

УЧЕБНО-НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ КОМПЛЕКС
«МЕЖДУНАРОДНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ КЫРГЫЗСТАНА»



БАКАЛАВРИАТ

Кафедра «Компьютерные информационные системы и управление»

Учебно-методический комплекс дисциплины

Электротехника, электроника и схемотехника

Направление: 710200 «Информационные системы и технологии»

Профиль: Компьютерные информационные системы в бизнесе

Академическая степень - бакалавр

Форма обучения (очная)

График проведения модулей 4-семестр

неделя	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
лекц. зан.	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	2			2	2
прак./лаб. зан.	3	3	3	3	3	3	3	3	3		3	3			3	3

«РАССМОТРЕНО»

Протокол заседания кафедры

«КИСиУ»

№ 2 от 16/10/2018
Зав. кафедрой д.т.н., проф. Миркин Е.Л.

«СОГЛАСОВАНО»

Проректор по академ.
вопросам
проф. Мадалиев М.М.

Составитель

к.т.н., доцент
Каплина Т. Ю.

Директор Научной библиотеки

Асанова Ж.Ш.

БИШКЕК 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЕЙ)	5
1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	5
1.1. Миссия и стратегия	5
1.2. Цель и задачи дисциплины	5
1.3. Формируемые компетенции, а также перечень планируемых результатов обучения по дисциплине	5
1.4. Место дисциплины (модулей) в структуре ООП ВПО	8
2. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ	8
3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	10
4. КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	12
Лекция Введение. Роль курса в подготовке специалистов	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Электрическое поле. Способы соединения токоприемников	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Законы Ома для участка цепи и для полной цепи	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Законы Кирхгофа	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Магнитные цепи. Электромагнетизм	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Электрические цепи переменного однофазного тока с активным сопротивлением	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Электрические цепи переменного однофазного тока с реактивными сопротивлениями	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Резонанс напряжений	Ошибка! Закладка не определена.
Лекция Резонанс токов	Ошибка! Закладка не определена.
5. ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	39
6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО, РУБЕЖНОГО И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЕЙ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЕЙ)	41
6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины	41

6.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности	43
6.3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	45
6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.	46
Контрольные вопросы	47
Тематика рефератов	47
Тест	48
Контрольная работа	53
Контрольная работа	54
Самостоятельная работа студентов	56
7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	57
7.1. Список источников и литературы	57
7.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимый для освоения дисциплины (модулей)	57
8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ	58
8.1. Планы практических (семинарских) и лабораторных занятий. Методические указания по организации и проведению	58
8.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулей)	61
8.3. Методические рекомендации по подготовке отчетов по лабораторным работам	62
8.4. 8.4. Иные материалы	62
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	62
10. ГЛОССАРИЙ	63
11. ПРИЛОЖЕНИЯ	64
12.	65

АННОТАЦИЯ

Предметом изучения дисциплины «Электротехника, электроника и схемотехника» являются изучение законов, физических явлений и процессов электротехники и электроники. Изучают устройство и назначение основных электрических машин, аппаратов, измерительных приборов, электронных приборов. Приобретают навыки сборки электрических схем и работы на них. Изучают вопросы безопасного применения электрической энергии. Учатся, работать с техническими справочниками, учебниками.

Данный курс изучается в третьем, четвертом и пятом семестре. В третьем семестре изучается «Электротехника». Материал состоит из четырех модулей, итогового контроля, который представляет собой экзамен.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЕЙ)

1. Пояснительная записка

1.1. Миссия и стратегия

Миссия НОУ УНПК "МУК" – подготовка международно - признанных, свободно мыслящих специалистов, открытых для перемен и способных трансформировать знания в ценности на благо развития общества.

Видение НОУ УНПК «МУК»- создание динамичного и креативного университета с инновационными научно-образовательными программами и с современной инфраструктурой, способствующие достижению академических и профессиональных целей.

Стратегии развития - модернизация образовательной деятельности университета – совершенствование образовательного процесса в соответствии с требованиями Болонского процесса.

1.2. Цель и задачи дисциплины

Цель дисциплины: курс предусматривает изучение современных способов моделирования, проектирования и расчета цепей, устройство электрических машин и аппаратов развитие познавательных интересов, интеллектуальных и творческих способностей в процессе приобретения знаний и умений с использованием различных источников информации и современных информационных технологий.

Задачи дисциплины:

- формирование у студентов знаний об основах законов, физических явлений и процессов электротехники и электроники, истории и предпосылках развития этой области научных знаний;
- ознакомление с принципами представления знаний;
- изучения принципов устройства и назначение основных электрических машин, аппаратов, измерительных приборов, электронных приборов.
- ознакомление со способами безопасного применения электрической энергии;
- получение студентами практических навыков решения задач в области электротехники при изучении устройства и назначения электрических машин, аппаратов, измерительных приборов, электронных приборов.;
- подготовить специалистов к использованию современных технологий в научно-исследовательской деятельности.
- приобретение практических навыков сборки электрических схем и работы на них.

1.3. Формируемые компетенции, а также перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

Дисциплина «Электротехника, электроника и схемотехника» направлена на формирование следующих компетенций:

- *профессиональными (ПК-6):*
 - способен проводить расчет обеспечения условий безопасной жизнедеятельности;
- *профессиональными (ПК-9):*
 - способен разрабатывать средства реализации информационных технологий (методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные);
- *профессиональными (ПК-12):*
 - готов проводить подготовку документации по менеджменту качества информационных технологий;
- *профессиональными (ПК-13):*
 - способен использовать технологии разработки объектов профессиональной деятельности, в областях: машиностроение, приборостроение, наука,

техника, образование, медицина, административное управление, юриспруденция, бизнес, предпринимательство, коммерция, менеджмент, банковские системы, безопасность информационных систем, управление технологическими процессами, механика, техническая физика, энергетика, ядерная энергетика, силовая электроника, металлургия, строительство, транспорт, железнодорожный транспорт, связь, телекоммуникации, управление инфокоммуникациями, почтовая связь, химическая промышленность, сельское хозяйство, текстильная и легкая промышленность, пищевая промышленность, медицинские и биотехнологии, горное дело, обеспечение безопасности подземных предприятий и производств, геология, нефтегазовая отрасль, геодезия и картография, геоинформационные системы, лесной комплекс, химико-лесной комплекс, экология, сфера сервиса, системы массовой информации, дизайн, а также предприятия различного профиля и все виды деятельности в условиях экономики информационного общества.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

1. Знать:

- технику безопасности при работе с оборудованием (ПК-6),
- законы Ома для участка цепи и для полной цепи,
- законы Кирхгофа,
- физические явления и процессы,
- устройство и назначение основных электрических машин, аппаратов,
- устройство измерительных приборов (ПК-12),
- основные методы выбора и расчета полупроводниковых диодов, транзисторов, тиристоров и интегральных микросхем (ПК-9),
- основные методы выбора и расчета выпрямительного устройства на полупроводниковых диодах и тиристорах (ПК-13).

2. Уметь:

- ориентироваться в различных типах полупроводниковых приборах (ПК-9)
- ориентироваться в различных методах выбора и расчета полупроводниковых диодов, транзисторов, тиристоров и интегральных микросхем, выпрямительного устройства на полупроводниковых диодах и тиристорах (ПК-9).
- работать с техническими справочниками, учебниками (ПК-13).

3. Владеть:

- навыком выбирать и ставить задачу;
- использовать основные методы построения и расчета электрических схем и цепей (ПК-12),
- навыками моделирования электрические схемы с помощью программы «Micro-Cap 10» Microsoft Windows,
- научиться использовать законы алгебры логики при построении комбинационных цепей, их решении как теоретически, так и с помощью программы «Micro-Cap 10» Microsoft Windows;
- проводить расчеты типовых схем однокаскадного усилителя на биполярном транзисторе.

Результаты обучения могут быть представлены в виде таблицы

Например:

<i>Коды компетенции</i>	<i>Содержание компетенций</i>	<i>Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине</i>
(ПК-6)	<i>профессиональны</i>	<p><i>Знать:</i> - различные способы безопасной работы под напряжением;</p> <p><i>Уметь:</i> -оказать первую помощь при поражении электрическим током;</p> <p><i>Владеть:</i> - навыками самостоятельного обеспечения условий безопасной жизнедеятельности.</p>
(ПК-9)	<i>профессиональны</i>	<p><i>Знать:</i> - различные средства реализации информационных технологий (методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные);</p> <p><i>Уметь:</i> - разрабатывать средства реализации информационных технологий;</p> <p><i>Владеть:</i> - навыками разрабатывать средства реализации информационных технологий (методические, информационные, математические, алгоритмические, технические и программные).</p>
(ПК-12)	<i>профессиональные</i>	<p><i>Знать:</i> различные способы документации по менеджменту качества информационных технологий;</p> <p><i>Уметь:</i> -планировать, организовывать и проводить подготовку документации;</p> <p><i>Владеть:</i> - навыками самостоятельной работы с документацией по менеджменту качества информационных технологий.</p>
(ПК-13)	<i>профессиональны</i>	<p><i>Знать:</i> технологии разработки объектов профессиональной деятельности, в областях: машиностроение, приборостроение, наука, техника, образование, энергетика, ядерная энергетика, силовая электроника, и все виды деятельности в условиях экономики информационного общества;</p> <p><i>Уметь:</i> -планировать, организовывать и проводить подготовку профессиональной деятельности, в областях: машиностроение, приборостроение, наука, техника, образование, энергетика, ядерная энергетика, силовая электроника, и все виды деятельности в условиях экономики информационного общества;</p> <p><i>Владеть:</i> - навыками самостоятельной работы с технологиями разработки объектов профессиональной деятельности, в областях:</p>

		<p>машиностроение, приборостроение, наука, техника, образование, медицина, административное управление, юриспруденция, бизнес, предпринимательство, коммерция, менеджмент, банковские системы, безопасность информационных систем, управление технологическими процессами, механика, техническая физика, энергетика, ядерная энергетика, силовая электроника, металлургия, строительство, транспорт, железнодорожный транспорт, связь, телекоммуникации, управление инфокоммуникациями, почтовая связь, химическая промышленность, сельское хозяйство, текстильная и легкая промышленность, пищевая промышленность, медицинские и биотехнологии, горное дело, обеспечение безопасности подземных предприятий и производств, геология, нефтегазовая отрасль, геодезия и картография, геоинформационные системы, лесной комплекс, химико-лесной комплекс, экология, сфера сервиса, системы массовой информации, дизайн, а также предприятия различного профиля и все виды деятельности в условиях экономики информационного общества.</p>
--	--	---

1.4. Место дисциплины (модулей) в структуре ООП ВПО

Дисциплина (модуль) «Электротехника, электроника и схемотехника» является частью профессионального цикла (блока) дисциплин учебного плана по направлению подготовки 710100 «Информатика и вычислительная техника» подготовки бакалавров (специализации Компьютерные информационные системы).

Для освоения дисциплины (модулей) необходимы компетенции, сформированные в ходе изучения следующих дисциплин и прохождения практик: основные разделы математики, физики и программирования.

В результате освоения дисциплины (модулей) формируются компетенции, необходимые для изучения следующих дисциплин и прохождения практик: метрология, стандартизация и сертификация, сети и телекоммуникации, безопасность жизнедеятельности.

2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 кредита, 150ч., в том числе аудиторная работа обучающихся с преподавателем 85ч., самостоятельная работа обучающихся 65 ч.

№ п/п	Раздел, Темы Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции 34ч	Лаб. Зан. 51ч	СРС 35ч	СРСиП 30ч	
1	Введение. Роль курса в подготовке специалистов			2	3	3	3	
2	Электрическое поле. Способы соединения токоприемников.			4	6	4	3	Сдача модуля
3	Законы Ома для участка цепи и для полной цепи			4	6	4	3	
4	Законы Кирхгофа			4	6	4	3	Сдача модуля
5	Магнитные цепи. Электромагнетизм			4	6	4	3	
6	Электрические цепи переменного однофазного тока с активным сопротивлением			4	6	4	3	
7	Электрические цепи переменного однофазного тока с реактивными сопротивлениями			4	6	4	3	Сдача модуля
8	Резонанс напряжений			4	6	4	3	
9	Резонанс токов			4	6	4	6	Сдача модуля

3. Содержание дисциплины

№	Наименование раздела, темы дисциплины	Краткое содержание
1	Введение. Роль курса в подготовке специалистов	Электротехника - область науки и техники, использующей электрическое и магнитное явления для практических целей. История развития этой науки занимает два столетия. Жизнь современного человека без использования электрической энергии немыслима. Огромная заслуга в создании элементов таких цепей принадлежит выдающемуся русскому ученому М.О. Доливо-Добровольскому. Он создал трехфазный асинхронный двигатель, трансформатор, разработал четырехпроводную и трехпроводную цепи (1891г.).
2	Электрическое поле. Способы соединения токоприемников	Электрическая цепь характеризуется совокупностью элементов, из которых она состоит, и способом их соединения. Соединение элементов электрической цепи наглядно отображается ее схемой.
3	Закон Ома для участка цепи и для полной цепи.	<p>Закон Ома для пассивной цепи (для участка цепи):</p> <p><u>Напряжение</u> в пассивной цепи равно алгебраической сумме падений напряжений на всех сопротивлениях, входящих в эту цепь.</p> $U = IR, E = IR$ $U = \sum U_n$ <p>Закон Ома для активной цепи:</p> <p><u>Напряжение</u> в активной цепи равно алгебраической сумме падений напряжений на всех сопротивлениях, входящих в эту цепь, и всех ЭДС этой цепи: $U = \sum IR \pm \sum E$.</p>
4	Закон Кирхгофа	<p>Первый закон Кирхгофа. алгебраическая сумма токов ветвей, соединенных в узел, равна нулю</p> $\sum_k I_k = 0$ <p>Второй закон Кирхгофа.</p> $\sum_k U_k = 0,$
5	Магнитные цепи. Электромагнетизм	Переменные токи и напряжения вызывают переменные электрические и магнитные поля. В результате изменения этих полей в цепях возникают явления самоиндукции и взаимной индукции, которые оказывают самое существенное влияние на процессы, протекающие в цепях, усложняя их анализ

6	Электрические цепи переменного однофазного тока с активным сопротивлением	Переменный ток дал возможность эффективного дробления электрической энергии и изменения величины напряжения с помощью трансформаторов. Появилась возможность производства электроэнергии на крупных электростанциях с последующим экономичным ее распределением потребителям, увеличился радиус электроснабжения. В настоящее время центральное производство и распределение электрической энергии осуществляется в основном на переменном токе.
7	Электрические цепи переменного однофазного тока с реактивными сопротивлениями	<p>Параметр $X_L = \omega L$ называют реактивным индуктивным сопротивлением катушки;</p> <p>параметр $X_C = 1/(\omega C)$ называют реактивным емкостным сопротивлением конденсатора.</p>
8	Резонанс напряжений	Последовательное соединение активного реактивных сопротивлений электрической цепи переменного тока создает резонанс напряжений, если индуктивное и емкостное сопротивления равны по величине.
9	Резонанс токов	Параллельное соединение активного реактивных сопротивлений электрической цепи переменного тока создает резонанс токов, если индуктивное и емкостное сопротивления равны по величине.

4. Конспект лекций

Лекции

1. Введение. Роль курса в подготовке специалистов.

Электротехника - область науки и техники, использующей электрическое и магнитное явления для практических целей. История развития этой науки занимает два столетия. Она началась после изобретения первого электрохимического источника электрической энергии в 1799 г. Именно тогда началось изучение свойств электрического тока, были установлены основные законы электрических цепей, электрические и магнитные явления стали использоваться для практических целей, были разработаны первые конструкции электрических машин и приборов. Жизнь современного человека без использования электрической энергии немыслима. Большой вклад в развитие электротехники внесли русские ученые. Так еще в 1802 г. Выдающийся русский ученый В.В. Петров впервые указал на возможность использования электрической дуги для освещения. Было разработано большое число конструкций дуговых ламп освещения. Но наиболее экономичной оказалась электрическая свеча П.Н. Яблочкова (1876г). В предложенной Яблочковым конструкции был впервые применен для практических целей трансформатор. Но главная заслуга изображения в том, что оно повысило спрос на генераторы переменного тока. Все возрастающая потребность в использовании электрической энергии привело к проблеме ее централизованного производства, передачи на дальние расстояния, распределения и экономичного использования. Решение проблемы привело к разработке и созданию трехфазных электрических цепей. Огромная заслуга в создании элементов таких цепей принадлежит выдающемуся русскому ученому М.О. Доливо-Добровольскому. Он создал трехфазный асинхронный двигатель, трансформатор, разработал четырехпроводную и трехпроводную цепи (1891г.).

Решающая роль в современном научно-техническом прогрессе принадлежит электротехнике, которая, включает в себя три основных раздела: *Теоретические основы электротехники (ТОЭ), Электрические машины (ЭМ) и Электронику.*

Современное определение электротехники.

Электротехника - область науки и техники, использующая электрические и магнитные явления для осуществления процессов преобразования энергии и превращения вещества, а так же для передачи сигналов и информации.

В последние десятилетия из электротехники выделилась промышленная электроника с тремя направлениями: информационное, технологическое и энергетическое, которые с каждым годом приобретают все большее значение для научно-технического прогресса.

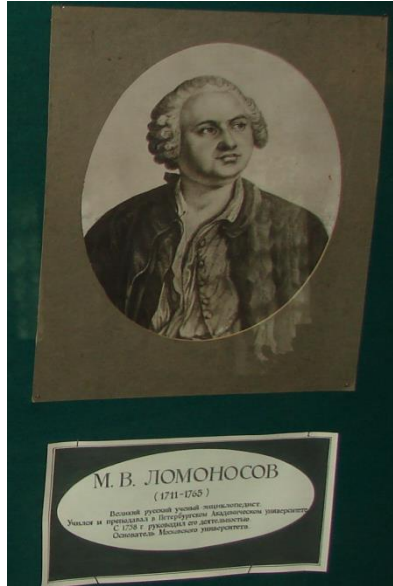
В развитии электротехники и электроники можно выделить следующие 8 этапов:

I этап: до 1800г. - *становление электростатики.* К этому периоду относятся первые наблюдения электрических и магнитных явлений, создание первых электростатических машин и приборов, исследование атмосферного электричества, зарождение электрофизиологии (опыты Гальвани), открытие закона Кулона и закона сохранения энергии.

В 1744 г. М.В. Ломоносов писал: *«Все перемены, в натуре случающиеся, такого суть состояния, что сколько чего у одного тела отнимается, что сколько чего у одного тела отнимается, столько присовокупится к другому, так ежели где убудет несколько материи, то умножится в другом месте... сей всеобщий закон простирается и в самые правила движения, ибо тело, движущее своею силою другое, столько же оной у себя теряет, сколько сообщает другому, которое от него движение получает.»*

Соответствующие труды М.В. Ломоносова находились в забвении до 1904 г., а будучи опубликованы в России, не могли проникнуть в Западные лаборатории, поэтому позднее А.Л. Лавуазье повторно и независимо от М.В. Ломоносова открыл закон сохранения вещества.

Выдающийся ученый – энциклопедист М.В. Ломоносов был первым в России основоположником изучения электрических явлений, автором первой теории электричества. В 1745 г. был разработан первый электроизмерительный прибор «электрический указатель» Георгом Вильгельмом Рихманом, который погиб 25 июня 1753 г., во время сильной грозы при проведении опыта с «грозовой машиной».



II этап: 1800-1830г.г. - *закладка фундамента электротехники и её научных основ.* Начало этого периода ознаменовано получением «Вольтова столба» - первого электрохимического генератора постоянного тока. Затем была создана «Огромная наипаче батарея» Василия Владимировича Петрова, с помощью которой была получена электрическая дуга и сделано много новых открытий. В этот период были открыты важнейшие законы: Георга Симона Ома, Жана Батиста Био и Феликса Савара, Андре Мари Ампера и была установлена связь между электрическими и магнитными явлениями. Был создан прообраз электродвигателя.



Вольта демонстрирует перед Наполеоном свое изобретение - Вольтов столб.

III этап: 1830-1870г.-*зарождение электротехники.* Самым значительным событием этого периода было открытие явления самоиндукции Майклом Фарадеем и создание первого электромагнитного генератора (на основании ЭМИ). В этот период формулируются

законы Ленца, Кирхгофа, разрабатываются различные конструкции электрических машин и измерительных приборов, зарождается электроэнергетика. Однако широкое практическое применение электроэнергии в хозяйстве и быту сдерживалось отсутствием экономичного электрического генератора.

IV этап: 1870-1890г.- становление электротехники как самостоятельной отрасли техники.

В этот период создаётся первый промышленный генератор с самовозбуждением (динамо-машина), что привело к созданию новой отрасли электротехники «Электрические машины». Организуются производства с использованием электроэнергии. С развитием промышленности, ростом городов возникает потребность в электрическом освещении. Начинается строительство «домовых» электростанций, вырабатывающих постоянный ток. Электрическая энергия становится товаром и всё более остро ощущается потребность в централизованном производстве и экономичной передаче электроэнергии. На постоянном токе эту проблему решить нельзя из-за невозможности трансформации постоянного тока. В это время Павел Николаевич Яблочков изобрёл электрическую свечу и была разработана схема дробления постоянного электрического тока при помощи индукционных катушек, представляющих собой трансформатор с разомкнутой магнитной системой. В середине 80-х годов началось серийное производство однофазных трансформаторов с замкнутой магнитной системой (Макс дёрн, Отто Блати, К Циперновский) и строительство центральных электростанций переменного тока.

Однако развитие производства требовало комплексного решения проблемы экономичной передачи электроэнергии на дальние расстояния и создания экономичного и надёжного электродвигателя. Эта проблема была решена на основе многофазных, в частности 3-х фазных систем.

V этап: 1891 –1920 гг. – становление и развитие электрификации.

Предпосылкой развития 3-х фазной системы явилось открытие в 1888 г. явления вращающегося магнитного поля. 3-х фазная система оказалась наиболее рациональной. В развитие этой системы внесли вклад многие учёные разных стран, но наибольшая заслуга принадлежит русскому учёному Михаилу Осиповичу Доливо-Добровольскому, создавшему 3-х фазные синхронные генераторы, асинхронные двигатели и трёхфазные трансформаторы. Убедительным преимуществом 3-х фазных цепей было строительство трёхфазной линии электропередачи между немецкими городами Лауфеном и Франкфуртом при активном участии М.О.Доливо-Добровольского.

Расширяются исследования явлений, протекающих в цепях синусоидального тока с помощью векторных и круговых диаграмм. Огромную роль в анализе процессов в таких цепях сыграл комплексный метод расчёта, предложенный Чарльсом Протеусом Штейнмецом. Теоретические основы электротехники становятся базовой дисциплиной в вузах и фундаментом научных исследований в области электротехники.

VI этап: 1920 – 1940гг. – зарождение электроники: электровакуумные приборы, триод, диод. 1923г. – Лосев создал первый полупроводниковый диод – кристадин, который мог работать в режиме генератора высокочастотных колебаний. Выделилась радиотехника как самостоятельная наука.

VII этап: 1940 – 1970гг. – зарождение информатики: построение электронно - вычислительных машин.

VIII этап: 1970г. - по настоящее время – информатика как самостоятельная наука.

Сегодня электрическая энергия используется в технике связи, автоматике, измерительной технике, навигации. Она применяется для выполнения механической работы, нагрева, освещения, используется в технологических процессах (электролиз), в медицине, биологии, астрономии, геологии и др. Столь обширное проникновение электротехники в жизнь человека привело к необходимости включить ее в состав общетехнических дисциплин при подготовке специалистов всех технических специальностей. При этом перед студентами стоят две главные задачи. Первая задача -

ознакомиться и усвоить физическую сущность электрических и магнитных явлений. Это позволит понять принципы работы электромагнитных устройств, правильно их эксплуатировать.

Однако, современному специалисту недостаточно знаний одних физических явлений. Поэтому студенты неэлектрических специальностей должны получить навыки в методах расчетов элементарных цепей и устройств, необходимых для успешного изучения последующих прикладных курсов.

Дисциплина «Электротехника и электроника» рассчитана на два семестра. Она включает два раздела «Электротехника» и «Электроника».

Электромагнитные процессы, протекающие в электротехнических устройствах, как правило, достаточно сложны. Однако во многих случаях, их основные характеристики можно описать с помощью таких интегральных понятий, как: напряжение, ток, электродвижущая сила (ЭДС). При таком подходе совокупность электротехнических устройств, состоящую из соответствующим образом соединенных источников и приемников электрической энергии, предназначенных для генерации, передачи, распределения и преобразования электрической энергии и (или) информации, рассматривают как электрическую цепь. Электрическая цепь состоит из отдельных частей (объектов), выполняющих определенные функции и называемых элементами цепи. Основными элементами цепи являются источники и приемники электрической энергии (сигналов). Электротехнические устройства, производящие электрическую энергию, называются генераторами или источниками электрической энергии, а устройства, потребляющие ее – приемниками (потребителями) электрической энергии.

У каждого элемента цепи можно выделить определенное число зажимов (полюсов), с помощью которых он соединяется с другими элементами. Различают двух- и многополюсные элементы. Двухполюсники имеют два зажима. К ним относятся источники энергии (за исключением управляемых и многофазных), резисторы, катушки индуктивности, конденсаторы. Многополюсные элементы – это, например, триоды, трансформаторы, усилители и т.д.

Все элементы электрической цепи условно можно разделить на активные и пассивные. Активным называется элемент, содержащий в своей структуре источник электрической энергии. К пассивным относятся элементы, в которых рассеивается (резисторы) или накапливается (катушка индуктивности и конденсаторы) энергия. К основным характеристикам элементов цепи относятся их вольт-амперные, вебер-амперные и кулон-вольтные характеристики, описываемые дифференциальными или (и) алгебраическими уравнениями. Если элементы описываются линейными дифференциальными или алгебраическими уравнениями, то они называются линейными, в противном случае они относятся к классу нелинейных. Строго говоря, все элементы являются нелинейными. Возможность рассмотрения их как линейных, что существенно упрощает математическое описание и анализ процессов, определяется границами изменения характеризующих их переменных и их частот. Коэффициенты, связывающие переменные, их производные и интегралы в этих уравнениях, называются параметрами элемента. Если параметры элемента не являются функциями пространственных координат, определяющих его геометрические размеры, то он называется элементом с сосредоточенными параметрами. Если элемент описывается уравнениями, в которые входят пространственные переменные, то он относится к классу элементов с распределенными параметрами. Классическим примером последних является линия передачи электроэнергии (длинная линия). Цепи, содержащие только линейные элементы, называются линейными. Наличие в схеме хотя бы одного нелинейного элемента относит ее к классу нелинейных.

2. Электрическое поле. Способы соединения токоприемников.

Электрическая цепь характеризуется совокупностью элементов, из которых она состоит, и способом их соединения. Соединение элементов электрической цепи наглядно отображается ее схемой. Рассмотрим для примера две электрические схемы (рис. 1, 2), введя понятие ветви и узла.

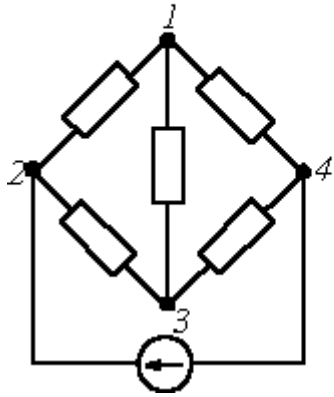


Рис.1

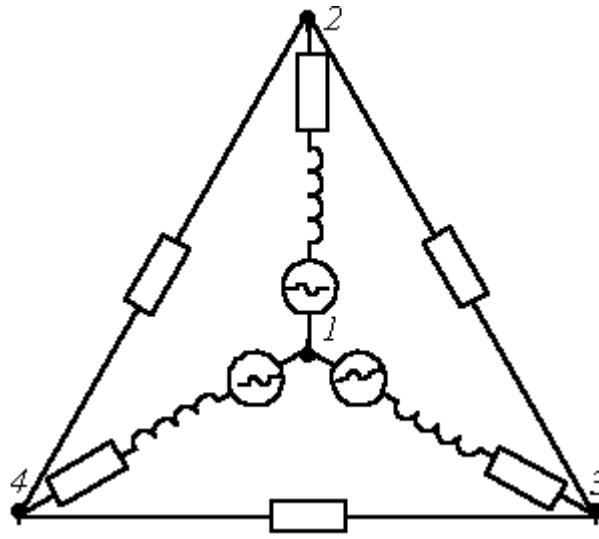


Рис.2

Ветвью называется участок цепи, обтекаемый одним и тем же током.

Узел – место соединения трех и более ветвей.

Представленные схемы различны и по форме, и по назначению, но каждая из указанных цепей содержит по 6 ветвей и 4 узла, одинаково соединенных. Таким образом, в смысле геометрии (топологии) соединений ветвей данные схемы идентичны.

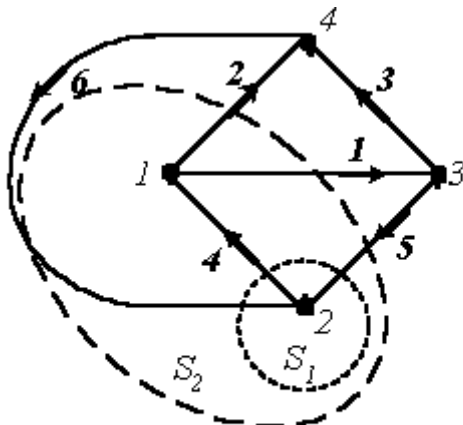


Рис.3

Топологические (геометрические) свойства электрической цепи не зависят от типа и свойств элементов, из которых состоит ветвь. Поэтому целесообразно каждую ветвь схемы электрической цепи изобразить отрезком линии. Если каждую ветвь схем на рис. 1 и 2 заменить отрезком линии, получается геометрическая фигура, показанная на рис. 3.

Условное изображение схемы, в котором каждая ветвь заменяется отрезком линии, называется **графом электрической цепи**. При этом следует помнить, что ветви могут состоять из каких-либо элементов, в свою очередь соединенных различным образом.

Отрезок линии, соответствующий ветви схемы, называется **ветвью графа**. Граничные точки ветви графа называются **узлами графа**. Ветвям графа может быть дана определенная ориентация, указанная стрелкой. Граф, у которого все ветви ориентированы, называется **ориентированным**.

Подграфом графа называется часть графа, т.е. это может быть одна ветвь или один изолированный узел графа, а также любое множество ветвей и узлов, содержащихся в графе.

В теории электрических цепей важное значение имеют следующие подграфы:

1. Путь – это упорядоченная последовательность ветвей, в которой каждые две соседние ветви имеют общий узел, причем любая ветвь и любой узел встречаются на этом пути только один раз. Например, в схеме на рис. 3 ветви **2-6-5**; **4-5**; **3-6-4**; **1** образуют пути между одной и той же парой узлов **1** и **3**. Таким образом, путь – это совокупность ветвей, проходимых непрерывно.

2. Контур – замкнутый путь, в котором один из узлов является начальным и конечным узлом пути. Например, для графа по рис. 3 можно определить контуры, образованные ветвями **2-4-6**; **3-5-6**; **2-3-5-4**. Если между любой парой узлов графа существует связь, то граф называют связным.

3. Дерево – это связный подграф, содержащий все узлы графа, но ни одного контура. Примерами деревьев для графа на рис. 3 могут служить фигуры на рис. 4.

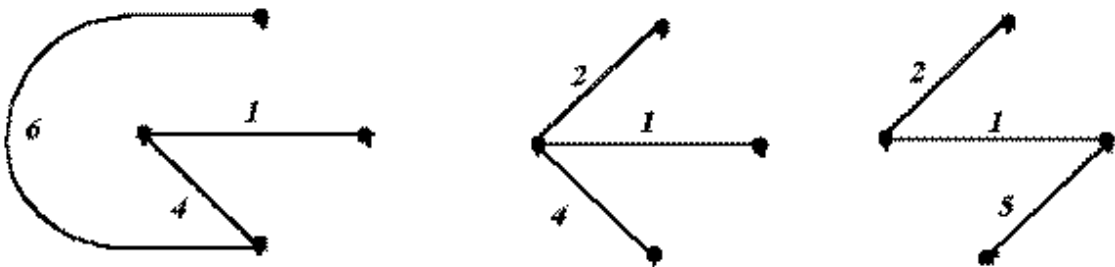


Рис. 4

4. Ветви связи (дополнения дерева) – это ветви графа, дополняющие дерево до исходного графа.

Если граф содержит m узлов и n ветвей, то число ветвей любого дерева $d = m - 1$, а числа ветвей связи графа $c = n - (m - 1) = n - m + 1$.

5. Сечение графа – множество ветвей, удаление которых делит граф на два изолированных подграфа, один из которых, в частности, может быть отдельным узлом.

Сечение можно наглядно изобразить в виде следа некоторой замкнутой поверхности, пересекающей соответствующие ветви. Примерами таких поверхностей являются для нашего графа на рис. 3 S_1 и S_2 . При этом получаем соответственно сечения, образованные ветвями **6-4-5** и **6-2-1-5**.

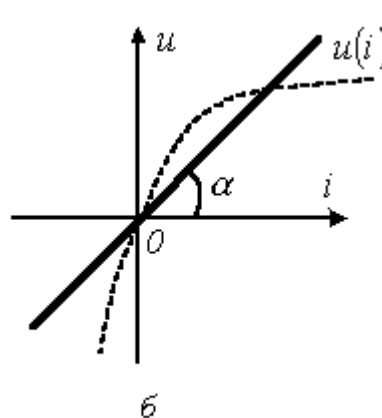
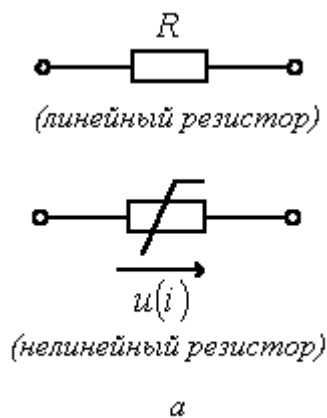
С понятием дерева связаны понятия главных контуров и сечений: **главный контур** – контур, состоящий из ветвей дерева и только одной ветви связи; **главное сечение** – сечение, состоящее из ветвей связи и только одной ветви дерева.

Резистивный элемент (резистор)

Условное графическое изображение резистора приведено на рис. 1,а. Резистор – это пассивный элемент, характеризующийся резистивным сопротивлением. Последнее определяется геометрическими размерами тела и свойствами материала: удельным сопротивлением ρ (Ом м) или обратной величиной – удельной проводимостью $\gamma = \rho^{-1}$ (См/м).

В простейшем случае проводника длиной ℓ и сечением S его сопротивление определяется выражением

$$R = \rho \frac{\ell}{S} = \frac{\ell}{\gamma S} \text{ (Ом)}$$



В общем случае определение сопротивления связано с расчетом поля в проводящей среде, разделяющей два электрода.

Основной характеристикой резистивного элемента является зависимость $u(i)$ (или $i(u)$), называемая вольт-амперной характеристикой (ВАХ). Если

зависимость $u(i)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат (см.рис. 1,б), то резистор называется линейным и описывается соотношением

$$u = Ri = m_{Ri} \text{tg } \alpha$$

$$\text{Или } i = gu,$$

где $g = R^{-1}$ - проводимость. При этом $R = \text{const}$.

Нелинейный резистивный элемент, ВАХ которого нелинейна (рис. 1,б), как будет показано в блоке лекций, посвященных нелинейным цепям, характеризуется несколькими параметрами. В частности безынерционному резистору ставятся в соответствие

$$\text{статическое } R_{cm} = \frac{U}{I} \text{ и дифференциальное } R_d = \left. \frac{du}{di} \right|_I \text{ сопротивления.}$$

2. Индуктивный элемент (катушка индуктивности)

Условное графическое изображение катушки индуктивности приведено на рис. 2,а. Катушка – это пассивный элемент, характеризующийся индуктивностью. Для расчета индуктивности катушки необходимо рассчитать созданное ею магнитное поле.

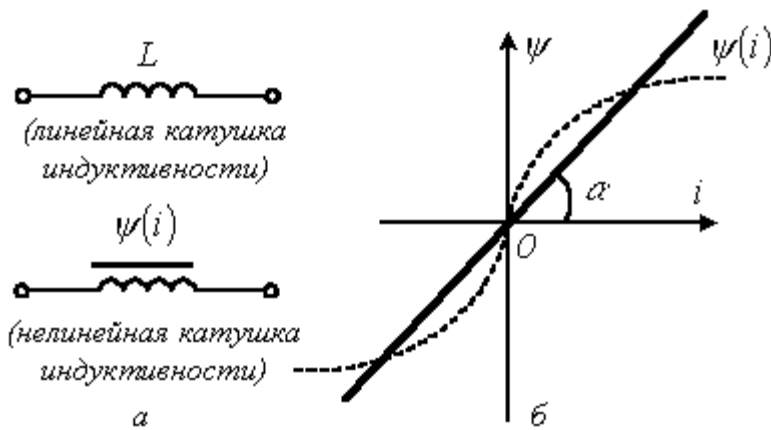


Рис.2

Индуктивность определяется отношением потокосцепления к току, протекающему по виткам катушки,

$$L = \frac{\Psi}{i} \text{ (Гн)}$$

В свою очередь потокосцепление равно сумме произведений потока, пронизывающего

витки, на число этих витков $\Psi = \sum w_k \Phi_k$, где $\Phi_k = \int_{S_k} \vec{B} d\vec{S}$.

Основной характеристикой катушки индуктивности является зависимость $\Psi(i)$, называемая вебер-амперной характеристикой. Для линейных катушек индуктивности зависимость $\Psi(i)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат (см. рис. 2,б); при этом $L = m_L \operatorname{tg} \alpha = \text{const}$.

Нелинейные свойства катушки индуктивности (см. кривую $\Psi(i)$ на рис. 2,б) определяет наличие у нее сердечника из ферромагнитного материала, для которого зависимость $B(H) = \mu_0 \mu H$ магнитной индукции от напряженности поля нелинейна. Без учета явления магнитного гистерезиса нелинейная катушка характеризуется

статической $L_{ст} = \frac{\Psi}{I}$ и дифференциальной $L_{д} = \left. \frac{d\Psi}{di} \right|_I$ индуктивностями.

3. Емкостный элемент (конденсатор)

Условное графическое изображение конденсатора приведено на рис. 3,а.

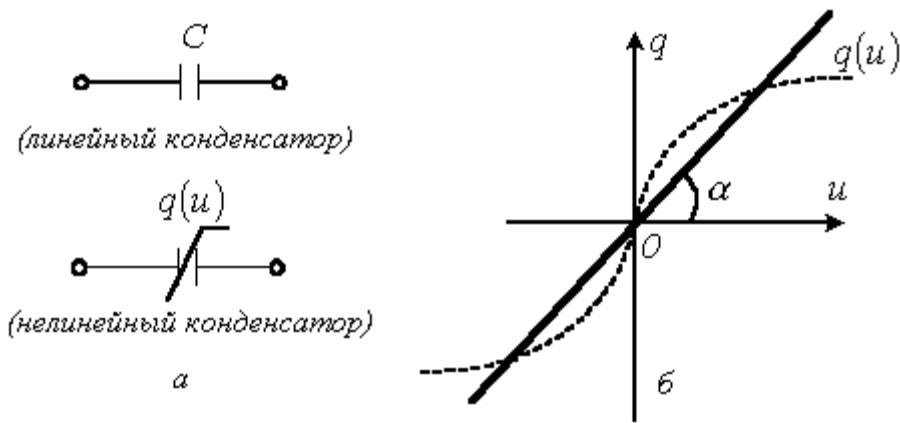


Рис.3

Конденсатор – это пассивный элемент, характеризующийся емкостью. Для расчета последней необходимо рассчитать электрическое поле в конденсаторе. Емкость определяется отношением заряда q на обкладках конденсатора к напряжению u между ними

$$C = \frac{q}{u} (\Phi)$$

и зависит от геометрии обкладок и свойств диэлектрика, находящегося между ними. Большинство диэлектриков, используемых на практике, линейны, т.е. у них относительная диэлектрическая проницаемость $\epsilon = \text{const}$. В этом случае зависимость $q(u)$ представляет собой прямую линию, проходящую через начало координат, (см. рис. 3,б) и

$$C = m_{ct} \text{tg } \alpha = \text{const}$$

У нелинейных диэлектриков (сегнетоэлектриков) диэлектрическая проницаемость является функцией напряженности поля, что обуславливает нелинейность зависимости $q(u)$ (рис. 3,б). В этом случае без учета явления электрического гистерезиса нелинейный конденсатор

характеризуется статической $C_{cm} = \frac{q}{U}$ и дифференциальной $C_d = \left. \frac{dq}{du} \right|_U$ емкостями.

3. Законы Ома для участка цепи и для полной цепи.

Электрическое напряжение – это величина равная работе электрических и сторонних сил по перемещению на данном участке носителей заряда, которыми переносится положительный заряд 1Кл. При расчете необходимо знание законов Ома для пассивной и активной электрической цепи.

Закон Ома для пассивной цепи (для участка цепи):

Напряжение в пассивной цепи равно алгебраической сумме падений напряжений на всех сопротивлениях, входящих в эту цепь. $U = IR, E = IR$ (3.1)

$$U = \sum U_n \quad (3.2)$$

Закон Ома для активной цепи:

Напряжение в активной цепи равно алгебраической сумме падений напряжений на всех сопротивлениях, входящих в эту цепь, и всех ЭДС этой цепи: $U = \sum IR \pm \sum E$. Напряжение между двумя точками цепи равно разности потенциалов этих точек: $U_{ab} = V_a - V_b$ или $U_{ab} = \varphi_a - \varphi_b$, (3.3)

где $V_a, V_b, \varphi_a, \varphi_b$ – потенциалы в точках a, b соответственно. Если известна, что одна из точек обладает нулевым потенциалом (заземлена), очевидно, напряжение будет равно потенциалу другой точки. Алгебраическая сумма потенциалов в замкнутом контуре будет равна нулю. При построении диаграммы по оси абсцисс откладывается суммарное сопротивление в Ом. От точки заземления $V_a = 0$ до точки, потенциал которой рассчитывается, например $V_b \neq 0$. Все потенциалы откладываются на графике потенциальной диаграммы по оси ординат в Вольтах.

Закон Джоуля-Ленца для пассивных участков электрической цепи постоянного тока: $W = U \cdot I \cdot t$, (3.4)
где W – потребляемая энергия; U – напряжение на пассивном участке цепи.

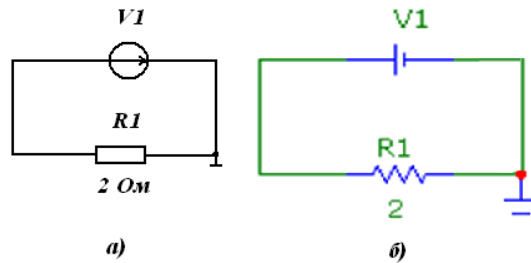


Рис.3.1. Простейшая электрическая схема цепи постоянного тока: а) в справочной и учебной литературе и б) в среде «Micro-Cap-10»

4. Законы Кирхгофа.

Первый закон Кирхгофа

Обычно первый закон Кирхгофа записывается для узлов схемы, но, строго говоря, он справедлив не только для узлов, но и для любой замкнутой поверхности

Первый закон Кирхгофа справедлив и для любого сечения. В частности, для сечения S_2 графа на рис. 3, считая, что нумерация и направления токов в ветвях соответствуют нумерации и выбранной ориентации ветвей графа, можно записать

$$I_1 + I_2 - I_5 - I_6 = 0$$

Поскольку в частном случае ветви сечения сходятся в узле, то первый закон Кирхгофа справедлив и для него. Пока будем применять первый закон Кирхгофа для узлов, что математически можно записать, как:

$$\sum_k I_k = 0 \quad (2)$$

т.е. алгебраическая сумма токов ветвей, соединенных в узел, равна нулю.

Второй закон Кирхгофа.

Под напряжением на некотором участке электрической цепи понимается разность потенциалов между крайними точками этого участка, т.е.

$$U_{ke} = \varphi_k - \varphi_e = -(\varphi_e - \varphi_k) = -U_{ek} \quad (4)$$

Таким образом, второй закон Кирхгофа математически записывается, как:

$$\sum_k U_k = 0, \quad (5)$$

5. Электрические цепи переменного однофазного тока с активным сопротивлением.

Переменный ток долгое время не находил практического применения. Это было связано с тем, что первые генераторы электрической энергии вырабатывали постоянный ток, который вполне удовлетворял технологическим процессам электрохимии, а двигатели постоянного тока обладают хорошими регулировочными характеристиками. Однако по мере развития производства постоянный ток все менее стал удовлетворять возрастающим требованиям экономичного электроснабжения. Переменный ток дал возможность эффективного дробления электрической энергии и изменения величины напряжения с помощью трансформаторов. Появилась возможность производства электроэнергии на крупных электростанциях с последующим экономичным ее распределением потребителям, увеличился радиус электроснабжения. В настоящее время центральное производство и распределение электрической энергии осуществляется в основном на переменном токе. Цепи с изменяющимися – переменными – токами по сравнению с цепями постоянного тока имеют ряд особенностей. Переменные токи и напряжения вызывают переменные электрические и магнитные поля. В результате изменения этих полей в цепях возникают явления самоиндукции и взаимной индукции, которые оказывают самое существенное влияние на процессы, протекающие в цепях, усложняя их анализ

$$i = F(t) = F(t + T), \quad (1)$$

Величина, обратная периоду, есть **частота**, измеряемая в герцах (Гц):

$$f = 1/T, \quad (2)$$

Переменным током (напряжением, ЭДС и т.д.) называется ток (напряжение, ЭДС и т.д.), изменяющийся во времени. Токи, значения которых повторяются через равные промежутки времени в одной и той же последовательности, называются **периодическими**, а наименьший промежуток времени, через который эти повторения наблюдаются, - **периодом Т**. Для периодического тока имеем Диапазон частот, применяемых в технике: от сверхнизких частот (0.01, 10 Гц – в системах автоматического регулирования, в аналоговой вычислительной технике) – до сверхвысоких (3000, 300000 МГц – миллиметровые волны: радиолокация, радиоастрономия). В РФ промышленная частота $f = 50 \text{ Гц}$.

Мгновенное значение переменной величины есть функция времени. Ее принято обозначать строчной буквой:

i - мгновенное значение тока $i(t)$;

u – мгновенное значение напряжения $u(t)$;

e - мгновенное значение ЭДС $e(t)$;

p - мгновенное значение мощности $p(t)$.

Наибольшее мгновенное значение переменной величины за период называется амплитудой (ее принято обозначать заглавной буквой с индексом m).

I_m - амплитуда тока;

U_m - амплитуда напряжения;

E_m - амплитуда ЭДС.

Действующее значение переменного тока

Значение периодического тока, равное такому значению постоянного тока, который за время одного периода произведет тот же самый тепловой или электродинамический эффект, что и периодический ток, называют **действующим значением** периодического тока:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2 dt} , \quad (3)$$

Аналогично определяются действующие значения ЭДС и напряжения.

Синусоидально изменяющийся ток

Из всех возможных форм периодических токов наибольшее распространение получил синусоидальный ток. По сравнению с другими видами тока синусоидальный ток имеет то преимущество, что позволяет в общем случае наиболее экономично осуществлять производство, передачу, распределение и использование электрической энергии. Только при использовании синусоидального тока удается сохранить неизменными формы кривых напряжений и токов на всех участках сложной линейной цепи. Теория синусоидального тока является ключом к пониманию теории других цепей.

Изображение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов на плоскости декартовых координат

Синусоидальные токи и напряжения можно изобразить графически, записать при помощи уравнений с тригонометрическими функциями, представить в виде векторов на декартовой плоскости или комплексными числами.

Приведенным на рис. 1, 2 графикам двух синусоидальных ЭДС e_1 и e_2 соответствуют уравнения:

$$e_1 = E_{1m} \sin(\omega t + \Psi_{e1}); \quad e_2 = E_{2m} \sin(\omega t + \Psi_{e2}).$$

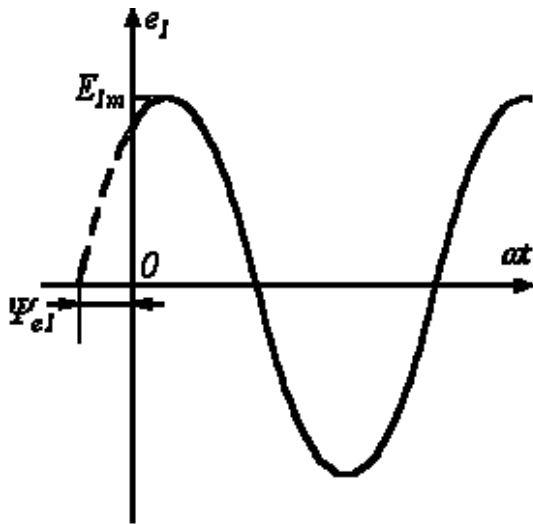


Рис.1

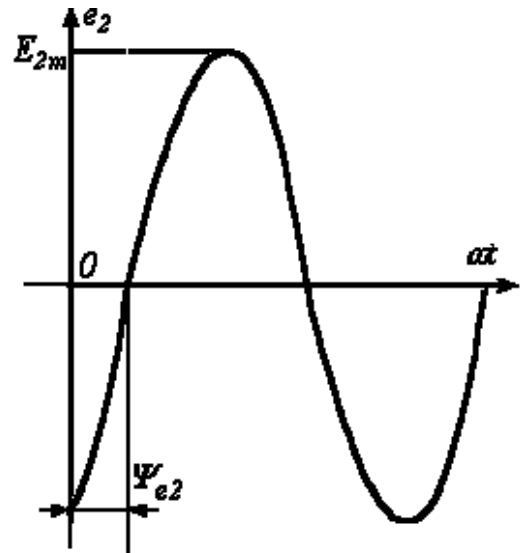


Рис.2

Значения аргументов синусоидальных функций $(\omega t + \Psi_{e1})$ и $(\omega t + \Psi_{e2})$ называются **фазами** синусоид, а значение фазы в начальный момент времени ($t=0$): Ψ_{e1} и Ψ_{e2} - **начальной фазой** ($\Psi_{e1} > 0$; $\Psi_{e2} < 0$).

Величину ω , характеризующую скорость изменения фазового угла, называют **угловой частотой**. Так как фазовый угол синусоиды за время одного периода T изменяется

на 2π рад., то угловая частота есть $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$, где f - частота.

При совместном рассмотрении двух синусоидальных величин одной частоты разность их фазовых углов, равную разности начальных фаз, называют **углом сдвига фаз**.

Для синусоидальных ЭДС e_1 и e_2 угол сдвига фаз:

$$\alpha = (\omega t + \Psi_{e1}) - (\omega t + \Psi_{e2}) = \Psi_{e1} - \Psi_{e2}$$

Векторное изображение синусоидально изменяющихся величин

На декартовой плоскости из начала координат проводят векторы, равные по модулю амплитудным значениям синусоидальных величин, и вращают эти векторы против часовой стрелки (**в ТОЭ данное направление принято за положительное**) с угловой частотой, равной ω . Фазовый угол при вращении отсчитывается от положительной полуоси абсцисс. Проекции вращающихся векторов на ось ординат равны мгновенным значениям ЭДС e_1 и e_2 (рис. 3). Совокупность векторов, изображающих синусоидально изменяющиеся ЭДС, напряжения и токи, называют **векторными диаграммами**. При построении векторных диаграмм векторы удобно располагать для начального момента времени ($t=0$), что вытекает из равенства угловых частот синусоидальных величин и эквивалентно тому, что система декартовых координат сама вращается против часовой

стрелки со скоростью ω . Таким образом, в этой системе координат векторы неподжны (рис. 4). Векторные диаграммы нашли широкое применение при анализе цепей синусоидального тока. Их применение делает расчет цепи более наглядным и простым. Это упрощение заключается в том, что сложение и вычитание мгновенных значений величин можно заменить сложением и вычитанием соответствующих векторов.

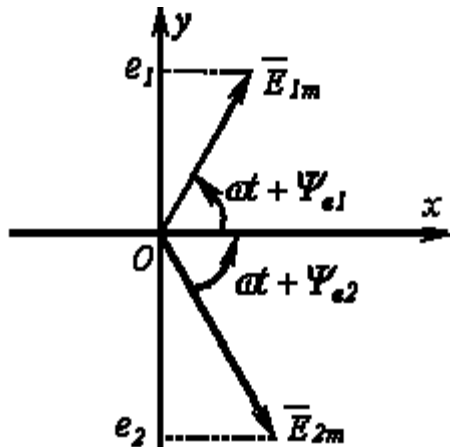


Рис. 3

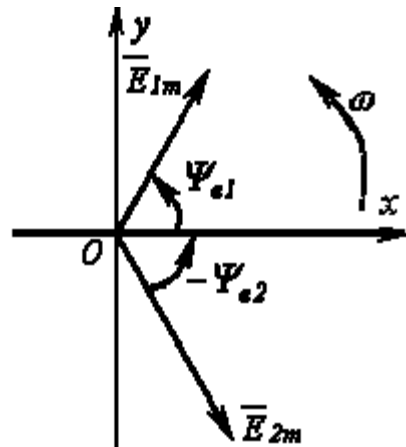
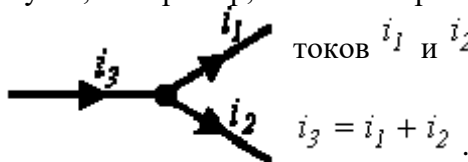


Рис. 4

Пусть, например, в точке разветвления цепи (рис. 5) общий ток i_3 равен сумме токов i_1 и i_2 двух ветвей:



$$i_3 = i_1 + i_2$$

Рис. 5

Каждый из этих токов синусоидален и может быть представлен уравнением

$$i_1 = I_{1m} \sin(\alpha t + \Psi_1) \quad \text{и} \quad i_2 = I_{2m} \sin(\alpha t + \Psi_2)$$

Резльтирующий ток также будет синусоидален:

$$i_3 = I_{1m} \sin(\alpha t + \Psi_1) + I_{2m} \sin(\alpha t + \Psi_2) = I_{3m} \sin(\alpha t + \Psi_3)$$

Определение амплитуды I_{3m} и начальной фазы Ψ_3 этого тока путем соответствующих тригонометрических преобразований получается довольно громоздким и мало наглядным, особенно, если суммируется большое число синусоидальных величин. Значительно проще

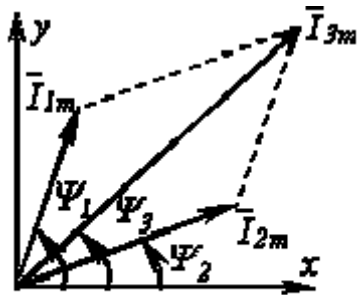


Рис. 6

это осуществляется с помощью векторной диаграммы. На рис. 6 изображены начальные положения векторов токов, проекции которых на ось ординат дают мгновенные значения токов для $t=0$. При вращении этих векторов с одинаковой угловой скоростью ω их взаимное расположение не меняется, и угол сдвига фаз между ними остается равным $\alpha = \Psi_1 - \Psi_2$.

Так как алгебраическая сумма проекций векторов на ось ординат равна мгновенному значению общего тока, вектор общего тока равен геометрической сумме векторов токов:

$$\vec{I}_{3m} = \vec{I}_{1m} + \vec{I}_{2m}.$$

Построение векторной диаграммы в масштабе позволяет определить значения I_{3m} и Ψ_3 из диаграммы, после чего может быть записано решение для мгновенного значения i_3 путем формального учета угловой частоты: $i_3 = I_{3m} \sin(\omega t + \Psi_3)$.

Представление синусоидальных ЭДС, напряжений и токов комплексными числами

Геометрические операции с векторами можно заменить алгебраическими операциями с комплексными числами, что существенно повышает точность получаемых результатов.

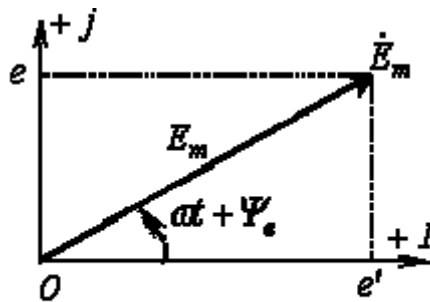


Рис.7

Каждому вектору на комплексной плоскости соответствует определенное комплексное число, которое может быть записано в:

показательной $\dot{a} = a e^{j\Psi}$,

тригонометрической $\dot{a} = a \cos\Psi + ja \sin\Psi$ или

алгебраической $\dot{a} = b + jc$ - формах.

Например, ЭДС $e = E_m \sin(\omega t + \Psi_e)$, изображенной на рис. 7 вращающимся вектором, соответствует комплексное число

$$E_m e^{j(\omega t + \Psi_e)} = E_m \cos(\omega t + \Psi_e) + j E_m \sin(\omega t + \Psi_e) = e' + je.$$

Фазовый угол $(\omega t + \Psi_e)$ определяется по проекциям вектора на оси “+1” и “+j” системы координат, как

$$\operatorname{tg}(\omega t + \Psi_e) = \frac{e}{e'}.$$

В соответствии с тригонометрической формой записи мнимая составляющая комплексного числа определяет мгновенное значение синусоидально изменяющейся ЭДС:

$$e = E_m \sin(\omega t + \Psi_e) = I_m \left\{ E_m e^{j(\omega t + \Psi_e)} \right\}, \quad (4)$$

Комплексное число $E_m e^{j(\omega t + \Psi_e)}$ удобно представить в виде произведения двух комплексных чисел:

$$E_m e^{j(\omega t + \Psi_e)} = \underbrace{E_m e^{j\Psi_e}}_{\dot{E}_m} \cdot e^{j\omega t} = \dot{E}_m e^{j\omega t} \quad (5)$$

Параметр \dot{E}_m , соответствующий положению вектора для $t=0$ (или на вращающейся со скоростью ω комплексной плоскости), называют **комплексной амплитудой**: $\dot{E}_m = E_m e^{j\Psi_e}$, а параметр $\dot{E}_m e^{j(\omega t + \Psi_e)}$ - **комплексом мгновенного значения**.

Параметр $e^{j\omega t}$ является **оператором поворота** вектора на угол ωt относительно начального положения вектора.

Вообще говоря, умножение вектора на оператор поворота $e^{\pm j\alpha}$ есть его поворот относительно первоначального положения на угол $\pm\alpha$.

Следовательно, мгновенное значение синусоидальной величины равно мнимой части без знака "j" произведения комплекса амплитуды \dot{E}_m и оператора поворота $e^{j\omega t}$:

$$e = E_m \sin(\omega t + \Psi_e) = I_m \left\{ \dot{E}_m e^{j\omega t} \right\}.$$

Переход от одной формы записи синусоидальной величины к другой осуществляется с помощью формулы Эйлера:

$$e^{j\alpha} = \cos \alpha + j \sin \alpha, \quad (6)$$

Если, например, комплексная амплитуда напряжения задана в виде комплексного числа в алгебраической форме:

$$\dot{U}_m = U'_m + jU''_m,$$

- то для записи ее в показательной форме, необходимо найти начальную фазу Ψ_U , т.е. угол, который образует вектор \overline{U}_m с положительной полуосью +1:

$$\operatorname{tg} \Psi_U = \frac{U''_m}{U'_m} .$$

Тогда мгновенное значение напряжения:

$$U = I_m \left\{ \dot{U}_m e^{j\omega t} \right\} = I_m \left\{ \sqrt{U'^2_m + U''^2_m} e^{j \arctg \frac{U''_m}{U'_m}} e^{j\omega t} \right\} = U_m \sin(\omega t + \Psi_U)$$

где $\Psi_U = \arctg(U''_m / U'_m)$.

При записи выражения для определенности было принято, что $U'_m > 0$, т.е. что изображающий вектор находится в первом или четвертом квадрантах. Если $U'_m < 0$, то при $U''_m > 0$ (второй квадрант)

$$\Psi_U = \pi - \arctg \left| \frac{U''_m}{U'_m} \right| , \quad (7)$$

а при $U''_m < 0$ (третий квадрант)

$$\Psi_U = \pi + \arctg \left| \frac{U''_m}{U'_m} \right| \quad (8)$$

или

$$\Psi_U = -\pi + \arctg \left| \frac{U''_m}{U'_m} \right| \quad (9)$$

Если задано мгновенное значение тока в виде $i = I_m \sin(\omega t + \Psi_i)$, то комплексную амплитуду записывают сначала в показательной форме, а затем (при необходимости) по формуле Эйлера переходят к алгебраической форме:

$$\dot{I}_m = I_m e^{j\Psi_i} = I_m \cos \Psi_i + j I_m \sin \Psi_i = I'_m + j I''_m .$$

Следует указать, что при сложении и вычитании комплексных чисел следует пользоваться алгебраической формой их записи, а при умножении и делении удобна показательная форма.

Итак, применение комплексных чисел позволяет перейти от геометрических операций над векторами к алгебраическим над комплексами. Так при определении комплексной амплитуды результирующего тока i_3 по рис. 5 получим:

$$\begin{aligned} \dot{I}_{3m} &= \dot{I}_{1m} + \dot{I}_{2m} = I_{1m}e^{j\Psi_1} + I_{2m}e^{j\Psi_2} = I_{1m}(\cos\Psi_1 + j\sin\Psi_1) + I_{2m}(\cos\Psi_2 + j\sin\Psi_2) = \\ &= (I_{1m}\cos\Psi_1 + I_{2m}\cos\Psi_2) + j(I_{1m}\sin\Psi_1 + I_{2m}\sin\Psi_2) = I_{3m}\cos\Psi_3 + jI_{3m}\sin\Psi_3 = \\ &= I_{3m}e^{j\Psi_3}, \end{aligned}$$

$$\text{где } I_{3m} = \sqrt{(I_{1m}\cos\Psi_1 + I_{2m}\cos\Psi_2)^2 + (I_{1m}\sin\Psi_1 + I_{2m}\sin\Psi_2)^2};$$

$$\text{tg } \Psi_3 = \frac{I_{1m}\sin\Psi_1 + I_{2m}\sin\Psi_2}{I_{1m}\cos\Psi_1 + I_{2m}\cos\Psi_2}.$$

Действующее значение синусоидальных ЭДС, напряжений и токов

В соответствии с выражением (3) для действующего значения синусоидального тока запишем:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T I_m^2 \sin^2 \omega t dt} = \sqrt{I_m^2 \frac{1}{T} \int_0^T \frac{1 - \cos 2\omega t}{2} dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \frac{I_m^2 \cdot T}{2}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}.$$

Аналогичный результат можно получить для синусоидальных ЭДС и напряжений. Таким образом, действующие значения синусоидального тока, ЭДС и напряжения меньше своих амплитудных значений в $\sqrt{2}$ раз:

$$X = \frac{X_m}{\sqrt{2}}. \quad (10)$$

Поскольку, как будет показано далее, энергетический расчет цепей переменного тока обычно проводится с использованием действующих значений величин, по аналогии с предыдущим введем понятие **комплекса действующего значения**

$$\dot{E} = E e^{j\Psi_e} = \frac{\dot{E}_m}{\sqrt{2}} = \frac{E_m}{\sqrt{2}} e^{j\Psi_e}.$$

Резистор

Идеальный резистивный элемент не обладает ни индуктивностью, ни емкостью. Если к нему приложить синусоидальное напряжение $u = U_m \sin(\omega t + \Psi')$ (см. рис. 1), то ток i через него будет равен

$$i = \frac{u}{R} = \frac{U_m}{R} \sin(\omega t + \Psi) = I_m \sin(\omega t + \Psi) \quad (1)$$

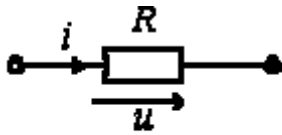


Рис.1

Соотношение (1) показывает, что ток имеет ту же начальную фазу, что и напряжение. Таким образом, если на входе двухлучевого осциллографа подать сигналы u и i , то соответствующие им синусоиды на его экране будут проходить (см. рис. 2) через нуль одновременно, т.е. на резисторе напряжение и ток совпадают по фазе.

Из (1) вытекает:

$$U_m = RI_m ;$$

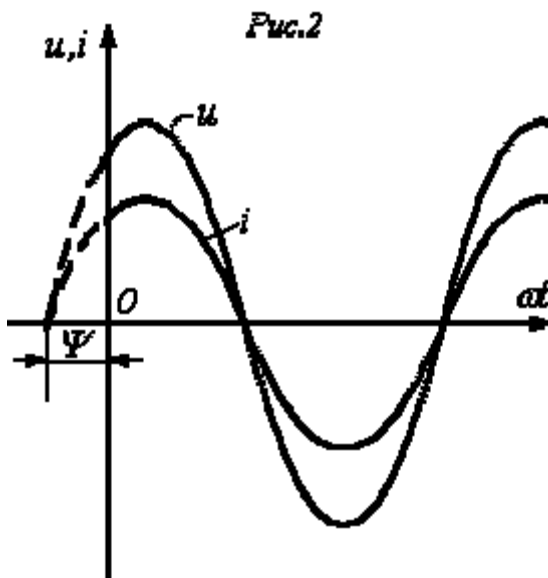


Рис.2

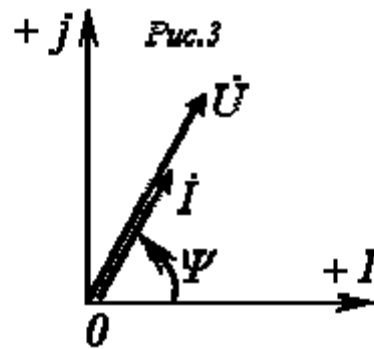


Рис.3

Переходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим им комплексам:

$$u = U_m \sin(\omega t + \Psi) \Rightarrow \dot{U} = Ue^{j\Psi} ;$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi) \Rightarrow \dot{I} = Ie^{j\Psi} ,$$

- разделим первый из них на второй:

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{Ue^{j\Psi}}{Ie^{j\Psi}} = \frac{U}{I} = R$$

$$\text{Или } \dot{U} = R\dot{I} .$$

(2)

Полученный результат показывает, что отношение двух комплексов есть вещественная константа. Следовательно, соответствующие им векторы напряжения и тока (см. рис. 3) совпадают по направлению.

2. Конденсатор

Идеальный емкостный элемент не обладает ни активным сопротивлением (проводимостью), ни индуктивностью. Если к нему приложить синусоидальное напряжение $u = U_m \sin(\omega t + \Psi)$ (см. рис. 4), то ток i через него будет равен

$$i = \frac{dq}{dt} = \frac{d}{dt}(Cu) = C \frac{du}{dt} = \omega C U_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) = I_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) \quad (3)$$

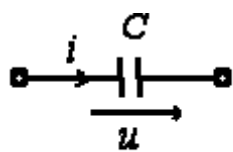


Рис. 4

Полученный результат показывает, что **напряжение на конденсаторе отстает по фазе от тока на $\pi/2$** . Таким образом, если на входы двухлучевого осциллографа подать сигналы u и i , то на его экране будет иметь место картинка, соответствующая рис. 5.

Из (3) вытекает:

$$U_m = \frac{1}{\omega C} I_m = X_C I_m ;$$

$$U = \frac{1}{\omega C} I = X_C I$$

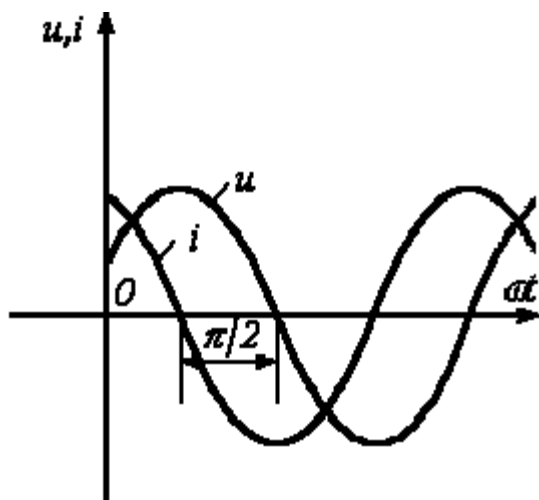


Рис. 5

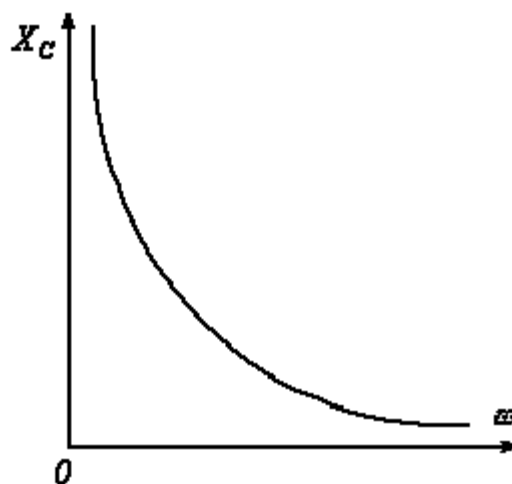


Рис. 6

Введенный параметр $X_C = 1/(\omega C)$ называют **реактивным емкостным сопротивлением конденсатора**. Как и резистивное сопротивление, X_C имеет размерность **Ом**. Однако в отличие от R данный параметр является функцией частоты, что

иллюстрирует рис. 6. Из рис. 6 вытекает, что при $f = 0$ конденсатор представляет разрыв для тока, а при $f \rightarrow \infty$ $X_C = 0$.

Переходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим им комплексам:

$$u = U_m \sin(\omega t + \Psi) \Rightarrow \dot{U} = U e^{j\Psi};$$

$$i = I_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \dot{I} = I e^{j\left(\Psi + \frac{\pi}{2}\right)},$$

- разделим первый из них на второй:

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{U e^{j\Psi}}{I e^{j\left(\Psi + \frac{\pi}{2}\right)}} = \frac{U e^{j\Psi}}{I e^{j\Psi} e^{j\frac{\pi}{2}}} = X_C e^{-j\frac{\pi}{2}} = -jX_C = \underline{Z}_C$$

или

$$\dot{U} = -jX_C \dot{I} = \underline{Z}_C \dot{I} \quad (4)$$

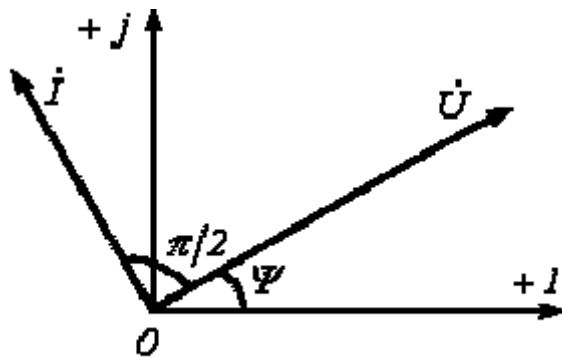


Рис.7

В последнем соотношении $\underline{Z}_C = -jX_C$ — комплексное сопротивление конденсатора.

Умножение на $-j = e^{-j\frac{\pi}{2}}$ соответствует повороту вектора на угол $\pi/2$ по часовой стрелке. Следовательно, уравнению (4) соответствует векторная диаграмма, представленная на рис. 7.

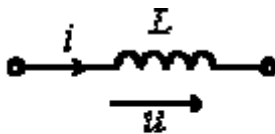


Рис.8

3. Катушка индуктивности

Идеальный индуктивный элемент не обладает ни активным сопротивлением, ни емкостью. Пусть протекающий через него ток (см. рис. 8) определяется выражением $i = I_m \sin(\omega t + \Psi)$. Тогда для напряжения на зажимах катушки индуктивности можно

записать

$$u = -e = \frac{d\Psi}{dt} = \frac{d}{dt}(Li) = \omega LI_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) = U_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) \quad (5)$$

Полученный результат показывает, что **напряжение на катушке индуктивности опережает по фазе ток на $\pi/2$** . Таким образом, если на входы двухлучевого осциллографа подать сигналы u и i , то на его экране (идеальный индуктивный элемент) будет иметь место картинка, соответствующая рис. 9.

Из (5) вытекает:

$$U_m = \omega LI_m = X_L I_m;$$

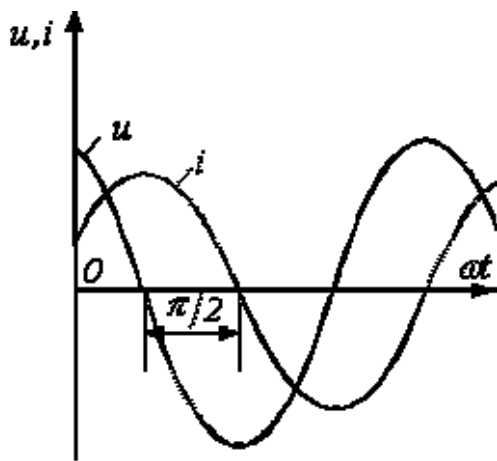


Рис.9

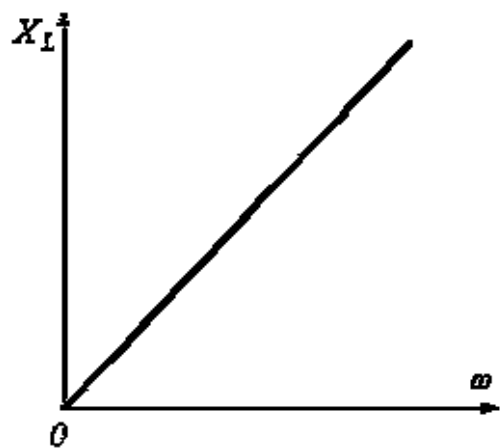


Рис.10

$$U = \omega LI = X_L I$$

Введенный параметр $X_L = \omega L$ называют **реактивным индуктивным сопротивлением катушки**; его размерность – Ом. Как и у емкостного элемента этот параметр является функцией частоты. Однако в данном случае эта зависимость имеет линейный характер, что иллюстрирует рис. 10. Из рис. 10 вытекает, что при $f = 0$ катушка индуктивности не оказывает сопротивления протекающему через него току, и при $f \rightarrow \infty$ $X_L \rightarrow \infty$.

Переходя от синусоидальных функций напряжения и тока к соответствующим комплексам:

$$u = U_m \sin\left(\omega t + \Psi + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \dot{U} = U e^{j\left(\Psi + \frac{\pi}{2}\right)};$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \Psi) \Rightarrow \dot{I} = I e^{j\Psi},$$

разделим первый из них на второй:

$$\frac{\dot{U}}{\dot{I}} = \frac{Ue^{j(\Psi + \frac{\pi}{2})}}{Ie^{j\Psi}} = \frac{Ue^{j\Psi} e^{j\frac{\pi}{2}}}{Ie^{j\Psi}} = X_L e^{j\frac{\pi}{2}} = jX_L = \underline{Z}_L$$

или

$$\dot{U} = jX_L \dot{I} = \underline{Z}_L \dot{I} \quad (6)$$

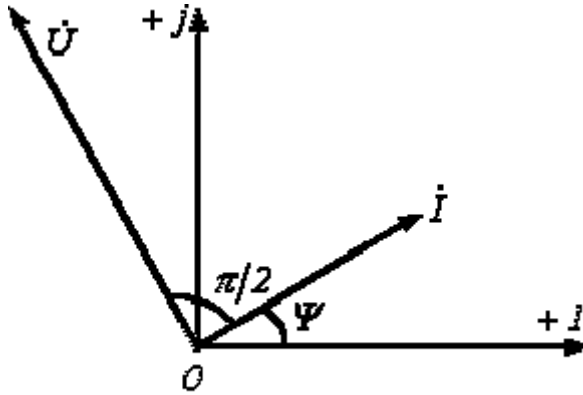


Рис.11

В полученном соотношении $\underline{Z}_L = jX_L$ комплексное

сопротивление катушки индуктивности.

Умножение на $j = e^{j\frac{\pi}{2}}$ соответствует повороту вектора на угол $\pi/2$ против часовой стрелки. Следовательно, уравнению (6) соответствует векторная диаграмма, представленная на рис. 11

4. Последовательное соединение резистивного и индуктивного элементов

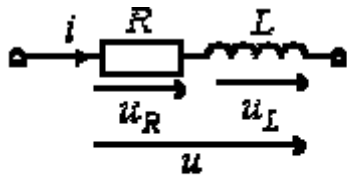


Рис.12

Пусть в ветви на рис. 12 $i = I_m \sin(\omega t + \varphi)$. Тогда

$$\begin{aligned} u &= u_R + u_L = RI_m \sin(\omega t + \varphi) + \omega LI_m \sin\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right) = \\ &= \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} I_m \sin\left(\omega t + \varphi + \arctg \frac{\omega L}{R}\right) = \\ &= U_m \sin(\omega t + \varphi + \Psi), \end{aligned} \quad (7) \text{ где}$$

$$U_m = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} I_m = ZI_m; \quad Z = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2}; \quad \Psi = \arctg \frac{\omega L}{R}, \text{ причем пределы}$$

$$\text{изменения } \Psi: 0 < \Psi < \frac{\pi}{2}.$$

Уравнению (7) можно поставить в соответствие соотношение

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L = R\dot{I} + jX_L\dot{I} = (R + jX_L)\dot{I} = \underline{Z}\dot{I},$$

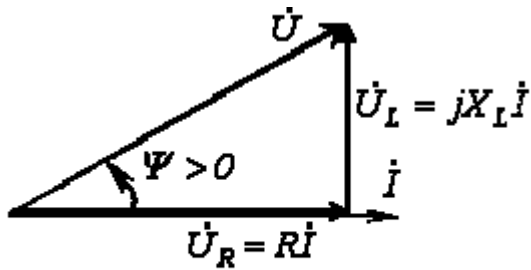


Рис.13

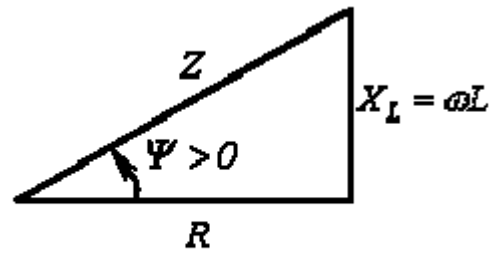


Рис.14

которому, в свою очередь, соответствует векторная диаграмма на рис. 13. Векторы на рис. 13 образуют фигуру, называемую **треугольником напряжений**. Аналогично выражение

$$\underline{Z} = R + jX_L = \sqrt{R^2 + X_L^2} e^{j\Psi} = Ze^{j\Psi}$$

графически может быть представлено **треугольником сопротивлений** (см. рис. 14), который подобен треугольнику напряжений.

5. Последовательное соединение резистивного и емкостного элементов

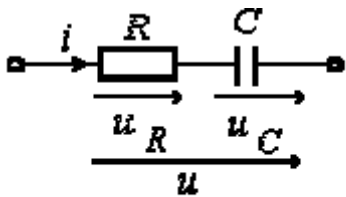


Рис.15

Опуская промежуточные выкладки, с использованием соотношений (2) и (4) для ветви на рис. 15 можно записать

$$\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_C = R\dot{I} - jX_C\dot{I} = (R - jX_C)\dot{I} = \underline{Z}\dot{I}, \quad (8)$$

где

$$\underline{Z} = R - jX_C = \sqrt{R^2 + X_C^2} e^{j\Psi} = \underline{Z}e^{j\Psi}; \quad \Psi = -\arctg \frac{X_C}{R} = -\arctg \frac{1}{\omega CR}, \quad \text{причем}$$

$$\text{пределы изменения } \Psi : -\frac{\pi}{2} < \Psi < 0$$

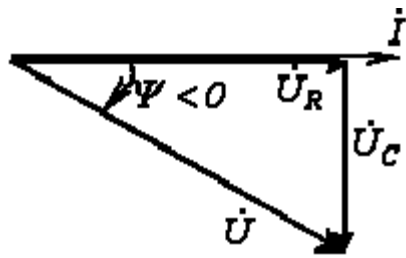


Рис.16

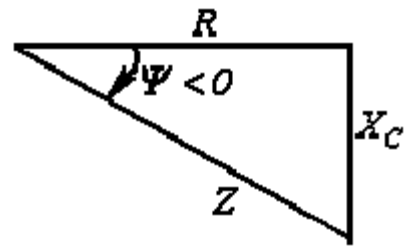


Рис.17

На основании уравнения (7) могут быть построены треугольники напряжений (см. рис. 16) и сопротивлений (см. рис. 17), которые являются подобными.

6. Резонанс токов.

Параллельное соединение резистивного и емкостного элементов

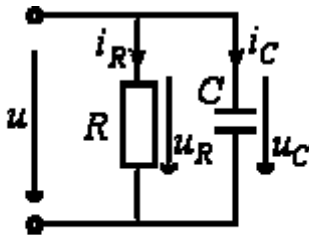


Рис.18

Для цепи на рис. 18 имеют место соотношения:

$$U = U_R = U_C ;$$

$$I_R = \frac{U_R}{R} = gU, \text{ где } g = \frac{1}{R} \text{ [См]} - \text{ активная проводимость;}$$

$$I_C = \frac{U_C}{X_C} = b_C U, \text{ где } b_C = \frac{1}{X_C} \text{ [См]} - \text{ реактивная проводимость}$$

конденсатора.

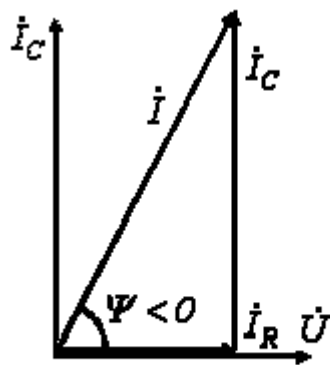


Рис.19

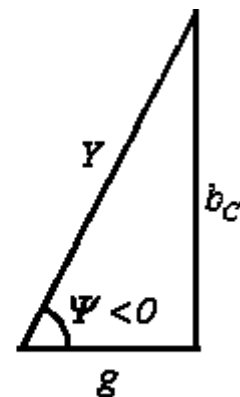


Рис.20

Векторная диаграмма токов для данной цепи, называемая **треугольником токов**, приведена на рис. 19. Ей соответствует уравнение в комплексной форме

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_C = g\dot{U} + jb_C\dot{U} = (g + jb_C)\dot{U} = \underline{Y}\dot{U} = Ie^{-j\Psi},$$

где $I = \sqrt{I_R^2 + I_C^2}$;

$$\underline{Y} = g + jb_C = \frac{1}{R} + j\omega C = Ye^{-j\Psi} \quad \text{- комплексная проводимость;}$$

$$\Psi = -\arctg \frac{b_C}{g} = -\arctg \omega CR$$

Треугольник проводимостей, подобный треугольнику токов, приведен на рис. 20.

Для комплексного сопротивления цепи на рис. 18 можно записать

$$\underline{Z} = \frac{1}{\underline{Y}} = \frac{1}{g + jb_C} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{-jX_C}} = \frac{R(-jX_C)}{R - jX_C}$$

Необходимо отметить, что полученный результат аналогичен известному из курса физики выражению для эквивалентного сопротивления двух параллельно соединенных резисторов.

7. Параллельное соединение резистивного и индуктивного элементов

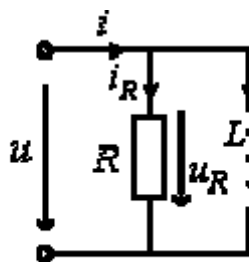


Рис.21

Для цепи на рис. 21 можно записать

$$U = U_R = U_L ;$$

$$I_R = \frac{U_R}{R} = gU, \quad \text{где } g = \frac{1}{R} \text{ [См]} \quad -$$

активная проводимость;

$$I_L = \frac{U_L}{X_L} = b_L U, \quad \text{где } b_L = \frac{1}{X_L} = \frac{1}{\omega L} \text{ [См]} \quad - \text{ реактивная проводимость катушки индуктивности.}$$

Векторной диаграмме токов (рис. 22) для данной цепи соответствует уравнение в комплексной форме

$$\dot{I} = \dot{I}_R + \dot{I}_L = g\dot{U} - jb_L\dot{U} = (g - jb_L)\dot{U} = \underline{Y}\dot{U} = Ie^{-j\Psi},$$

где $I = \sqrt{I_R^2 + I_L^2}$;

$$\underline{Y} = g - jb_L = \frac{1}{R} - j \frac{1}{\omega L} = Ye^{-j\Psi} \quad \text{- комплексная проводимость;}$$

$$\Psi = \arctg \frac{b_L}{g} = \arctg \frac{R}{\omega L}$$

Треугольник проводимостей, подобный треугольнику токов, приведен на рис. 23.

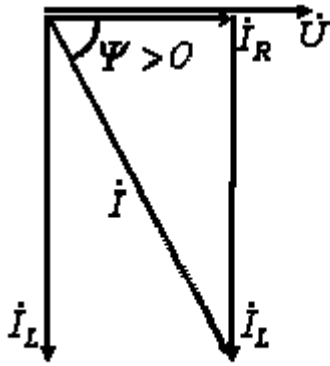


Рис.22

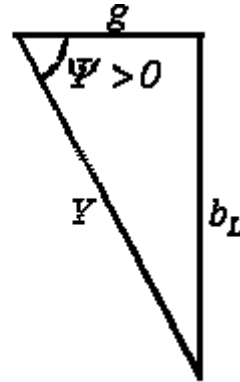


Рис.23

Выражение комплексного сопротивления цепи на рис. 21 имеет вид:

$$\underline{Z} = \frac{1}{\underline{Y}} = \frac{1}{g - jb_L} = \frac{1}{\frac{1}{R} + \frac{1}{jX_L}} = \frac{RjX_L}{R + jX_L}$$

5. Информационные и образовательные технологии

Информационные и образовательные технологии

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование раздела</i>	<i>Виды учебной работы</i>	<i>Формируемые компетенции (указывается код компетенции)</i>	<i>Информационные и образовательные технологии</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
1	Введение. Роль курса в подготовке специалистов	Лекция Лабораторная работа. Самостоятельная работа	(ПК-2) (ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Лекция-визуализация с применением проектора Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций
2	Электрическое поле. Способы соединения токоприемников..	Лекция Лабораторная работа Самостоятельная работа	(ПК-2) (ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Лекция-визуализация с применением проектора Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций
3	Законы Ома для участка цепи и для полной цепи	Лекция Лабораторная работа Самостоятельная работа	(ПК-2) (ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Лекция-визуализация с применением проектора Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций

4	Законы Кирхгофа	<p><i>Лекция</i></p> <p><i>Лабораторная работа</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>(ПК-2)</p> <p>(ИК-1) (ПК-2)</p> <p>(ОК-2)</p>	<p>Лекция-визуализация с применением проектора</p> <p>Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab</p> <p>Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций</p>
5	Магнитные цепи. Электромагнетизм	<p><i>Лекция</i></p> <p><i>Лабораторная работа</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>(ПК-2)</p> <p>(ИК-1) (ПК-2)</p> <p>(ОК-2)</p>	<p>Лекция-визуализация с применением проектора</p> <p>Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab</p> <p>Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций</p>
6	Электрические цепи переменного однофазного тока с активным сопротивлением	<p><i>Лекция</i></p> <p><i>Лабораторная работа</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>(ПК-2)</p> <p>(ИК-1) (ПК-2)</p> <p>(ОК-2)</p>	<p>Лекция-визуализация с применением проектора</p> <p>Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab</p> <p>Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций</p>
7	Электрические цепи переменного однофазного тока с реактивными сопротивлениями	<p><i>Лекция</i></p> <p><i>Лабораторная работа</i></p> <p><i>Самостоятельная работа</i></p>	<p>(ПК-2)</p> <p>(ИК-1) (ПК-2)</p> <p>(ОК-2)</p>	<p>Лекция-визуализация с применением проектора</p> <p>Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab</p> <p>Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций</p>

				использованием электронного курса лекций
8	Резонанс напряжений	Лекция Лабораторная работа Самостоятельная работа	(ПК-2) (ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Лекция-визуализация с применением проектора Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций
9	Резонанс токов	Лекция Лабораторная работа Самостоятельная работа	(ПК-2) (ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Лекция-визуализация с применением проектора Лабораторная работа в Neural Network Toolbox Matlab Подготовка к занятию с использованием электронного курса лекций

6. Фонд оценочных средств для текущего, рубежного и итогового контролей по итогам освоению дисциплины (модулей)

6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины представляется в виде таблицы:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модулей)	Код контролируемой компетенции (компетенций)	Наименование оценочного средства
1	Введение в нейронные сети. Биологический нейрон и его математическая модель.	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание)

	Классификация нейронных сетей и их свойства. Представление знаний в нейронных сетях.		Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
2	Обучение нейронных сетей. Парадигмы обучения. Обучение, основанное на коррекции ошибок.	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
3	Проблемы практического использования искусственных нейронных сетей и их свойства	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины) ТЕСТ
4	Многослойная нейронная сеть прямого распространения. Алгоритм обучения сети обратного распространения	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
5	Линейные сети. Персептрон	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Контрольная работа
6	Кластеризация и классификация данных	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины) Темы рефератов
7	Сети с самоорганизацией на основе конкуренции	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
8	Сеть с самоорганизацией корреляционного типа	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание)

			Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
9	LVQ сети	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)
10	Рекуррентные сети	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Контрольная работа
11	Вероятностная нейронная сеть	(ИК-1) (ПК-2) (ОК-2)	Задача (практическое задание) Коллоквиум (Вопросы по темам/разделам дисциплины)

6.2. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Методические материалы составляют систему текущего, рубежного и итогового (экзамена) контролей освоения дисциплины (модулей), закрепляют виды и формы текущего, рубежного и итогового контролей знаний, сроки проведения, а также его сроки и формы проведения (устный экзамен, письменный экзамен и т.п.). В системе контроля указывается процедура оценивания результатов обучения, при использовании балльно-рейтинговой системы приводится таблица с баллами и требованиями к пороговым значениям достижений по видам деятельности обучающихся; показывается механизм получения оценки (из чего складывается оценка по дисциплине (модулю)).

Текущий контроль осуществляется в виде опроса, участие в дискуссии на семинаре, выполнение самостоятельной работы и других видов работ, указанных в УМК, а также посещаемости студентов занятий - оценивается до 80 баллов.

Рубежный контроль (сдача модулей) проводится преподавателем и представляет собой письменный контроль, либо компьютерное тестирование знаний по теоретическому и практическому материалу. Контрольные вопросы рубежного контроля включают полный объём материала части дисциплины (модулей), позволяющий оценить знания, обучающихся по изученному материалу и соответствовать УМК дисциплины, которое оценивается до 20 баллов.

Итоговый контроль (экзамен) знаний принимается по экзаменационным билетам, включающий теоретические вопросы и практическое задание, и оценивается до 20 баллов.

Форма контроля	Срок отчетности	Макс. количество баллов
----------------	-----------------	-------------------------

		За одну работу	Всего
Текущий контроль:			
- Прием лабораторных работ	1,2,3,4,5,6,7,8 недели	8 баллов	До 40 баллов
-опрос	1, ,2,3,4,5,6,7,8 недели	6 баллов	До 30 баллов
- посещаемость	1, ,2,3,4,5,6,7,8 неделя	2 балла	10 баллов
Рубежный контроль: (сдача модуля)	8 неделя	100%×0,2=20 баллов	
Итого за I модуль			До 100 баллов

Форма контроля	Срок отчетности	Макс. количество баллов	
		За одну работу	Всего
Текущий контроль:			
- Прием лабораторных работ	9,10,11,12,13,14,15 недели	10 баллов	До 40 баллов
-опрос	9,10,11,12,13,14,15 недели	6 баллов	До 30 баллов
- посещаемость	9,10,11,12,13,14,15 недели	2 балла	10 баллов
Рубежный контроль: (сдача модуля)	15 неделя	100%×0,2=20 баллов	
Итого за II модуль			До 100 баллов

Форма контроля	Срок отчетности	Макс. количество баллов	
		За одну работу	Всего
Текущий контроль:			
- Прием лабораторных работ	1,2,3,4,5,6,7,8 недели	8 баллов	До 40 баллов
-опрос	1, ,2,3,4,5,6,7,8 недели	6 баллов	До 30 баллов
- посещаемость	1, ,2,3,4,5,6,7,8 неделя	2 балла	10 баллов
Рубежный контроль: (сдача модуля)	8 неделя	100%×0,2=20 баллов	

<i>Итого за I модуль</i>			<i>До 100 баллов</i>
<i>Форма контроля</i>	<i>Срок отчетности</i>	<i>Макс. количество баллов</i>	
		<i>За одну работу</i>	<i>Всего</i>
<i>Текущий контроль:</i> - Прием лабораторных работ - опрос - посещаемость	9,10,11,12,13,14,15 недели 9,10,11,12,13,14,15 недели 9,10,11,12,13,14,15 недели	10 баллов 6 баллов 2 балла	<i>До 40 баллов До 30 баллов 10 баллов</i>
<i>Рубежный контроль: (сдача модуля)</i>	<i>15 неделя</i>	<i>100%×0,2=20 баллов</i>	
<i>Итого за II модуль</i>			<i>До 100 баллов</i>

Экзаменатор выставляет по результатам балльной системы в семестре экзаменационную оценку без сдачи экзамена, набравшим суммарное количество баллов, достаточное для выставления оценки от 55 и выше баллов – автоматически (при согласии обучающегося).

Полученный совокупный результат (максимум 100 баллов) конвертируется в традиционную шкалу:

Рейтинговая оценка (баллов)	Оценка экзамена
От 0 - до 54	неудовлетворительно
от 55 - до 69 включительно	удовлетворительно
от 70 – до 84 включительно	хорошо
от 85 – до 100	отлично

6.3.Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Текущий контроль (0 - 80 баллов)

При оценивании посещаемости, опроса и приема лабораторных работ из расчета на одну неделю учитываются:

- посещаемость (2 балла одно занятие (10 баллов за модуль)
- степень раскрытия содержания материала (2.8 балла одно занятие (14 баллов за модуль);

- изложение материала (грамотность речи, точность использования терминологии и символики, логическая последовательность изложения материала (2.8 балла одно занятие (14 баллов за модуль));
- знание теории изученных вопросов (2.8 балла одно занятие (14 баллов за модуль));
- сформированность и устойчивость используемых при ответе умений и навыков (2.8 балла одно занятие (14 баллов за модуль));
- точность решения задачи (2.8 балла одно занятие (14 баллов за модуль)).

Рубежный контроль (0 – 20 баллов)

При оценивании контрольной работы учитывается:

- полнота выполненной работы (задание выполнено не полностью и/или допущены две и более ошибки или три и более неточности) – 8 баллов;
- обоснованность содержания и выводов работы (задание выполнено полностью, но обоснование содержания и выводов недостаточны, но рассуждения верны) – 14 баллов;
- работа выполнена полностью, в рассуждениях и обосновании нет пробелов или ошибок, возможна одна неточность - 17 баллов.
- работа выполнена полностью, в рассуждениях и обосновании нет пробелов или ошибок - 20 баллов.

При оценивании теста учитывается:

- полнота выполненной работы (задание выполнено не полностью и/или допущены две и более ошибки или три и более неточности) – до 20 баллов;

Итоговый контроль (экзаменационная сессия) - ИК = Бср × 0,8 + Бэкз × 0,2

При проведении итогового контроля обучающийся должен ответить на 3 вопроса (два вопроса теоретического характера и один вопрос практического характера).

При оценивании ответа на вопрос теоретического характера учитывается:

- теоретическое содержание не освоено, знание материала носит фрагментарный характер, наличие грубых ошибок в ответе (2 балла);
- теоретическое содержание освоено частично, допущено не более двух-трех недочетов (5 баллов);
- теоретическое содержание освоено почти полностью, допущено не более одного-двух недочетов, но обучающийся смог бы их исправить самостоятельно (8 баллов);
- теоретическое содержание освоено полностью, ответ построен по собственному плану (10 баллов).

При оценивании ответа на вопрос практического характера учитывается:

- ответ содержит менее 20% правильного решения (3 балла);
- ответ содержит 21-89 % правильного решения (7 баллов);
- ответ содержит 90% и более правильного решения (10 баллов).

6.4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.

Раздел УМК включает образцы оценочных средств, примерные перечни вопросов и заданий в соответствии со структурой дисциплины и системой контроля.

Контрольные вопросы

1. Что такое нейронные сети (НС)? Что дает моделирование НС? Проблемы, возникающие при моделировании. Свойства биологических и искусственных НС. Способы реализации нейросетей.
2. Место НС среди других методов решения задач. Типы задач, решаемых нейронными сетями. Недостатки и ограничения НС.
3. Биологический нейрон. Структура, функции.
4. Формальный нейрон. Виды функций активации. Ограниченность модели формального нейрона.
5. Многослойный перцептрон. Структура, алгоритм работы. Этапы решения задачи с помощью НС.
6. Формализация условий задачи для НС. Примеры. Подготовка входных и выходных данных. Выбор количества слоев.
7. Обучение однослойного перцептрона. Выбор шагов по W, Θ .
8. Проблема "исключающего ИЛИ" и ее решение.
9. Перцептронная представляемость.
10. Метод обратного распространения ошибки.
11. Паралич сети. Выбор шага по параметрам. Локальные минимумы. Временная неустойчивость.
12. Примеры применения перцептронов.
13. Динамическое добавление нейронов. Способность НС к обобщению.
14. Обучение без учителя. Сеть с линейным поощрением.
15. Задача классификации. Сеть Кохонена.
16. Обучение слоя Кохонена. Метод выпуклой комбинации. Примеры обучения.
17. Режимы работы сети Кохонена. Применение для сжатия данных.
18. Сеть встречного распространения. Схема, обучение, свойства.
19. Генетические алгоритмы для обучения НС. Положительные качества и недостатки.
20. Послойность сети и матричное умножение. Расчет градиента квадратичной формы с помощью НС. Выбор начальной точки и длины шага.
21. Сети с обратными связями. Сеть Хопфилда. Вычислительная энергия и ее минимизация.
22. Этапы решения задачи сетью Хопфилда. Устойчивость, сходимости к эталонам.
23. Соотношение стабильности пластичности при запоминании. Сеть АРТ 1. Структура, описание элементов сети.
24. Работа сети АРТ 1. Запоминание и классификация векторов сетью.
25. Метод имитации отжига.

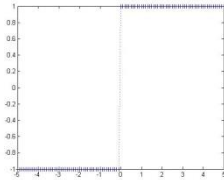
Тематика рефератов

1. Формальный нейрон. Виды функций активации. Ограниченность модели формального нейрона.
2. Многослойный перцептрон. Структура, алгоритм работы. Этапы решения задачи с помощью НС.
3. Формализация условий задачи для НС. Примеры. Подготовка входных и выходных данных. Выбор количества слоев.
4. Обучение однослойного перцептрона. Выбор шагов по W, Θ .
5. Проблема "исключающего ИЛИ" и ее решение.
6. Перцептронная представляемость.
7. Метод обратного распространения ошибки.
8. Паралич сети. Выбор шага по параметрам. Локальные минимумы. Временная неустойчивость.
9. Примеры применения перцептронов.

10. Динамическое добавление нейронов. Способность НС к обобщению.
11. Обучение без учителя. Сеть с линейным поощрением.
12. Задача классификации. Сеть Кохонена.
13. Обучение слоя Кохонена. Метод выпуклой комбинации. Примеры обучения.
14. Режимы работы сети Кохонена. Применение для сжатия данных.
15. Сеть встречного распространения. Схема, обучение, свойства.

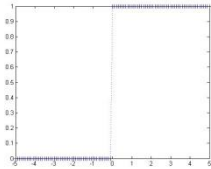
Тест

1. График какой функции изображен на рисунке



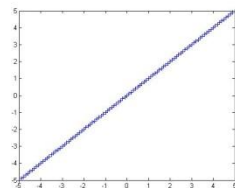
- a. Пороговая
- b. Знаковая(!)

2. График какой функции изображен на рисунке (пороговая)



- a. Пороговая(!)
- b. Знаковая

3. Какой формулой описывается линейная функция, график которой представлен на рисунке.



- a. $\varphi(v) = v(!)$
- b. $\varphi(v) = \begin{cases} 1, & v > 0 \\ -1, & v \leq 0 \end{cases}$

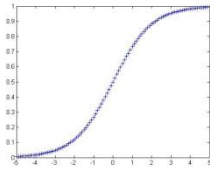
4. Как называется активационная функция формула которой $\varphi(v) = \frac{1}{1+e^{-v}}$

- a. Сигмоидальная (!)
- b. гиперболический тангенс

5. Как называется активационная функция формула которой $\varphi(v) = \frac{e^v - e^{-v}}{e^v + e^{-v}}$

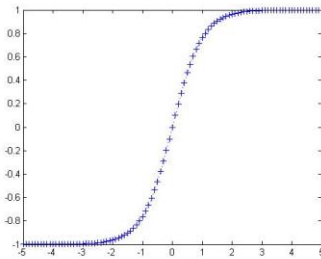
- a. сигмоидальная
- b. гиперболический тангенс (!)

6. Какой функцией в Matlab описывается функция, график которой представлен на рисунке.



- a. $\text{logsig}(v)$ (!)
- b. $\text{tansig}(v)$

7. Какой функцией в Matlab описывается функция, график которой представлен на рисунке.



- a. $\text{logsig}(v)$
- b. $\text{tansig}(v)$ (!)

8. Аксон – это выходной или входной отросток нейрона?

- a. Выходной (!)
- b. Входной

9. Какие нейроны называются входными нейронами:

- a. нейроны, на которые подается входной вектор, кодирующий входное воздействие или образ внешней среды. (!)
- b. нейроны, выходные значения которых представляют выход сети.
- c. нейроны, находящиеся в скрытых слоях нейронной сети.

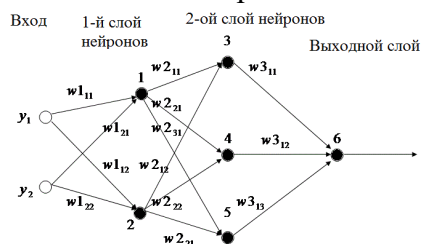
10. Искусственные нейронные сети, каждый нейрон которой передает свой выходной сигнал остальным нейронам, в том числе и самому себе, называются:

- a. Полносвязными сетями
- b. Слабосвязными сетями (!)

11. В *многослойных сетях* нейроны объединяются в слои. Как называются слои находящиеся между входным и выходным слоем нейронов.

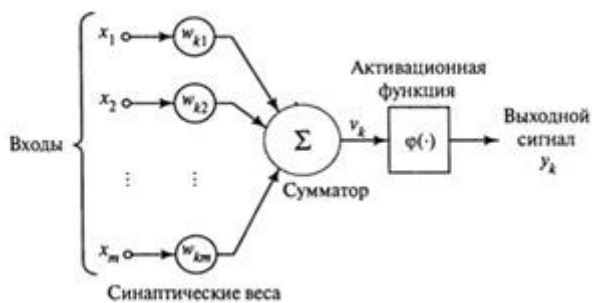
- a. Скрытый слой (!)
- b. Невидимый слой
- c. Входной слой
- d. Выходной слой

12. Как называется сеть представленная на рисунке



- a. Многослойная сеть прямого распространения (!)
- b. Многослойная сеть с обратными связями

13. Априорной называется информация:
- Наблюдения за окружающим миром (измерения), полученные с помощью сенсоров, адаптированных для конкретных условий, в которых должна функционировать данная нейронная сеть.
 - Известное состояние окружающего мира, представленное имеющимися в наличии достоверными фактами(!)
14. Примеры для обучения нейронной сети могут быть *маркированными* и *немаркированными*. Как называется пример когда *входному сигналу* соответствует *желаемый отклик*
- маркированными(!)*
 - немаркированными*
15. Нейрон получает входной сигнал x_m , где $m = 4$, блочная диаграмма данной



модели представлена на рисунке

$$x_1 = 0, x_2 = 2, x_3 = 3, x_4 = -3.$$

Соответствующие весовые коэффициенты нейрона равны

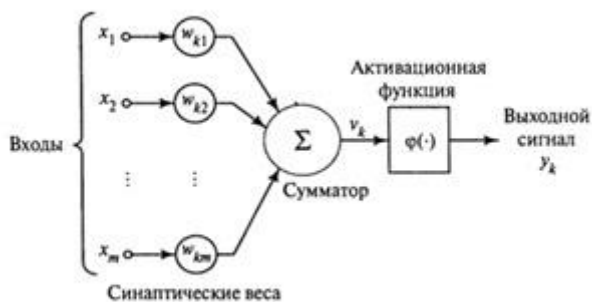
$$w_{11} = 1, w_{12} = -1, w_{13} = 0.3,$$

$$w_{14} = 1$$

Вычислить выходное значение нейрона, модель которого описывается пороговой функцией активации. Предполагается, что порог отсутствует.

- 0 (!)
- 1
- 0.5

16. Нейрон получает входной сигнал x_m , где $m = 3$, блочная диаграмма данной



модели представлена на рисунке

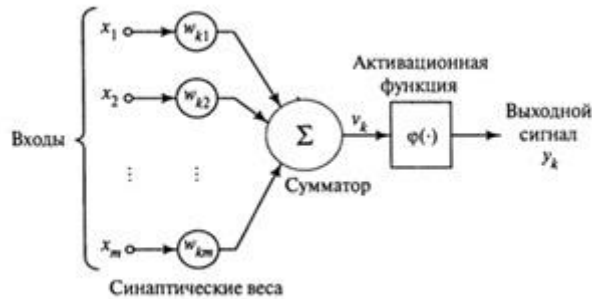
$$x_1 = 1, x_2 = 0.4, x_3 = 3,$$

Соответствующие весовые коэффициенты нейрона равны $w_{11} = 3, w_{12} = -1, w_{13} = 0.3,$

Вычислить выходное значение нейрона, модель которого описывается линейной функцией активации. Предполагается, что порог отсутствует.

- 3,5 (!)
- 3.7
- 2.4
-

17. Нейрон получает входной сигнал x_m , где $m = 2$, блочная диаграмма данной



модели представлена на рисунке

$$x_1 = 1, x_2 = 2$$

Соответствующие весовые коэффициенты нейрона равны

$$w_{11} = 0, w_{12} = -1$$

Вычислить выходное значение нейрона, модель которого описывается знаковой функцией активации. Предполагается, что порог отсутствует.

- 1 (!)
- 1
- 0

18. Какие функции выполняет входной слой нейронной сети?

- Транслирует сигнал на выходной слой нейронной сети
- Удаляет "шум" из сигнала
- Передает входной вектор сигналов на первый слой (!)
- Вычисляет производную для алгоритма обратного распространения ошибки

19. Сколько скрытых слоев в архитектуре 2-2-4-1

- 1 (!)
- 4
- 2

20. Сколько нейронов в скрытом слое в архитектуре 2-3-5-1

- 5(!)
- 3
- 1

21. Сколько скрытых слоев в архитектуре 2-2-4-3-1

- 1
- 4
- 2(!)

22. Сколько нейронов в первом слое в архитектуре 2-3-5-1

- a. 5
- b. 3(!)
- c. 2

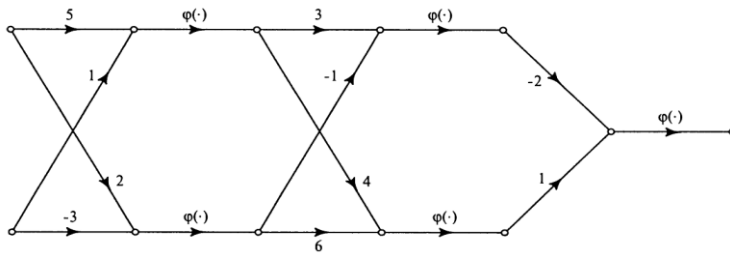
23. Сколько нейронов в первом слое в архитектуре 4-7-5-1

- a. 5
- b. 7(!)
- c. 4

24. Сколько элементов во входном слое в архитектуре 4-7-5-1

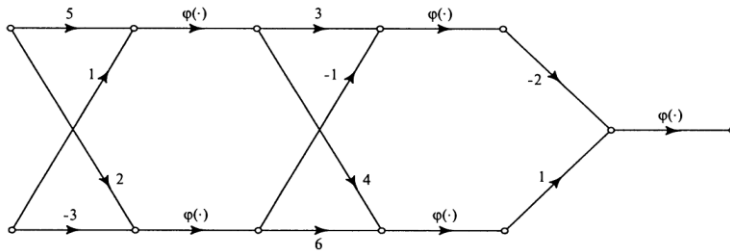
- a. 5
- b. 4(!)
- c. 7

25. Чему равны весовые коэффициенты второго слоя



- a. Весовые коэффициенты второго слоя равны 3,-1,4,6.(!)
- b. Весовые коэффициенты второго слоя равны -2, 1.
- c. Весовые коэффициенты второго равны 5,1,2,-3.

26. Чему равны весовые коэффициенты первого слоя



- a. Весовые коэффициенты первого слоя равны 3,-1,4,6.
- b. Весовые коэффициенты первого слоя равны -2, 1.
- c. Весовые коэффициенты первого равны 5,1,2,-3. (!)

27. Укажите чему равен диапазон значений сигмоидальной функции активации

- a. $(-\infty, \infty)$
- b. $(-1, 1)$
- c. $(0, 1)$!

28. Укажите чему равен диапазон значений полулинейной функции активации

- a. $(0, \infty)$!
- b. $(-1, 1)$
- c. $(0, 1)$

29. Укажите чему равен диапазон значений знаковой функции активации

- a. $(0, \infty)$
- b. $(-1, 1)$!
- c. $(0, 1)$

30. Укажите чему равен диапазон значений полулинейной с насыщением функции активации

- a. $(0, \infty)$
- b. $(-1, 1)$
- c. $(0, 1)!$

Контрольная работа

Нарисовать граф прохождения сигнала по сети прямого распространения вида, заданного вариантом (см. таблицу №1). Описать отображение вход-выход.

Таблица №1

№	Вид сети	Функции активации	Входное значение	Весовые коэф-ты 1 слоя	Весовые коэф-ты 2 слоя	Весовые коэф-ты 3 слоя
1	2-3-3-1	Пороговая Сигмоидальная	[1,1]	[1,2,1,3,-5,2]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[2,1,3]
2	3-3-2-1	Сигмоидальная Радиальная базисная	[1,2,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[1,2,1,3,-5,2]	[1,1]
3	2-3-2-1	Линейная Сигмоидальная	[4,6]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[1,2,1,3,-5,2]	[-2,1]
4	2-2-3-1	Радиальная базисная Сигмоидальная	[-2,1]	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[2,1,3]
5	3-2-4-1	Линейная с насыщением Сигмоидальная	[0,-1,5]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3]	[2,1,3,1]
6	2-3-4-1	Полулинейная Сигмоидальная	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
7	3-4-2-1	Гиперболический тангенс Сигмоидальная	[3,-3,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[-2,1]
8	2-2-3-1	Полулинейная с насыщением Сигмоидальная	[1,-9]	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[2,1,3]
9	3-3-4-1	Знаковая Сигмоидальная	[-3,-2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
10	2-4-3-1	Полулинейная с насыщением Сигмоидальная	[5,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3]
11	2-3-3-1	Пороговая Сигмоидальная	[1,1]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[2,1,3]
12	3-3-2-1	Сигмоидальная Радиальная базисная	[1,2,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[-2,1]
13	2-3-2-1	Линейная Сигмоидальная	[4,6]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[-2,1]
14	2-2-3-1	Радиальная базисная	[-2,1]	[2,1,3,1]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[2,1,3]

		Сигмоидальная				
15	3-2-4-1	Линейная с насыщением Сигмоидальная	[0,-1,5]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3]	[2,1,3,1]
16	2-3-4-1	Полулинейная Сигмоидальная	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
17	3-4-2-1	Гиперболический тангенс Сигмоидальная	[3,-3,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[-2,1]
18	2-2-3-1	Полулинейная с насыщением Сигмоидальная	[1,-9]	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[2,1,3]
19	3-3-4-1	Знаковая Сигмоидальная	[-3,-2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
20	2-4-3-1	Полулинейная с насыщением Сигмоидальная	[5,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3]
21	2-3-3-1	Пороговая Сигмоидальная	[1,1]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[2,1,3]
22	3-3-2-1	Сигмоидальная Радиальная базисная	[1,2,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[-2,1]
23	2-3-2-1	Линейная Сигмоидальная	[4,6]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[-2,1]
24	2-2-3-1	Радиальная базисная Сигмоидальная	[-2,1]	[2,1,3,1]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[2,1,3]
25	3-2-4-1	Линейная с насыщением Сигмоидальная	[0,-1,5]	[2,1,3,-0.3,-4,3]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3]	[2,1,3,1]
26	2-3-4-1	Полулинейная Сигмоидальная	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
27	3-4-2-1	Гиперболический тангенс Сигмоидальная	[3,-3,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[-2,1]
28	2-3-4-1	Полулинейная Сигмоидальная	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[2,1,3,1]
29	3-4-2-1	Гиперболический тангенс Сигмоидальная	[3,-3,1]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,1,2,4]	[6,3,-2,1,-1,-0.5,-1,3,7,]	[-2,1]
30	2-2-3-1	Полулинейная с насыщением Сигмоидальная	[1,-9]	[-4,2]	[1,2,1,3,-5,2]	[2,1,3]

Контрольная работа

Цель работы: изучение нейронных сетей для задач аппроксимации функций двух переменных

Общие сведения

Для построения графика от трех переменных использовать функцию plot3

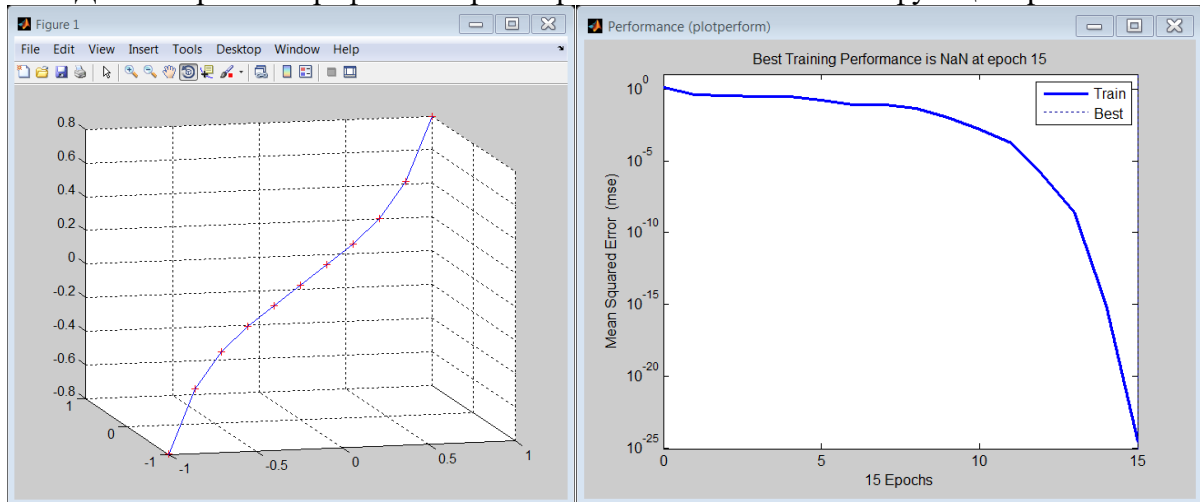


рис. 1

рис.2

- Для заданного преподавателем варианта (таблица) аппроксимировать функцию.
 - Проанализировать какое количество нейронов решает поставленную задачу и за какое количество эпох
 - при обучении нейронной сети использовать алгоритмы обучения `trainlm` или `traingd`
- Разработать алгоритм создания и моделирования нейронной сети.
- Реализовать разработанный алгоритм в системе MATLAB.
- Вывести параметры созданной и обученной нейронной сети (веса и смещение)
- Проверить правильность работы сети для последовательности входных векторов.
- Построить график, аналогичный представленному на рис.1 и рис.2, для своих исходных данных.
- Нарисовать модель нейронной сети (с указанием весовых коэффициентов, функций активаций)
- Составить отчет.

Вариант	Функция	Вариант	Функция
1	$Z = x.^3 + 0.1y$	17	$Z = x.^3 + 0.2y$
2	$Z = 0.3 * x.^3 + 0.4y$	18	$Z = 0.3 * x.^3 + y.^2 - 0.2 * x$
3	$Z = 0.1 * x.^3 + 0.2y$	19	$Z = \sin(2 * \pi * y)$
4	$Z = 0.3 * x.^3 + 0.3 * y.^2$	20	$Z = \cos(2 * \pi * x) + y.^3 + 0.2 * x$
5	$Z = 0.4 * x.^2 + 0.3y$	21	$Z = \cos(2 * \pi * x) + y.^3 + 0.2$
6	$Z = 0.4 * x.^2 + 0.4 * y.^3$	22	$Z = 0.4 * x.^2 + \cos(3 * \pi * y)$
7	$Z = 0.1 * x.^2 + 0.5y$	23	$Z = 0.5 * \pi * x.^2 + 0.1y$
8	$Z = 0.4 * x.^5 + 0.4 * y$	24	$Z = 0.4 * x.^5 - \sin(2 * \pi * y)$
9	$Z = 0.1 * x.^3 + \sin(2 * \pi * y)$	25	$Z = 0.1 * x.^3 - \sin(2 * \pi * y)$
10	$Z = 0.1 * x.^3 - \cos(0.2 * \pi * y)$	26	$Z = 0.1 * x.^3 + \sin(2 * \pi * y)$
11	$Z = 0.2 * x.^3 - 0.1y$	27	$Z = \cos(2 * \pi * x) + 0.2 * y.^3 - 0.1$
12	$Z = 0.5 * x.^3 - 0.2 * y.^2$	28	$Z = \cos(2 * \pi * x) + 0.2 * y.^2$

13	$Z = 0.4 * x.^2 - 0.6y$	29	$Z = \cos(0.4 * \pi * x) + 0.4 * y.^2 - 0.6$
14	$Z = 0.3 * x.^2 - 0.4 * y.^3$	30	$Z = 0.3 * x.^2 - 0.4 * y.^3$
15	$Z = 0.2 * x.^2 + 0.4y$	31	$Z = x.^3 + 0.1y$
16	$Z = 0.1 * x.^4 + 0.3 * y$	32	$Z = 0.3 * x.^3 + 0.4y$
35	$Z = 0.1 * x.^2 + 0.1y$	33	$Z = 0.2 * x.^3 + 0.2y$
36	$Z = 0.7 * x.^2 + 0.2 * y.^3$	34	$Z = 0.4 * x.^3 + 0.7 * y.^2$

Самостоятельная работа студентов

Создать таблицу основных функций NNT Matlab для работы с нейронными сетями

	СЕТИ С ПРЯМОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ СИГНАЛА
New networks	1.1.1.1 Формирование архитектуры сети
Using networks	Работа с нейронной сетью
	Моделирование сети
	Инициализация сети
	Адаптация сети
	Обучение сети
Weight functions	Функции взвешивания
Net input functions	Функции накопления
Transfer functions	Функции активации
Initialization functions	Функции инициализации
	Инициализация слоев
	Инициализация весов и смещений
	Инициализация нулевых весов и смещений
Performance functions	Функции оценки качества сети
Learning functions	Функции настройки параметров
Adapt functions	Функции адаптации
Training functions	Функции обучения
	Алгоритмы обучения

	Графические функции

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

7.1.Список источников и литературы

Основные учебники

1. Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002.
2. Медведев В.С., Потемкин В.Г. Нейронные сети. Matlab 6. М.: Диалог МИФИ, 2002.
3. Роберт Каллан. Основные концепции нейронных сетей. М.: Издательский дом «Вильямс», 2001.
4. Суровцев И.С., Клюкин В.И., Пивоварова Р.П. Нейронные сети. - Воронеж: ВГУ,1994.
5. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика. М.:Мир,1992.

Дополнительная литература

1. Горбань А.Н. и др. Нейроинформатика.- Электронная публикация.
2. Мкртчян С.О. Нейроны и нейронные сети. (Введение в теорию формальных нейронов)— М.:Энергия,1971.
3. А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Нейронные сети на персональном компьютере. - Новосибирск, Наука, 1996.
4. Гилл Ф., Мюррей У., Райт М. Практическая оптимизация.М.:Мир,1985.
5. Лоскутов А.Ю., Михайлов А.С. Введение в синергетику. М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1990.— 272 с.
6. КуССуль Э.М. Ассоциативные нейроподобные структуры. - Киев, Наукова думка, 1990.
7. Нейрокомпьютеры и интеллектуальные роботы. Под ред. Н.М.Амосова. – Киев, Наукова думка, 1991.

7.2.Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимый для освоения дисциплины (модулей)



1. <https://www.intuit.ru/search>
2. <https://www.twirpx.com/> Библиотека все для студента
3. <https://uk.sagepub.com/en-gb/asi/home>
4. <https://uk.sagepub.com/en-gb/asi/sage-premier>
5. <https://www.nejm.org/>
6. <https://uk.sagepub.com/en-gb/asi/imeche>
7. <http://global.oup.com/?cc=kg>
8. <https://www.cambridge.org>
9. <https://www.intellectbooks.co.uk/journals/index/>
10. <http://iopscience.iop.org/journalList>
11. <https://royalsociety.org/journals/>
12. <https://www.elibrary.imf.org/?redirect=true>
13. <https://www.elgaronline.com/page/70/journals>
14. <http://www.dukejournals.org/>

8. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся

8.1. Планы практических (семинарских) и лабораторных занятий. Методические указания по организации и проведению

- Лабораторная работа №1

Тема «Классификация типов стекол по их физико-химическим свойствам в судебно-следственной практике (UCI machine-learning database collection (Murphy & Aha, 1995))».

Форма проведения: Выполнение лабораторной работы с помощью программного средства NNT Matlab; Имеются данные по 214 образцам (крупичам и осколкам) стекла со следующими параметрами:

- 1 - RI - показатель преломления
- 2 - Na - весовая доля оксида(оксидов) натрия %
- 3 - Mg - весовая доля оксида(оксидов) марганца %
- 4 - Al - весовая доля оксида(оксидов) алюминия %
- 5 - Si - весовая доля оксида(оксидов) кремния %
- 6 - K - весовая доля оксида(оксидов) калия %
- 7 - Ca - весовая доля оксида(оксидов) кальция %
- 8 - Ba - весовая доля оксида(оксидов) бария %
- 9 - Fe - весовая доля оксида(оксидов) железа %

Выходная переменная - природа образца (один из 6 типов стекла)

- 1 (WinF) оконное стекло (float)
- 2 (WinNF) оконное стекло (non-float)
- 3 (Veh) автомобильное стекло
- 5 (Con) стеклянные сосуды
- 6 (Tabl) настольное стекло
- 7 (Head) стекло фар автомобиля

Цель: Требуется решить задачу классификации типов стеклянных осколков (типичную в судебно-следственной практике). Для обучения использовать первые 180 примеров, остальные - для тестирования.

Список источников и литературы:

<https://archive.ics.uci.edu/ml/index.php>

Материально-техническое обеспечение занятия.

Компьютерный класс, проектор, программное обеспечение NNT Matlab.

- Лабораторная работа №2

Тема «Определение злокачественности опухоли. Рак молочной железы Висконсин (оригинал)».

Форма проведения: Выполнение лабораторной работы с помощью программного средства NNT Matlab;

Построить диагностическую систему для различения злокачественных опухолей от незлокачественных образований по описанию клеток пробы (Wisconsin Breast Cancer Database).

Входные параметры (принимают значения от 1 до 10) - 9 величин (имеющих медицинскую специфику)

- 1 - толщина слоя
- 2 - степень однородности размеров клеток
- 3 - степень однородности формы клеток
- 4 - степень маргинальности спайки (слипание клеток)

5 - размер эпителиальных одиночных клеток

6 - количество свободных ядер

7 - хроматин

8 - нормальные ядра

9 - митозы

Выходной параметр - класс 0 - доброкачественная, 1 - злокачественная опухоль. Исходные данные (матрицы P, T) записаны в файле. Имеется 699 примеров, которые разбиваются на две группы - первые N примеров используются для обучения многослойного персептрона, остальные для тестирования.

Цель: Требуется построить зависимость ошибки прогноза (тестирования) от N. При каких N можно говорить о "надежном распознавании"?

Список источников и литературы:

[https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/breast+cancer+wisconsin+\(original\)](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/breast+cancer+wisconsin+(original))

Материально-техническое обеспечение занятия.

Компьютерный класс, проектор, программное обеспечение NNT Matlab.

- Лабораторная работа №3

Тема «Прогноз стоимости недвижимости в районах Бостона (Boston database, DELVE benchmark collection)».

Форма проведения: Выполнение лабораторной работы с помощью программного средства NNT Matlab; В данной задаче требуется построить прогностическую систему для оценки стоимости жилья в Бостоне (США), основываясь на следующих 13 входных параметрах:

1 CRIM - уровень преступности на душу населения

2 ZN - доля жилых массивов на площади 25,000 кв. футов.

3 NDUS - доля предприятий, не связанных с розничной торговлей

4 CHAS - близость к реке Charles River (1 если район граничит с рекой, 0 - в противном случае)

5 NOX - концентрация окисей азота (в долях 1/10 миллионов)

6 RM - среднее число комнат в жилище

7 AGE - доля частных владений, построенных до 1940 года

8 DIS - взвешенное расстояние до 5 центров сосредоточения работы в Бостона

9 RAD - индекс доступности радиальных автострад

10 TAX - полный налог на недвижимость в расчете на \$10,000

11 PTRATIO - доля школьных учителей в районе

12 B - коэффициент $1000(Bk - 0.63)^2$, где Bk - доля чернокожего населения

13 LSTAT - процент населения ниже черты бедности

Выходной параметр

14 - MEDV средняя цена частного жилья в \$1000's

База данных содержит 506 записей, из которых первые 400 используются для обучения, остальные - для тестирования.

Цель: В данной задаче требуется построить прогностическую систему для оценки стоимости жилья в Бостоне (США). Требуется построить нейросетевую классификационную систему (на выходном слое используется линейная переходная функция) с наименьшей ошибкой тестирования.

Список источников и литературы:

<https://www.cs.toronto.edu/~delve/data/boston/bostonDetail.html>

<http://lib.stat.cmu.edu/datasets/boston>

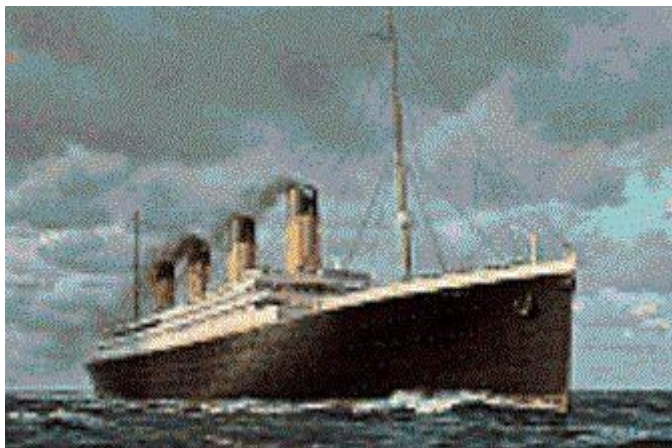
Материально-техническое обеспечение занятия.

Компьютерный класс, проектор, программное обеспечение NNT Matlab.

- Лабораторная работа №4

Тема «Оценка влияния социальных факторов на выживание пассажиров потерпевшего аварию судна "Титаник" (Titanic database, DELVE benchmark collection)».

Форма проведения: Выполнение лабораторной работы с помощью программного средства NNT Matlab;



В этой задаче рассматривается печальная статистика трагедии 14 апреля 1912 года с океанским лайнером "Титаник". Среди 2201 пассажира судна 711 удалось спастись. Требуется исследовать статистическое влияние на выживаемость людей следующих факторов:

1 CLASS - класс каюты 0-1й, 1 - 2й, 2 - 3й, 3 - член команды

2 AGE - возраст 0 - ребенок, 1 - взрослый

3 SEX - пол 0 - женщина, 1 - мужчина

Выходной параметр

4 SURVIVED - 0 - погиб, 1 - выжил.

Цель: Требуется исследовать статистическое влияние на выживаемость людей **Список источников и литературы:**

<https://www.cs.toronto.edu/~delve/data/datasets.html>

<https://www.cs.toronto.edu/~delve/data/titanic/desc.html>

Материально-техническое обеспечение занятия.

Компьютерный класс, проектор, программное обеспечение NNT Matlab.

- Лабораторная работа №5

Тема «Классификация данных, полученных со спутника Landstat (Satimage database, ELENA Project, STATLOG ESPRIT project)».

Форма проведения: Выполнение лабораторной работы с помощью программного средства NNT Matlab;

Исходные данные получены из наблюдений различных участков земной поверхности в различных спектральных диапазонах с использованием радаров (36 входных параметров - 4 спектральных диапазона для матрицы из 9 пикселей) спутником Landstat NASA. База данных содержит 6435 записей. Выход нейросети принимает одно из следующих значений:

1 - глинистая (красная) почва

2 - посевы технических культур (хлопок)

3 - серая почва

4 - увлажненная серая почва

5 - покос (стерня)

6 - смесь всех перечисленных покрытий (в базе данных отсутствует)

7 - очень влажная серая почва

Цель: Требуется построить нейросетевую классификационную систему (на выходном слое используется линейная переходная функция) с наименьшей ошибкой тестирования. Для обучения использовать первые 5000 записей, остальные для тестирования. Каковы преимущества и недостатки кодирования 7 классов одним выходным нейроном?

Список источников и литературы:

[https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Statlog+\(Landsat+Satellite\)](https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Statlog+(Landsat+Satellite))

Материально-техническое обеспечение занятия.

Компьютерный класс, проектор, программное обеспечение NNT Matlab.

8.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулей)

Методические указания предназначены для рационального распределения времени студента по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины. Они составляются на основе сведений о трудоемкости дисциплины, ее содержании и видах работы по ее изучению, а также учебно-методического и информационного обеспечения. В раздел включаются: рекомендации по изучению дисциплины (модулей) или отдельных тематических разделов, вопросы и задания для самостоятельной работы, материалы, необходимые, для подготовки к занятиям (разделы книг, статьи и т.д.). Раздел может быть представлен в табличной форме.

Например:

<i>Вид работы</i>	<i>Содержание (перечень вопросов)</i>	<i>Трудоемкость самостоятель ной работы (в часах)</i>	<i>Рекомендации</i>
<i>Раздел № __ (наименование раздела)</i>			
<i>Подготовка к лекции №</i>	<i>Перечень вопросов лекции</i>	<i>N</i>	<i>Список литературы по теме лекции с указанием страниц (разделов), а также других материалов, необходимых для подготовки (конспекты лекций, интернет- ресурсы, программное обеспечение и др.), вопросы и задания для самоконтроля,</i>
<i>Написание реферата</i>	<i>Тематика рефератов по разделу</i>	<i>N</i>	<i>Список литературы для реферирования, интернет-ресурсов. Рекомендации по написанию (объём, структура текста, требования к оформлению).</i>
<i>И т.п.</i>			
<i>Итого</i>		<i>N</i>	
<i>Раздел (Тема) № __ (наименование раздела, темы)</i>			
<i>Итого по дисциплине</i>		<i>N</i>	

8.3. Методические рекомендации по подготовке отчетов по лабораторным работам

Требования при оформлении лабораторных работ:

1. Требования

- Первая страница Титульный лист
- Условия задачи, цели, этапы выполнения
- Программный код
- Графики
- Результаты
- Выводы

Правила оформления лабораторных работ:

- текст печатается на странице формата А4;
- шрифт – Times New Roman;
- размеры полей: левое – 3 см, верхнее – 2 см, правое – 2 см и нижнее – 2 см;
- выравнивание по ширине.
- размер шрифта основного текста – 12;
- интервал межстрочный (полуторный) – 1,5;
- название работы печатается полужирным, размер шрифта – 14;
- заголовки печатаются жирным шрифтом 14-ым размером, перед ними следует оставить пустую строку, выравниваются по центру;
- подзаголовки печатаются жирным шрифтом 12-ым размером выравниваются по центру;
- нумерация страниц – внизу по центру.
- Нумерация рисунков, графиков и т.п. Например: (рис.1 Название рисунка) рисунки нумеруются снизу и по центру, таблица (Таблица 1. Название таблицы) таблицы нумеруются сверху выравнивание к правому краю.
 - Библиографические ссылки при цитировании приводятся в конце статьи и нумеруются согласно порядку цитирования в тексте. Указываются автор (сначала фамилия, потом инициалы), название, место и год издания, страница. Порядковые номера ссылок должны быть написаны внутри квадратных скобок (например: [1], [2]). Источники приводятся с указанием в алфавитном порядке фамилий и инициалов всех авторов, сначала отечественных, затем иностранных, полного названия статьи, названия источника, где напечатана статья, том, номер, страницы (от и до) или полное название книги, место и год издания. Фамилии иностранных авторов, название и выходные данные их работ даются в оригинальной транскрипции. Каждый источник приводится с новой строки.

8.4.8.4. Иные материалы

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Минимальные требования к материально-техническому обеспечению дисциплины:

- Компьютерный класс
- проектор, экран
- колонки
- программное обеспечение NNT Matlab.

10. Глоссарий

База знаний - семантическая модель, описывающая предметную область и позволяющая отвечать на такие вопросы из этой предметной области, ответы на которые в явном виде не присутствуют в базе. База знаний является основным компонентом интеллектуальных и экспертных систем.

Декларативные знания - знания, которые записаны в памяти интеллектуальной системы так, что они непосредственно доступны для использования после обращения к соответствующему полю памяти. Обычно декларативные знания используются для представления информации о свойствах и фактах предметной области. По форме представления декларативные знания противопоставляются процедурным знаниям.

Знания о предметной области - совокупность сведений о предметной области, хранящихся в базе знаний интеллектуальной системы. Знания о предметной области подразделяются на:

- факты, относящиеся к предметной области;
- закономерности, характерные для предметной области;
- гипотезы о возможных связях между явлениями, процессами и фактами;
- процедуры для решения типовых задач в данной предметной области.

Знания - в информатике - вид информации, отражающей опыт специалиста (эксперта) в определенной предметной области, его понимание множества текущих ситуаций и способы перехода от одного описания объекта к другому. По Д.А.Поспелову для знаний характерны внутренняя интерпретируемость, структурированность, связанность и взаимная активность.

Интеллектуальная система - система или устройство с программным обеспечением, имеющие возможность с помощью встроенного процессора настраивать свои параметры в зависимости от состояния внешней среды.

Извлечение знаний - процесс взаимодействия инженера по знаниям с источником знаний (экспертом), в результате которого становятся явными процесс рассуждений специалистов при принятии решения и структура их представлений о предметной области.

Информация - по законодательству РФ - сведения о лицах, предметах, фактах, событиях, явлениях и процессах независимо от формы их представления.

Информация уменьшает степень неопределенности, неполноту знаний о лицах, предметах, событиях и т.д.

Концептуализация - определение понятий, отношений и механизмов управления, необходимых для описания процессов решения задач в избранной предметной области.

Научное знание - система знаний о законах природы, общества, мышления. Научное знание составляет основу научной картины мира и отражает законы его развития.

Научное знание:

- является результатом постижения действительности и когнитивной основой человеческой деятельности;
- социально обусловлено;
- обладает различной степенью достоверности.

Нейронные модели памяти и обучения - модели нейронных сетей, направленные на изучение их способности к формированию следов памяти и извлечению записанной информации.

Нейрокибернетика - научное направление, изучающее основные закономерности организации и функционирования нейронов и нейронных образований. Основным методом нейрокибернетики является математическое моделирование, при этом данные физиологического эксперимента используются в качестве исходного материала для создания моделей.

Нейробионика - научное направление, изучающее возможность использования принципов строения и функционирования мозга с целью создания более совершенных технических устройств и технологических процессов.

Нейронная сеть - вычислительная или логическая схема, построенная из однородных процессорных элементов, являющихся упрощенными функциональными моделями нейронов.

Формальный нейрон - в нейронных сетях - процессорный элемент, преобразователь данных, получающий входные данные и преобразующий их в соответствии с заданной функцией и параметрами.

Сумматор - в нейронных сетях - блок, суммирующий сигналы, поступающие от нейронов через синапсы. В общем случае сумматор может преобразовывать сигналы и передавать их нейронам или сумматорам тоже через синапсы.

Синапс - в нейронных сетях - связь между формальными нейронами.

Выходной сигнал от нейрона поступает в синапс, который передает его другому нейрону. Сложные синапсы могут иметь память.

Представление знаний - структурирование знаний с целью формализации процессов решения задач в определенной проблемной области.

Приобретение знаний - способ автоматизированного построения базы знаний посредством диалога эксперта и специальной программы, изначально ориентированной на конкретный способ представления знаний.

Процедурные знания - знания, хранящиеся в памяти интеллектуальной системы в виде описаний процедур, с помощью которых их можно получить. Обычно процедурные знания используются для представления информации о способах решения задач в проблемной области, а также различные инструкции, методики и т.п. По форме представления процедурные знания противопоставляются декларативным знаниям.

Сведения - часть знаний, критерий истинности которых не одинаков у различных участников познавательного процесса.

Факт - знание в форме утверждения, достоверность которого строго установлена.

Чанк - в искусственном интеллекте - фрагмент знаний, хранимый и используемый как единое целое.

Эвристика - эмпирическое правило, упрощающее или ограничивающее поиск решений в (сложной) предметной области.

Эвристические знания - знания, накапливаемые интеллектуальной системой в процессе ее функционирования, а также знания, заложенные в ней априорно, но не имеющие статуса абсолютной истинности в данной проблемной области. Обычно эвристические знания связаны с отражением в базе знаний неформального опыта решения задач.

Эксперт - специалист, который за годы обучения и практической деятельности научился эффективно решать задачи, относящиеся к конкретной предметной области.

Экспертные знания - знания, которыми располагает специалист в некоторой предметной области

11. Приложения

12.

Приложение 3
 СОГЛАСОВАНО
 Протокол заседания кафедры
 № _____ от _____

УТВЕРЖДЕНО
 Ректор УНПК «МУК»

 (название)

 (подпись, ф.и.о.)

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

в учебно-методический комплекс (модуле) дисциплины

 (название дисциплины)

по направлению подготовки (специальности) _____

на 20__/20__ учебный год

1. В _____ вносятся следующие изменения:
 (элемент УМК)

1.1.;

1.2.;

...

1.9.

2. В _____ вносятся следующие изменения:
 (элемент УМК)

2.1.;

2.2.;

...

2.9.

3. В _____ вносятся следующие изменения:
 (элемент УМК)

3.1.;

3.2.;

...

3.9.

Составитель
 дата

подпись

расшифровка подписи