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

«Электроснабжение промышленных предприятий»

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 «Электроснабжение промышленных предприятий» 4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы 4
3 Структура и содержание дисциплины 5
3.1 Виды учебной работы и трудоемкость 5
3.2 Тематический план изучения дисциплины 5
3.3 Содержание дисциплины 6
3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий 7
3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) 7
4 Учебно-методическое и информационное обеспечение 7
4.1 Нормативные документы и ГОСТы 7
4.2 Основная литература 8
4.3 Дополнительная литература 8
4.4 Электронные образовательные ресурсы 8
4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение 8
4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы 9
5 Материально-техническое обеспечение 9
6 Методические рекомендации 9
6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения 9
6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины. 10
7 Фонд оценочных средств 10
7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения 10
7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения 11
7.3 Оценочные средства 11

1 Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине «Электроснабжение промышленных предприятий»

Целью изучения дисциплины является подготовка студентов к всесторонней самостоятельной профессиональной деятельности в области электроснабжения промышленных предприятий различных отраслей производства.

Задачей изучения дисциплины является изучение основных теоретических положений систем электроснабжения, с действующим законодательством в области энергетики; участие в ремонтно-эксплуатационных испытаниях электрооборудования.

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

Обучение по дисциплине **«Электроснабжение промышленных предприятий»** 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. Применять требования законодательства Российской Федерации, нормативных правовых актов и нормативных технических документов к устройству системы электроснабжения объекта капитального строительства. ИПК-1.2. Применять требования частного технического задания на разработку отдельных разделов проекта системы электроснабжения объектов капитального строительства. ИПК-1.3. Осуществляет сбор информации по существующим техническим решениям систем электроснабжения объекта капитального строительства.
ОПК - 3. Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ИОПК-3.1. Использует типовые проектные решения системы электроснабжения объекта капитального строительства. ИОПК-3.2. Выполняет анализ системы менеджмента качества, стандартов организации, правила автоматизированной системы управления организацией. ИОПК-3.3. Осуществлять обработку и сравнительный анализ справочной и реферативной информации, передового отечественного и зарубежного опыта по разработке системы электроснабжения объекта капитального строительства.

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 3 зачетных единиц (108 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 8
1	**Аудиторные занятия**	**16**	**16**
	В том числе:		
1.1	Лекции	4	4
1.2	Семинарские/практические занятия	4	4
1.3	Лабораторные занятия	8	8
2	**Самостоятельная работа**	**92**	**92**
	В том числе:		
2.1	Оформление отчётов по лабораторным работам и подготовка к их защите.	32	32
2.2	Обучение в системе LMS	30	30
2.3	Подготовка к промежуточной аттестации	30	30
3	**Промежуточная аттестация**		
	Зачет/диф.зачет/экзамен		**Зачет**
	Итого	**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. Электроснабжение промышленных предприятий**	**108**	**4**	**4**	**8**		**92**
1.1	Тема 1. Внешнее электроснабжение промышленных предприятий	27	1	1	-		25

1.2	Тема 2. Внутризаводское электроснабжение промышленных предприятий	52	1	1	8		42
1.3	Тема 3. Электроснабжение городов	29	2	**2**	-		25
Итого		**108**	**4**	**4**	**8**		**92**

3.3 Содержание дисциплины

Раздел 1. Электроснабжение промышленных предприятий

Тема 1. Внешнее электроснабжение промышленных предприятий

Принципы построения СЭС ПП. Типы и исполнения трансформаторов. Особенности электроснабжения ГПП с загрязнённой и агрессивной средой и в районах Крайнего Севера. Выбор схемы и напряжения системы электроснабжения промышленного предприятия. Технико-экономические расчёты в электроснабжении. Выбор напряжения схемы внешнего электроснабжения. Выбор схемы внешнего электроснабжения. Выбор числа и мощности трансформатора ГПП. Выбор местоположения трансформаторных и распределительных подстанций ПП. Технико-экономическое сравнение вариантов схемы внешнего электроснабжения предприятия.

Тема 2. Внутризаводское электроснабжение промышленных предприятий

Особенности построения схем распределительных электрических сетей ПП: радиальные схемы, магистральные схемы, магистральные схемы распределения электроэнергии с применением токопроводов, смешанные схемы. Требования к схемам электроснабжения при наличии электроприёмников особой группы. Ограничение токов короткого замыкания и их оптимизация. Выбор напряжения внутризаводского электроснабжения. Выбор схемы внутризаводского электроснабжения. Конструктивное выполнение электрической сети. Расчёт питающих линий. Выбор числа, мощности и типа трансформаторов цеховых трансформаторных подстанций предприятия. Перегрузки трансформаторов. Выбор числа трансформаторов цеховых ТП. Выбор мощности трансформаторов цеховых ТП. Выбор местоположения и типа трансформаторной подстанции. Цеховые трансформаторные подстанции. Схемы и основное оборудование трансформаторных подстанций. Типы трансформаторов, устанавливаемых в ТП. Конструктивное исполнение ТП. Внутрицеховое электроснабжение. Радиальные схемы. Магистральные схемы. Смешанные схемы. Замкнутые сети. Напряжения питания цеховых сетей. Выбор схемы цеховой сети. Построение систем электроснабжения с учётом качества электрической энергии. Электромагнитные помехи в СЭС. Построение СЭС с учётом электромагнитной совместимости электроприёмников. Защита помеховосприимчивых устройств. Снижение отклонений напряжения. Снижение колебаний напряжения: согласование параметров резкопеременной нагрузки и СЭС, схемные решения, специальные технические устройства. Снижение уровней высших гармоник: силовые резонансные фильтры, частотные характеристики. Снижение несимметрии напряжений. Уменьшение импульсных перенапряжений и сокращение длительности провалов напряжения. Расчёт несинусоидальности напряжения: схемы замещения элементов СЭС, параметры источников токов высших гармоник, расчёт напряжений и токов высших гармоник в электрический сетях. Пример расчётов токов и напряжений высших гармоник. Расчёт размахов колебаний напряжения. Расчёт несимметрии напряжений. Режимы работы систем электроснабжения. Экономичные режимы работе трансформаторов. Параллельная работа силовых трансформаторов. Включение трансформатора в работу.

Тема 3. Электроснабжение городов

Характеристика городов. Понятие о системе электроснабжения городов. Внутреннее электроснабжение городов на напряжении 6–10–20 кВ. Напряжения питания городских электрических сетей. Построение питающих линий. Трансформаторные подстанции.

Конструктивное исполнение трансформаторных подстанций. Электрические сети напряжением 380 В. Надёжность электроснабжения городских потребителей. Внутриквартальное электроснабжение. Внутридомовое электроснабжение. Вводные распределительные устройства. Схемы питающих линий внутри жилых зданий. Схемы групповой квартирной сети. Электрические сети общественных зданий. Городское электроосвещение. Автономные и аварийные источники питания СЭС. Организация работы аварийных источников питания. Пример применения электроснабжения потребителей особой группы 1-й категории надёжности. Безопасность электроснабжения электрических сетей, питающих жилые и общественные здания. Потенциальные опасности поражения электрическим током. Системы заземления нейтрали городских электрических сетей. Система уравнивания потенциалов. Устройства защитного отключения. Молниезащита зданий. Проектирование городских электрических сетей. Исходные данные и содержание проекта. Технический паспорт проекта. Описание селитебной зоны микрорайона. Расчёт электрических нагрузок: жилых домов; общественных зданий; наружного освещения городов. Общая структура расчётов электрических нагрузок микрорайона. Расчёт параметров силовых трансформаторов ТП. Формирование схемы электроснабжения микрорайона и расчёт параметров кабельных линий. Расчёт токов короткого замыкания в электрических сетях микрорайона. Выбор электрооборудования схемы электроснабжения микрорайона. Компенсация реактивной мощности. Формирование внутридомовой схемы электроснабжения и расчёт кабельных линий.

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1 Семинарские/практические занятия

Практическое занятие №1.

Выбор и технико-экономическое обоснование типа и мощности трансформаторов ГПП.

Выбор типа, оптимального числа и мощности трансформаторов цеховых ТП предприятия;

Практическое занятие №2.

Проектирование городских электрических сетей.

3.4.2 Лабораторные занятия

Лабораторная работа №1. Исследование влияния изменения ударной нагрузки на колебания напряжения в системе электроснабжения;

Лабораторная работа №2. Исследование пуска мощных электродвигателей на показатели качества электрической энергии в системе электроснабжения.

3.5 Тематика курсовых проектов (курсовых работ) - нет

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. Конюхова, Е. А. Электроснабжение Текст учебник для вузов по направлению 140400 "Электроэнергетика и электротехника" Е. А. Конюхова. - М.: Издательский дом МЭИ, 2014. - 508, [1] с. ил.

4.3 Дополнительная литература

1. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Справочник Текст учеб. пособие для вузов по направлению 650900 (140200) "Электроэнергетика" и специальностям 100100 (140204) "Электр. станции" и др. Г. Н. Ополева. - М.: Форум : ИНФРА-М, 2009. - 479 с. ил.

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

3. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования Сост. П. И. Анастасиев и др.; Под ред. Ю. Г. Барыбина и др. - М.: Энергоатомиздат, 1991. - 464 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
Электроснабжение промышленных предприятий	hhttps://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=8722

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 восьмом 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 «Электроснабжение промышленных предприятий» проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине выставляется оценка «зачтено» или «не зачтено».

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

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.

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.

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.

Вопросы к зачету:

1. Постройте качественно векторную диаграмму напряжений и токов для электрической сети. Покажите продольную и поперечную составляющие падения напряжения в электрической сети. Охарактеризуйте составляющие диаграммы напряжений. Поясните, используя векторную диаграмму напряжений, различие понятий «падение напряжения» и «потеря напряжения» в электрической сети. Какая из этих характеристик определяется в данной лабораторной работе?

2. Как влияют параметры электрической сети R и X на величину падения напряжения? Какое сопротивление линии электропередачи оказывает большее влияние на падение напряжения? В качестве примеров используйте данные, полученные в ходе эксперимента.

3. Как влияют передаваемые по ней активная P и реактивная Q мощности на величину падения напряжения? Какая из мощностей оказывает большее влияние на падение напряжения? В качестве примеров используйте данные, полученные в ходе эксперимента.

4. Как связаны между собой мощность короткого замыкания рассматриваемой электрической сети с качеством электрической энергии, получаемой потребителем?

5. Какими показателями характеризуется качество электрической энергии?

6. Показать различие двух показателей «отклонения напряжения» и «колебания напряжения». Какой из этих показателей рассматривается в лабораторной работе? Объясните причины возникновения отклонений и колебаний напряжения.

7. Какими основными показателями и вспомогательными параметрами характеризуются колебания напряжения? Какие из этих показателей рассматриваются в лабораторной работе?

8. По каким критериям оцениваются размахи напряжения?

9. Опишите последовательность оценки качества напряжения, проводимой в лабораторной работе.

10. Какими техническими средствами в реальных электрических сетях промышленных предприятий могут быть компенсированы колебания напряжения?

11. Охарактеризуйте статические нагрузки электропривода: независящую от скорости вращения ЭД; линейно возрастающую со скоростью вращения; нелинейно возрастающую со скоростью вращения; нелинейно спадающие со скоростью вращения.

12. Как зависит вращающий электромагнитный момент асинхронного электродвигателя от величины питающего напряжения?

13. Как зависит вращающий электромагнитный момент синхронного электродвигателя от величины питающего напряжения?

14. Опишите характерные режимы работы электродвигателей.

15. Что такое пуск и самозапуск электродвигателей и какими параметрами они характеризуются?

16. Опишите условия успешного пуска электродвигателя.

17. Охарактеризуйте изменение пускового тока асинхронного двигателя при различных стадиях его пуска.

18. Как влияет пуск мощного электродвигателя на систему электроснабжения? Приведите временные зависимости тока ЭД и напряжения на сборных шинах, к которым подключен ЭД.

19. Обоснуйте допустимые остаточные напряжения на сборных шинах при пуске ЭД различного вида.

20. Как связано остаточное напряжение на сборных шинах, к которым подключен мощный ЭД, с мощностью короткого замыкания на этих шинах и мощностью питающего силового трансформатора.

21. Охарактеризуйте прямой пуск электродвигателя. Назовите условия для его успешного пуска.

22. Охарактеризуйте пуск ЭД по схеме регулятора напряжения, дайте оценку изменения пускового тока и остаточного напряжения.

23. Охарактеризуйте частотный пуск ЭД, дайте оценку изменения пускового тока и остаточного напряжения.

24. Приведите изменения напряжения на сборных шинах, к которым подключен ЭД, и тока ЭД при успешном автоматическом повторном включении.

25. Приведите изменения напряжения на сборных шинах, к которым подключен ЭД, и тока ЭД при успешном автоматическом вводе резерва.