Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 31.10.2023 17:34:01
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

_____ /Л.А. Марюшин/

«_28_» _04_____ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Системы электроснабжения»

Направление подготовки
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Профиль
«Электроснабжение»

Квалификация
бакалавр

Формы обучения
заочная

Москва, 2022 г.

Разработчик(и):
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Согласовано:
Заведующий кафедрой «Электрооборудование
и промышленная электроника»,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Руководитель образовательной программы,
к.т.н., доцент  /А.Н. Шишков/

Содержание

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Системы электроснабжения»....4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы....4
3 Структура и содержание дисциплины....4
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость....4
3.2 Тематический план изучения дисциплины....5
3.3 Содержание дисциплины....6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий....9
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)....10
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение....11
4.1 Нормативные документы и ГОСТы....11
4.2 Основная литература....11
4.3 Дополнительная литература....11
4.4 Электронные образовательные ресурсы....11
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение....12
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы....12
5 Материально-техническое обеспечение....13
6 Методические рекомендации....13
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения....13
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины....14
7 Фонд оценочных средств....14
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения....14
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения....14
7.3 Оценочные средства....16

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Системы электроснабжения»

Целью изучения дисциплины является общая подготовка студентов к самостоятельной производственной, проектной, научно-исследовательской и другой деятельности в области электроснабжения промышленных предприятий и городов.

Задачей изучения дисциплины является привитие студентам указанного направления навыков в проведении расчётов, связанных с проектированием и эксплуатацией систем электроснабжения.

Планируемые результаты обучения, соотнесенные с установленными в ОПОП ВО индикаторами достижения компетенций.

Обучение по дисциплине **«Системы электроснабжения»** направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1. Способен участвовать в проектировании объектов профессиональной деятельности	ИПК-1.1. Проводит технико-экономические расчёты в СЭС. ИПК-1.2. Использует методы расчёта режимных параметров и оценки показателей надёжности СЭС, определения ущербов, обусловленных перерывами электроснабжения. ИПК-1.3. Владеет навыками проведения расчётов, связанных с проектированием систем электроснабжения.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

- электропитающие сети систем электроснабжения;
- теоретические основы электротехники;
- переходные процессы в системах электроснабжения.

3 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зачетных единиц (216 академических часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость

(по формам обучения)

3.1.1 Заочная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестр	
			9	10
1	**Аудиторные занятия**	**32**	**16**	**16**

	В том числе:			
1.1	Лекции	8	4	4
1.2	Семинарские/практические занятия	8	4	4
1.3	Лабораторные занятия	16	8	8
2	**Самостоятельная работа**	**184**	**92**	**92**
	В том числе:			
2.1	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	12	-	12
2.2	Обучение в системе LMS	70	60	10
2.3	Курсовой проект	50	-	50
2.4	Подготовка к промежуточной аттестации	52	32	20
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Зачет**	**Экзамен**
	Итого	**216**	**108**	**108**

3.2 Тематический план изучения дисциплины

№ п/п	**Разделы/темы дисциплины**	**Трудоемкость, час**					
		Всего	**Аудиторная работа**				**Самостоятельная работа**
			Лекции	Семинарские/практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	**Раздел 1. Потребители электрической энергии**	**54**	**2**	**4**	**8**		**40**
1.1	Тема 1. Электроприёмники промышленных предприятий	10,5	0,5	-	-		10
1.2	Тема 2. Электрические нагрузки	28,5	0,5	-	8		20
1.3	Тема 3. Методы расчёта электрических нагрузок	7,5	0,5	2			5
1.4	Тема 4. Расчёт электрических нагрузок городских электрических сетей	7,5	0,5	2			5
2	**Раздел 2. Потребители и источники реактивной мощности. Расчёт компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий.**	**52**	**2**	**2**	**8**		**40**
2.1	Тема 1. Потребители и источники реактивной мощности	5,5	0,5	-	-		5
2.2	Тема 2. Определение оптимальных параметров устройств компенсации реактивной мощности	38,5	0,5	-	8		30
2.3	Тема 3. Пример расчёта компенсации реактивной мощности на промышленном предприятии	8	1	2	-		5

3	**Раздел 3. Принципы построения систем электроснабжения промышленных предприятий и городов напряжением 6, 10, 20, 35, 110, 220 кВ**	**64**	**2**	**2**	**-**		**60**
3.1	Тема 1. Системы питающих электрических сетей напряжением 35–110–220–330 кВ	15,5	0,5	-	-		15
3.2	Тема 2. Формирование систем электроснабжения городов и промышленных предприятий	17,5	0,5	2	-		15
3.3	Тема 3. Подстанции напряжением 35–110–220–330/6–10 кВ	10,25	0,5	-	-		10
3.4	Тема 4. Конструктивное исполнение линий электропередачи и подстанций напряжением 35–110–220–330 кВ	10,25	0,25	-	-		10
3.5	Тема 5. Электрические сети напряжением 6–10 кВ	10,25	0,25	-	-		10
4	**Раздел 4. Вопросы построения и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий и городов**	**46**	**2**	**-**	**-**		**44**
4.1	Тема 1. Интеллектуальные электрические сети	11,5	0,5	-	-		11
4.2	Тема 2. Надёжность систем электроснабжения	11,5	0,5	-	-		11
4.3	Тема 3. Оперативные переключения в системах электроснабжения	11,5	0,5	-	-		11
4.4	Тема 4. Диагностирование и мониторинг состояния электрооборудования СЭС	11,5	0,5	-	-		11
Итого		**216**	**8**	**8**	**16**		**184**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Потребители электрической энергии

Тема 1. Электроприёмники промышленных предприятий.

Характерные электроприёмники. Характеристики потребителей электроэнергии. Электрические двигатели. Общая характеристика электродвигателей. Электродвигатели общепромышленных установок: электродвигатели металлургических заводов, прокатные станы, электродвигатели горных предприятий. Дуговые электрические печи: дуговые сталеплавильные печи, рудно-термические печи, электрошлаковые печи, другие разновидности дуговых печей и установок. Индукционные печи и установки. Установки диэлектрического нагрева. Электрические печи сопротивления и установки прямого нагрева. Электронно-лучевые печи. Электросварочные установки. Электролизные установки. Установки электрофизической обработки материалов. Электрическое освещение. Электроснабжение городов.

Тема 2. Электрические нагрузки

Графики электрических нагрузок. Назначение и классификация графиков нагрузок. Индивидуальные графики нагрузок. Групповые графики нагрузок. Определения электрических нагрузок: номинальная мощность, средние нагрузки, среднеквадратичные нагрузки, максимальные нагрузки, расчётные нагрузки. Понятие о максимуме средней нагрузки. Характеристики годовых упорядоченных графиков электрических нагрузок по продолжительности. Коэффициенты, характеризующие электрические нагрузки и их графики: коэффициент использования, коэффициент включения, коэффициент загрузки, коэффициент формы графика нагрузки, коэффициент расчётной нагрузки, коэффициент спроса, коэффициент заполнения графика нагрузок, коэффициент одновременности максимумов нагрузок.

Тема 3. Методы расчёта электрических нагрузок

Общие положения. Определение расчётной нагрузки по удельным показателям производства. Определение расчётной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса. Определение расчётной нагрузки по средней нагрузке и коэффициенту формы. Метод упорядоченных диаграмм. Определение пиковых нагрузок. Расчёт электрических нагрузок на различных ступенях системы электроснабжения. Методика расчёта электрических нагрузок по цеху. Методика расчёта электрических нагрузок по предприятию. Определение электрических нагрузок от однофазных электроприёмников. Характеристики однофазных нагрузок. Определение условной трёхфазной нагрузки от однофазных электроприёмников. Методика расчёта электрических нагрузок от однофазных электроприёмников. Учёт роста электрических нагрузок во времени.

Тема 4. Расчёт электрических нагрузок городских электрических сетей

Нагрузки электрических сетей и уровни электропотребления. Электрические нагрузки жилых зданий. Электрические нагрузки общественных зданий. Электрические нагрузки распределительных линий до 1 кВ. Электрические нагрузки сетей 6–10 кВ и ЦП.

Раздел 2. Потребители и источники реактивной мощности. Расчёт компенсации реактивной мощности в системах электроснабжения промышленных предприятий

Тема 1. Потребители и источники реактивной мощности

Понятие о реактивной мощности. Особенности передачи реактивной мощности по электрическим сетям. Эффективность компенсации реактивной мощности. Коэффициент изменения потерь активной мощности. Потребители реактивной мощности: асинхронные электродвигатели, силовые трансформаторы, электротехнологические установки, преобразовательные установки. Потребители реактивной мощности в СЭС со специфическими нагрузками. Источники реактивной мощности: энергосистема и ТЭЦ, синхронные компенсаторы, синхронные двигатели, статические конденсаторы, силовые резонансные фильтры, статические тиристорные компенсаторы, полупроводниковые преобразователи, воздушные и кабельные линии, токопроводы. Сравнение характеристик различных источников реактивной мощности. О регулировании реактивной мощности на промышленном предприятии.

Тема 2. Определение оптимальных параметров устройств компенсации реактивной мощности

Общие положения. Исходные положения для определения мощности компенсирующих устройств. Расчётные затраты: затраты на генерацию реактивной мощности, затраты на передачу реактивной мощности по сети. Метод определения оптимальной мощности компенсирующих устройств. Расчёт мощности компенсирующих устройств для различных схем электроснабжения: радиальная схема, магистральные схемы, радиально-ступенчатая схема, схема с несколькими распределительными пунктами. Определение мощности основной группы БК, подключаемой к трансформаторам ТП со стороны низшего напряжения. Определение мощности БК, подключаемой к секции СШ ГПП. Определение множителя Лагранжа. Определение резервной реактивной мощности предприятия.

Тема 3. Пример расчёта компенсации реактивной мощности на промышленном предприятии

Порядок расчёта. Выбор расчётной схемы. Определение расчётных затрат на генерацию реактивной мощности. Определение оптимальной мощности ИРМ. Источники, подключённые к секции 1СШ ГПП. Источники, подключённые к секции 1СШ РП1. Источники, подключённые к секции 1СШ РП2. Определение мощности БК, подключенной к секции 1СШ ГПП. Определение множителя Лагранжа.

Раздел 3. Принципы построения систем электроснабжения промышленных предприятий и городов напряжением 6, 10, 20, 35, 110, 220 кВ

Тема 1. Системы питающих электрических сетей напряжением 35–110–220–330 кВ

Развитие электроэнергетики России. Основные требования к схемам электрических сетей напряжением 35–110–220–330 кВ. Типы конфигураций электрических сетей. Схемы присоединения понижающих подстанций к электрическим сетям.

Тема 2. Формирование систем электроснабжения городов и промышленных предприятий

Построение системы электроснабжения города. Построение систем внешнего электроснабжения промышленных предприятий и городов. Общие положения. Электроснабжение ПП на напряжении 6, 10 кВ. Электроснабжение ПП на напряжении 35–110–220–330 кВ.

Тема 3. Подстанции напряжением 35–110–220–330/6–10 кВ

Основные требования к схемам распределительных устройств высшего напряжения подстанций. Типовые схемы РУ ВН подстанций. Типовые схемы РУ НН подстанций. Общие указания по применению типовых схем ПС.

Тема 4. Конструктивное исполнение линий электропередачи и подстанций напряжением 35–110–220–330 кВ

Воздушные линии электропередачи напряжением 35–110–220–330 кВ. Кабельные линии напряжением 35–110–220–330 кВ. Вопросы экологии при проектировании развития электрической сети. Конструктивное исполнение кабельной линии напряжением 110 кВ. Закрытая подстанция напряжением 110/10 кВ. Конструктивные исполнения элементов элегазовых модулей РУ. Электрическая схема подстанции. Строительная часть подстанции. Компоновки и конструктивные исполнения современных подстанций.

Тема 5. Электрические сети напряжением 6–10 кВ

Сельские электрические сети. Секционирование воздушных линий. Сельские трансформаторные подстанции.

Раздел 4. Вопросы построения и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий и городов

Тема 1. Интеллектуальные электрические сети

Характеристика общего состояния электроэнергетики мира. Состояние электроэнергетики России. Новые подходы к развитию электроэнергетики. Интеллектуальная энергосистема с активно-адаптивной сетью. Приоритетные технологии ИЭС ААС. Цифровая подстанция. Интеллектуальная городская распределительная сеть. ИЭС нефтедобывающих предприятий. Автоматизация районных электрических сетей. Интеллектуальные микросети.

Тема 2. Надёжность систем электроснабжения

Экономические показатели надёжности. Учёт надёжности при проектировании СЭС ПП. Ущерб народному хозяйству от ненадёжности СЭС. Удельные ущербы. Влияние технологических особенностей производства на надёжность электроснабжения. Методы опре-

деления ущерба: определение ущерба по общему количеству недоотпущенной электроэнергии, определение ущерба по аварийным и плановым недоотпускам электроэнергии. Количественные показатели надёжности элементов СЭС ПП. Методы расчёта надёжности СЭС ПП: общие сведения о методах расчёта, аналитический метод расчёта надёжности СЭС, расчёт надёжности СЭС с помощью структурных схем. Пример выбора варианта схемы внешнего электроснабжения. Сравнительная оценка надёжности типовых подстанций напряжением 35–110–220 кВ. Надёжность электрических сетей внутреннего электроснабжения ПП. Особенности расчёта надёжности при построении СЭС ПП: радиальные схемы, радиально-ступенчатые схемы, магистральные схемы, схема одиночных магистралей с секционированием их разъединителем, схема питания электроприёмников от двух магистральных линий. Повышение надёжности электроснабжения ПП. Требования к надёжности электроснабжения потребителей электроэнергии. Направления повышения надёжности электроснабжения.

Тема 3. Оперативные переключения в системах электроснабжения

Общие положения. Оперативные блокировки. Правила проведения оперативных переключений. Общие положения. Действия с выключателями. Действия с выключателями комплектных распределительных устройств. Действия с разъединителями. Действия с выключателями нагрузки. Проверка отсутствия напряжения. Операции по наложению заземления. Примеры оперативных переключений. Основные действия оперативного персонала при возникновении однофазного замыкания на землю. Неселективная сигнализация ОЗЗ. Селективная сигнализация ОЗЗ. Ликвидация аварий на подстанциях.

Тема 4. Диагностирование и мониторинг состояния электрооборудования СЭС

Повреждения оборудования СЭС. Старение изоляции и элементов силового трансформатора. Факторы, влияющие на старение трансформатора. Старение твёрдой изоляции. Старение трансформаторного масла. Жизненные циклы силового трансформатора. Диагностирование и мониторинг состояния электрооборудования. Испытания и обследование состояния силового трансформатора. Экономическая эффективность диагностирования и мониторинга. Методы определения состояния трансформатора: органолептический метод диагностирования, тепловой контроль, тепловизионный контроль, химический анализ трансформаторного масла, контроль влагосодержания масла, Хроматографический анализ растворённых в масле газов, концентрация фурановых соединений, частичные разряды, вибрационные методы. Заключение.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1. Расчёт трёхфазных электрических нагрузок по цеху и промышленному предприятию;

Практическое занятие №2. Расчёт компенсации реактивной мощности в системе электроснабжения промышленного предприятия.

Практическое занятие №3. Определение расчётных токов и выбор сечения проводников по допустимому нагреву при двух заданных технологических графиках нагрузки.

Практическое занятие №4. Выбор схемы питания группы цеховых трансформаторных подстанций на основе технико-экономических расчётов. Обсуждение поставленной задачи и выбор алгоритма решения. Выбор марки и сечения кабелей, питающих ТП, по экономической плотности тока.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Исследование графиков электрических нагрузок;

Лабораторная работа №2. Исследование влияния электроприёмников с резкопеременной нагрузкой на показатели качества в системе электроснабжения;

Лабораторная работа №3. Исследование процессов в электрической сети при компенсации реактивной мощности.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ)

Расчет компенсации реактивной мощности

Расчёт проводится для одной секции сборных шин 10 кВ (половина схемы) главной понизительной подстанции (ГПП) промышленного предприятия (см. рисунок). От секции сборных шин подстанции питаются: по радиальным линиям цеховые трансформаторные подстанции Т1–Т4; по магистральным - подстанции Т5–Т12; высоковольтные синхронные СД1–СД4 и асинхронные АД двигатели; электротехнологические установки ЭТУ. На стороне низшего напряжения цеховых трансформаторных подстанций подключена реактивная нагрузка $Q_{1.i}$. Для компенсации реактивной мощности в общем случае используются: высоковольтная конденсаторная батарея (Q_0), подключенная к сборным шинам ГПП; низковольтные конденсаторные батареи ($Q_{С.i}$); синхронные двигатели СД1–СД4 ($Q_{СД.i}$); энергосистема ($Q_{ЭС1}$).

Расчёт компенсации реактивной мощности необходимо проводить в следующей последовательности:

1. Определить суммарную активную нагрузку $P_{Р1}$, приходящуюся на рассматриваемую секцию сборных шин ГПП, путём суммирования активных нагрузок трансформаторов P_{Pi}, активных мощностей синхронных $P_{СД}$ и асинхронных $P_{АД}$ двигателей и электротехнологических установок $P_{ЭТУ}$.

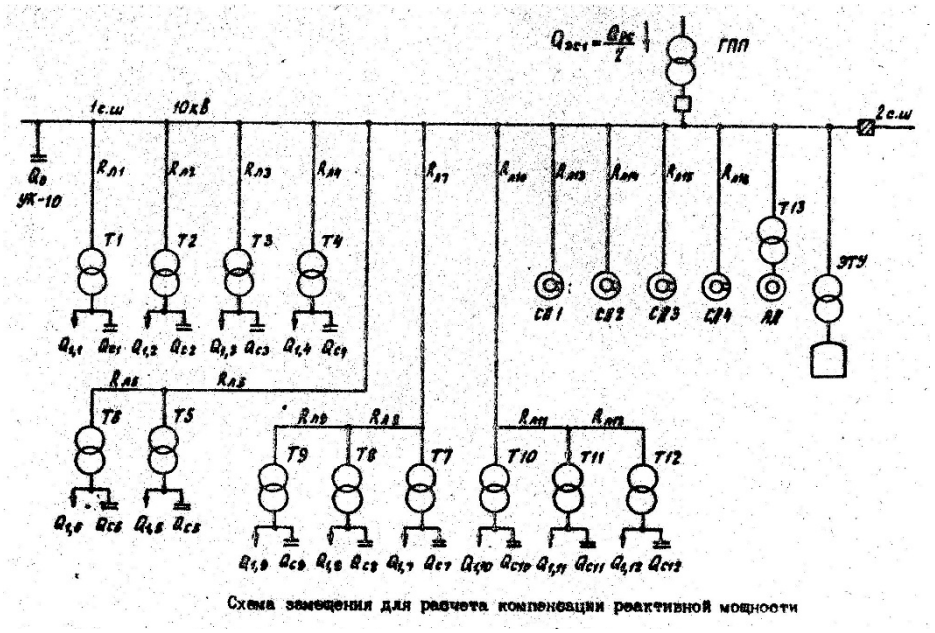


Схема замещения для расчета компенсации реактивной мощности

2. Определить суммарную реактивную нагрузку $Q_{р1}$, приходящуюся на рассматриваемую секцию сборных шин ГПП, путём суммирования реактивных нагрузок трансформаторов $Q_{1.i}$ и потерь реактивной мощности ΔQ_{Ti} в этих трансформаторах, реактивных мощностей $Q_{АД}$ асинхронных двигателей и электротехнологических установок $Q_{ЭТУ}$. Поскольку параметры силового трансформатора ГПП в задании не определяются, то потери реактивной мощности $\Delta Q_Т$ следует принять равными $\Delta Q_Т = 0{,}05\ Q_{Р1}$.

3. Определить располагаемую реактивную мощность $Q_{СД.М}$ синхронных двигателей с учетом, заданных коэффициента активной нагрузки $\beta_{СД}$ и коэффициента мощности cos $\varphi_{СД}$.

4. С учётом полученных данных $P_{Р1}$, $Q_{р1}$, $Q_{СД.М}$ заданного высшего напряжения ГПП определить реактивную мощность $Q_{ЭС1}$ (на одну секцию сборных шин ГПП), которую предприятие может получить из энергосистемы в часы её максимума активной нагрузки, а также коэффициент реактивной мощности $tg\varphi_{Э}$, задаваемый энергосистемой предприятию.

5. С учётом заданных значений стоимостей α и β двухставочного тарифа, коэффициента $К_М$ и числа часов τ использования максимальных потерь определить удельную стоимость $С_0$ потерь активной мощности в электрической сети от протекания реактивной мощности.

4 Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. Свод правил «Электротехнические устройства» СП 76.13330.2016. Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов.

2. ПУЭ 7. Правила устройства электроустановок. Издание седьмое. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

3. ГОСТ 2933–83. Аппараты электрические низковольтные. Методы испытаний.

4. ГОСТ IEC 60947-1-2014. Аппаратура распределения и управления низковольтная. Часть 1.

5. ГОСТ 30331.1–2013 (IEC 60364–1:2005) Электроустановки низковольтные. Часть 1. Основные положения, оценка общих характеристик, термины и определения.

4.2 Основная литература

1. Кудрин, Б. И. Электроснабжение потребителей и режимы Текст учеб. пособие для вузов по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" Б. И. Кудрин, Б. В. Жилин, Ю. В. Матюнина. - М.: Издательский дом МЭИ, 2013. - 412 с. ил.

2. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий Текст Учеб. для вузов "Электроснабжение пром. предприятий" Б. И. Кудрин. - 2-е изд. - М.: Интермет Инжиниринг, 2006. - 670, [1] с. ил.

3. Ершов, А. М. Системы электроснабжения [Текст] Ч. 2 Электрические нагрузки. Компенсация реактивной мощности курс лекций для бакалавров по направлению "Системы электроснабжения" А. М. Ершов; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы электроснабжения; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2018. - 229, [1] с. ил.

4. Ершов, А. М. Системы электроснабжения [Текст] Ч. 3 Системы электроснабжения напряжением 6-220 кВ курс лекций для бакалавров по направлению "Системы электроснабжения" А. М. Ершов; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Электр. станции, сети и системы электроснабжения; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2019. - 266, [1] с. ил. электрон. версия

4.3 Дополнительная литература

1. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию [Текст] Т. 1 Электроснабжение В 2 т. Сост. А. В. Алистратов и др.; под общ. ред. А. А. Федорова. - М.: Энергоатомиздат, 1986. - 568 с. ил.

2. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию [Текст] Т. 2 Электрооборудование В 2 т. Сост. А. Н. Барсуков и др.; под общ. ред. А. А. Федорова. - М.: Энергоатомиздат, 1986

3. Справочник по проектированию электрических сетей [Текст] авт.-сост.: И. Г. Карапетян, Д. Л. Файбисович, И. М. Шапиро; под ред. Д. Л. Файбисовича. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: ЭНАС, 2009. - 392 с. ил.

4. Справочник по проектированию электроснабжения [Текст] Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 576 с. ил.

5. Электротехнический справочник [Текст] Т. 3 Производство, передача и распределение электрической энергии / подгот. Е. А. Волкова и др.; под общ. ред. В. Г. Герасимова и др. в 4 т. под общ. ред. В. Г. Герасимова и др. - 8-е изд., испр. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2002. - 963 с. ил.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Системы электроснабжения	https://online.mospolytech.ru/local/crw/course.php?id=10418

Разработанный ЭОР включают промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета (http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog).

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/.

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. Электротехническая библиотека «Элек.ру» https://www.elec.ru/library/info/
8. Netelectro. Новости электротехники, оборудование. Информация о компаниях и выставках, статьи, объявления. https://netelectro.ru/
9. Электроцентр. http://electrocentr.info/

5 Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами и интерактивной доской, мультимедийным проекторам и экранам: В-307 и аудитории общего фонда. Для проведения лабораторных работ используется аудитория: В-307 и аудитории в Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6 Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной подготовки к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты лабораторных работ задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7 Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Форма промежуточной аттестации в девятом семестре: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине «Системы электроснабжения» проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

Форма промежуточной аттестации в десятом семестре: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«зачет»** и их описание:

Шкала оценивания	**Критерий оценивания**
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Шкала оценивания результатов промежуточной аттестации **«экзамен»** и их описание:

Шкала оценивания	***Критерий оценивания***
Отлично	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3 несущественные ошибки.*
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.*

7.3 Оценочные средства

7.3.1 Текущий контроль

1. Подготовка к выполнению, оформление отчетов и защита лабораторных работ.
2. Выполнение промежуточного и итогового тестирования по основным разделам дисциплины в системе LMS.
3. Подготовка к выполнению и защита курсового проекта.

7.3.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме **зачёта** проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине, при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра.

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Системы электроснабжения»: выполнили и защитили лабораторные работы, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

Промежуточная аттестация проводится в форме письменного **экзамена** с последующим собеседованием по материалам ответа.

Для допуска к экзамену студенты должны выполнить и защитить все лабораторные работы, выполнить и защитить курсовой проект, а также выполнили тестовые задания в системе LMS.

Экзаменационный билет содержит два вопроса. Список вопросов, выносимых на экзамен, выдается студентам на первом занятии. Для подготовки и написания ответа на билет студенту выделяется 40 минут. В процессе проведения собеседования студенту могут быть заданы дополнительные вопросы, не выходящие за рамки изученного курса.

Билеты к экзамену:

Билет 1

1. Основные характеристики электроприемников электрической энергии: род тока, частота напряжения и тока, число фаз, напряжение, номинальная (установленная) мощность.
2. Явления, связанные с передачей реактивной мощности по электрическим сетям потребителей и энергосистемы: потери активной мощности и электроэнергии. СЭС. Эффективность компенсации реактивной мощности – снижение потерь мощности и электроэнергии.

Билет 2

1. Основные характеристики электроприемников электрической энергии: потребление реактивной мощности (коэффициенты мощности), степень симметрии, линейность вольтамперных характеристик электроприемников, требования к качеству электроэнергии, режимы работы, пусковые токи.
2. Явления, связанные с передачей реактивной мощности по электрическим сетям потребителей и энергосистемы: потери напряжения. Эффективность компенсации реактивной мощности – снижение потерь напряжения.

Билет 3

1. Основные характеристики электроприемников электрической энергии: категории по надежности электроснабжения, удельный расход электроэнергии, стабильность расположения электрооборудования.
2. Явления, связанные с передачей реактивной мощности по электрическим сетям потребителей и энергосистемы: загрузка элементов СЭС. Эффективность компенсации реактивной мощности – увеличение пропускной способности элементов СЭС.

Билет 4

1. Характерные приёмники электрической энергии промышленных предприятий: электрические двигатели – синхронные и асинхронные, постоянного тока; электродвигатели общепромышленных установок; электродвигатели металлургических заводов; прокатные станы; электродвигатели горных предприятий.

2. Статические конденсаторы: основные характеристики; схемы включения; способы регулирования; типы комплектных конденсаторных установок.

Билет 5

1. Характерные приёмники электрической энергии промышленных предприятий: дуговые электрические печи: дуговые сталеплавильные печи; рудно-термические печи; электрошлаковые печи; другие разновидности дуговых печей (вакуумные, плазменные).

2. Синхронные двигатели: режимы работы; основные характеристики; регулирование потребляемой и генерируемой реактивной мощности; потери активной мощности при генерации реактивной мощности.

Билет 6

1. Характерные приемники электрической энергии промышленных предприятий: индукционные печи и установки; установки диэлектрического нагрева; электрические печи и установки сопротивления.

2. Синхронные компенсаторы и генераторы: режимы работы; основные характеристики.

Билет 7

1. Понятия о графиках электрических нагрузок и области применения: индивидуальные и групповые графики; сменные, суточные и годовые графики; характерные упорядоченные графики электрических нагрузок отраслей промышленности.

2. Потребители реактивной мощности: асинхронные двигатели.

Билет 8

1. Индивидуальные графики электрических нагрузок: периодический, цикличный, нецикличный, нерегулярный. Групповые графики электрических нагрузок: «жесткие» и корреляционные взаимосвязи во времени между значениями нагрузки индивидуальных электроприемников; взаимосвязи нагрузок различных электроприемников во времени (включение электроприемников синфазное, антифазное, совместное, независимое, асинфазное); периодические, почти периодические и нерегулярные графики

2. Потребители реактивной мощности: силовые трансформаторы.

Билет 9

1. Номинальная мощность: двигателей, силовых трансформаторов, сварочных машин, трансформаторов электропечей, многодвигательного электропривода. Групповая номинальная мощность. Средние нагрузки одного и группы электроприёмников; средняя нагрузка за наиболее загруженную смену; среднегодовая нагрузка за время включения (работы).

2. Потребители реактивной мощности: преобразовательные установки; потребители реактивной мощности в СЭС со специфическими нагрузками.

Билет 10

1. Годовое число часов работы электроприёмника и годовое число часов использования максимума активной нагрузки, методы их определения; связь между средней нагрузкой за наиболее загруженную смену и среднегодовой нагрузкой (коэффициент сменности по энергоиспользованию).

2. Источники реактивной мощности: силовые резонансные фильтры; статические тиристорные компенсаторы; полупроводниковые преобразователи; воздушные и кабельные линии.

Билет 11

1. Среднеквадратичные нагрузки: общие определения; нахождение среднеквадратичной нагрузки по графикам электрических нагрузок. Максимальные нагрузки: кратковременные (пиковые); длительные (усреднённые) нагрузки за различные интервалы времени (5, 10, 30 мин).

2. Сравнение характеристик источников реактивной мощности – статические конденсаторы, синхронные двигатели, синхронные компенсаторы.

Билет 12

1. Расчётные нагрузки. Понятие о максимуме средней нагрузки: соотношение между максимальной, среднеквадратичной и средней нагрузками и их воздействие на нагрев проводника; выбор интервала нагрева проводника (интервала осреднения); понятие о расчётной нагрузке, по которой производится выбор электрооборудования по нагреву.

2. Исходные положения для определения мощности компенсирующих устройств – постановка задачи.

Билет 13

1. Характеристики годовых упорядоченных графиков электрических нагрузок по продолжительности; построение годовых упорядоченных графиков; среднегодовая мощность; число часов использования максимума. Время максимальных потерь активной мощности.

2. Расчётные затраты на генерацию реактивной мощности синхронными двигателями, статическими конденсаторами.

Билет 14

1. Коэффициенты, характеризующие работу приёмников электрической энергии: коэффициент использования для индивидуального и группового графиков электрических нагрузок (по активной и реактивной мощностям и току); коэффициент включения; коэффициент загрузки; коэффициент формы графика нагрузки: определение; методы нахождения по показаниям счётчиков.

2. Расчётные затраты на передачу реактивной мощности по элементам СЭС. Определение стоимости потерь активной мощности и электроэнергии от протекания реактивной мощности по элементам СЭС.

Билет 15

1. Понятие приведённого (эффективного) числа электроприемников. Коэффициент расчетной нагрузки (коэффициент максимума): определение; зависимость от приведённого числа электроприёмников и коэффициента использования; зависимость коэффициента максимума от интервала осреднения.

2. Метод определения оптимальной мощности источников реактивной модности: постановка задачи; технические ограничения.

Билет 16

1. Коэффициенты, характеризующие работу приёмников электрической энергии: коэффициент спроса; коэффициент заполнения графика электрических нагрузок; коэффициент одновременности (разновременности) максимумов электрических нагрузок.

2. Определение наивыгоднейшей мощности источников методом Лагранжа при отсутствии высоковольтной батареи конденсаторов в расчётном узле и при её наличии.

Билет 17

1. Метод определения расчётной нагрузки по удельному расходу электроэнергии на единицу продукции и по удельной нагрузке на единицу производственной площади. Метод определения расчётной нагрузки по установленной мощности и коэффициенту спроса. Метод определения расчётной нагрузки по средней нагрузке и коэффициенту формы.

2. Расчёт мощности компенсирующих устройств для различных схем электроснабжения: радиальная схема.

Билет 18

1. Метод определения расчётной нагрузки по средней нагрузке и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм). Характерные узлы СЭС ПП, для которых производится расчёт электрических нагрузок.

2. Расчёт мощности компенсирующих устройств для различных схем электроснабжения: магистральная схема.

Билет 19

1. Уточнённый метод упорядоченных диаграмм: принятые допущения; основные положения метода. Определение расчётной нагрузки: на различных ступенях системы электроснабжения ПП.

2. Расчёт мощности компенсирующих устройств для различных схем электроснабжения: радиально-ступенчатая схема.

Билет 20

1. Расчёт пиковых нагрузок. Расчёт осветительных электроприёмников.

2. Определение мощности БК, подключаемой к секции СШ ГПП. Балансы генерируемых и потребляемых мощностей. Определение резервной реактивной мощности предприятия.

Билет 21

1. Определение электрических нагрузок от однофазных электроприёмников: схемы подключения к трёхфазной сети; приведение однофазных нагрузок к эквивалентным трёхфазным; коэффициенты приведения; методика проведения расчётов.

2. Определение величины реактивной мощности, получаемой предприятием на границе балансовой принадлежности. Регулирование реактивной мощности на промышленном предприятии.

Билет 22

1. Расчётные электрические нагрузки жилых зданий. Электрические нагрузки общественных зданий. Электрические нагрузки распределительных линий до 1 кВ. Электрические нагрузки сетей 6–10 кВ и ЦП.

2. Порядок расчёта компенсации реактивной мощности на промышленном предприятии.