

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

Направление подготовки/специальность: 11.03.04 Электроника и нанoeлектроника

Наименование образовательной программы: Промышленная электроника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ОСНОВЫ ТЕОРИИ МОЩНОСТИ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.04
Трудоемкость в зачетных единицах:	5 семестр - 6;
Часов (всего) по учебному плану:	216 часов
Лекции	5 семестр - 32 часа;
Практические занятия	5 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	5 семестр - 16 часов;
Консультации	5 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	5 семестр - 149,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Контрольная работа Лабораторная работа Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	5 семестр - 0,5 часа;

Москва 2019

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Серегин Д.А.
	Идентификатор	R5209bc37-SereginDA-9c53cea2

(подпись)

Д.А. Серегин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Рашитов П.А.
	Идентификатор	R66e8dfb1-RashitovPA-1953162c

(подпись)

П.А. Рашитов

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Асташев М.Г.
	Идентификатор	R7a29e524-AstashevMG-0583186

(подпись)

М.Г. Асташев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: получение студентами теоретических знаний энергетических процессов, протекающих в синусоидальных и несинусоидальных сетях переменного тока.

Задачи дисциплины

- овладение основами расчета энергетических соотношений в синусоидальных и несинусоидальных сетях переменного тока;
- овладение элементарными способами компенсации неактивных составляющих полной мощности.

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
ПК-2 Способен выполнять расчет и проектирование устройств электроники и наноэлектроники и их систем	ИД-2 _{ПК-2} Умеет проводить расчеты и исследование характеристик устройств и систем электроники и наноэлектроники	знать: - нормативы на показатели качества электрической энергии; - методы расчета энергетических процессов в сетях, компенсаторов неактивной мощности. уметь: - самостоятельно разбираться в методах расчета энергетических процессов в сетях и применять их для решения поставленной задачи; - использовать данные эксперимента для расчета энергетических параметров сети.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Промышленная электроника (далее – ОПОП), направления подготовки 11.03.04 Электроника и наноэлектроника, 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 6 зачетных единиц, 216 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	Основные проблемы современной энергетики. Энергосберегающие технологии. Энергетические процессы в однофазной синусоидальной сети с линейной нагрузкой	21	5	5	-	2	-	-	-	-	-	14	-	<p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Задания ориентированы на расчет энергетических показателей линейных и нелинейных цепей при питании от сети переменного тока. Содержание расчетного задания: расчет составляющих полной мощности для нагрузки сети в виде выпрямителя (по схеме в соответствии с индивидуальным заданием).</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основные проблемы современной энергетики. Энергосберегающие технологии. Энергетические процессы в однофазной синусоидальной сети с линейной нагрузкой".</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], стр. 6-12 [2], стр. 4-9</p>
1.1	Введение. Содержание и задачи курса. Основные проблемы современной энергетики	21		5	-	2	-	-	-	-	-	14	-	
2	Источники и компенсаторы реактивной мощности. Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности	20		4	4	2	-	-	-	-	-	10	-	
2.1	Расчет	7		2	-	1	-	-	-	-	-	4	-	

	конденсаторных компенсаторов реактивной мощности												индивидуальным заданием). <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Источники и компенсаторы реактивной мощности. Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 120-128 [2], стр. 9-15
2.2	Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности	13	2	4	1	-	-	-	-	-	6	-	
3	Энергетические процессы в синусоидальной сети с нелинейной нагрузкой. Коэффициент мощности выпрямителей с фазовым и широтным управлением	52	7	8	5	-	-	-	-	-	32	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Задания ориентированы на расчет энергетических показателей линейных и нелинейных цепей при питании от сети переменного тока. Содержание расчетного задания: расчет составляющих полной мощности для нагрузки сети в виде выпрямителя (по схеме в соответствии с индивидуальным заданием). <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергетические процессы в синусоидальной сети с нелинейной нагрузкой". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 104-109 [2], стр. 29-48
3.1	Коэффициент мощности неуправляемых выпрямителей при работе на активную и комплексную нагрузку	25	3	4	2	-	-	-	-	-	16	-	
3.2	Коэффициент мощности управляемых выпрямителей с фазовым и широтным управлением	27	4	4	3	-	-	-	-	-	16	-	
4	Энергетические процессы в симметричных и несимметричных трехфазных цепях	37	10	-	5	-	-	-	-	-	22	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Задания ориентированы на расчет энергетических показателей линейных и нелинейных цепей при питании от сети переменного тока. Содержание расчетного

4.1	Расчет составляющих полной мощности. Мощность несимметрии	14	4	-	-	-	-	-	-	-	10	-	задания: расчет составляющих полной мощности для нагрузки сети в виде выпрямителя (по схеме в соответствии с индивидуальным заданием). <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергетические процессы в симметричных и несимметричных трехфазных цепях". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 45-61 [2], стр. 15-28
4.2	Анализ энергетических процессов методом симметричных составляющих	23	6	-	5	-	-	-	-	-	12	-	
5	Энергетические процессы в несинусоидальной сети при линейной и нелинейной нагрузке	50	6	4	2	-	-	-	-	-	38	-	<u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Задания ориентированы на расчет энергетических показателей линейных и нелинейных цепей при питании от сети переменного тока. Содержание расчетного задания: расчет составляющих полной мощности для нагрузки сети в виде выпрямителя (по схеме в соответствии с индивидуальным заданием). <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Энергетические процессы в несинусоидальной сети при линейной и нелинейной нагрузке. Способы компенсации неактивной мощности". <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 75-82 [2], стр. 49-68
5.1	Влияние мощности искажения. Способы компенсации	17	2	4	1	-	-	-	-	-	10	-	
5.2	Нормативы на показатели качества электрической энергии	16	2	-	-	-	-	-	-	-	14	-	
5.3	Сеть ограниченной мощности	6	1	-	-	-	-	-	-	-	5	-	
5.4	Работа трехфазной нагрузки от сети ограниченной мощности	11	1	-	1	-	-	-	-	-	9	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	216.0	32	16	16	-	2	-	-	0.5	116	33.5	
	Итого за семестр	216.0	32	16	16	2	-	-	-	0.5	149.5		

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. Основные проблемы современной энергетики. Энергосберегающие технологии Энергетические процессы в однофазной синусоидальной сети с линейной нагрузкой

1.1. Введение. Содержание и задачи курса. Основные проблемы современной энергетики
Новые источники энергии. Энергосберегающие технологии. Роль и место устройств силовой электроники в современной электроэнергетике. Энергетические процессы в синусоидальной сети с линейной нагрузкой. Работа сети на активную нагрузку. Действующее значение. Мгновенная мощность. Активная мощность. Расчет действующих и средних значений несинусоидальных напряжений и токов. Комплексная нагрузка. Реактивная мощность сдвига. Полная мощность. Коэффициент мощности.

2. Источники и компенсаторы реактивной мощности. Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности

2.1. Расчет конденсаторных компенсаторов реактивной мощности
Параллельный компенсатор. Последовательный компенсатор. Сравнение. Компенсатор с дискретным изменением емкости.

2.2. Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности
Схемные решения. Однооперационный тиристор - силовой полупроводниковый ключ. Принцип действия. Несинусоидальность тока компенсатора. Области применения.

3. Энергетические процессы в синусоидальной сети с нелинейной нагрузкой. Коэффициент мощности выпрямителей с фазовым и широтным управлением

3.1. Коэффициент мощности неуправляемых выпрямителей при работе на активную и комплексную нагрузку
Мостовой диодный выпрямитель с активной нагрузкой. Расчетные примеры. Мостовой диодный выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой. Расчетные примеры. Мощность искажения. Мостовой диодный выпрямитель с емкостным фильтром; работа на противо-ЭДС. Расчетные примеры. Мощность искажения.

3.2. Коэффициент мощности управляемых выпрямителей с фазовым и широтным управлением
Мостовой тиристорный выпрямитель с активной нагрузкой. Расчетные примеры. Мощность искажения. Мостовой тиристорный выпрямитель с активно-индуктивной нагрузкой. Расчетные примеры. Мощность искажения.

4. Энергетические процессы в симметричных и несимметричных трехфазных цепях

4.1. Расчет составляющих полной мощности. Мощность несимметрии
Симметричная нагрузка. Мгновенная мощность в трехфазной сети. Несимметричная нагрузка. Пульсация мгновенной мощности. Мощность несимметрии.

4.2. Анализ энергетических процессов методом симметричных составляющих
Симметричные составляющие - прямая, обратная, нулевая. Расчет симметричных составляющих токов в четырехпроводной сети. Расчет симметричных составляющих токов и напряжений в трехпроводной сети.

5. Энергетические процессы в несинусоидальной сети при линейной и нелинейной нагрузке

5.1. Влияние мощности искажения. Способы компенсации
Пассивные фильтры. Понятие о корректорах коэффициента мощности.

5.2. Нормативы на показатели качества электрической энергии
Требования к статическому режиму. Требования к кратковременным режимам и переходным процессам.

5.3. Сеть ограниченной мощности
Составляющие полной мощности при питании линейной нагрузки. Влияние активного и реактивного токов на напряжение сети ограниченной мощности. Составляющие полной мощности при питании нелинейной нагрузки.

5.4. Работа трехфазной нагрузки от сети ограниченной мощности
Линейная нагрузка - синусоидальные токи нагрузки. Нелинейная нагрузка - несинусоидальные токи нагрузки, искажение формы напряжения. Искажение формы напряжения - другие причины, не связанные с нагрузкой. Статические трехфазные преобразователи - инверторы и преобразователи частоты.

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет составляющих мощности при работе трехфазной сети на симметричную и несимметричную нагрузку;
2. Расчет действующих и средних значений несинусоидальных напряжений и токов; расчет составляющих полной мощности комплексной нагрузки;
3. Расчет конденсаторных компенсаторов реактивной мощности;
4. Расчет неуправляемых выпрямителей при работе на активную и комплексную нагрузку;
5. Расчет составляющих мощности управляемых выпрямителей с фазовым и широтным управлением, с произвольным алгоритмом переключения;
6. Расчет составляющих полной мощности для трехфазной нагрузки;
7. Анализ энергетических процессов методом симметричных составляющих;
8. Расчет составляющих мощности при работе несинусоидальной сети на линейную и нелинейную нагрузку.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Исследование корректора коэффициента мощности;
2. Исследование двухполупериодных выпрямителей с С-фильтром;
3. Исследование однополупериодных тиристорных выпрямителей;
4. Исследование однополупериодных диодных выпрямителей.

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Выполнение расчетного задания: несинусоидальный ток сети.
2. Схемотехнические решения: свойства силовых полупроводниковых ключей и основные схемы преобразователей - компенсаторов.
3. Выполнение расчетного задания: выпрямитель как нелинейная нагрузка сети.

4. Выполнение расчетного задания: выпрямитель как нелинейная нагрузка сети (трехфазная сеть).
5. Выполнение расчетного задания: выпрямитель как нелинейная нагрузка сети. Способы компенсации неактивной составляющей мощности. Корректор коэффициента мощности - применение.

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	
Знать:							
методы расчета энергетических процессов в сетях, компенсаторов неактивной мощности	ИД-2ПК-2	+	+				Контрольная работа/Методы расчет составляющих мощности линейной нагрузки, расчет компенсаторов
нормативы на показатели качества электрической энергии	ИД-2ПК-2	+			+	+	Лабораторная работа/Корректор коэффициента мощности Контрольная работа/Составляющие мощности нелинейной нагрузки. Нормативы на показатели качества электроэнергии
Уметь:							
использовать данные эксперимента для расчета энергетических параметров сети	ИД-2ПК-2		+	+			Лабораторная работа/Исследование неуправляемого выпрямителя с комплексной нагрузкой Лабораторная работа/Исследование однополупериодного управляемого выпрямителя
самостоятельно разбираться в методах расчета энергетических процессов в сетях и применять их для решения поставленной задачи	ИД-2ПК-2				+	+	Расчетно-графическая работа/Расчет энергетических показателей электрических цепей

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

5 семестр

Форма реализации: Защита задания

1. Расчет энергетических показателей электрических цепей (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Методы расчет составляющих мощности линейной нагрузки, расчет компенсаторов (Контрольная работа)
2. Составляющие мощности нелинейной нагрузки. Нормативы на показатели качества электроэнергии (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Исследование неуправляемого выпрямителя с комплексной нагрузкой (Лабораторная работа)
2. Исследование однополупериодного управляемого выпрямителя (Лабораторная работа)
3. Корректор коэффициента мощности (Лабораторная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №5)

Оценка за освоение дисциплины выставляется в соответствии с положением о балльно-рейтинговой структуре НИУ "МЭИ" на основании семестровой и экзаменационной составляющих.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Попков О.З. - "Основы преобразовательной техники", (3-е изд., стереот.), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (200 с.)
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72254;](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72254)
2. Чаплыгин, Е. Е. Теория мощности в силовой электронике : учебное пособие по курсу "Основы теории мощности" по направлению "Электроника и нанoeлектроника" / Е. Е. Чаплыгин, О. С. Панова, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Изд-во МЭИ, 2013 . – 80 с. - ISBN 978-5-7046-1381-7 .
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4946.](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=4946)

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office;
3. Windows;

4. Майнд Видеоконференции.

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 журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
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 Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-816, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-816, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол, стул, доска меловая
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	Е-101в, Лаборатория общего практикума	стол, стул, шкаф, тумба, доска маркерная, лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Е-101в, Лаборатория общего практикума	стол, стул, шкаф, тумба, доска маркерная, лабораторный стенд
	М-816, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	Е-324/6, Преподавательская каф. "Пром.эл."	кресло рабочее, стул, шкаф для документов, стол письменный, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, многофункциональный центр, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования	Е-324/5, Методический	парта, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в

и учебного инвентаря	кабинет каф. "Пром.эл."	Интернет, мультимедийный проектор, доска маркерная передвижная, ноутбук
----------------------	----------------------------	--

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Основы теории мощности

(название дисциплины)

5 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Методы расчет составляющих мощности линейной нагрузки, расчет компенсаторов (Контрольная работа)
- КМ-2 Исследование однополупериодного управляемого выпрямителя (Лабораторная работа)
- КМ-3 Исследование неуправляемого выпрямителя с комплексной нагрузкой (Лабораторная работа)
- КМ-4 Составляющие мощности нелинейной нагрузки. Нормативы на показатели качества электроэнергии (Контрольная работа)
- КМ-5 Корректор коэффициента мощности (Лабораторная работа)
- КМ-6 Расчет энергетических показателей электрических цепей (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6
		Неделя КМ:	3	8	12	14	15	16
1	Основные проблемы современной энергетики. Энергосберегающие технологии							
1.1	Введение. Содержание и задачи курса. Основные проблемы современной энергетики		+			+	+	
2	Источники и компенсаторы реактивной мощности. Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности							
2.1	Расчет конденсаторных компенсаторов реактивной мощности		+					
2.2	Активные тиристорные компенсаторы реактивной мощности			+	+			
3	Энергетические процессы в синусоидальной сети с нелинейной нагрузкой. Коэффициент мощности выпрямителей с фазовым и широтным управлением							
3.1	Коэффициент мощности неуправляемых выпрямителей при работе на активную и комплексную нагрузку			+	+			
3.2	Коэффициент мощности управляемых выпрямителей с фазовым и широтным управлением			+	+			
4	Энергетические процессы в симметричных и несимметричных трехфазных цепях							

4.1	Расчет составляющих полной мощности. Мощность несимметрии				+	+	+
4.2	Анализ энергетических процессов методом симметричных составляющих				+	+	
5	Энергетические процессы в несинусоидальной сети при линейной и нелинейной нагрузке						
5.1	Влияние мощности искажения. Способы компенсации				+	+	
5.2	Нормативы на показатели качества электрической энергии				+	+	
5.3	Сеть ограниченной мощности						+
5.4	Работа трехфазной нагрузки от сети ограниченной мощности						+
Вес КМ, %:		15	15	15	15	15	25