

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Наименование образовательной программы: Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очно-заочная

Рабочая программа дисциплины
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Обязательная
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.О.16
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 7; 4 семестр - 7; 5 семестр - 6; всего - 20
Часов (всего) по учебному плану:	720 часов
Лекции	3 семестр - 32 часа; 4 семестр - 16 часов; 5 семестр - 16 часов; всего - 64 часа
Практические занятия	3 семестр - 16 часов; 4 семестр - 32 часа; 5 семестр - 16 часов; всего - 64 часа
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа; 4 семестр - 2 часа; 5 семестр - 2 часа; всего - 6 часов
Самостоятельная работа	3 семестр - 201,5 часа; 4 семестр - 201,5 часа; 5 семестр - 181,5 часа; всего - 584,5 часа
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	4 семестр - 0,5 часа;
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;
	всего - 1,5 часа

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Михеев Д.В.
	Идентификатор	Re17531c2-MikheevDV-e437ec4f

Д.В. Михеев

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Матюнина Ю.В.
	Идентификатор	R01b54b1d-MatiuninaYV-7d5d8f23

Ю.В.
Матюнина

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Цырук С.А.
	Идентификатор	Raf2c04da-TsyrukSA-47ef358f

С.А. Цырук

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Изучение теории электрических и магнитных цепей и теории электромагнитного поля

Задачи дисциплины

- изучение терминов, понятий и определений теории электрических и магнитных цепей и теории электромагнитного поля;
- формирование знаний об основных законах и уравнениях теории электромагнитного поля и теории электрических и магнитных цепей;
- изучение основных процессов и явлений в электрических, магнитных цепях и электромагнитном поле;
- освоение методов анализа и расчета физических величин электрических и магнитных цепей и электромагнитного поля;
- изучение особенностей электромагнитных явлений и процессов в электротехнических устройствах.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ОПК-5 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-1 _{ОПК-5} Использует методы анализа и моделирования линейных и нелинейных цепей постоянного и переменного тока, цепей с распределенными параметрами, переходных процессов в электрических цепях	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- основные понятия, законы и уравнения электрических цепей постоянного тока;- основные понятия электрических цепей с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями;- понятия нелинейных электрических и магнитных цепей, методы их расчета;- понятия линейных электрических цепей синусоидального тока, комплексный метод расчета;- понятие трехфазных электрических цепей, методы расчета трехфазных электрических цепей. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- рассчитывать установившиеся режимы в нелинейных электрических и магнитных цепях;- рассчитывать электрические цепи синусоидального тока, строить векторно-топографические диаграммы;- рассчитывать параметры четырехполюсников;- рассчитывать трехфазные электрические цепи с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями и с динамическими нагрузками;- рассчитывать трехфазные электрические цепи со статическими

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		нагрузками; - описывать уравнениями электромагнитные процессы в электрических цепях; - рассчитывать электрические цепи постоянного тока.
ОПК-5 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-2 _{ОПК-5} Использует методы расчета переходных процессов в электрических цепях постоянного и переменного тока	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - методы расчета переходных процессов в нелинейных электрических цепях; - законы коммутации, классический и операторный методы расчета переходных процессов в линейных электрических цепях. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать переходные процессы в длинных линиях без потерь; - рассчитывать переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами.
ОПК-5 Способен использовать методы анализа и моделирования электрических цепей и электрических машин	ИД-3 _{ОПК-5} Применяет знания основ теории электромагнитного поля и цепей с распределенными параметрами	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - понятия электрических цепей с распределенными параметрами, общее решение однородных линий в установившемся и переходном режимах; - основные понятия, законы, явления и уравнения электромагнитного поля, классификацию электромагнитных полей, описание энергии и механических проявлений электромагнитных полей, волновые процессы в переменных полях. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - рассчитывать электромагнитные поля; - рассчитывать установившиеся режимы в линейных цепях с распределенными параметрами; - рассчитывать сопротивления, индуктивности и емкости проводящих тел.
РПК-1 Способен решать задачи цифровизации в электроэнергетике и электротехнике	ИД-2 _{РПК-1} Осуществляет поиск и выбор цифровых технологий и методов в соответствии с поставленной задачей	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - знать цифровые технологии в электротехнике и электроэнергетике.
РПК-1 Способен решать	ИД-3 _{РПК-1} Демонстрирует	уметь:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
задачи цифровизации в электроэнергетике и электротехнике	умение применять технологии больших данных к решению задач электротехники и электроэнергетики	- использовать современные цифровые технологии в электротехнике.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Электрооборудование и электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 20 зачетных единиц, 720 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа							СР				
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Линейные электрические цепи постоянного тока.	70	3	10	-	6	-	-	-	-	-	54	-	<p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Основные понятия и законы теории электрических цепей Цепи постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа Преобразование электрических цепей Расчет цепей методом наложения. Баланс мощностей Расчет цепей методом контурных токов Расчет цепей методом узловых напряжений (потенциалов) Расчет цепей с использованием метода эквивалентного генератора <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Разветвленная цепь постоянного тока <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 1, п. 2 [3], стр. 9-26</p>	
1.1	Линейные электрические цепи постоянного тока.	70		10	-	6	-	-	-	-	-	54	-		
2	Линейные электрические цепи синусоидального тока.	74		14	-	6	-	-	-	-	-	54	-		<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Разветвленная цепь синусоидального тока. Цепи с индуктивно-связанными элементами <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Цепи синусоидального тока. Законы Кирхгофа и Ома в комплексной форме. Векторные диаграммы Расчет цепей синусоидального тока комплексным методом. Топографические диаграммы Расчет цепей синусоидального тока при резонансе токов и напряжений Расчет цепей</p>
2.1	Линейные электрические цепи синусоидального тока.	74		14	-	6	-	-	-	-	-	54	-		

													синусоидального тока с индуктивно связанными элементами <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 3 - п. 7 [3], стр. 64-106	
3	Линейные электрические цепи несинусоидального тока	36		4	-	2	-	-	-	-	-	30	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет цепей с несинусоидальными токами и напряжениями <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
3.1	Линейные электрические цепи несинусоидального тока	36		4	-	2	-	-	-	-	-	30	-	[1], п. 12 [3], стр. 133-148
4	Четырехполюсники и электрические фильтры	36		4	-	2	-	-	-	-	-	30	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет первичных и вторичных параметров четырехполюсников. Расчет цепей с четырехполюсниками Расчет фильтров <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
4.1	Четырехполюсники и электрические фильтры	36		4	-	2	-	-	-	-	-	30	-	[1], п. 8, п. 18 [3], стр. 220-234
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	252.0		32	-	16	-	2	-	-	0.5	168	33.5	
	Итого за семестр	252.0		32	-	16	2	-	-	0.5	201.5			
5	Трехфазные электрические цепи.	38	4	4	-	4	-	-	-	-	-	30	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет симметричных трехфазных цепей.
5.1	Трехфазные электрические цепи.	38		4	-	4	-	-	-	-	-	30	-	Векторные диаграммы Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчет симметричных и несимметричных режимов в трехфазных цепях <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6	Высшие гармоники и	40		4	-	6	-	-	-	-	-	30	-	[1], п. 10, п. 11 [3], стр. 164-201 <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчет

	симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей												симметричных и несимметричных режимов в трехфазных цепях <u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Высшие гармоники в трехфазных цепях <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
6.1	Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей	40	4	-	6	-	-	-	-	-	30	-	[1], п. 12 [3], стр. 212-216
7	Переходные процессы в линейных электрических цепях	70	4	-	12	-	-	-	-	-	54	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет переходных процессов в линейных цепях классическим методом Расчет переходных процессов в цепях с некорректно заданными начальными условиями Расчет переходных процессов в линейных цепях операторным методом Расчет переходных процессов в цепях с использованием интеграла Дюамеля Формирование и аналитическое решение уравнений состояния линейных цепей <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Переходные процессы в линейных цепях с сосредоточенными параметрами <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
7.1	Переходные процессы в линейных электрических цепях	70	4	-	12	-	-	-	-	-	54	-	[1], п. 14, п. 15 [3], стр. 264-338 [5], стр. 264-338
8	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях	68	4	-	10	-	-	-	-	-	54	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками постоянных ЭДС и токов Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками синусоидальных ЭДС и токов Расчет нелинейных магнитных цепей. Нелинейные индуктивные элементы в цепях синусоидального тока Расчет переходных процессов в нелинейных цепях
8.1	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях	68	4	-	10	-	-	-	-	-	54	-	

													<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], п. 22 - п. 24, п. 27 [3], стр. 351-398, 401-450, 457-470 [6], стр. 9-29	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	252.0		16	-	32	-	2	-	-	0.5	168	33.5	
	Итого за семестр	252.0		16	-	32		2		-	0.5	201.5		
9	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	62	5	6	-	6	-	-	-	-	-	50	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет установившихся режимов в длинных линиях Расчет переходных процессов в линиях без потерь <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Переходные процессы в нагруженных длинных линиях <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
9.1	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	62		6	-	6	-	-	-	-	-	50	-	[1], п. 20, п. 21 [2], п. 14 - п. 15 [4], стр. 9-29
10	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле	62		6	-	6	-	-	-	-	-	50	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет электростатических полей и электрических емкостей Расчет электрических полей в диэлектрике <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Электростатическое поле в неоднородной среде <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
10.1	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле	62		6	-	6	-	-	-	-	-	50	-	[2], п. 1 - п. 4 [4], стр. 102-117 [6], стр. 102-117
11	Стационарные электрические и магнитные поля	28		2	-	2	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет электрических полей в проводящей среде Расчет магнитных полей и индуктивностей <u>Изучение материалов литературных источников:</u>
11.1	Стационарные электрические и магнитные поля	28		2	-	2	-	-	-	-	-	24	-	[2], п. 5 - п. 9

													[4], стр. 210-221 [6], стр. 210-221
12	Переменное электромагнитное поле	28	2	-	2	-	-	-	-	-	24	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Расчет электромагнитных полей. Вектор Пойнтинга Энергии и механические проявления электрических и магнитных полей Расчет переменных полей в диэлектриках и проводящей среде <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], п. 10 - п. 13 [4], стр. 299-315 [6], стр. 299-315
12.1	Переменное электромагнитное поле	28	2	-	2	-	-	-	-	-	24	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	16	-	16	-	2	-	-	0.5	148	33.5	
	Итого за семестр	216.0	16	-	16	2	-	-	-	0.5	181.5		
	ИТОГО	720.0	-	64	-	64	6	-	-	1.5	584.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Линейные электрические цепи постоянного тока.

1.1. Линейные электрические цепи постоянного тока.

Предмет, содержание, роль в электротехническом образовании дисциплины ТОЭ, ее связь с другими дисциплинами. Основные понятия теории электрических цепей, топология цепей, электромагнитные процессы в цепях и физические величины их характеризующие, установившиеся и переходные процессы в цепях. Элементы и параметры цепей. Цепи с сосредоточенными и распределенными параметрами, линейные и нелинейные цепи. Задачи анализа, синтеза, диагностики цепей. Законы Кирхгофа и Ома, компонентные уравнения элементов электрических цепей. Активные и пассивные элементы цепей постоянного тока, двухполюсники и многополюсники. Приемники и источники энергии, их внешние и вольтамперные характеристики, схемы замещения источников энергии и режимы их работы. Баланс мощностей цепи. Передача энергии от активного двухполюсника к пассивному. Теорема существования и единственности решений уравнений электрических цепей. Эквивалентные преобразования электрических цепей и основанный на них метод расчета цепей. Метод эквивалентного генератора. Теорема компенсации, принципы неусиления, наложения, взаимности, линейные соотношения между напряжениями и токами. Методы узловых напряжений (потенциалов) и контурных токов..

2. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

2.1. Линейные электрические цепи синусоидального тока.

Синусоидальные ЭДС, напряжения и токи. Источники синусоидальных ЭДС и токов. Действующие и средние значения периодических ЭДС, напряжений и токов. Изображение синусоидальных функций времени комплексными числами. Векторные и топологические диаграммы. Синусоидальный ток в цепи с последовательным соединением участков R, L и C. Комплексные токи, напряжения, сопротивления и проводимости. Активные и реактивные составляющие комплексных токов и напряжений, сопротивлений и проводимостей. Законы Ома и Кирхгофа в комплексной форме. Комплексный метод анализа электрической цепи. Активная, реактивная, комплексная и полная мощности. Мгновенная мощность и колебания энергии в цепи синусоидального тока. Понятие о компенсации реактивной мощности. Передача максимальной мощности от источника к приемнику. Эквивалентные параметры сложной цепи переменного тока, рассматриваемой в целом как двухполюсник. Схемы замещения двухполюсника при заданной частоте. Треугольники токов, напряжений, сопротивлений, проводимостей и мощностей. ЭДС само- и взаимной индукции. Индуктивно-связанные элементы электрической цепи. Расчет цепи при наличии индуктивно-связанных элементов, магнитная развязка. Воздушный трансформатор. Идеальный трансформатор. Баланс мощностей в цепи синусоидального тока. Явление резонанса в цепях при последовательном и параллельном соединении элементов R, L и C. Частотные характеристики цепей с последовательным и параллельным соединением R, L и C, а также цепей, содержащих только реактивные элементы..

3. Линейные электрические цепи несинусоидального тока

3.1. Линейные электрические цепи несинусоидального тока

Несинусоидальные периодические ЭДС, токи и напряжения и разложение описывающих их функций ряды Фурье. Понятие гармоник. Комплексное представление ряда Фурье. Максимальные, действующие и средние значения, коэффициенты формы, амплитуды, искажения несинусоидальных ЭДС, токов и напряжений. Расчет цепей с несинусоидальными периодическими ЭДС, напряжениями и токами. Мощности в цепях несинусоидального тока.

4. Четырехполюсники и электрические фильтры

4.1. Четырехполюсники и электрические фильтры

Пассивные и активные четырехполюсники. Типы первичных параметров четырехполюсников и их взаимосвязи. Уравнения четырехполюсников с первичными параметрами. Эквивалентные схемы замещения взаимных четырехполюсников. Характеристические параметры. Схемные функции и частотные характеристики. Способы соединений четырехполюсников. Электрические фильтры. Фильтры типа «к».

5. Трехфазные электрические цепи.

5.1. Трехфазные электрические цепи.

Многофазные цепи и системы и их классификация. Фазные и линейные токи и напряжения. Трехфазные источники энергии и нагрузки, вращающееся магнитное поле и принцип действия асинхронного и синхронного двигателей. Расчеты и векторные диаграммы трехфазных цепей в симметричных и несимметричных режимах. Эквивалентные схемы трехфазных линий. Мощности в трехфазных цепях..

6. Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей

6.1. Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей

Высшие гармоники и действующие значения фазных и линейных токов и напряжений. Разложение несимметричных систем трехфазных ЭДС, токов и напряжений на симметричные составляющие. Сопроотивления симметричной цепи для токов различных последовательностей. Расчет трехфазной цепи методом симметричных составляющих.

7. Переходные процессы в линейных электрических цепях

7.1. Переходные процессы в линейных электрических цепях

Понятие о переходном процессе и коммутациях в цепях. Законы коммутации. Классический метод расчета переходных процессов. Собственные частоты и постоянная времени цепи. Свободные и принужденные, переходящие и установившиеся составляющие переходных токов и напряжений. Переходные процессы в цепях с одним накопителем энергии. Переходные процессы в последовательных RLC-цепях при их подключении под постоянное и синусоидальное напряжение. Особенности переходных процессов в RLC-цепях с жесткими уравнениями. Операторный метод расчета электрической цепи. Применение интеграл Дюамеля для расчета переходных процессов. Метод переменных состояния..

8. Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях

8.1. Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях

Нелинейные элементы электрических цепей и их классификация. Характеристики нелинейных элементов, статические, динамические и дифференциальные параметры нелинейных элементов. Графические, графоаналитические и численные методы расчета резистивных электрических цепей при постоянных токах. Магнитные цепи и их законы, аналогия уравнений магнитных и электрических цепей. Расчет магнитной цепи при постоянных потоках. Расчет магнитной цепи с постоянным магнитом. Особенности периодических процессов в нелинейных цепях при переменных токах – высшие гармоники и комбинаторные колебания. Резистивные цепи с вентилями при синусоидальных источниках

энергии. Формы кривых тока, магнитного потока и напряжения в катушке с ферромагнитным сердечником. Комплексное магнитное сопротивление магнитной цепи. Явления феррорезонанса тока и напряжения. Метод эквивалентных синусоид, эквивалентные параметры и схемы замещения катушки и трансформатора, учет свойств стальных магнитопроводов. Методы расчета переходных процессов в нелинейных цепях: условной линеаризации, аналитической аппроксимации, кусочно-линейной аппроксимации, последовательных интервалов..

9. Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами

9.1. Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами

Цепи с распределенными параметрами. Длинные линии и волновые процессы: основные понятия. Уравнения однородной двухпроводной длинной линии. Первичные параметры линии. Установившийся режим в однородной длинной линии. Вторичные параметры длинной линии. Уравнения однородной длинной линии с экспоненциальными и гиперболическими функциями. Входное сопротивление длинной линии. Бегущие волны. Волны и мощности в длинной линии с согласованной нагрузкой. Длинная линия без искажений, длинная линия без потерь. Явление стоячих волн.. Переходные процессы в однородных линиях: происхождение волн; падающие, обратные, преломленные волны; блуждающие волны и многократное отражение волн. Решений уравнений однородной линии при переходном процессе классическим и операторным методами. Особенности переходных процессов при включении и отключении источников и нагрузок, прохождении волнами мест неоднородностей в линиях, коммутациях в линиях..

10. Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле

10.1. Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле

Электромагнитное поле и его уравнения в дифференциальной и интегральной формах. Материальные среды и их электрофизические свойства. Векторы электромагнитного поля на границе двух сред. Основные частные случаи моделей электромагнитного поля (статическое и стационарное поля, переменные поля в проводящих средах и т.д.). Электростатическое поле и его уравнения. Безвихревой характер электростатического поля. Потенциал и градиент потенциала, определение потенциала по заданному распределению зарядов. Уравнения Лапласа и Пуассона, основная задача электростатики. Плоскопараллельное поле двух заряженных осей. Поле и ёмкость параллельных цилиндров. Теорема единственности и ее следствие. Диэлектрический шар во внешнем однородном поле. Проводящее тело во внешнем однородном поле. Метод зеркальных изображений. Связи между потенциалами и зарядами в системе заряженных тел: потенциальные коэффициенты, коэффициенты электростатической индукции и частичные емкости. Емкости проводов и кабелей, емкость трехфазной линии электропередач. Энергия и силы в электростатическом поле..

11. Стационарные электрические и магнитные поля

11.1. Стационарные электрические и магнитные поля

Стационарное электрическое поле. Уравнения электрического поля постоянных токов. Аналогия электрического поля в проводящей среде с электростатическим полем. Электрическое поле растекания тока, сопротивление растеканию тока.. Магнитное поле. Вихревой характер магнитного поля тока. Скалярный и векторный потенциалы, их применение для расчета магнитных полей. Аналогии магнитного поля с электростатическим полем. Магнитное поле вблизи плоских поверхностей ферромагнитных тел. Расчет индуктивности. Общие выражения для взаимной и собственной индуктивностей.

Индуктивности простых систем (длинного провода и прямоугольной рамки, кругового контура и т.п.). Алгоритм расчета индуктивностей. Метод участков расчета индуктивностей. Индуктивность двухпроводной линии. Взаимная индуктивность двух двухпроводных линий. Индуктивность трехфазной линии. Аналитические и численные методы расчета электрических и магнитных полей. Постановка краевой задачи для уравнений Пуассона и Лапласа. Виды граничных условий и типы краевых задач. Методы решения краевых задач..

12. Переменное электромагнитное поле

12.1. Переменное электромагнитное поле

Запись уравнений переменного электромагнитного поля со сторонними источниками через векторы поля. Применение электродинамических потенциалов для записи уравнений Максвелла. Уравнения Максвелла в комплексной форме. Комплексные параметры среды. Теорема Умова-Пойнтинга в комплексной форме. Вектор Пойнтинга. Виды задач электродинамики и методы их решения. Волновые уравнения электромагнитного поля в однородном изотропном диэлектрике. Распространение плоской волны. Плоские гармонические волны в идеальном диэлектрике. Характеристики плоской гармонической волны в несовершенном диэлектрике. Скорость распространения электромагнитных волн в диэлектрике. Поверхностный эффект и эффект близости. Уравнения распространения электромагнитного поля в проводящей среде. Явление поверхностного эффекта. Поверхностный эффект в тонких пластинах и цилиндрических проводниках. Расчет полных сопротивлений проводников при переменных токах. Электромагнитное экранирование..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет нелинейных магнитных цепей. Нелинейные индуктивные элементы в цепях синусоидального тока. Расчет переходных процессов в нелинейных цепях.;
2. Расчет электромагнитных полей. Вектор Пойнтинга;
3. Расчет цепей с несинусоидальными токами и напряжениями;
4. Расчет цепей синусоидального тока комплексным методом. Топографические диаграммы. Баланс мощностей в цепях синусоидального тока;
5. Цепи синусоидального тока. Законы Кирхгофа и Ома в комплексной форме. Векторные диаграммы;
6. Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками синусоидальных ЭДС и токов.;
7. Расчет переходных процессов в линейных цепях с 2-мя накопителями классическим методом;
8. Расчет цепей методом контурных токов. Расчет цепей методом узловых напряжений (потенциалов). Баланс мощностей.;
9. Основные понятия и законы теории электрических цепей. Цепи постоянного тока. Законы Ома и Кирхгофа;
10. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей. Нагрузка звезда.;
11. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей. Баланс мощностей в трехфазных цепях синусоидального тока. Измерение мощности в трехфазных цепях синусоидального тока.;
12. Расчет магнитных полей и индуктивностей. Энергии и механические проявления электрических и магнитных полей;
13. Расчет электростатических полей и электрических емкостей;
14. Расчет цепей методом наложения. Преобразование электрических цепей. Расчет цепей с использованием метода эквивалентного генератора;
15. Расчет электрических полей в диэлектрике и проводящей среде;
16. Расчет установившихся режимов в длинных линиях;

17. Расчет переходных процессов в линиях без потерь;
18. Расчет первичных и вторичных параметров четырехполюсников. Расчет цепей с четырехполюсниками. Расчет фильтров;
19. Расчет нелинейных резистивных цепей с источниками постоянных ЭДС и токов;
20. Формирование и аналитическое решение уравнений состояния линейных цепей;
21. Расчет переходных процессов в линейных цепях операторным методом;
22. Расчет переходных процессов в линейных цепях классическим методом;
23. Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих;
24. Расчет переходных процессов в цепях с некорректно заданными начальными условиями;
25. Расчет трехфазных цепей методом симметричных составляющих;
26. Расчет симметричных трехфазных цепей. Векторные диаграммы;
27. Расчет переходных процессов в цепях с использованием интеграла Дюамеля;
28. Расчет переменных полей в диэлектриках и проводящей среде;
29. Расчет электростатических полей и электрических емкостей;
30. Расчет несимметричных режимов трехфазных цепей. Нагрузки треугольник.;
31. Расчет цепей синусоидального тока с индуктивно связанными элементами. Расчет цепей синусоидального тока при резонансе токов и напряжений;
32. Высшие гармоники в трехфазных цепях.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Линейные электрические цепи постоянного тока."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Переменное электромагнитное поле"
Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Линейные электрические цепи постоянного тока."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Линейные электрические цепи синусоидального тока."
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Линейные электрические цепи несинусоидального тока"
4. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Четырехполюсники и электрические фильтры"
5. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Трехфазные электрические цепи."
6. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей"
7. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Переходные процессы в линейных электрических цепях"

8. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях"
9. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами"
10. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле"
11. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Стационарные электрические и магнитные поля"
12. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Переменное электромагнитное поле"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)												Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Знать:														
понятие трехфазных электрических цепей, методы расчета трехфазных электрических цепей	ИД-1опк-5					+								Контрольная работа/Защита расчетного задания №3 «Симметричные, несимметричные и несинусоидальные режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой» Контрольная работа/Контрольная работа №4 «Расчет трехфазных электрических цепей»
понятия линейных электрических цепей синусоидального тока, комплексный метод расчета	ИД-1опк-5		+											Контрольная работа/Защита расчетного задания №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока» Контрольная работа/Контрольная работа №2 «Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока»
понятия нелинейных электрических и магнитных цепей, методы их расчета	ИД-1опк-5							+						Контрольная работа/Контрольная работа №6 «Нелинейные цепи»
основные понятия электрических цепей с периодическими несинусоидальными токами и напряжениями	ИД-1опк-5			+										Контрольная работа/Контрольная работа №3 «Линейные электрические цепи несинусоидального тока. Четырехполосники и фильтры»
основные понятия, законы и уравнения электрических цепей постоянного тока	ИД-1опк-5	+												Контрольная работа/Защита расчетного задания №1

															синусоидального тока»	
рассчитывать установившиеся режимы в нелинейных электрических и магнитных цепях	ИД-1 _{ОПК-5}													+	Контрольная работа/Контрольная работа №6 «Нелинейные цепи»	
рассчитывать переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами	ИД-2 _{ОПК-5}													+	Контрольная работа/Защита расчетного задания №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами» Контрольная работа/Контрольная работа №5 «Переходные процессы в линейных электрических цепях».	
рассчитывать переходные процессы в длинных линиях без потерь	ИД-2 _{ОПК-5}													+	Контрольная работа/Защита расчетного задания №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами»	
рассчитывать сопротивления, индуктивности и емкости проводящих тел	ИД-3 _{ОПК-5}														+	Контрольная работа/Контрольная работа №9 «Магнитное поле»
рассчитывать установившиеся режимы в линейных цепях с распределенными параметрами	ИД-3 _{ОПК-5}													+	Контрольная работа/Защита расчетного задания №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами» Контрольная работа/Контрольная работа №7 «Длинные линии»	
рассчитывать электромагнитные поля	ИД-3 _{ОПК-5}														+	Контрольная работа/Защита расчетного задания №6 «Расчет потенциальных электрических полей»

использовать современные цифровые технологии в электротехнике	ИД-ЗРПК-1		+												Контрольная работа/Защита расчетного задания №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока»
---	-----------	--	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита расчетного задания №1 «Разветвленная цепь постоянного тока» (Контрольная работа)
2. Защита расчетного задания №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №1 «Расчет электрических цепей постоянного тока» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №2 «Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа №3 «Линейные электрические цепи несинусоидального тока. Четырехполюсники и фильтры» (Контрольная работа)

4 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита расчетного задания №3 «Симметричные, несимметричные и несинусоидальные режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой» (Контрольная работа)
2. Защита расчетного задания №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №4 «Расчет трехфазных электрических цепей» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №5 «Переходные процессы в линейных электрических цепях». (Контрольная работа)
5. Контрольная работа №6 «Нелинейные цепи» (Контрольная работа)

5 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Защита расчетного задания №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами» (Контрольная работа)
2. Защита расчетного задания №6 «Расчет потенциальных электрических полей» (Контрольная работа)
3. Контрольная работа №7 «Длинные линии» (Контрольная работа)
4. Контрольная работа №8 «Электрическое поле» (Контрольная работа)
5. Контрольная работа №9 «Магнитное поле» (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №4)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

Экзамен (Семестр №5)

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Основы теории цепей : учебник для электротехнических и электроэнергетических специальностей вузов / Г. В. Зевеке, и др. – 5-е изд., перераб. – М. : Энергоатомиздат, 1989 . – 528 с. - ISBN 5-283-00523-2 .;

2. Бутырин, П. А. Теоретические основы электротехники: [в 3-х ч.]. Ч. 3 : учебник для реализации основных образовательных программ высшего образования по направлению 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника" / П. А. Бутырин, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 400 с. - ISBN 978-5-7046-2064-8 . - ISBN 978-5-7046-2063-1 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=10704>;

3. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. В 2-х т. Т. 1. Электрические и магнитные цепи с сосредоточенными параметрами : учебное пособие для вузов по направлениям "Электроэнергетика и электротехника", "Электроника и нанoeлектроника" / П. А. Бутырин, [и др.] ; ред. П. А. Бутырин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 595 с. - ISBN 978-5-383-00657-3 . - ISBN 978-5-383-00627-6 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4240>;

4. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. В 2-х т. Т. 2. Электрические цепи с распределенными параметрами. Электромагнитное поле : учебное пособие для вузов по направлениям "Электроэнергетика и электротехника", "Электроника и нанoeлектроника" / П. А. Бутырин, [и др.] ; ред. П. А. Бутырин . – М. : Издательский дом МЭИ, 2012 . – 571 с. - ISBN 978-5-383-00658-0 . - ISBN 978-5-383-00627-6 .

<http://elibr.mpei.ru/elibr/view.php?id=4242>;

5. Бутырин П.А. , Алексейчик Л.В. , Важнов С.А. - "Электрические и магнитные цепи с сосредоточенными параметрами" Т. 1, Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (595 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72281;

6. Бутырин П.А. , Алексейчик Л.В. , Важнов С.А. - "Электрические цепи с распределенными параметрами. Электромагнитное поле" Т. 2, Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2012 - (571 с.)

http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72280.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Elcut;
5. Видеоконференции (Майнд, Сберджаз, ВК и др);
6. Acrobat Reader;

7. SimInTech;
8. KiCad;
9. SmathStudio.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
9. База данных диссертаций ProQuest Dissertations and Theses Global - <https://search.proquest.com/pqdtglobal/index>
10. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
11. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
12. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
13. Информационно-справочная система «Кодекс/Техэксперт» - <Http://proinfosoft.ru;>
<http://docs.cntd.ru/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-201, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	3-208/8, Кабинет сотрудников каф. "ТОЭ"	кресло рабочее, стол преподавателя, стул, шкаф
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	3-308, Кабинет сотрудников каф. ВМСС	инвентарь учебный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Теоретические основы электротехники

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работа №1 «Расчет электрических цепей постоянного тока» (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа №2 «Комплексный метод расчета электрических цепей синусоидального тока» (Контрольная работа)
- КМ-3 Защита расчетного задания №1 «Разветвленная цепь постоянного тока» (Контрольная работа)
- КМ-4 Защита расчетного задания №2 «Разветвленная цепь синусоидального тока» (Контрольная работа)
- КМ-5 Контрольная работа №3 «Линейные электрические цепи несинусоидального тока. Четырехполюсники и фильтры» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	4	8	12	14	15
1	Линейные электрические цепи постоянного тока.						
1.1	Линейные электрические цепи постоянного тока.		+		+		
2	Линейные электрические цепи синусоидального тока.						
2.1	Линейные электрические цепи синусоидального тока.			+		+	
3	Линейные электрические цепи несинусоидального тока						
3.1	Линейные электрические цепи несинусоидального тока						+
4	Четырехполюсники и электрические фильтры						
4.1	Четырехполюсники и электрические фильтры						+
Вес КМ, %:			15	15	30	30	10

4 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-6 Контрольная работа №4 «Расчет трехфазных электрических цепей» (Контрольная работа)
- КМ-7 Контрольная работа №5 «Переходные процессы в линейных электрических цепях». (Контрольная работа)
- КМ-8 Защита расчетного задания №3 «Симметричные, несимметричные и несинусоидальные

- режимы в трехфазной цепи с динамической нагрузкой» (Контрольная работа)
 КМ-9 Защита расчетного задания №4 «Переходные процессы в линейных электрических цепях с сосредоточенными параметрами» (Контрольная работа)
 КМ-10 Контрольная работа №6 «Нелинейные цепи» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10
		Неделя КМ:	4	8	12	14	15
1	Трехфазные электрические цепи.						
1.1	Трехфазные электрические цепи.		+		+		
2	Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей						
2.1	Высшие гармоники и симметричные составляющие ЭДС, токов и напряжений трехфазных электрических цепей				+		
3	Переходные процессы в линейных электрических цепях						
3.1	Переходные процессы в линейных электрических цепях			+		+	
4	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях						
4.1	Установившиеся и переходные процессы в нелинейных цепях						+
Вес КМ, %:			15	15	30	30	10

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-11 Контрольная работа №7 «Длинные линии» (Контрольная работа)
 КМ-12 Контрольная работа №8 «Электрическое поле» (Контрольная работа)
 КМ-13 Защита расчетного задания №5 «Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами» (Контрольная работа)
 КМ-15 Защита расчетного задания №6 «Расчет потенциальных электрических полей» (Контрольная работа)
 КМ-15 Контрольная работа №9 «Магнитное поле» (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-11	КМ-12	КМ-13	КМ-15	КМ-15
		Неделя	4	8	12	14	15

		КМ:					
1	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами						
1.1	Установившиеся и переходные процессы в цепях с распределенными параметрами	+		+			
2	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле						
2.1	Основы теории электромагнитного поля. Электростатическое поле		+		+		
3	Стационарные электрические и магнитные поля						
3.1	Стационарные электрические и магнитные поля				+	+	
4	Переменное электромагнитное поле						
4.1	Переменное электромагнитное поле				+		
Вес КМ, %:		15	15	30	30	10	