана на основе компетентностной модели выпускника по направлению (специальности): 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

ТЭВН, протокол заседания кафедры № 9 от 20.06.2017

Утверждена на совете факультета энергетики, протокол № 9 от 21.06.2017

Программу разработал:

доцент, к.т.н. Петрова Н. Ф.

Заведующий кафедрой:

доцент, к.т.н. Лавров Ю. А.

Ответственный за образовательную программу:

доцент Лавров Ю. А.

1. Внешние требования

Таблица 1.1

Компетенция НГТУ: ПК.33.В/НИ способность понимать и применять современный математический аппарат для описания процессов в электроэнергетике; в части следующих результатов обучения:	
з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	
у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	

2. Требования НГТУ к результатам освоения дисциплины

Таблица 2.1

Результаты изучения дисциплины по уровням освоения (иметь представление, знать, уметь, владеть)	Формы организации занятий
<i>Случайные процессы в электроэнергетике</i>	
ПК.33.В/НИ.з1/НИ знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	
1.знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	Практические занятия; Самостоятельная работа
ПК.33.В/НИ.у1/НИ уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	
2.уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Практические занятия; Лабораторные работы; Самостоятельная работа

3. Содержание и структура учебной дисциплины

Таблица 3.1

Темы лабораторных работ	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Статистика случайных процессов				
9. Выбросы случайных процессов. Числовые характеристики случайного числа выбросов за заданный уровень в течение определенного интервала времени. Числовые характеристики времени, в течение которого случайный процесс определенной длительности превышает заданный уровень.	6	6	2	Лабораторная работа

10. Определение характеристик случайных процессов по данным опытов. Оценка математического ожидания случайного процесса, состоятельность, несмещенность и эффективность оценки. Оценка математического ожидания процесса по нескольким его реализациям при различных временах их регистрации (неравноточные выборки). Статистическая оценка корреляционной функции процесса. Определение закона распределения случайной ординаты случайного процесса. Оценка спектральной плотности процесса.	4	4	2	Лабораторная работа
11. Спектральная плотность стационарных случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Преобразования Хинчина-Винера. Спектральная плотность как энергетическая характеристика случайного процесса. Двухстороннее преобразование Лапласа. Связь между спектральной плотностью, записанной в операторной форме, и корреляционной функцией.	4	4	2	Лабораторная работа
12. Преобразования случайных процессов. Линейные операторы и их воздействия на случайные процессы. Линейные преобразования случайных стационарных процессов при использовании понятия спектральной плотности.	4	4	2	Лабораторная работа

Таблица 3.2

Темы практических занятий	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Теория случайных процессов				
1. Введение. Цель и задачи раздела курса. Применение ТСП при решении практических задач из области электротехники и электроэнергетики.	2	2	1, 2	Практика

2. Основные понятия теории случайных процессов. Случайные процессы и способы их характеристик. Основные свойства математического ожидания и корреляционной функции.	2	2	1, 2	Практика
3. Классификация случайных процессов. Стационарные процессы. Эргодические процессы. Нормальные случайные процессы. Марковские процессы. Задачи, решаемые с помощью теории случайных процессов.	2	2	1, 2	Практика
4. Спектральная плотность стационарных случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Преобразования Хинчина-Винера. Спектральная плотность как энергетическая характеристика случайного процесса. Двухстороннее преобразование Лапласа. Связь между спектральной плотностью, записанной в операторной форме, и корреляционной функцией.	2	2	1, 2	Практика
5. Преобразования случайных процессов. Линейные операторы и их воздействия на случайные процессы. Линейные преобразования случайных стационарных процессов при использовании понятия спектральной плотности.	4	4	1, 2	Практика
6. Применение теории стационарных процессов к решению задач, связанных с анализом и синтезом динамических систем. Задача анализа динамической системы. Определение оптимальной линейной системы при заданной её структуре. Уравнение Винера-Хопфа и метод его решения. Пример оптимального фильтра.	4	4	1, 2	Практика
7. Некоторые нелинейные задачи теории случайных процессов. Метод статистической линеаризации. Исследование точности нелинейных систем.	2	2	1, 2	Практика

Таблица 3.3

Темы для самостоятельного изучения	Активные формы, час.	Часы	Ссылки на результаты обучения	Учебная деятельность
Семестр: 1				
Дидактическая единица: Теория случайных процессов				
1. Определение дисперсии процесса на выходе линейной системы при воздействии на её входе стационарного процесса $X(t)$, характеризуемого корреляционной функцией $K_{XX}(\tau)$, при использовании понятия спектральной плотности процесса.	0	4	1, 2	Решение задач
2. Определение математического ожидания, корреляционной функции и дисперсии заданного случайного процесса.	0	4	1, 2	Решение задач
3. Определение постоянной времени линейной системы, отвечающее минимуму дисперсии ошибки на выходе этой системы.	0	4	1, 2	Решение задач
4. Определить оптимальную передаточную функцию линейной системы, на вход которой поступают полезный сигнал $X(t)$ и помеха $U(t)$, характеризующиеся корреляционными функциями $K_{XX}(\tau)$ и $K_{UU}(\tau)$, соответственно. Задана функция линейной системы.	0	4	1, 2	Решение задач
5. Определить математические ожидания числа выбросов стационарного нормального случайного процесса за заданный уровень s в течение времени T и времени пребывания процесса $X(t)$ за время T выше этого уровня. Заданы математическое ожидание и корреляционная функция стационарного процесса.	0	2	2	Решение задач
Дидактическая единица: Статистика случайных процессов				
6. Определить оценки математического ожидания, корреляционной функции и дисперсии стационарного эргодического процесса при наблюдении его единственной реализации в течение конечного интервала времени.	0	4	1, 2	Решение задач

4. Самостоятельная работа обучающегося

№	Виды самостоятельной работы	Ссылки на результаты обучения	Часы на выполнение	Часы на консультации
Семестр: 1				
1	РГЗ	1, 2	8	4
Расчет вероятности : Аркашов Н. С. Теория вероятностей и случайные процессы : [учебное пособие для нематематических специальностей вузов] / Н. С. Аркашов, А. П. Ковалевский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 237 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192879 Кадомская К. П. Основы теории случайных процессов : сборник задач для студентов 5 курса и магистрантов факультета энергетики / К. П. Кадомская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 25 с. : ил.				
2	Подготовка к занятиям	1, 2	0	0
: Аркашов Н. С. Теория вероятностей и случайные процессы : [учебное пособие для нематематических специальностей вузов] / Н. С. Аркашов, А. П. Ковалевский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 237 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192879 Кадомская К. П. Основы теории случайных процессов : сборник задач для студентов 5 курса и магистрантов факультета энергетики / К. П. Кадомская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 25 с. : ил. Никитина Н. Ш. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / Н. Ш. Никитина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000175434 . - Загл. с этикетки диска.				
3	Самостоятельное изучение теоретического материала	1, 2	22	0
Студент изучает темы, приведенные в таблице 3.3 : Аркашов Н. С. Теория вероятностей и случайные процессы : [учебное пособие для нематематических специальностей вузов] / Н. С. Аркашов, А. П. Ковалевский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 237 с. : ил., табл.. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192879 Кадомская К. П. Основы теории случайных процессов : сборник задач для студентов 5 курса и магистрантов факультета энергетики / К. П. Кадомская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 25 с. : ил.				

5. Технология обучения

Для организации и контроля самостоятельной работы обучающихся, а также проведения консультаций применяются информационно-коммуникационные технологии (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Деятельность	Информационно-коммуникационные технологии
Информирование	Портал НГТУ
Размещение учебных материалов	ЭБС

6. Правила аттестации обучающихся по учебной дисциплине

Для аттестации обучающихся по дисциплине используется балльно-рейтинговая система (БРС), позволяющая выставять оценки по традиционной шкале и 15-уровневой ECTS. Краткая информация о БРС приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Оцениваемые виды деятельности обучающихся	Максимальный балл
---	-------------------

Семестр: 1	
<i>Практические занятия:</i>	20
<i>Контрольные работы:</i>	20
<i>РГЗ:</i>	20
<i>Экзамен:</i>	40

В таблице 6.2 представлено соответствие форм контроля заявляемым требованиям к результатам освоения дисциплины.

Таблица 6.2

Коды компетенций ФГОС	Результаты обучения	Формы контроля	
		Защита РГЗ	Зачет
	ПК.33.В/НИ з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	+	+
	ПК.33.В/НИ у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем		+

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в приложении № 1 к рабочей программе.

7. Литература

Основная литература

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей : учебник для вузов. - М., 2006. - 575 с. : ил., табл.

Дополнительная литература

1. Кадомская К. П. Основы теории случайных процессов : сборник задач для студентов 5 курса и магистрантов факультета энергетики / К. П. Кадомская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - 25 с. : ил.
2. Кадомская К. П. Основы теории случайных процессов : [учебное пособие для студентов 5 курса и магистрантов факультета энергетики] / К. П. Кадомская ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 1999. - 67 с. : ил.

Интернет-ресурсы

1. ЭБС НГТУ : <http://elibrary.nstu.ru/>
2. ЭБС «Издательство Лань» : <https://e.lanbook.com/>
3. ЭБС IPRbooks : <http://www.iprbookshop.ru/>
4. ЭБС "Znaniy.com" : <http://znaniy.com/>
5. :

8. Методическое и программное обеспечение

8.1 Методическое обеспечение

1. Аркашов Н. С. Теория вероятностей и случайные процессы : [учебное пособие для нематематических специальностей вузов] / Н. С. Аркашов, А. П. Ковалевский ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2014. - 237 с. : ил., табл. - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000192879

2. Никитина Н. Ш. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс] : учебно-методический комплекс / Н. Ш. Никитина ; Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Режим доступа: http://elibrary.nstu.ru/source?bib_id=vtls000175434. - Загл. с этикетки диска.

8.2 Специализированное программное обеспечение

1 Microsoft Windows

2 Microsoft Office

9. Материально-техническое обеспечение

Презентационное оборудование

№	Наименование	Назначение
1	Презентационное оборудование (мультимедиа-проектор, экран, компьютер для управления)	Для чтения лекций

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Кафедра техники и электрофизики высоких напряжений

“УТВЕРЖДАЮ”
ДЕКАН ФЭН
к.э.н., доцент С.С. Чернов
“ ” _____ г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Случайные процессы в электроэнергетике

Образовательная программа: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника, магистерская
программа: Техника и электрофизика высоких напряжений

Обобщенная структура фонда оценочных средств учебной дисциплины

Тема	Код формируемой компетенции	Знания/умения	Контролирующее мероприятие
Преобразования случайных процессов. Линейные операторы и их воздействия на случайные процессы. Линейные преобразования случайных стационарных процессов при использовании понятия спектральной плотности.	ПК.3/НИ	з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	Зачет, вопросы 7-8
Основные понятия теории случайных процессов. Случайные процессы и способы их характеристик. Основные свойства математического ожидания и корреляционной функции.		з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	Зачет, вопросы 1-4
Спектральная плотность стационарных случайных процессов. Понятие спектральной плотности. Преобразования Хинчина-Винера. Спектральная плотность как энергетическая характеристика случайного процесса. Двухстороннее преобразование Лапласа. Связь между спектральной плотностью, записанной в операторной форме, и корреляционной функцией.		з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики	Зачет, вопросы 5-6
Определение характеристик случайных процессов по данным опытов. Оценка математического ожидания случайного процесса, состоятельность, несмещенность и эффективность оценки. Оценка математического ожидания процесса по нескольким его реализациям при различных временах их регистрации (неравноточные выборки). Статистическая оценка корреляционной функции процесса. Определение закона распределения случайной ординаты случайного процесса. Оценка спектральной плотности процесса.		з1/НИ. знать основные законы изменения случайных величин и случайных процессов, их характеристики у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 15-18
Определить оценки математического ожидания, корреляционной функции и дисперсии стационарного эргодического процесса при наблюдении его единственной реализации в течение конечного интервала времени.		у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 11-13
Определить оптимальную передаточную функцию линейной системы, на вход которой поступают полезный сигнал $X(t)$ и помеха $U(t)$, характеризующиеся корреляционными функциями $K_{XX}(t)$ и $K_{UU}(t)$, соответственно. Задана функция линейной системы.	ПК.3/НИ	у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 11-13
Определение постоянной времени линейной системы, отвечающее минимуму дисперсии ошибки на выходе этой системы.		у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 11-13

Определение математического ожидания, корреляционной функции и дисперсии заданного случайного процесса.		у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 4-9
Определение дисперсии процесса на выходе линейной системы при воздействии на её входе стационарного процесса $X(t)$, характеризуемого корреляционной функцией $K_{XX}(t)$, при использовании понятия спектральной плотности процесса.		у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 7-8
Определить математические ожидания числа выбросов стационарного нормального случайного процесса за заданный уровень s в течение времени T и времени пребывания процесса $X(t)$ за время T выше этого уровня. Заданы математическое ожидание и корреляционная функция стационарного процесса.		у1/НИ. уметь применять математический аппарат к решению задач, связанных с анализом, синтезом и оптимизацией динамических систем	Зачет, вопросы 13-14

Форма билета для теоретического зачета

Дисциплина Случайные процессы в электроэнергетике
(наименование дисциплины)

БИЛЕТ № 1

- 1 Случайные события, случайные величины, случайные процессы и их основные вероятностные характеристики
- 2 Решение уравнения Винера-Хопфа для определения оптимальной передаточной функции линейной динамической системы
- 3 Задана спектральная плотность стационарного эргодического процесса. Определить корреляционную функцию этого процесса

Составитель _____ Н.Ф.Петрова

Заведующий кафедрой _____ Ю.А.Лавров

« ____ » _____ 20 г.

Критерии оценки

Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если студент дает определение основных понятий, знает формулировку основных теорем и аксиом, владеет элементарными знаниями в теории вероятностей, оценка составляет 10 баллов.

Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если студент формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику случайных процессов, проводит анализ и синтез динамических систем, оценка составляет 30 баллов.

Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент способен доказывать теоремы, проводить статистическую оценку, выводить формулы для расчета, делать выводы об адекватности принимаемой модели истинной функциональной связи, оценка составляет 60 баллов.

Экзамен считается сданным, если сумма баллов по всем вопросам составляет не менее 25 баллов (из 60 возможных). Сумма баллов в общей оценке по дисциплине, определяется Правилами аттестации.

Вопросы к зачету по дисциплине «Случайные процессы в электроэнергетике»

1. Случайные события, случайные величины, случайные процессы и их основные вероятностные характеристики
2. Стационарные и эргодические процессы. Основные условия стационарности и эргодичности. Пример стационарного, но не эргодического процесса.
3. Определение стационарности случайного процесса в узком и широком смыслах
4. Основные характеристики случайных процессов и их свойства
5. Понятия спектральной и операторной плотности стационарного случайного процесса
6. Физический смысл понятия спектральной плотности
7. Основные свойства линейных операторов. Математическое ожидание и корреляционная функция на выходе линейной динамической системы.
8. Применение понятия спектральной плотности при определении основных характеристик стационарного процесса на выходе линейной системы
9. Содержание задач анализа и синтеза линейных динамических систем при воздействии на их входы полезного сигнала и помехи.
10. Оптимизация параметров линейной системы, исходя из выбранного критерия оптимизации (можно на примере решения задачи фильтрации помехи).
11. Вывод уравнения Винера-Хопфа для определения оптимальной передаточной функции линейной системы
12. Решение уравнения Винера-Хопфа для определения оптимальной передаточной функции линейной динамической системы
13. Определение математических ожиданий числа выбросов случайного процесса за заданный уровень C в течение времени T и времени превышения этого уровня
14. Задачи статистики случайных процессов
15. Определение статистической оценки математического ожидания случайного процесса. Математическое ожидание стационарного процесса, определяемого по одной или несколькими реализациям процесса.
16. Статистическая оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса.
17. Статистическая оценка спектральной плотности случайного процесса.
18. Статистическая оценка закона распределения ординаты случайного процесса.

Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

Дисциплина Случайные процессы в электроэнергетике
(наименование дисциплины)

1. Для заданного случайного процесса $X(t)$ определить $K_{XX}(t_1, t_2)$.
2. Задана спектральная плотность стационарного эргодического процесса. Определить корреляционную функцию этого процесса.
3. Задана корреляционная функция стационарного эргодического процесса. Определить спектральную плотность этого процесса.
4. Случайный процесс $Y(t)$ функционально связан со случайным процессом $X(t)$. Заданы числовые характеристики процесса $X(t)$. Определить числовые характеристики процесса $Y(t)$ (математическое ожидание, корреляционную функцию и дисперсию).
5. Стационарные эргодические случайные процессы на входе ($X(t)$) и выходе ($Y(t)$) динамической системы связаны между собой дифференциальным уравнением. Заданы либо корреляционная функция процесса $X(t)$, либо его спектральная плотность $S_{XX}(p)$. Определить $K_{YY}(\tau)$ и D_Y .

Критерии оценки

Ответ засчитывается на **пороговом** уровне, если студент дает определение основных понятий, знает формулировку основных теорем и аксиом, владеет элементарными знаниями в теории вероятностей, оценка составляет 10 баллов.

Ответ засчитывается на **базовом** уровне, если студент формулирует основные гипотезы, законы, дает характеристику случайных процессов, проводит анализ и синтез динамических систем, оценка составляет 30 баллов.

Ответ засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент способен доказывать теоремы, проводить статистическую оценку, выводить формулы для расчета, делать выводы об адекватности принимаемой модели истинной функциональной связи, оценка составляет 60 баллов.

За выполнение каждого раздела РГР студент получает по 4 балла. Итого за выполнение РГР начисляется максимум 20 баллов. РГР считается сданным, если сумма баллов на защите по всем вопросам составляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

Паспорт зачета

по дисциплине «Случайные процессы в электроэнергетике»

1. Методика оценки

Зачет проводится в письменной форме, по билетам. Билет формируется по следующему правилу: первый вопрос выбирается из диапазона вопросов 1...10, второй вопрос из диапазона вопросов 11...18 (список вопросов приведен ниже). В ходе экзамена преподаватель вправе задавать студенту дополнительные вопросы из общего перечня.

Форма билета для зачета

НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
Факультет ФЭН

Билет № _____

к зачету по дисциплине «Случайные процессы в электроэнергетике»

1. Случайные события, случайные величины, случайные процессы и их основные вероятностные характеристики
2. Определение математических ожиданий числа выбросов случайного процесса за заданный уровень C в течение времени T и времени превышения этого уровня
3. Задача Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dY(t)}{dt} + bY(t) = X(t)$.
Корреляционная функция стационарного процесса на входе имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$.
Записать выражение для $D[Y]$.

Утверждаю: зав. кафедрой ТЭВН _____ доцент Лавров Ю.А.
(подпись)

(дата)

2. Критерии оценки

- Ответ на билет для зачета считается **неудовлетворительным**, если студент при ответе на вопросы не дает определений основных понятий, при решении задачи допускает принципиальные ошибки, оценка составляет 0 баллов.
- Ответ на билет для зачета засчитывается на **пороговом** уровне, если студент при ответе на вопросы дает определение основных понятий, при решении задачи допускает не принципиальные ошибки, например, вычислительные, оценка составляет 5 баллов.
- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **базовом** уровне, если студент при ответе на вопросы формулирует основные понятия, законы, дает характеристику процессов, явлений, проводит анализ причин, условий, может представить

качественные характеристики процессов, не допускает ошибок при решении задачи, оценка составляет 10 *баллов*.

- Ответ на билет (тест) для зачета билет засчитывается на **продвинутом** уровне, если студент при ответе на вопросы проводит сравнительный анализ подходов, проводит комплексный анализ, выявляет проблемы, предлагает механизмы решения, способен представить количественные характеристики определенных процессов, приводит конкретные примеры из практики, не допускает ошибок и способен обосновать выбор метода решения задачи, оценка составляет 20 *баллов*.

3. Шкала оценки

Зачет считается сданным, если сумма баллов по всем заданиям билета оставляет не менее 10 баллов (из 20 возможных).

В общей оценке по дисциплине **баллы за зачет** учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.

4. Вопросы **к зачету** по дисциплине **«Случайные процессы в электроэнергетике»**

1. Случайные события, случайные величины, случайные процессы и их основные вероятностные характеристики
2. Стационарные и эргодические процессы. Основные условия стационарности и эргодичности. Пример стационарного, но не эргодического процесса.
3. Определение стационарности случайного процесса в узком и широком смыслах
4. Основные характеристики случайных процессов и их свойства
5. Понятия спектральной и операторной плотности стационарного случайного процесса
6. Физический смысл понятия спектральной плотности
7. Основные свойства линейных операторов. Математическое ожидание и корреляционная функция на выходе линейной динамической системы.
8. Применение понятия спектральной плотности при определении основных характеристик стационарного процесса на выходе линейной системы
9. Содержание задач анализа и синтеза линейных динамических систем при воздействии на их входы полезного сигнала и помехи.
10. Оптимизация параметров линейной системы, исходя из выбранного критерия оптимизации (можно на примере решения задачи фильтрации помехи).
11. Вывод уравнения Винера-Хопфа для определения оптимальной передаточной функции линейной системы
12. Решение уравнения Винера-Хопфа для определения оптимальной передаточной функции линейной динамической системы

13. Определение математических ожиданий числа выбросов случайного процесса за заданный уровень C в течение времени T и времени превышения этого уровня
14. Задачи статистики случайных процессов
15. Определение статистической оценки математического ожидания случайного процесса. Математическое ожидание стационарного процесса, определяемого по одной или несколькими реализациям процесса.
16. Статистическая оценка корреляционной функции стационарного случайного процесса.
17. Статистическая оценка спектральной плотности случайного процесса.
18. Статистическая оценка закона распределения ординаты случайного процесса.

Задачи, содержащиеся в экзаменационных билетах к зачету

1. Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dY(t)}{dt} + bY(t) = X(t)$. Корреляционная функция стационарного процесса на входе имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$. Записать выражение для $D[Y]$.
2. Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dY(t)}{dt} + aY(t) = X(t)$. На вход системы поступает сигнал в виде белого шума ($S_{xx}(p) = c^2$, процесс $X(t)$ – стационарный). Записать выражение для $D[Y]$.
3. Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{d^2Y(t)}{dt^2} + 8\frac{dY(t)}{dt} + 7 \cdot Y(t) = X(t)$. Корреляционная функция стационарного процесса на входе системы имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$. Определить $D[Y]$.
4. Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dY(t)}{dt} + 3Y(t) = X(t)$. Корреляционная функция стационарного процесса на входе имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$ ($D_x = \alpha = 1$). Записать выражение для $D[Y]$.
5. Случайные стационарные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим соотношением: $Y(t) = X(t + \tau)$. Корреляционная функция стационарного процесса на входе системы имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha|\tau|}$. Определить $D[Y]$.

6. Корреляционная функция стационарного процесса $X(t)$ имеет вид $K_{xx}(\tau) = \sum_{j=1} b_j e^{-a_j |\tau|}$. Определить операторную спектральную плотность $S_{xx}(p)$.
7. Случайные стационарные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dX(t)}{dt} = Y(t)$. Спектральная операторная плотность стационарного процесса на входе системы задана в виде: $S_{xx}(p) = \frac{b^2}{(a^2 - p^2)^2}$. Определить $D[Y]$.
8. Случайные процессы на выходе $Y(t)$ и входе $X(t)$ динамической системы связаны между собой следующим дифференциальным уравнением $\frac{dY(t)}{dt} + aY(t) = X(t)$. Корреляционная функция стационарного процесса на входе имеет вид $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha |\tau|}$. Записать выражение для $D[Y]$.
9. Определить корреляционную функцию случайного процесса $K_{xx}(t_1, t_2)$, если $X(t) = \sum_{j=1}^n (A_j \cos \omega_j t + B_j \sin \omega_j t)$, ω_j - не случайная величина, $M[A_j] = M[B_j] = 0$; $D[A_j] = D[B_j] = \sigma_j^2$.
10. Определить корреляционную функцию случайного процесса $K_{xx}(t_1, t_2)$, если $X(t) = Ae^{-\lambda t}$, λ - не случайная величина, $M[A] = 0$; $D[A] \neq 0$.
11. Определить $M[Y(t)]$, $D[Y(t)]$, и $K_{yy}(t_1, t_2)$, случайного процесса $Y(t) = a(t)X(t) + b(t)$; $a(t)$ и $b(t)$ - не случайные процессы; $M[X(t)]$, $D[X(t)]$ - заданы.
12. Определить дисперсию стационарного процесса $Y(t)$ на выходе линейной динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением: $\frac{dY(t)}{dt} + 4Y(t) = X(t)$, если корреляционная функция процесса на входе системы $X(t)$ имеет вид: $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha |\tau|}$.
13. Определить корреляционную функцию на выходе линейной динамической системы $K_{yy}(\tau)$, если $Y(t) = \frac{dX(t)}{dt}$ и $K_{xx}(\tau) = Ae^{-\alpha |\tau|}(1 + \alpha |\tau|)$.
14. Определить дисперсию стационарного процесса $Y(t)$ на выходе линейной динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением: $a_0 \frac{dY(t)}{dt} + a_1 Y(t) = b_0 X(t)$, ($a_1 / a_0 > 0$), если процесс на входе системы $X(t)$ представляет собой белый шум.
15. Определить дисперсию стационарного процесса $Y(t)$ на выходе линейной динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением: $\frac{dY(t)}{dt} + 2Y(t) = \frac{dX(t)}{dt} + 3X(t)$, если корреляционная функция процесса на входе системы $X(t)$ - $K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha |\tau|}$ ($D_x = \alpha = 1$).

16. Задана спектральная плотность стационарного случайного процесса:

$$S_{xx}(\omega) = \begin{cases} a & -b < \omega < b, \\ 0 & |\omega| > b. \end{cases} \text{ . Определить корреляционную функцию процесса } K_{xx}(\tau) \text{ .}$$

17. Задана спектральная плотность стационарного случайного процесса:

$$S_{xx}(\omega) = \begin{cases} c^2 & \text{при } -\omega_0 \leq \omega \leq \omega_0 \\ 0 & \text{при } |\omega| > \omega_0 \end{cases} \text{ . Определить корреляционную функцию процесса}$$

$$K_{xx}(\tau) \text{ .}$$

18. Задана корреляционная функция стационарного случайного процесса:

$$K_{xx}(\tau) = \begin{cases} D_x(1-|\tau|), & \text{при } |\tau| \leq 1, \\ 0 & \text{при } |\tau| > 1. \end{cases} \text{ . Определить спектральную плотность процесса}$$

$$S_{xx}(\omega) \text{ .}$$

19. Задана корреляционная функция стационарного случайного процесса на входе

$$\text{линейной динамической системы } Y(t) = b \frac{dX(t)}{dt}, \quad K_{xx}(\tau) = D_x e^{-\alpha \tau^2} \text{ . Определить}$$

$$\text{корреляционную функцию процесса } K_{yy}(\tau) \text{ .}$$

20. Задана корреляционная функция стационарного случайного процесса:

$$K_{xx}(\tau) = \begin{cases} D_x(1-0.5|\tau|), & \text{при } |\tau| \leq 2, \\ 0 & \text{при } |\tau| > 2. \end{cases} \text{ . Определить спектральную плотность процесса}$$

$$S_{xx}(\omega) \text{ .}$$

Паспорт расчетно-графического задания

по дисциплине «Случайные процессы в электроэнергетике»

1. Методика оценки

В рамках расчетно-графического задания по дисциплине студенты найти оптимальную передаточную функцию линейной системы, представляющую собой фильтр с упреждением.

При выполнении расчетно-графического задания студенты должны решить уравнение Винера-Хопфа, позволяющее получить выражение для оптимальной передаточной функции линейной системы, обеспечивающей минимум дисперсии ошибки на выходе системы

Критерии оценки

- Работа считается не выполненной, если выполнены не все части РГЗ, отсутствует расчет по приведенным выражениям, аппаратные средства не выбраны или не соответствуют современным требованиям, оценка составляет 0 баллов.
- Работа считается выполненной на пороговом уровне, если части РГЗ выполнены формально: произведен расчет по предоставленным формулам без анализа полученных результатов, оценка составляет 5 баллов.
- Работа считается выполненной на базовом уровне, если найдена оптимальная передаточная функция, оценка составляет 10 баллов.
- Работа считается выполненной на продвинутом уровне, если найдена оптимальная передаточная функция, проведен анализ полученных результатов, сделаны выводы по работе, оценка составляет 20 баллов.

2. Шкала оценки

В общей оценке по дисциплине баллы за РГЗ(Р) учитываются в соответствии с правилами балльно-рейтинговой системы, приведенными в рабочей программе дисциплины.