

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП ВО
профессор В.А. Шпенст

Проректор по образовательной
деятельности
Д.Г. Петраков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

УСТОЙЧИВОСТЬ УЗЛОВ НАГРУЗКИ

Уровень высшего образования: Магистратура

Направление подготовки: 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

Направленность (профиль): Системы электроснабжения

Квалификация выпускника: Магистр

Форма обучения: очная

Составитель: доц. Т.Е. Минакова

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Устойчивость узлов нагрузки» разработана:

- в соответствии с требованиями ФГОС ВО – магистратура по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки России № 147 от 28.02.2018 г.;

- на основании учебного плана магистратуры по направлению «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника» направленность (профиль) «Системы электроснабжения».

Составитель _____ к.т.н., доц. Т.Е. Минакова

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры электроэнергетики и электромеханики от 30.01.2023 г., протокол № 09/03.

Заведующий кафедрой _____ к.т.н., доц. С.В. Бабурин

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины «Устойчивость узлов нагрузки» – формирование профессиональных компетенций и использование углубленных теоретических и практических знаний в области устойчивости особых режимов электроэнергетических систем, получение инженерных знаний в области расчета параметров режимов и оценки их устойчивости, а так же определение возможностей самозапуска двигательной нагрузки.

Основные задачи дисциплины:

- классификация особых режимов и теоретические основы исследования устойчивости;
 - модели электрических машин в исследованиях переходных режимов;
 - расчеты особого режима узлов нагрузки – самозапуска электродвигателей
- анализ аварий в энергосистемах мира и способы улучшения устойчивости.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Устойчивость узлов нагрузки» относится к дисциплинам (модулям) по выбору Блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки «13.04.02 Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) «Системы электропитания» и изучается в 3 семестре.

Дисциплина «Устойчивость узлов нагрузки» является основополагающей для изучения специальных дисциплин «Топология систем электроснабжения промышленных предприятий», «Программное обеспечение для решения задач электроэнергетики», а также выполнения исследований для успешного прохождения Преддипломной практики и выполнения и защиты магистерской диссертации.

Особенностью дисциплины является то, что она охватывает комплекс проблем, имеющих отношение к развитию электротехнических наук и направлена на овладение методами научно-исследовательской работы и умелое их применение.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Устойчивость узлов нагрузки» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Код и наименование индикатора достижения компетенции
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен организовывать эксплуатацию систем электроснабжения	ПКС-3.	ПКС-3.1. Организует эксплуатацию и ремонт электроэнергетического и электротехнического оборудования.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3 зачётных единиц, 108 ак. часов.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		3
Аудиторная работа, в том числе:	54	54
Лекции (Л)	9	9
Практические занятия (ПЗ)	27	27
Лабораторные работы (ЛР)	18	18
Самостоятельная работа студентов (СРС), в том числе:	54	54
Выполнение курсовой работы (проекта)	30	30
Расчетно-графическая работа (РГР)	-	-
Реферат	-	-
Подготовка к практическим занятиям	14	14
Подготовка к лабораторным занятиям	10	10
Промежуточная аттестация – дифф. зачет (ДЗ) / зачет (З) / экзамен (Э)		ДЗ
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час.	108	108
зач. ед.	3	

4.2. Содержание дисциплины

Учебным планом предусмотрены: лекции, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий				
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа студента, в том числе курсовая работа (проект)
Раздел 1. Классификация особых режимов и теоретические основы исследования устойчивости	18	2	6	-	10
Раздел 2. Модели электрических машин в исследованиях переходных режимов	28	2	6	6	14
Раздел 3. Расчеты статической и динамической устойчивости в особых режимах	34	3	9	6	16
Раздел 4. Расчеты особого режима нагрузки – самозапуска электродвигателей	28	2	6	6	14
Итого:	108	9	27	18	54

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	История дисциплины, термины и определения, модели, уравнения, схемы замещения, классы	2

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		<p>точности в расчетах устойчивости. Особые режимы. Статическая устойчивость многомашинной системы. Собственные и взаимные сопротивления. Мощности. Максимальные и предельные нагрузки. Анализ аварий в энергосистемах мира и способы улучшения устойчивости</p>	
2	Раздел 2	<p>Модели электрических машин, подходы к решению дифференциальных уравнений. Учет электромагнитных переходных процессов при анализе статической устойчивости. Методы анализа. Критерии статической устойчивости. Статическая устойчивость при АРВ. Анализ статической устойчивости при регуляторах пропорционального и сильного действия. Учет электромагнитных переходных процессов при анализе динамической устойчивости. Учет форсировки возбуждения.</p>	2
3	Раздел 3	<p>Статическая устойчивость при продольной несимметрии. Статическая устойчивость при наличие линии постоянного тока. Лавина напряжения. Лавина частоты. Лавина перегрузок т отключения ЛЭП. Лавина асинхронных режимов. Самовозбуждение и самораскачивание в ЭЭС. Самовозбуждение двигателей.Динамическая устойчивость сложных систем. Методы анализа. Правила площадей и численный анализ динамической устойчивости. Анализ динамической устойчивости двухмашинной системы. Динамическая устойчивость при продольной несимметрии. Динамическая устойчивость при наличие линий постоянного тока. Устойчивость ЭЭС при наличие слабых связей. Асинхронные режимы и ресинхронизация. Результирующая устойчивость.</p>	3
4	Раздел 4	<p>Компенсация реактивной мощности и статическая устойчивость. Влияние процессов в нагрузке на устойчивость ЭЭС. Пуск и самозапуск электродвигателей Схема пуска этапы расчета. Расчет выбега электродвигателей с учетом и без учета электромагнитных переходных процессов. Оценка возможности пуска и самозапуска.. Расчет разгона асинхронного двигателя при пуске и самозапуске. Особенности рас-</p>	2

№ п/п	Разделы	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
		чета пуска и самозапуска синхронных электродвигателей. Способы и средства повышения устойчивости ЭЭС. Основные и дополнительные режимные мероприятия. Анализ аварий в энергосистемах мира. Программы расчета пуска и самозапуска ЭД. Способы обеспечения устойчивости двигательной нагрузки.	
Итого:			9

4.2.3. Практические занятия

№ п/п	Разделы	Тематика практических занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Модели электрических машин, методы решения систем дифференциальных уравнений режима электроэнергетической системы	6
2	Раздел 2	Учет электромагнитных переходных процессов при анализе устойчивости. Анализ статической и динамической устойчивости при регуляторах пропорционального и сильного действия	6
3	Раздел 3	Статическая устойчивость при продольной несимметрии. Динамическая устойчивость при продольной несимметрии	9
4	Раздел 4	Классификация режимов нагрузки. Расчет режимов пуска и самозапуска высоковольтных электрических двигателей	6
Итого:			27

4.2.4. Лабораторные работы

№ п/п	Разделы	Тематика лабораторных работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1		-
2	Раздел 2	Программы расчеты переходных и установившихся режимов работы электроэнергетической системы (RASTRWIN, MUSTANG). Моделирование и учет влияния систем возбуждения синхронных генераторов при расчетах установившихся и переходных режимов электроэнергетических систем	6
3	Раздел 3	Расчет статической устойчивости электроэнергетической системы. Расчет динамической устойчивости электроэнергетической системы при большом возмущении в заданной точке сети	6
4	Раздел 4	Расчет статической устойчивости работы автономной системы электроснабжения при пуске (самозапуске) мощных электри-	6

	ческих двигателей	
		Итого: 18

4.2.5. Курсовые работы

№ п/п	Темы курсовых работ
1	Исследование устойчивости режима работы части электроэнергетической системы 110 - 330 кВ
2	Исследование устойчивости режима автономной электроэнергетической системы 110 кВ

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся. Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цели практических занятий:

-совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Лабораторные работы. Цели лабораторных занятий:

-углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне дифф. зачета) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

Курсовая работа позволяет обучающимся развить навыки научного поиска.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Классификация особых режимов и теоретические основы исследования устойчивости

1. Особые режимы - классификация
2. Собственные и взаимные сопротивления.
3. Мощности и узловые токи при расчете режимов работы энергосистемы
4. Максимальные и предельные нагрузки.
5. Системная и противоаварийная автоматика и устойчивость.
6. Назначение и принципы действия противоаварийного управления в ЭЭС.
7. Программы расчета динамической устойчивости.

8. Способы и средства повышения устойчивости ЭЭС.
9. Основные, дополнительные режимные мероприятия по повышению устойчивости работы ЭЭС.

Раздел 2. Модели электрических машин в исследованиях переходных режимов

1. Модели электрических машин, подходы к решению дифференциальных уравнений.
2. Учет электромагнитных переходных процессов при анализе статической устойчивости.
3. Методы анализа установившихся и переходных процессов.
4. Критерии статической устойчивости.
5. Статическая устойчивость при АРВ.

Раздел 3. Расчеты статической и динамической устойчивости в особых режимах

1. Статическая устойчивость при продольной несимметрии.
2. Статическая устойчивость при наличии линии постоянного тока.
3. Лавина напряжения. Лавина частоты.
4. Лавина перегрузок при отключении нагруженных ЛЭП.
5. Лавина асинхронных режимов.
6. Компенсация реактивной мощности и статическая устойчивость.

Раздел 4. Расчеты особого режима нагрузки – самозапуска электродвигателей

1. Пуск и самозапуск электродвигателей
2. Устойчивость нагрузки при самозапуске мощных электродвигателей
3. Влияние процессов пуска и самозапуска на устойчивость ЭЭС.
4. Схемы пуска, этапы расчета.
5. Расчет выбега электродвигателей с учетом и без учета электромагнитных переходных процессов.
6. Статическая устойчивость многомашинной системы

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (дифф.зачета)

6.2.1. Примерный перечень вопросов к дифф.зачету:

1. Анализ статической устойчивости при регуляторах пропорционального и сильного действия.
2. Учет электромагнитных переходных процессов при анализе динамической устойчивости.
3. Учет форсировки возбуждения.
4. Самовозбуждение и самораскачивание в ЭЭС.
5. Самовозбуждение двигателей
6. Динамическая устойчивость сложных систем.
7. Методы анализа динамической устойчивости сложных систем.
8. Правило площадей и численный анализ динамической устойчивости.
9. Анализ динамической устойчивости двухмашинной системы.
10. Динамическая устойчивость при продольной несимметрии.
11. Динамическая устойчивость при наличии линий постоянного тока.
12. Устойчивость ЭЭС при наличии слабых связей.
13. Асинхронные режимы и ресинхронизация.
14. Результирующая устойчивость
15. Оценка возможности пуска и самозапуска.
16. Критерии возможности пуска двигателей.
17. Расчет разгона асинхронного двигателя при пуске и самозапуске.
18. Особенности расчета пуска и самозапуска синхронных электродвигателей.
19. Характеристики моментов и систем возбуждения
20. Анализ аварий в энергосистемах мира.
21. Программы расчета пуска и самозапуска электродвигателей.
22. Способы обеспечения устойчивости двигательной нагрузки
23. Модели электрических машин, подходы к решению дифференциальных уравнений.
24. Критерии статической устойчивости. Статическая устойчивость при АРВ.
25. Статическая устойчивость при продольной несимметрии.
26. Статическая устойчивость при наличии линии постоянного тока.
27. Анализ динамической устойчивости двухмашинной системы.

28. Динамическая устойчивость при продольной несимметрии.
29. Устойчивость ЭЭС при наличие слабых связей.
30. Асинхронные режимы и ресинхронизация.

6.2.2. Примерные тестовые задания к дифф.зачету

Вариант № 1

№ п/п	Вопрос	Варианты ответа
1.	Реакторный пуск мощного двигателя применяется для	<ol style="list-style-type: none"> 1. Снижения токов кз. 2. Повышения напряжения на шинах источника, к которым подключены другие потребители. 3. Повышения статической устойчивости. 4. Повышения динамической устойчивости.
2.	Трёхфазная система токов в трех неподвижных контурах статора синхронной машины создает	<ol style="list-style-type: none"> 1. Вращающееся поле. 2. Пульсирующее поле. 3. Неизменное во времени поле. 4. Электростатическое поле.
3.	Продольно-поперечная система координат (d-q)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Неподвижна относительно статора синхронной машины 2. Вращается с частотой ω 3. Совпадает с векторами «а» и «с» координатной системы a-b-c 4. Вращается в противоположную, относительно ротора машины, сторону
4.	Соотношение между синхронной e_q и переходной $e'_{q\Delta}$	<ol style="list-style-type: none"> 1. $E'_q = e_q$. 2. $E'_q > e_q$. 3. $E'_q < e_q$. 4. $E'_q = \sqrt{3} \cdot e_q$
5.	Позиционная система это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Линейная система. 2. Нелинейная система. 3. Система, в которой параметры режима зависят только от текущего состояния, независимо от того, каким путем оно достигнуто. 4. Система, в которой параметры режима зависят от того, каким путем оно достигнуто.
6.	Напряжение приёмной системы можно считать неизменным, если	<ol style="list-style-type: none"> 1. генераторы системы имеют регуляторы частоты. 2. суммарная мощность системы соизмерима с мощностью синхронной машины, работающей на эту систему 3. суммарная мощность системы значительно больше мощности синхронной машины, работающей на эту систему. 4. суммарная мощность системы значительно меньше мощности синхронной машины, работающей на эту систему.
7.	При работе синхронного генератора в сети угол между ЭДС генератора и напряжением сети это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. внешний угол двигателя. 2. внутренний угол двигателя. 3. угол отставания ротора.

		4. угол опережения ротора
8.	Под статической устойчивостью энергосистемы понимают способность системы	<ol style="list-style-type: none"> 1. возвращаться в исходное (или близкое к нему) состояние после малого возмущения. 2. к большим перегрузкам. 3. возвращаться в положение установившегося равновесия после большого возмущения. 4. возвращаться в установившийся режим после нарушения синхронизма.
9.	Нарушение колебательной статической устойчивости приводит к:	<ol style="list-style-type: none"> 1. возникновению асинхронного режима. 2. к нарушению динамической устойчивости. 3. к самораскачиванию синхронной машины. 4. к нарушению апериодической устойчивости.
10.	Управление конденсаторными батареями применяется для	<ol style="list-style-type: none"> 1. регулирования частоты. 2. компенсации реактивной мощности и регулирования напряжения. 3. поддержания заданного значения активной мощности. 4. уменьшение емкостных токов замыкания на землю
11.	Устройства автоматического регулирования предназначенные для восстановления баланса активной мощности в электрической системе - это	<ol style="list-style-type: none"> 1. АПВ 2. АВР 3. АЧР 4. АЛАР
12.	Активная мощность синхронного двигателя с постоянным током возбуждения, подключенного к цеховой сети через трансформатор, в установившемся режиме работы определяется по формуле:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $P_{ДВ} = \frac{E'_q \cdot U_C}{X_n + X_T} \sin \delta$ 2. $P_{ДВ} = \frac{E_q \cdot U_C}{X_d + X_T} \sin \delta$ 3. $P_{ДВ} = \frac{E_q \cdot U_C}{X_d} \sin \delta$ 4. $P_{ДВ} = \frac{U_{ДВ} \cdot U_C}{X_d + X_T} \sin \delta$
13.	В генерирующем блоке момент турбины является	<ol style="list-style-type: none"> 1. тормозящим. 2. ускоряющим. 3. реактивным. 4. асинхронным.
14.	При работе синхронного двигателя в сети электромагнитный момент является	<ol style="list-style-type: none"> 1. тормозящим. 2. ускоряющим. 3. реактивным. 4. асинхронным.
15.	Система автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора при	1. регулирование напряжения и реактивной мощности генератора.

	работе на холостом ходу обеспечивает:	<ol style="list-style-type: none"> 2. регулирование скорости вращения. 3. регулирование активной мощности. 4. регулирование напряжения генератора.
16.	Система автоматического регулирования возбуждения синхронного генератора <i>при работе в энергосистеме</i> обеспечивает в установившихся режимах:	<ol style="list-style-type: none"> 1. регулирование напряжения и реактивной мощности генератора. 2. регулирование скорости вращения агрегата 3. регулирование частоты вращения агрегата 4. регулирование активной мощности агрегата
17.	Распределение приращения нагрузки происходит обратно пропорционально статизму характеристик регулирования, если ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. все генераторы станции имеют астатическую характеристику 2. один из генераторов станции имеет астатическую, а остальные статическую характеристики 3. один из генераторов имеет статическую, а остальные астатическую характеристики 4. все генераторы станции имеют статическую характеристику
18.	Уменьшение потребляемой мощности некоторых потребителей при уменьшении частоты называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. лавинообразным эффектом 2. регулирующим эффектом нагрузки 3. статизмом нагрузки 4. обратным эффектом
19.	При увеличении напряжения сети	<ol style="list-style-type: none"> 1. ухудшается статическая устойчивость генератора 2. улучшается статическая устойчивость генератора. 3. статическая устойчивость не изменяется. 4. увеличивается сопротивление генератора.
20.	При увеличении тока возбуждения синхронного двигателя, <i>работающего в сети</i> :	<ol style="list-style-type: none"> 1. увеличивается напряжение и реактивная мощность. 2. увеличивается напряжение и уменьшается реактивная мощность. 3. уменьшается угол δ. 4. уменьшается напряжение генератора и реактивная мощность.

Вариант № 2

1.	При уменьшении напряжения питания синхронного <i>синхронного двигателя</i>	<ol style="list-style-type: none"> 1. уменьшается активная мощность. 2. увеличивается активная мощность. 3. увеличивается сопротивление двигателя. 4. уменьшается сопротивление двигателя
2.	Первичное регулирование частоты осуществляется регуляторами	<ol style="list-style-type: none"> 1. всех турбин 2. специально выделенных крупных электростанций 3. турбин тепловых электрических станций 4. местных (малой мощности) электрических станций
3.	Система автоматического регулирования турбины обеспечивает поддержание	<ol style="list-style-type: none"> 1. сопротивления генератора 2. постоянства напряжения генератора.

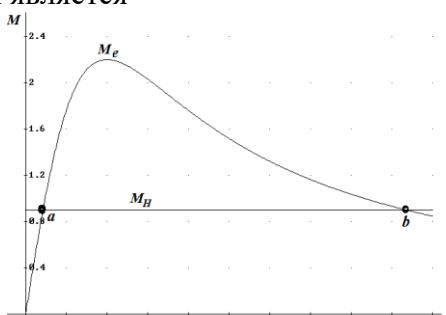
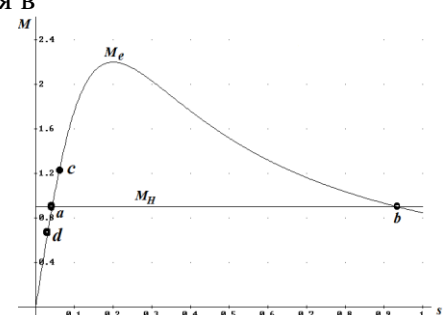
		<ul style="list-style-type: none"> 3. постоянства активной мощности генератора. 4. постоянства реактивной мощности генератора.
4.	Точка характеристики мощности является точкой устойчивого равновесия, если	<ul style="list-style-type: none"> 1. положительному приращению угла δ соответствует положительное приращение мощности P. 2. положительному приращению угла δ соответствует отрицательное приращение мощности P. 3. положительному приращению угла δ соответствует нулевое приращение мощности P. 4. нулевому приращению угла δ соответствует положительное приращение мощности P.
5.	Синхронизирующая мощность синхронного генератора это	<ul style="list-style-type: none"> 1. Номинальная активная мощность. 2. Частная производная $dP/d\delta$ 3. Частная производная $dQ/d\delta$. 4. Частная производная dP/ds.
6.	Режим энергосистемы аperiodически устойчив, если:	<ul style="list-style-type: none"> 1. $\frac{dP}{d\delta} < 0$ 2. $\frac{dP}{ds} < 0$ 3. $\frac{dP}{d\delta} > 0$ 4. $\frac{dP}{ds} > 0$
7.	Изменение мощности, потребляемой нагрузкой, при малых изменениях частоты называют	<ul style="list-style-type: none"> 1. регулирующим эффектом нагрузки. 2. стабилизирующим эффектом нагр. 3. демпфирующим эффектом нагр. 4. компенсирующим эффектом нагр
8.	Запас статической устойчивости энергосистемы в послеаварийном режиме должен составлять	<ul style="list-style-type: none"> 1. 20%. 2. 16%. 3. 10%. 4. 8%.
9.	Способ представления комплексной нагрузки при расчете ее статической устойчивости	<ul style="list-style-type: none"> 1. статическими характеристиками. 2. динамическими характеристиками. 3. одним очень мощным асинхронным двигателем.

		4. нелинейным сопротивлением
10.	<p>Точка <i>a</i> на моментно-угловой характеристике синхронной машины является:</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. точкой неустойчивого равновесия. 2. границей зон устойчивой и неустойчивой работы. 3. точкой устойчивого равновесия. 4. точкой, соответствующей предельному углу отключения тока кз.
11.	Длительное повышение частоты в системе происходит по причине...	<ol style="list-style-type: none"> 1. дефицита активной мощности. 2. избытка активной генераторной мощности. 3. возникновения короткого замыкания 4. дефицита реактивной мощности.
12.	Дефицит активной мощности в системе приводит	<ol style="list-style-type: none"> 1. к снижению напряжения. 2. к повышению частоты. 3. к снижению частоты. 4. к повышению напряжения.
13.	При потере апериодической устойчивости (динамической) электромагнитный момент синхронного генератора является	<ol style="list-style-type: none"> 1. синхронным. 2. ускоряющим. 3. реактивным. 4. асинхронным.
14.	Асинхронный момент в синхронной машине возникает при	<ol style="list-style-type: none"> 1. вращении машины со скоростью, отличающейся от синхронной. 2. вращении машины с синхронной скоростью. 3. форсировке возбуждения. 4. регулировании частоты вращения
15.	Анализ движения ротора в переходном процессе проводится решением	<ol style="list-style-type: none"> 1. уравнений Лапласа. 2. уравнений Лагранжа. 3. уравнения движения. 4. уравнения Пуассона.
16.	<p>В уравнении движения синхронного генератора:</p> $T_j \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} = P_{\text{Э}} - P_{\text{М}}$ <p>величина $P_{\text{Э}} - P_{\text{М}}$ это:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. небаланс мощности на валу агрегата. 2. момент инерции. 3. электромагнитный момент. 4. ускорение ротора.
17.	Система автоматического регулирования может иметь	<ol style="list-style-type: none"> 1. статическую или астатическую характеристики 2. синусоидальную или косинусоидальную характеристики 3. релейную характеристику 4. экспоненциальную
18.	Статизм регулирования генератора – это	<ol style="list-style-type: none"> 1. отношение изменение частоты к изменению напряжения 2. отношение изменение нагрузки к изменению напряжения 3. отношение изменение напряжения к изменению нагрузки 4. отношение изменение нагрузки к изменению

		нию частоты
19.	<p>Возможная площадь торможения в послеаварийном режиме характеризуется фигурой</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. a-b-c-d 2. d-e-f-g 3. d-e-f-h-g 4. (a-b-c-d)+(f-g-h)
20	Изменение активной мощности синхронного генератора при работе в сети в переходных режимах достигается	<ol style="list-style-type: none"> 1. изменением числа витков обмотки статора. 2. регулированием напряжения возбуждения генератора. 3. регулированием отпаяк повышающего трансформатора. 4. регулированием мощности первичного двигателя.

Вариант № 3

1.	Изменение активной мощности синхронного двигателя при работе в сети в переходных режимах достигается	<ol style="list-style-type: none"> 1. регулированием тока возбуждения двигателя. 2. изменением коэффициента трансформации питающего тр-ра. 3. изменением числа витков обмотки ротора. 4. регулированием мощности первичного двигателя.
2.	Для численного решения уравнения движения ротора синхронной машины используется	<ol style="list-style-type: none"> 1. метод последовательных интервалов. 2. алгебраический метод. 3. симплекс-метод. 4. разложение в ряд Фурье
3.	Вторичное регулирование частоты осуществляется регуляторами	<ol style="list-style-type: none"> 1. всех турбин 2. специально выделенных крупных электростанций 3. турбин тепловых электрических станций 4. местных (малой мощности) электрических станций
4.	Основной характеристикой асинхронного двигателя для анализа статической устойчивости является зависимость	<ol style="list-style-type: none"> 1. электромагнитного момента (мощности) от напряжения. 2. электромагнитного момента от скольжения; 3. электромагнитного момента от угла нагрузки; 4. электромагнитного момента от потока возбуждения;
5.	Зависимость электромагнитного момента асинхронного двигателя от скольжения это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. моментно-угловая характеристика. 2. нагрузочная характеристика. 3. рабочая характеристика. 4. моментно-скоростная характеристика.

6.	При уменьшении питающего напряжения критическое скольжение асинхронного двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. остается неизменным. 2. увеличивается пропорционально напряжению. 3. уменьшается пропорционально квадрату напряжения. 4. уменьшается пропорционально напряжению
7.	При уменьшении питающего напряжения максимальный момент асинхронного двигателя	<ol style="list-style-type: none"> 1. остается неизменным; 2. увеличивается пропорционально квадрату напряжения; 3. уменьшается пропорционально квадрату напряжения; 4. уменьшается пропорционально напряжению.
8.	Точка <i>a</i> моментно-скоростной характеристики является 	<ol style="list-style-type: none"> 1. точкой неустойчивого равновесия. 2. границей зон устойчивой и неустойчивой работы. 3. точкой устойчивого равновесия. 4. точкой, соответствующей предельному углу отклонения тока КЗ.
9.	Асинхронный двигатель из режима <i>c</i> на моментно-скоростной характеристике переместится в 	<ol style="list-style-type: none"> 1. точку <i>a</i> 2. точку <i>b</i> 3. точку <i>c</i> 4. точку <i>d</i>
10.	При увеличении механического момента механизма скольжение асинхронного двигателя:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Остается неизменным. 2. Увеличивается в соответствии с моментно-скоростной характеристикой. 3. Увеличивается пропорционально увеличению момента. 4. Увеличивается пропорционально второй степени момента.
11.	Реактивная мощность реакторов	<ol style="list-style-type: none"> 1. прямо пропорционально напряжению. 2. обратно пропорциональна напряжению. 3. пропорциональна квадрату напряжения. 4. не зависит от напряжения.
12.	Показатель качества электроэнергии, име-	<ol style="list-style-type: none"> 1. отклонение напряжения.

	ющий общее (одинаковое) значение во всех точках энергосистемы – это	<ol style="list-style-type: none"> 2. частота. 3. колебание напряжения. 4. несинусоидальность напряжения.
13.	В установившихся режимах быстродействующее регулирование возбуждения синхронного генератора	<ol style="list-style-type: none"> 1. повышает пределы и запасы статической устойчивости. 2. поддерживает напряжение, но увеличивает вероятность аperiodического нарушения устойчивости. 3. улучшает качество напряжения на зажимах электроприемников. 4. обеспечивает поддержание частоты в энергосистеме.
14.	Регулирующий эффект реактивной мощности нагрузки по напряжению	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{\partial Q}{\partial U}$. 2. $\frac{\partial P}{\partial f}$. 3. $\frac{\partial Q}{\partial f}$. 4. $\frac{\partial P}{\partial U}$.
15.	Регулирующий эффект активной нагрузки по частоте $\frac{\partial P}{\partial f} = a_f$ равен:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0. 2. 1. 3. $\sqrt{2}$. 4. 2.
16.	При питании узла нагрузки от шин с напряжением E критерием устойчивости при снижении напряжения является	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\frac{dQ}{dE} = \infty$ 2. $\frac{dQ}{dE} = -\infty$ 3. $\frac{dQ}{dE} = 0$ 4. $\frac{dP}{dE} = -\infty$
17.	Регулирующий эффект активной нагрузки по частоте $\frac{\partial P}{\partial f} = a_f$ равен:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0. 2. 1. 3. $\sqrt{2}$. 4. 2.
18.	При астатическом регулировании системы АРВ напряжение на выводах генератора	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейно зависит от величины нагрузки 2. не зависит от величины нагрузки 3. обратно пропорционально величине нагрузки 4. изменяется по экспоненциальному закону
19.	Снижение скорости асинхронного двигателя до полной остановки при снижении напряжения это:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Опрокидывание двигателя. 2. Самозапуск двигателя. 3. Плановая остановка.

		4. Снижение скорости в процессе самозапуска.
20.	Выбегом двигателя называют	<ol style="list-style-type: none">1. Поведение асинхронного двигателя после восстановления потерянного напряжения питания.2. Процесс торможения асинхронного двигателя при потере питания.3. Процесс самозапуска асинхронного двигателя.4. Процесс пуска асинхронного двигателя.

6.3. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

6.3.1. Критерии оценок промежуточной аттестации (дифференцированного зачета)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий дифференцированного зачета:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Посещение менее 50 % лекционных и практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 60 % лекционных и практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 70 % лекционных и практических и лабораторных занятий	Посещение не менее 85 % лекционных и практических и лабораторных занятий
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

6.3.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации в форме защиты курсовой работы

Студент выполняет курсовую работу в соответствии с графиком, принятым на заседании кафедры. Оценка может быть снижена за несоблюдение установленного кафедрой графика.

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Студент не выполнил курсовую работу в соответствии с заданием. Не владеет теоретическими знаниями по изучаемой дисциплине. Необходимые практические компетенции не сформированы	Студент выполнил курсовую работу с существенными ошибками. При защите курсового проекта демонстрирует слабую теоретическую подготовку. При решении задач, предусмотренных программой учебной дисциплины, допускает неточности, существенные ошибки	Студент выполнил курсовую работу с некоторыми незначительными ошибками и неточностями. При защите курсового проекта демонстрирует хорошую теоретическую подготовку. Хорошо справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины	Студент выполнил курсовую работу полностью в соответствии с заданием. При защите курсового проекта демонстрирует высокую теоретическую подготовку. Успешно справляется с решением задач, предусмотренных программой учебной дисциплины

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1. Основная литература

1. Долгова А. П. Устойчивость электрических систем: учебное пособие / А. П. Долгова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010 – 176

c: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewiz2e25zLHsAhVio4sKHU10Bl0QFjAAegQIBBAC&url=https%3A%2F%2Frucont.ru%2Ffile.ashx%3Fguid%3De317ae4-7196-4001-a696-1a134e00344c&usq=A0vVaw37D7tgnrG1gR2Q8qc7tM4u>

2. Ктитров С. В. Расчет установившихся режимов и переходных процессов в нелинейных системах [Электронный ресурс] / С. В. Ктитров; Ю. Ю. Шумилов. Москва: МИФИ, 2008. - 208 с.: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=231566>.

7.1.2. Дополнительная литература

1. **Веников, В. А.** Переходные электромеханические процессы в электрических системах [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Веников. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высш. шк., 1985. - 535 с.

2. **Ершов Ю. А.** Электроэнергетика. Релейная защита и автоматика электроэнергетических систем / Ю. А. Ершов. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 68 с.: http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=492157<.>

7.1.3. Учебно-методическое обеспечение

1. **Переходные процессы в электроэнергетических системах** : учеб.-метод. комплекс / сост.: В. Н. Костин, А. А. Юрганов. - СПб. : Изд-во СЗТУ, 2009. - 245 с. :

http://irbis.spmi.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=400&task=set_static_req&ns_string=NWPIB,ELC,ZAPIS&req_irb=<.>I=09%D1%81%D1%8D%D0%B2%D0%BF%D0%9F%D0%B8%D0%BB%D1%80%D0%B5%D1%81%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%82245%2D125085<.>

7.2. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
5. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
6. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
7. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>
8. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
9. Поисковые системы Yandex, Rambler, Yahoo и др.
10. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс]
www.garant.ru/
11. Термические константы веществ. Электронная база данных,
<http://www.chem.msu.su/cgibin/tkv.pl>
12. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»
<https://e.lanbook.com/books>
13. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ):
<http://elibrary.rsl.ru/>
14. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
15. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
16. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Рукоонт»».
<http://rucont.ru/>
17. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий:

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий, оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Аудитории для проведения лекционных занятий:

30 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., стул преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт.

Аудитории для проведения практических занятий:

30 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 4 шт.

30 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 3 шт.

30 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный – 16 шт., стул аудиторный – 30 шт., доска настенная – 1 шт., кресло преподавателя – 1 шт., переносная настольная трибуна – 1 шт., плакат – 5 шт.

Аудитория для проведения лабораторных занятий:

13 посадочных мест

Оснащенность: Стол аудиторный - 16 штук, кресло компьютерное – 13 шт., кресло преподавателя – 1 шт., стол для проектора – 1 шт., Системный блок *R-StyleProxima MC 730 IP4* - 2 шт., Монитор ЖК NEC 17" – 2 шт., система мониторинга энергоэффективности предприятий СМЭЭП001 – 1 шт., преобразователь *SimoregDC Master* с микропроцессорным управлением

6RA7013-6DS62-0 – 1 шт., преобразователь частоты *ATV31HU40N4* - 1шт., преобразователь *Simoreg DC Master* с микропроцессорным управлением 6RA7013-6DS62-0 – 2 шт., источник бесперебойного питания АНТ-2333 - 4 шт., измеритель RLC АМ-3016 – 1 шт., комплект *Sepam 1000+* серии 40 *SchneiderElectric* – 2 шт., доска настенная – 1 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

1. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 13 посадочных мест. Стул – 25 шт., стол – 2 шт., стол компьютерный – 13 шт., шкаф – 2 шт., доска аудиторная маркерная – 1 шт., АРМ учебное ПК (монитор + системный блок) – 14 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования» ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники», ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования», ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования», ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции», Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011,

Microsoft Office 2010 Standard: Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 60853086 от 31.08.2012, Kaspersky antivirus 6.0.4.142

2. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Операционная система Microsoft Windows XP-Professional ГК № 797-09/09 от 14.09.09 «На поставку компьютерного оборудования».

Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007.

3. Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 16 посадочных мест. Стол компьютерный для студентов (тип 4) - 3 шт., стол компьютерный для студентов (тип 6) – 2 шт., стол компьютерный для студентов (тип 7) – 1 шт., кресло преподавателя (сетка, цвет черный) – 17 шт., доска напольная мобильная белая магнитно-маркерная «Magnetoplan» 1800мм×1200мм - 1 шт., моноблок Lenovo M93Z Intel Q87 – 17 шт., плакат – 5 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional: Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011.

Microsoft Office 2007 Professional Plus: Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010.

CorelDRAW Graphics Suite X5 Договор № 559-06/10 от 15.06.2010 «На поставку программного обеспечения»

Autodesk product: Building Design Suite Ultimate 2016, product key: 766H1

Cisco Packet Tracer 7.1 (свободно распространяемое ПО), Quantum GIS (свободно распространяемое ПО), Python (свободно распространяемое ПО), R (свободно распространяемое ПО), Rstudio (свободно распространяемое ПО), SMATH Studio (свободно распространяемое ПО), GNU Octave (свободно распространяемое ПО), Scilab (свободно распространяемое ПО)

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7

Microsoft Office 2010 Professional Plus

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional

Microsoft Office 2007 Professional Plus

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 2 шт., стулья – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения: Microsoft Windows 7 Professional

Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security

8.4. Лицензионное программное обеспечение:

1. Microsoft Windows 8 Professional

2. Microsoft Office 2007 Standard

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus