

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электроэнергетики и электротехники

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ
ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Б1.В.ДВ.07.01

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.02 Энергоэнергетика и электротехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Электроснабжение

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	8
4.3 Лабораторные работы.....	19
4.4 Практические занятия.....	19
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	19
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	22
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	22
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	22
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	23
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/ практических работ	23
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	26
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	26
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	27
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	32
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	34

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

- подготовить обучающихся: к работе по проектированию и эксплуатации электрооборудования электрических сетей промышленных предприятий; к выполнению проектов электрических сетей промышленных предприятий до 1000В и выше 1000В; к проведению исследований направленных на повышение экономичности и надежности работы электрических сетей предприятий.

Задачи дисциплины

- усвоение обучающимися основных принципов проектирования электрических сетей в зависимости от характеристики предприятий и их местонахождения.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-6	способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	знать: - методы расчёта режимов работы систем электроснабжения; уметь: - рассчитывать режимы работы систем электроснабжения; владеть: - навыками расчёта режимов работы систем электроснабжения.
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	знать: - методы обеспечения режимов работы систем электроснабжения; уметь: - обеспечивать режимы работы систем электроснабжения; владеть: - навыками обеспечения режимов работы систем электроснабжения.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий относится к элективной части.

Дисциплина оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: электроснабжение, системы электроснабжения городов и промышленных предприятий, релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, дисциплина оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий представляет основу для преддипломной практики, ВКР.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение

требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовая работа (проект), контрольная работа, реферат, РГР	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	4	7,8	180	58	29	12	17	95	-	зачет, экзамен
Заочная 2014 год набора	3	-	180	16	6	-	10	155	КП	экзамен
Заочная 2015, 2016, 2017, 2018 годы набора	5	-	180	16	8	4	4	155	-	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	180	16	8	4	4	155	-	экзамен

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час	
			7	8
1	2	3	4	5
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	58	15	34	24
Лекции (Лк)	29	15	17	12
Лабораторные работы (ЛР)	12	-	-	12
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17	-
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	95	-	38	57
Подготовка к лабораторным работам	39	-	19	20
Подготовка к практическим занятиям	39	-	19	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	-	17
Подготовка к зачету	10	-	10	-
III. Промежуточная аттестация	экзамен	27	-	27
	зачет	+	+	-
Общая трудоемкость дисциплины, час.	180	-	72	108
	зач. ед.	5	2	3

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Структура и параметры систем электроснабжения	19	4	3	2	10
1.1.	Классификация электрических сетей	3	1	-	-	2
1.2.	Питающие сети	3	1	-	-	2
1.3	Внутривзаводские сети	6,5	1	1,5	1	3
1.4	Цеховые сети	6,5	1	1,5	1	3
2.	Основные задачи оптимизации СЭС	13	2	-	2	9
2.1.	Принципы построения СЭС	3,5	0,5	-	-	3
2.2.	Вопросы электроснабжения	3,5	0,5	-	-	3
2.3	Задачи оптимизации, определение оптимальных параметров электрических сетей	6	1	-	2	3
3.	Методы определения расчетных нагрузок	20	4	3	3	10
3.1.	Места определения расчетных нагрузок	8	2	1	-	5
3.2.	Основные и дополнительные методы определения расчетных нагрузок	12	2	2	3	5
4.	Силовые трансформаторы СЭС предприятий	20	2	-	3	15
4.1	Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции	10,5	0,5	-	1	9
4.2	Определение мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсирующих устройств	4,5	0,5	-	1	3
4.3	Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций	5	1	-	1	3
5.	Электрические сети предприятий	11	4	-	3	4
5.1	Выбор сечения ВЛ питающих промпредприятий	3,5	1,5	-	1	1
5.2	Выбор сечения КЛ на напряжение выше 1 кВ	3,5	1,5	-	1	1
5.3	Применение токопроводов в электрических сетях промышленных предприятий	4	1	-	1	2
6.	Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	18	4	3	3	8
6.1.	Общие положения	2	1	-	-	1
6.2.	Передача реактивной мощности по электрическим сетям	2,5	1	0,5	-	1
6.3	Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии	3,5	1	0,5	-	2

6.4	Выбор компенсирующих устройств выше 1000 В до 1000 В	5,5	0,5	1	2	2
6.5	Балансовый расчет компенсирующих устройств предприятий	4,5	0,5	1	1	2
7.	Электробалансы промпредприятий	12	2	-	-	10
7.1.	Основные положения по составлению электробаланса промпредприятий	6	1	-	-	5
7.2	Задачи составления электробаланса	6	1	-	-	5
8.	Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	12	2	-	-	10
8.1.	Методика определения потерь электроэнергии промышленной частоты	3	0,5	-	-	2,5
8.2	Потери в электрической сети.	3	0,5	-	-	2,5
8.3	Определение эквивалентных сопротивлений	3	0,5	-	-	2,5
8.4	Потери в трансформаторах, в электродвигателях	3	0,5	-	-	2,5
9.	Качество электрической энергии на предприятиях	16	3	3	-	10
9.1.	Показатели качества электроэнергии	8	1,5	1,5	-	5
9.2	Влияние несинусоидальных режимов и несимметрии напряжения на работу электрооборудования	8	1,5	1,5	-	5
10.	Выбор напряжения электрических сетей предприятий	12	2	-	1	9
	ИТОГО	153	29	12	17	95

- для заочной формы обучения (2014 год набора):

№ раздела	Наименование раздела	Трудоем-ность, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самосто-ятельная работа обучающихся
			лекции	лабора- торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Структура и параметры систем электроснабжения	16,5	0,5	-	1	15
2.	Основные задачи оптимизации СЭС	16,5	0,5	-	1	15
3.	Методы определения расчетных нагрузок	21,5	0,5	-	1	20
4.	Силовые трансформаторы СЭС предприятий	11,5	0,5	-	1	10
5.	Электрические сети предприятий	22,5	0,5	-	2	20
6.	Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	23	1	-	2	20
7.	Электробалансы промпредприятий	11	1	-	-	10
8.	Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	10,5	0,5	-	-	10
9.	Качество электрической энергии на предприятиях	20,5	0,5	-	-	20
10.	Выбор напряжения электрических сетей предприятий	17,5	0,5	-	2	15
	ИТОГО	171	6	-	10	155

- для заочной формы обучения (2015, 2016, 2017, 2018 годы набора):

№ раз- дела	Наименование раздела	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самосто- ятельна я работа обучаю- щихся
			лекции	лабора- торные работы	практиче- ские занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Структура и параметры систем электроснабжения	17	0,5	1	0,5	15
2.	Основные задачи оптимизации СЭС	16	0,5	-	0,5	15
3.	Методы определения расчетных нагрузок	22,5	1	1	0,5	20
4.	Силовые трансформаторы СЭС предприятий	11,5	1	-	0,5	10
5.	Электрические сети предприятий	21	0,5	-	0,5	20
6.	Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	22,5	1	1	0,5	20
7.	Электробалансы промпредприятий	11	1	-	-	10
8.	Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	11	1	-	-	10
9.	Качество электрической энергии на предприятиях	21,5	0,5	1	-	20
10.	Выбор напряжения электрических сетей предприятий	17	1	-	1	15
	ИТОГО	171	8	4	4	155

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раз- дела	Наименование раздела	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лаборат орные работы	практиче- ские занят ия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Структура и параметры систем электроснабжения	22	0,5	1	0,5	20
2.	Основные задачи оптимизации СЭС	16	0,5		0,5	15
3.	Методы определения расчетных нагрузок	12	0,5	1	0,5	10
4.	Силовые трансформаторы СЭС предприятий	11	0,5		0,5	10
5.	Электрические сети предприятий	23,5	1		0,5	22
6.	Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	12,5	1	1	0,5	10
7.	Электробалансы промпредприятий	11	1		-	10
8.	Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	21	1		-	20
9.	Качество электрической энергии на предприятиях	22	1	1	-	20
10.	Выбор напряжения электрических сетей предприятий	20	1		1	18
	ИТОГО	171	8	4	4	155

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Интерактив проводится в форме лекции-беседы, дискуссионного обсуждения. Всего предусмотрено 15 часов.

Раздел 1. Структура и параметры систем электроснабжения

1.1. Классификация электрических сетей

Конфигурация электрических сетей предприятий определяется потребляемой мощностью, технологическими особенностями производства, категориями по надежности электроснабжения отдельных потребителей, взаимное расположение производств. Электрические сети предприятий можно разделить на питающие сети, внутривозовские сети и цеховые сети.

1.2. Питающие сети

В зависимости от характеристик энергосистем, географического расположения предприятие получать питание или с шин генераторного напряжения ТЭЦ или с ОРУ районной подстанции по двум кабельным или воздушным линиям. Электроснабжение с шин генераторного напряжения предусматривает установку на РУ ТЭЦ двух КРУ или КРУН с автоматическими выключателями, прокладку кабельных линий в земле или по эстакадам, при большой мощности предприятия. Подача электроэнергии производится по токопроводам различного исполнения. На территориях предприятия в районе ЦЭН формируется закрытое или открытое РУ на напряжение 6-10 кВ. К установке на РУ также рекомендуются КРУ или КРУН различного исполнения. Электрическая схема РУ должна быть простой, число секций шин напряжения 6-10 кВ обычно не превышает двух, большее число секций используется при повышенном требовании к надежности электроснабжения, при большой мощности предприятия (более 75 МВт), при наличии потребителей со специфическими нагрузками, которые необходимо выделить на отдельные секции шин РУ.

Электроснабжение ОРУ районной подстанции осуществляется по двум воздушным линиям. ГПП напряжением 35- 220 кВ размещают рядом с обслуживаемыми ими производственными корпусами, а их РУ 6-10 кВ рекомендуется встраивать в эти корпуса. Для промышленных предприятий рекомендуется применять упрощенные электрические схемы для питания трансформаторов ГПП от районной подстанции с использованием отделителей и короткозамыкателей. Установка выключателя на стороне высокого напряжения нецелесообразна т.к. отключать трансформатор (при необходимости вывода его в ремонт) можно выключателем на районной подстанции, а при снятой нагрузке с трансформатора ГПП отделителем без отключения выключателя на районной подстанции.

1.3. Внутривозовские сети

Характерной особенностью схем внутривозовского распределения электроэнергии является большая разветвленность сети и наличие большого количества коммутационно-защитной аппаратуры, что оказывает значительное влияние на технико-экономические показатели и на надежность системы электроснабжения.

С целью создания рациональной схемы распределения электроэнергии требуется всесторонний учет многих фактов, таких как конструктивное исполнение сетевых узлов схемы, способ канализации электроэнергии, токи КЗ при разных вариантах и др.

Схемы внутривозовского распределения электроэнергии имеют ступенчатое построение. Считается нецелесообразным применение схем с числом ступеней более двух - трех, так как в этом случае усложняется коммутация и защита сети. На небольших по мощности предприятиях рекомендуется применять одноступенчатые схемы.

Внутривозовское распределение электроэнергии выполняют по магистральной, радиальной, или смотанной схемам. Выбор схемы определяется кате; орией надежности потребителей электроэнергии, их территориальным размещением, особенностями режимов работы.

Радиальными схемами являются такие, в которых электроэнергия от источника питания передается непосредственно к приемному пункту. Чаще применяют радиальные схемы с числом ступеней не более двух.

Магистральные схемы распределения электроэнергии применяют в том случае, когда потребителей много и радиальные схемы нецелесообразны. Основное преимущество магистральной схемы заключается в сокращении затрат на коммутацию. Магистральные схемы целесообразно применять при расположении подстанций на территории предприятия, близком к линейному.

1.4. Цеховые сети

Цеховые трансформаторные подстанции напряжением 620/0,38 - 0,66 кВ в большинстве случаев выполняются без сборных шин первичного напряжения, как при радиальном, так и при магистральном питании. При радиальном питании подстанций кабельными линиями по схеме блока линия - цеховой трансформатор обычно применяется глухое присоединение трансформатора коммутационный аппарат (разъединитель или выключатель нагрузки) перед цеховым трансформатором устанавливается в тех случаях, когда источник питания находится в ведении другой эксплуатирующей организации или подстанции значительно (3-5 км) удалена от источника питания.

При магистральной схеме питания вводе к цеховому трансформатору в большинстве случаев устанавливают выключатель нагрузки с предохранителем или разъединитель в комплекте с предохранителем, позволяющие осуществить отключение цеховой ТП при повреждении трансформатора. Глухое присоединение трансформаторов при магистральной схеме питания практически редко встречается, так как повреждение трансформатора при такой схеме приводит к отключению всей магистрали выключателем на головном участке, и при этом теряют питание все цеховые ТП, подключенные к данной магистрали.

Раздел 2. Основные задачи оптимизации СЭС

2.1. Принципы построения СЭС

Проектируемая СЭС должна удовлетворять ряду требований: экономичность, безопасность и удобство эксплуатации, промышленные методы монтажа, обеспечение надежного качества ЭЭ, кратчайшие сроки выполнения строительно-монтажных работ, гибкость СЭС.

2.2. Вопросы электроснабжения

Первая группа - определение значений и категорий электрических нагрузок; вторая группа – расчет токов короткого замыкания релейной защиты, автоматики и измерений; третья группа – качество электроэнергии, ущерб от перерывов электроснабжения.

2.2. Задачи оптимизации, определение оптимальных параметров электрических сетей

Главной проблемой в ближайшем будущем является создание рациональных систем электроснабжения, которое связано со следующим:

- 1) выбором и применением рационального числа трансформаций. В настоящее время существуют системы электроснабжения с недопустимо большим количеством трансформаций;
- 2) выбором и применением рациональных напряжений. Применение рациональных напряжений в системах электроснабжения промпредприятий дает значительную экономию в потерях электроэнергии;
- 3) правильным выбором места размещения цеховых и главных распределительных (понижительных) подстанций. Расположение питающих подстанций в соответствующих центрах электрических нагрузок обеспечивает минимальные приведенные затраты. Всякое смещение питающей подстанции из центра электрических нагрузок ведет к увеличению этих затрат и повышенному расходу электроэнергии;
- 4) дальнейшим совершенствованием методики определения электрических нагрузок. Правильное определение ожидаемых нагрузок способствует решению общей задачи оптимизации построения систем внутривзводского электроснабжения;
- 5) рациональным выбором числа и мощности трансформаторов, а также схем электроснабжения и их параметров, что ведет к сокращению потерь электроэнергии, повышению надежности и способствует осуществлению общей задачи оптимизации построения систем электроснабжения;

б) принципиально новой постановкой для решения таких задач, как, например, симметрирование (выравнивание) электрических нагрузок;

Общая задача оптимизации систем промышленного электроснабжения кроме указанных выше положений включает также рациональные решения по выбору сечений приводов и жил кабелей, способов компенсации реактивной мощности, автоматизации, диспетчеризации и др.

Оптимизация производственных процессов в сочетании с оптимизацией систем промышленного электроснабжения может и должна дать стране дополнительные средства за счет сокращения непроизводительных расходов.

Задачи оптимизации должны решаться с точки зрения системного подхода. При этом выбор рациональных режимов работы систем электроснабжения промышленного предприятия необходимо производить, оценивая экономическую эффективность работы всего предприятия в целом.

Системный подход при решении оптимизационных задач предполагает управление качеством электроэнергии, направленное на уменьшение ее потерь в системах промышленного электроснабжения, а также на повышение производительности механизмов и качества выпускаемой продукции. Комплексное решение этой проблемы обеспечивает всемерное повышение эффективности народного хозяйства.

Раздел 3. Методы определения расчетных нагрузок

3.1. Места определения расчетных нагрузок

В системе электроснабжения промышленного предприятия существует несколько характерных мест определения расчетных электрических нагрузок. Рассмотрим эти характерные места.

1. Определение расчетной нагрузки, создаваемой одним приемником напряжением до 1000 В, необходимо для выбора сечения провода или кабеля, отходящего к данному приемнику, и аппарата, при помощи которого производится присоединение приемника к силовому распределительному шкафу или распределительной линии.

2. Определение расчетной нагрузки, создаваемой группой приемников напряжением до 1000 В необходимо для выбора сечения распределительной линии или распределительной магистрали, питающей данную группу приемников, и аппарата, присоединяющего данную группу приемников к главному силовому распределительному шкафу или питающей магистрали в схеме блока трансформатор-магистраль.

3. Определение расчетной нагрузки, создаваемой на шинах низшего напряжения 0,69 — 0,4/0,23 кВ цеховой трансформаторной подстанции (ТП) отдельными крупными приемниками или силовыми распределительными ШИ«фамн, питающими отдельные приемники или группы приемников, необходимо для выбора сечения линий, отходящих от шин 0,69 или 0,4/0,23 кВ цеховой ТП и питающих указанные выше приемники, и аппаратов присоединения отходящих линий к шинам низшего напряжения цеховой ТП.

4. Определение общей расчетной нагрузки на шинах низшего напряжения ТП или главной магистрали системы питания блока трансформатор - магистраль (БТМ) необходимо для выбора числа и мощности цеховых трансформаторов, сечения и материала шин цеховой ТП или главной магистрали и отключающих аппаратов, устанавливаемых на стороне низшего напряжения цеховых трансформаторов.

5. Определение расчетной нагрузки, создаваемой на шинах 6-20 кВ рераспределительных пунктов (РП) отдельными приемниками или отдельными цеховыми трансформаторами с учетом потерь в трансформаторах необходимо для выбора сечения проводов линий, отходящих от шин РП и питающих цеховые трансформаторы и приемники высокого напряжения, и отключающих аппаратов, устанавливаемых на этих линиях.

6. Определение общей расчетной нагрузки на шинах каждой секции РП необходимо для выбора сечения и материала шин 6-20 кВ РП, сечения линий, питающих каждую секцию шин РП, и отключающей аппаратуры со стороны шин главной понизительной подстанции (ГПП).

7. Определение общей расчетной нагрузки на шинах 6-20 кВ каждой в каждой ГПП необходимо для выбора числа и мощности понизительных трансформаторов,

устанавливаемых на ГПП, выбора сечения и материала шин ГПП и отключающих аппаратов, устанавливаемых ип стороне низшего напряжения 6-20 кВ трансформаторов ГПП.

8. Определение расчетной нагрузки на стороне высшего напряжения 35-220 кВ трансформатора ГПП с учетом потерь в трансформаторе необходимо для выбора сечений линий, питающих трансформаторы N111, и аппаратов присоединения трансформаторов и питающих их линии.

3.2. Основные и дополнительные методы определения расчетных нагрузок

В зависимости от места определения расчетных нагрузок и стадии проектирования применяются методы их расчета, более точные или упрощенные.

При определении расчетных нагрузок должны учитываться следующие положения:

- графики нагрузок цехов или всего промпредприятия изменяются во времени, растут и по мере совершенствования техники производства выравниваются (коэффициент заполнения графика нагрузок повышается);

- постоянное совершенствование производства (автоматизация и механизация процессов) увеличивает расход электроэнергии, потребляемой предприятием. Это обстоятельство влечет за собой рост электронагрузок;

- при проектировании систем электроснабжения необходимо учитывать перспективы развития производства и, следовательно, перспективный рост электронагрузок предприятия на ближайшие 10 лет.

К основным следует отнести методы определения расчетных нагрузок по:

- 1) установленной мощности и коэффициенту спроса;
- 2) средней мощности и отклонению расчетной нагрузки от средней (статистический метод);
- 3) средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузок;
- 4) средней мощности и коэффициенту максимума (метод упорядоченных диаграмм показателей графиков нагрузок).

К вспомогательным можно отнести методы определения расчетных нагрузок по:

- удельному расходу электроэнергии на единицу продукции при заданном объеме выпуска продукции за определенный период;

- удельной нагрузке на единицу производственной площади.

Первый из основных и вспомогательные методы определения расчетных нагрузок являются приближенными методами расчета. Последние три из указанных выше основных методов определения расчетных нагрузок используют основные положения теории вероятностей.

Раздел 4. Силовые трансформаторы СЭС предприятий

4.1. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции

Наиболее часто ГПП (ПГВ) промышленных предприятий выполняют двухтрансформаторными. Однотрансформаторные ГПП допустимы только при наличии централизованного резерва трансформаторов и при поэтапном строительстве ГПП. Установка более двух трансформаторов возможна в исключительных случаях: когда требуется выделить резкопеременные нагрузки и питать их от отдельного трансформатора, при реконструкции ГПП. если установка третьего трансформатора экономически целесообразна.

Выбор мощности трансформаторов ГПП производится на основании расчетной нагрузки предприятия в нормальном режиме работы с учетом режима электроснабжающей организации по реактивной мощности. В послеаварийном режиме (при отключении одного трансформатора) для надежного электроснабжения потребителей предусматривается их питание от оставшегося в работе трансформатора. При этом часть неответственных потребителей с целью снижения нагрузки трансформатора может быть отключена.

В настоящее время энергоснабжающая организация задает для проектируемых и действующих предприятий значение оптимальной реактивной мощности передаваемой из энергосистемы в сеть предприятия в период максимальных нагрузок энергосистемы. Если энергосистема не обеспечивает предприятие полностью реактивной мощностью в указанный период, то на предприятии должны быть установлены компенсирующие устройства.

Выбор номинальной мощности трансформаторов ГПП в зависимости от исходных данных может осуществляться по графику нагрузок или по полной расчетной мощности.

4.2. Определение мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсирующих устройств

Выбор типа трансформаторов решается в зависимости от условий окружающей среды. Для наружной установки применяются только масляные трансформаторы (ТМ, ТМЗ), для внутренней установки применяются трансформаторы с негорючей жидкостью (совтол, ТНЗ). Сухие трансформаторы (ТСЗ) мощностью не более 630-1000 кВА используются в административных общественных зданиях, испытательных станциях, в лабораториях.

Число типов и исполнение трансформаторов, применяемых на одном предприятии, необходимо ограничивать, так как разнообразие их создает неудобства в обслуживании, осложняет ремонт, резервирование и взаимозаменяемость.

На промышленных предприятиях применяются одно- и двухтрансформаторные подстанции. Число трансформаторов в цеху определяется их нагрузкой и требованиями к надежности. Однотрансформаторные подстанции при наличии складского резерва трансформаторов можно использовать для питания потребителей 2 и 3 категорий, а так же для потребителей 1 категории, если мощность последних не превышает 15-20% от мощности трансформатора и возможно резервирование подстанций на втором напряжении с АВР.

Двухтрансформаторные подстанции применяются при преобладании электроприемников 1 и 2 категорий, а так же в энергоемких цехах с удельной плотностью нагрузки $a_{уд} > 4 \text{ кВ-А/м}^2$.

В цеховых трансформаторных подстанциях (КТП) используются трансформаторы единичной мощности 400; 630; 1000; 1600 и $2; > 00 \text{ кВ-А}$. Число и мощность трансформаторов зависят от величины расчетной нагрузки S_p , распределения нагрузок по площади цеха, характера и режима работы электроприемников. Выбор КТП осуществляется одновременно с решением задачи компенсации реактивной мощности.

Сначала выбирается число и мощность трансформаторов пользуясь коэффициентом загрузки трансформаторов и расчетной нагрузкой цехов.

Минимальное число трансформаторов, которое можно установить при полной компенсации реактивной мощности в цеховых сетях: **выбирается по активной мощности цеха.**

Поскольку полная компенсация реактивной мощности экономически нецелесообразна, то намечается промежуточный вариант, для которого $\cos\varphi$ предприятия будет находиться в пределах 0,9-0,95, для чего определяется предельное значение реактивной мощности. Полученную суммарную мощность низковольтных конденсаторных батарей необходимо распределить по потребителям (цехам) в долевом отношении по потреблению реактивной мощности. Обычно ККУ подсоединяются к сборным шинам КТП на стороне 0,4 кВ, т.е. только трансформаторов КТП столько и ККУ.

4.3. Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций

Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций и распределительных пунктов определяется их главной схемой.

На промышленных предприятиях наибольшее применение имеют двухобмоточные трансформаторы. Трехобмоточные трансформаторы 110-220/35/6-10 кВ применяются на ГПП сравнительно редко при наличии удаленных потребителей средней мощности напряжением 35 кВ, относящихся к данному предприятию или району.

Конструкция подстанции, как правило, состоит из трех основных узлов: РУ первичного напряжения, содержащего сборные и соединительные шины, аппараты присоединений и защиты; камер трансформаторов; РУ вторичного напряжения. Взаимное расположение узлов подстанций следует выполнять таким образом, чтобы длина ошиновки и кабелей была минимальной.

В настоящее время в цехах промышленных предприятий наибольшее распространение имеют комплектные трансформаторные подстанции КТП 6-10/0,4-0,69 кВ. КТП состоит из РУ или вводного Устройства первичного напряжения, одного или двух силовых трансформаторов и РУ НН (по схеме БТМ в цеховых КТП РУ НН не предусматривается). Комплектные трансформаторные подстанции изготавливаются для внутренней (КТП) и

наружной установки (КТПН). Комплектные трансформаторные подстанции для ГПП и ПГВ выполняют с трансформаторами мощностью 4-40 МВ-Л на напряжение 35-220/6-10 кВ. Для внутрицеховых КТП с напряжением 6-10/0,4-0,69 кВ применяются трансформаторы мощностью 160-2500 кВ-А. В сетях 35-110 кВ применяют унифицированные комплектные подстанции блочного типа КТПБ для наружной установки на напряжение 35/6-10 кВ и 110/6-10 кВ. В РУ 6-10 кВ применяют комплектные камеры типа КРУ, КРУН, КСО.

Раздел 5. Электрические сети предприятий

5.1. Выбор сечения ВЛ питающих промпредприятий

Для связи предприятий с энергоснабжающей организацией на повышенных напряжениях 35-110-220 кВ и т.д. используются в основном воздушные линии электропередач (ЛЭП), которые могут быть одно- и двухцепными, что определяется требованиями к бесперебойности электроснабжений предприятия.

Сечение проводов ЛЭП, согласно ПУЭ, выбираются:

1. По экономической плотности тока. Полученное сечение округляется до ближайшего меньшего значения, а затем проверяется.
2. По нагреву током I_n нормального режима.
3. По нагреву током послеаварийного режима $I_{н ав.}$ с учетом перегрузочной способности линии.
4. По условиям механической прочности. По ПУЭ для ЛЭП выше 1 кВ могут применяться алюминиевые провода сечением не менее 35 мм^2 , сталеалюминиевые и стальные - не менее 25 мм^2 . На пересечениях связи железнодорожными линиями, водными пространствами, наземными трубопроводами сечение алюминиевых проводов должно быть не менее 70 мм^2 .
5. На отсутствие короны (только для $1Л > 35 \text{ кВ}$).
6. На действие токов КЗ.

Согласно ПУЭ провода воздушных линий электропередач по режиму КЗ не проверяются, кроме следующих случаев:

- а) ударный ток КЗ более 50 кА;
- б) воздушная «линия оборудована устройствами АПВ.

7. На потерю напряжения от тока в нормальном и послеаварийном режимах. Обычно считают допустимым принимать $\Delta U = 5-7\%$ в нормальном режиме при отсутствии специальных средств регулирования и $12 - 14\%$ - в послеаварийном, у конкретного потребителя или узла. Окончательно принимается в дальнейших расчетах наибольшее значение сечения по пунктам 1-7.

5.2. Выбор сечения КЛ на напряжение выше 1 кВ

Выбор сечения КЛ необходимо начать с выбора марки силового кабеля и способа его прокладки, используя данные приложения к методическим указаниям. Прокладка кабеля на территории предприятия и вне его осуществляется в земле (траншее) или по инженерным сооружениям, в которых кабельные линии не соприкасаются с землей (эстакады, галереи, туннели и т.д.). Выбор сечения КЛ и ВЛ имеет ряд общих позиций, но имеются и различия в выборе сечений. Сечение КЛ выбирается по следующим пунктам:

1. По экономической плотности тока
2. По нагреву током I_n , нормального режима
3. По нагреву током послеаварийного режима $I_{мав.}$ с учетом перегрузочной способности КЛ

Для однострансформаторных подстанций и потребителей которые получают питание по одной линии послеаварийный режим не рассматривается. Для двухтрансформаторных подстанций ГПП и ЦТП предельное значение $I_{мав.}$ будет определяться пропускной способностью силового трансформатора с учетом его возможной перегрузки в послеаварийном режиме.

4. На термическую устойчивость к токам КЗ. Кабельные линии как внешнего, так и внутреннего электроснабжения обязательно проверяются на термическое действие токов КЗ(ПУЭ).

Провода и кабели на термическую стойкость проверяются по току трехфазного КЗ в начале линии. Расчетная длительность КЗ принимается различной в зависимости от

назначения расчета. При проверке проводников и аппаратов на термическую стойкость она согласно ПУЭ принимается равной сумме времени действия основной защиты и времени отключения выключателя соответствующей цепи ближнего к месту КЗ.

5.3. Применение токопроводов в электрических сетях промпредприятий

В сетях 6-35 кВ промпредприятий распространение получила система канализации электроэнергии токопроводами. Фазы токопроводов образованы из пакетов жестких шин или пучков гибких проводов, несущих большие потоки мощности на сравнительно небольшие расстояния. На напряжения 6-35 кВ используют токопроводы.

Выбор токопроводов производят по:

1. допустимому нагреву максимальным расчетным током;
2. экономической плотности тока в нормальном рабочем режиме.

Раздел 6. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий

6.1. Общие положения

Одним из основных вопросов, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения, является вопрос о компенсации реактивной мощности включающий выбор целесообразных источников, расчет и регулирование их мощности, размещение источников в системе электроснабжения.

При выборе оптимального варианта следует исходить из технико-экономических расчетов, основанных на системном подходе к задаче компенсации реактивной мощности. Это означает, что оптимальное решение должно удовлетворять интересам как электроснабжающих систем, так и потребителей электроэнергии с учетом эффекта во всей системе в целом.

6.2. Передача реактивной мощности по электрическим сетям

1. При передаче значительной реактивной мощности возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии во всех элементах системы электроснабжения, обусловленные загрузкой их реактивной мощностью. Так, при передаче активной и реактивной мощностей через элемент системы электроснабжения с дополнительными потерями активной мощности, вызванными протеканием реактивной мощности пропорциональны ее квадрату. Поэтому во многих случаях передача значительной реактивной мощности от генераторов электростанций к потребителям нецелесообразна, несмотря на низкие удельные затраты, связанные с ее генерацией.

2. Возникают дополнительные потери напряжения, которые особенно существенны в сетях районного значения. При передаче мощностей через элемент системы электроснабжения с активным сопротивлением и реактивной потерей напряжения будут определяться суммой потерь напряжения, обусловленные активной и реактивной мощностями.

3. Загрузка реактивной мощностью элементов электрической сети будет уменьшать пропускную способность трансформаторов, требовать увеличения сечения проводов и кабелей, увеличение мощности или числа трансформаторов.

6.3. Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии

На промышленном предприятии уменьшение потребляемой реактивной мощности может быть достигнуто естественным путем, например улучшением режима работы приемников, применением двигателей более совершенных конструкций, устранением их недогрузки, а также за счет установки специальных компенсирующих устройств.

Мероприятия по уменьшению потребления приемниками реактивной мощности должны рассматриваться в первую очередь, так как для их осуществления, как правило, не требуется значительных капитальных затрат.

Поскольку основными потребителями реактивной мощности являются асинхронные двигатели, трансформаторы и вентильные преобразователи, предметом всестороннего анализа должны быть следующие вопросы:

1. замена малозагруженных асинхронных двигателей двигателями меньшей мощности;
2. понижение напряжения у двигателей, систематически работающих с малой нагрузкой;
3. ограничение холостого хода двигателей и сварочных трансформаторов;

4. применение синхронных двигателей вместо асинхронных в случае, когда это возможно по условиям технологического процесса;
5. применение синхронизированных асинхронных двигателей;
6. применение наиболее целесообразной силовой схемы и системы управления вентильного преобразователя.

6.4. Выбор компенсирующих устройств напряжением выше 1000 В и напряжением до 1000 В

В соответствии с требованиями энергоснабжающей организации завод из сетей энергосистемы в часы максимальных нагрузок может потреблять только определенное количество реактивной мощности - 0,1 (оптимальное значение). В соответствии с методикой ручного счета величина $Q_{\Sigma 1}$ определяется как меньшее из значений, вычисляемых g_j формулам.

Мощность КУ предприятия определяется как разница расчетной реактивной мощности предприятия.

КУ в сетях до 1000В выбираются с учетом количества и мощности цеховых трансформаторов. Полная компенсация реактивной мощности экономически не целесообразно, намечается промежуточный вариант по количеству цеховых трансформаторов для которого $\cos\varphi$ находится в пределах 0,9- 0,95 и определяется предельное значение реактивной мощности. Помученную мощность низковольтных конденсаторных батарей распределяют по цехам в долевом отношении.

6.5. Балансовый расчет компенсирующих устройств предприятий

Мощность компенсирующих устройств предприятия на границе балансового раздела ГБР будет формироваться из мощности низковольтных компенсирующих устройств, реактивной мощности высоковольтных и низковольтных синхронных двигателей и мощности высоковольтных конденсаторных батарей.

Для определения величин $Q_{сд}$ и $Q_{вк}$ необходимо провести расчет предприятия по реактивной мощности.

Для каждой цеховой подстанции определяется некомпенсированная реактивная нагрузка на стороне 6 и 10 кВ.

Раздел 7. Электробалансы промпредприятий

7.1. Основные положения по составлению электробаланса промпредприятий

Электробаланс промышленного предприятия состоит из прихода и расхода электроэнергии (активной и реактивной). В приход включают электроэнергию, полученную от энергосистемы или от сетей других предприятий, а также выработанную электрическими установками предприятия (генераторами промышленных ТЭЦ и ГЭС, синхронными компенсаторами и конденсаторами). Приходную и расходную части учитывают по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии.

Приходную часть электробаланса для активной электроэнергии составляют по промышленному предприятию, по цехам предприятия, по отдельным энергоемким агрегатам (по особому указанию главного энергетика предприятия или инспекции энергосбыта).

Расходную часть электробаланса активной электроэнергии разделяют на следующие статьи расхода:

- 1) прямые затраты электроэнергии на основной технологический процесс с выделением полезного расхода электроэнергии на выпуск продукции без учета потерь в различных звеньях энергоемкого технологического оборудования (электрические печи, компрессорные и насосные установки, прокатные станы и другие крупные потребители электроэнергии);
2. косвенные затраты электроэнергии на основной технологический процесс вследствие его несовершенства или нарушения технических норм (влажная шихта, недогрев слитков при прокате и т. п.);
3. затраты электроэнергии на вспомогательные нужды (вентиляция помещений цехов, цеховой транспорт, освещение и т. п.);
4. потери электроэнергии в элементах системы электроснабжения (линиях, трансформаторах, реакторах, компенсирующих устройствах и двигателях);
5. отпуск электроэнергии посторонним потребителям (столовые, клубы, поселки, магазины, городской электрический транспорт и т. д.).

Наличие всех пяти статей расхода электроэнергии при составлении электробаланса не является обязательным. Например, в электробалансе промышленных предприятий могут отсутствовать статьи 2 и 5.

Удельный расход электроэнергии в электробалансе должен быть отнесен на единицу продукции, сопоставимую с соответствующими показаниями других цехов и заводов. Например, расход электроэнергии для выработки сжатого воздуха должен производиться не на кубометр, а на кубометр воздуха с давлением в одну атмосферу, или расход воды - не на кубометр, а на кубометр воды, поднятой на 10 м, и т. д.

7.2. Задачи составления электробаланса

Задачами составления электробаланса являются следующие:

- а) выявление и нахождение расходов электроэнергии по статьям 2, 3, 4 и 5, с тем чтобы четко выделить расход электроэнергии на основную продукцию предприятия;
- б) определение действительных удельных норм расхода электроэнергии на единицу продукции предприятия;
- в) выявление возможности сокращения непроизводительных расходов электроэнергии (статьи 2, 3, 4, 5) и уменьшения расхода электроэнергии на выпуск основной продукции путем проведения различных мероприятий, усовершенствующих технологический процесс, и постоянного сопоставления действительных удельных норм расхода электроэнергии на основную продукцию завода.

Для обеспечения единой методики расчета потерь электроэнергии ниже приведены необходимые формулы, указания и примеры.

При составлении электробаланса рекомендуется выделять энергетические цехи (наносные, компрессорные, котельные), а также вентиляционные и электропечные установки.

Раздел 8. Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий

8.1. Методика определения потерь электроэнергии промышленной части на промпредприятиях

Среднее значение тока участка сети определяют в соответствии с показаниями счетчиков, имеющихся на данном участке сети.

Отличие среднеквадратического тока, по которому рассчитывают потери электроэнергии, от среднего учитывают так называемым коэффициентом формы графика суточной нагрузки K_{ϕ} . Значение K_{ϕ} подсчитывается по показаниям счетчиков активной и реактивной энергии.

Потери электроэнергии за учетный период (месяц, квартал, год) рекомендуется для простоты определять как произведение потерь электроэнергии за одни сутки учетного периода, называемые характерными, на число рабочих суток в учетном периоде, причем если предприятие работает с выходными днями, то потери электроэнергии за выходные дни считаются отдельно.

Характерные в отношении потребления электроэнергии сутки находят следующим образом:

1. по записям в вахтенном журнале определяют расход электроэнергии за учетный период времени;
2. по найденному за учетный период (например, месяц, год) расходу находят среднесуточный расход электроэнергии;
3. по вахтенному журналу находят сутки, имеющие такой же (или близкий к нему) расход электроэнергии, как и полученный выше среднесуточный расход;
4. найденные таким образом сутки и их действительный график нагрузки принимают за характерные

8.2. Потери в электрической сети

Потери электроэнергии какой-либо линии за учетный период определяются T_p (число рабочих часов за учетный период), R_3 (эквивалентное сопротивление линии), I_{cp} (среднее за характерные сутки значение тока линии).

Иногда потери электроэнергии за учетный период удобнее считать через нагрузку одной наиболее загруженной смены (обычно дневной) характерных суток.

При определении реактивных потерь энергии представляют эквивалентное реактивное сопротивление X_3 , вместо R_3 .

8.3. Определение эквивалентных сопротивлений

Эквивалентным сопротивлением какой-либо сети называют сопротивление некоторой условной неразветвленной линии, ток которой равен току головного участка сети и потери электроэнергии равны потерям в сети.

Так как определять эквивалентные сопротивления с помощью показаний прибора в общем случае (для сложной схемы) трудно, то рекомендуется определять их расчетным путем через номинальные значения токов и потерь мощности, т.е. приближенно, но с поправкой, учитывающей отличие действительно проходящих токов в линии от расчетных.

8.4. Потери в трансформаторах, в электродвигателях

Потери активной электроэнергии в трансформаторах определяются по приведенным потерям мощности XX трансформатора, приведенным потерям мощности КЗ, по коэффициенту загрузки трансформатора.

В электродвигателях учитываются потери в установившемся режиме и в переходных процессах (пуск электродвигателя).

Раздел 9. Качество электрической энергии на предприятиях

Электроэнергия, как особый вид продукции, обладает определенными характеристиками, позволяющими судить о ее пригодности в различных производственных процессах. Совокупности характеристик, при которых приемники электроэнергии способны выполнить заложенные в них функции, объединены общим понятием качества электроэнергии.

9.1. показатели качества электроэнергии

В соответствии с ГОСТ показателями качества у приемников электроэнергии приняты следующие:

- a. при питании от электрических сетей однофазного тока: отклонение частоты; отклонение напряжения; размах колебаний частоты; размах изменения напряжения; коэффициент несинусоидальности напряжения-
- b. при питании от электрических сетей трехфазного тока: отклонение частоты; отклонение напряжения; размах колебаний частоты; размах изменения напряжения; коэффициент несинусоидальности напряжения- коэффициент несимметрии напряжений; коэффициент неуравновешенности напряжений;
- c. при питании от электрических сетей постоянного тока: отклонение напряжения; размах изменения напряжения; коэффициент пульсации напряжения.

Значения показателей качества электроэнергии должны находиться в допустимых пределах с интегральной вероятностью 0,95 за установленный период времени.

Выделяют следующие вопросы при решении задачи повышения качества электроэнергии: экономические; математические и технические

Экономические вопросы включают в себя методы расчета убытков от некачественной электроэнергии в системах промышленного электро снабжения. Математические аспекты представляют собой обоснование тех или иных методов расчета показателей качества электроэнергии. Технические аспекты включают в себя разработку технических средств и мероприятия, улучшающих качество электроэнергии, а также организацию системы контроля и управления качеством.

9.2. Влияние качества электроэнергии на работу электрических сетей

9.2.1. Влияние отключения напряжения на работу электрооборудования

Основными факторами, вызывающими отклонения напряжения в системах электроснабжения промышленных предприятий, являются изменение режимов работы приемников электроэнергии в узле нагрузки, изменение режима источника питания, нерациональное подключение однофазных и ударных нагрузок к элементам системы электроснабжения.

Изменение напряжения на зажимах приемника электроэнергии даже в пределах, установленных ГОСТ, вызывает изменение его технико-экономических показателей. Кроме того, отклонения напряжения влияют на показатели питающей сети за счет изменения потерь мощности и энергии.

9.2.2. Влияние несинусоидальных режимов на работу электрооборудования

При протекании токов высших гармоник по элементам системы электроснабжения

промышленного предприятия возникают дополнительные потери активной мощности и электроэнергии. Наибольшие потери активной мощности, обусловленные высшими гармониками, возникают в трансформаторах, двигателях и генераторах, увеличение активных сопротивлений обмоток которых с ростом частоты происходит приблизительно пропорционально. В ряде случаев эти потери могут привести к недопустимому перегреву обмоток электрических машин и во всех случаях приводят к значительным дополнительным потерям электроэнергии.

9.2.3. Влияние несимметрии напряжения на электрооборудования

Несимметрия напряжения и токов трехфазной системы является одним из важнейших показателей качества электроэнергии. Причиной появления несимметрии напряжений и токов являются различные несимметричные режимы системы электроснабжения. Широкое применение различного рода однофазных электротермических установок значительной мощности (до 10 000 кВт) и трехфазных дуговых печей также привело к значительному увеличению доли несимметричных нагрузок на промпредприятиях. Подключение таких мощных несимметричных одно- и трехфазных нагрузок к трехфазным сетям вызывает в системах электроснабжения длительный несимметричный режим, который характеризуется несимметрией напряжений и токов.

Несимметрия напряжения в системах электроснабжения оказывает влияние на работу отдельных элементов сети и приемников электроэнергии: синхронных машин, синхронных двигателей, конденсаторных установок, многофазных выпрямителей, трансформаторов, КЛ, ВЛ.

Раздел 10. Выбор напряжения электрических сетей предприятий

Для получения наиболее экономичного варианта электроснабжения предприятия в целом напряжение каждого звена систем электроснабжения необходимо выбирать прежде всего с учетом напряжений смежных звеньев. Выбор напряжений основывается на сравнении технико-экономических показателей различных вариантов в случаях, когда:

1. от источника питания можно получать энергию при двух (или более) напряжениях;
2. при проектировании электроснабжения предприятий приходится расширять существующие подстанции и увеличивать мощность заводских электростанций;
3. сети заводских электростанций связывают с сетями энергосистем.

Предпочтение при выборе вариантов следует отдавать варианту с более высоким напряжением даже при небольших экономических преимуществах (не превышающих 10 - 25%) низшего из сравниваемых напряжений.

Для питания крупных и особо крупных предприятий следует применять напряжения 110, 150, 220, 330 и 500 кВ. На первых ступенях распределения энергии на таких крупных предприятиях следует применять напряжения 110, 150 и 220 кВ.

Напряжение 35 кВ в основном рекомендуется использовать для распределения энергии на первой ступени средних предприятий при отсутствии значительного числа электродвигателей напряжением выше 1 кВ, а также для частичного распределения энергии на крупных предприятиях, где основное напряжение первой ступени равно 110-220 кВ.

Напряжение 20 кВ следует применять для питания: предприятий средней мощности, удаленных от источников питания и не имеющих своих электростанций; электроприемников, удаленных от подстанций крупных предприятия (карьеров, рудников и т.п.); небольших предприятия, населенных пунктов, железнодорожных узлов и т.п., подключаемых к ТЭЦ ближайшего Предприятия. Целесообразность применения напряжения 20 кВ должна обосновываться технико-экономическими сравнениями с напряжениями 35 и 10 кВ с учетом перспективного развития предприятия.

Напряжение 10 кВ необходимо использовать для внутризаводского распределения энергии на предприятиях: с мощными двигателями, допускающими непосредственное присоединение к сети 10 кВ; небольшой и средней мощности при отсутствии или незначительном числе двигателей на 6 кВ; имеющих собственную электростанцию с напряжением генераторов 10 кВ.

Напряжение 6 кВ обычно применяют при наличии на предприятии значительного количества электроприемников на 6 кВ, собственной электростанции с напряжением генера-

торов 6 кВ. Применение напряжения 6 кВ должно обуславливаться наличием электрооборудования на 6 кВ и технико-экономическими показателями при выборе напряжения.

Напряжение 380 В применяется в цеховых сетях средней мощности при наличии электродвигателей и других потребителей мощностью до 100 кВт.

Напряжение 660 В в цеховых сетях является перспективным по отношению к напряжению 380 В, потери электроэнергии уменьшаются в три раза, применяется в цехах большой мощности при наличии электродвигателей и других потребителей.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Исследование электрических нагрузок промышленных предприятий	3	-
2	3.	Исследование коэффициента мощности асинхронного двигателя	3	-
3	6.	Компенсация реактивной мощности в сетях промышленных предприятий	3	-
4	9.	Влияние несимметрии напряжения на работу синхронного двигателя	3	-
ИТОГО			12	-

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	3	Определение нагрузки питающей линии	3	-
2	1	Выбор защитных аппаратов для электрической сети напряжением 0,4кВ	2	-
3	2,4	Определение нагрузки цеховых ТП по показаниям счётчиков	5	-
4	5	Выбор и проверка сечения кабельной линии	3	-
5	6,10	Определение расчетной мощности завода, уровня питающего напряжения и мощности компенсирующих устройств.	4	-
ИТОГО			17	-

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат

Для 2015, 2016, 2017, 2018 годов набора всех форм обучения не предусмотрены.

Для 2014 года набора заочной формы обучения - курсовой проект.

Цель: формирование навыков проектирования систем электроснабжения промышленных предприятий.

Примерная структура:

Введение

1. Исходные данные к проекту.
 2. Технология производства и режимы электроприемников.
 3. Расчет электрических нагрузок завода.
 4. Выбор числа, мощности и расположения цеховых трансформаторных подстанций и компенсирующих устройств.
 5. Выбор схемы питания подстанций и расчет питающих ли-ний.
 6. Расчет токов короткого замыкания и проверка на устойчивость токам короткого замыкания основного электрооборудования.
 7. Заземление ГПП (ГРП) или цеховой ТП.
 8. Измерение и учет электроэнергии.
 9. Основные технико-экономические показатели.
- Заключение.

Основная тематика: Разработка схемы электроснабжения промышленного предприятия.

Примерные варианты названия курсового проекта:

- Разработка схемы электроснабжения промышленного предприятия;
- Проектирование системы электроснабжения промышленного предприятия;
- Разработка системы электроснабжения предприятия;
- Проектирование системы электроснабжения предприятия;

Точные структура и название курсового проекта определяются в ходе выдачи задания на курсовое проектирование.

Рекомендуемый объем: 40-50 страниц машинописного текста.

Выдача задания и сдача обучающимся курсового проекта осуществляется в соответствии с календарным учебным графиком.

Литература для выполнения курсового проекта:

1. Борбат, В.С. Электроснабжение промышленных предприятий. Разработка схемы электроснабжения промышленных предприятий : учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию / В. С. Борбат. - Братск : БрГУ, 2005. - 123 с.

Оценка	Критерии оценки курсового проекта.
отлично	Полный ответ на вопросы курсового проекта и дополнительные вопросы (формулы, схемы).
хорошо	Достаточно полный ответ на вопросы курсового проекта с помощью наводящих вопросов.
удовлетворительно	Общее понимание сути расчетов, но не полные ответы
неудовлетворительно	Отсутствие понимания материала курсового проектов

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции ПК</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебных занятий</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>6</i>	<i>7</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8
1. Структура и параметры систем электроснабжения		19	+	+	2	9,5	Лк, СР, ЛР, ПЗ	зачёт
2. Основные задачи оптимизации СЭС		13	+	+	2	6,5	Лк, СР, ПЗ	зачёт
3. Методы определения расчетных нагрузок		20	+	+	2	10	Лк, СР, ЛР, ПЗ	зачёт
4. Силовые трансформаторы СЭС предприятий		20	+	+	2	10	Лк, СР, ПЗ	зачёт
5. Электрические сети предприятий		11	+	+	2	5,5	Лк, СР, ПЗ	экзамен
6. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий		18	+	+	2	9	Лк, СР, ЛР, ПЗ	экзамен
7. Электробалансы промпредприятий		12	+	+	2	6	Лк, СР,	экзамен
8. Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий		12	+	+	2	6	Лк, СР,	экзамен
9. Качество электрической энергии на предприятиях		16	+	+	2	8	Лк, СР, ЛР	экзамен
10. Выбор напряжения электрических сетей предприятий		12	+	+	2	6	Лк, СР, ПЗ	экзамен
всего часов		153	76,5	76,5	2	76,5		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов вузов. – М.: Интернет инженеринг, 2006. – 672 с., ил.
2. Федоров, А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. - Москва : Энергоатомиздат, 1987. - 368 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Кудрин,Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: учебник для студентов вузов/ Б.И. Кудрин. 2-е изд. – Москва: Интернет- Инженеринг, 2006. – 672 с.	Лк, ПЗ, СР	30	1
2.	Федоров, А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий : учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Энергоатомиздат, 1979. - 408 с.	Лк, ПЗ, СР	56	1
3.	Федоров, А. А. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных предприятий : учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. - Москва : Энергоатомиздат, 1987. - 368 с.	Лк, ПЗ, СР	62	1
4.	Князевский, Б. А. Электроснабжение промышленных предприятий : учебник для вузов / Б. А. Князевский, Б. Ю. Липкин. - Москва : Высшая школа, 1979. - 510 с.	Лк, ПЗ, СР	92	1
Дополнительная литература				
5.	Борбат, В.С. Электроснабжение промышленных предприятий. Разработка схемы электроснабжения промышленных предприятий: учебное пособие по курсовому и дипломному проектированию/. В.С. Борбат. – Братск: БрГТУ, 2007. – 123 с.	Лк, ПЗ, СР	21	1
6.	Карпова, Н.А. Электроснабжение промышленных предприятий: методические указания к лабораторным работам/ Н.А. Карпова, М.А. Фёдорова. – Братск: БрГТУ, 2003. – 64с.	ЛР, СР	99	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- 1.Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .

4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение данной дисциплины предполагает, помимо посещения лекционных, лабораторных и практических занятий, активную самостоятельную работу.

Самостоятельная работа обучающихся включает: проработку лекционного материала по конспектам, учебной и технической литературе; подготовку к лабораторным и практическим занятиям с предварительным прорабатыванием рекомендованной литературы.

Литература, имеющаяся в библиотеке, позволяет качественно подготовиться к занятиям. При работе в библиотеке важно комплексно подходить к рассмотрению вопросов, изучая все материалы, рекомендованные преподавателем.

Лабораторные работы и практические занятия проводятся в малой группе.

Основная литература

[1÷4], согласно раздела 7

Дополнительная литература

[5÷6], согласно раздела 7

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ

Лабораторная работа №1

Исследование электрических нагрузок промышленных предприятий

Цель работы: ознакомиться с формами электрических графиков нагрузок предприятий; взаимосвязь электрических графиков с электрическими нагрузками предприятий; определить электрические нагрузки предприятий.

Задание: собрать электрическую схему стенда; рассчитать электрические нагрузки P_p , Q_p , S_p предприятий.

Форма отчетности:

1. Расчет P , Q . Суточного графика нагрузки P , Q с нанесением P_c , Q_c , $P_{ск}$, $Q_{ск}$, P_m , Q_m , P_n , Q_n .

2. Расчет коэффициентов, характеризующих график потребления P , Q за сутки и за год. Отделение T_m и $T_{мр}$.

3. Отделение P_p и Q_p статистическим методом.

4. Выбор мощности и места установки компенсирующих устройств.

5. Выбор мощности трансформаторов и сечения жил кабелей.

6. Выводы о рентабельности предприятия.

Задания для самостоятельной работы: проработать лекционный материал согласно теме данной работы.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Способы получения графиков нагрузок предприятий.
2. Методы определения электрических нагрузок.

Лабораторная работа №2

Исследование коэффициента мощности асинхронного двигателя

Цель работы: исследование зависимости коэффициента мощности АД от его нагрузки.

Задание: определить потребление реактивной мощности АД в зависимости от режимов работы.

Форма отчетности: отчет должен содержать схему установки, таблицу откатных и рабочих данных, график зависимости $\cos \varphi$ от загрузки двигателя, выводами.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе

Прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить шестой раздел лекционного материала и литературу.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. от чего зависит $\cos \varphi$ АД?
2. Какие способы определения емкости конденсаторов используются при эксплуатации АД?

Лабораторная работа №3

Компенсация реактивной мощности в сетях промышленных предприятий

Цель работы: закрепление знаний по данному разделу.

Задание: определить влияние компенсирующих устройств на параметры АД (ток I_D , напряжение U , мощность P).

Форма отчетности: в отчет входят схема установки, таблица с измерениями и расчетными данными, графики зависимостей $I, \Delta U, S, \Delta Q, \Delta P$ для режимов компенсации и режимов компенсации, выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе: прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить шестой раздел лекционного материала и рекомендуемую литературу.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Способы компенсации реактивной мощности АД.
2. Типы компенсирующих устройств.

Лабораторная работа №4

Влияние несимметрии напряжения на работу синхронного двигателя

Цель работы: практическое влияние несимметрии напряжения на работу асинхронного двигателя.

Задание: определить влияние несимметрии напряжения на работу асинхронного двигателя.

Форма отчетности: в отчет входят схема испытаний, таблица с экспериментальными и рабочими данными, графики зависимостей I, Q, P_n от K_U , выводы.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе: прежде, чем приступать к выполнению данной работы, необходимо изучить девятый раздел лекционного материала и рекомендуемую литературу.

Контрольные вопросы для самопроверки

1. Показатели качества электроэнергии.
2. Определение коэффициента несимметрии напряжения.
3. Влияние несимметрии напряжения на работу асинхронного двигателя.

Практическое занятие №1.

Определение нагрузки питающей линии

Цель работы: ознакомиться с методом расчета электрических нагрузок в цеховых электрических сетях напряжением до 1000 В.

Задание: по выбранному методу расчета электрических нагрузок произвести определение P_p , Q_p , S_p . Дать анализ полученных результатов.

Порядок выполнения: на занятиях проводится решение поставленной задачи в рабочей тетради.

Задания для самостоятельной работы: проработать лекционный материал, изучить расчеты электрических нагрузок.

Практическое занятие №2.

Выбор защитных аппаратов для электрической сети напряжением 0,4кВ

Цель работы: ознакомиться с видами защит цеховых электрических сетей напряжением до 1000 В.

Задание: для предлагаемой электрической схемы определить виды защит и выбрать защитный аппарат (автоматический выключатель).

Порядок выполнения: на листах приводится фрагмент электрической схемы и расчет видов защит и защитный аппарат.

Задания для самостоятельной работы: проработать лекционный материал, изучить существующие виды защит цеховых электрических сетей ознакомиться с видами защитных аппаратов напряжением до 1000 В. Разобраться в особенностях электрической схемы цеха.

Практическое занятие №3.

Определение нагрузки цеховых ТП по показаниям счётчиков

Цель работы: по показаниям счетчиков, снятых в наиболее загруженную смену, определить нагрузку цеховых ТП (P_p , Q_p , S_p , $\cos \varphi$).

Задание: ознакомиться с методом контроля электрической энергии в электрических сетях, методами расчета электрических нагрузок.

Порядок выполнения: по показаниям счетчиков электрической энергии определить коэффициент для расчета нагрузок определить расчетные нагрузки цеховой ТП.

Форма отчета: на листах приводятся таблицы с показаниями счетчиков электрической нагрузки, определяются расчетные коэффициенты и расчетные нагрузки.

Задания для самостоятельной работы: проработать лекционный материал, изучить виды контроля электрической энергии и методы определения электрических нагрузок

Практическое занятие №4.

Выбор и проверка сечения кабельной линии

Цель работы: ознакомиться с приводимой электрической схемой, ее параметрами, выбрать сечение кабельных линий и их марку.

Задание: по приведенным нагрузочным токам произвести расчет сечений КЛ.

Форма отчета: на листах приводится электрическая схема фрагмента цеховой сети, приводится расчет сечений КЛ.

Задания для самостоятельной работы: проработать лекционный материал, ознакомиться с методами выбора сечений кабельных линий.

Практическое занятие №5.

Определение расчетной мощности завода, уровня питающего напряжения и мощности компенсирующих устройств

Цель работы: ознакомиться с основными методами определения мощностей предприятий, выбором напряжений, мощностью комплектующих устройств.

Задание: по установленной мощности цехов завода выбрать метод определения расчетной нагрузки, определить нагрузку завода.

Форма отчета: на листах приводится упрощенная электрическая схема завода, таблицы установленных мощностей, расчет мощностей завода P_p , Q_p , S_p .

Задания для самостоятельной работы: изучить фрагмент электрической схемы завода, существующие методы расчета электрических нагрузок.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия (Лк, ЛР, ПЗ, КП, СР)</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР, ПЗ</i>
1	2	3	4
ЛР	Лаборатория электроснабжения	лабораторные установки на базе физических моделей, оснащённых реальным оборудованием.	№ 1-4
ПЗ	Лаборатория электроснабжения	-	№ 1-6
КП (для 2014 года набора)	Читальный зал №3	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-
СР	Читальный зал №3	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС	
ПК-6	способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности	1. Структура и параметры систем электроснабжения	1.1. Классификация электрических сетей 1.2. Питающие сети 1.3. Внутривзаводские сети 1.4. Цеховые сети	Вопросы к зачету 1 ÷ 12	
		2. Основные задачи оптимизации СЭС	2.1. Принципы построения СЭС 2.2. Вопросы электроснабжения 2.3. Задачи оптимизации, определение оптимальных параметров электрических сетей		Экзаменационные вопросы 1 ÷ 25
		3. Методы определения расчетных нагрузок	3.1. Места определения расчетных нагрузок 3.2. Основные и дополнительные методы определения расчетных нагрузок		
		4. Силовые трансформаторы СЭС предприятий	4.1. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции		
			4.2. Определение мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсирующих устройств		
			4.3. Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций		
		5. Электрические сети предприятий	5.1. Выбор сечения ВЛ питающих промпредприятий		
			5.2. Выбор сечения КЛ на напряжение выше 1 кВ		
			5.3. Применение токопроводов в электрических сетях промышленных предприятий		
		6. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	6.1. Общие положения		
			6.2. Передача реактивной мощности по электрическим сетям		
			6.3. Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии		
			6.4. Выбор компенсирующих устройств выше 1000 В до 1000 В		
			6.5. Балансовый расчет компенсирующих устройств предприятий		
		7. Электробалансы промпредприятий	7.1. Основные положения по составлению электробаланса промпредприятий		
			7.2. Задачи составления электробаланса		
		8. Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	8.1. Методика определения потерь электроэнергии промышленной частоты		
			8.2. Потери в электрической сети.		
			8.3. Определение эквивалентных сопротивлений		
			8.4. Потери в трансформаторах, в электродвигателях		
		9. Качество электрической энергии на предприятиях	9.1. Показатели качества электроэнергии		
			9.2. Влияние несинусоидальных режимов и несимметрии напряжения на работу электрооборудования		
		10. Выбор напряжения электрических	-		

		сетей предприятий	
ПК-7	готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике	1. Структура и параметры систем электроснабжения	1.1. Классификация электрических сетей
			1.2. Питающие сети
			1.3. Внутривзаводские сети
			1.4. Цеховые сети
		2. Основные задачи оптимизации СЭС	2.1. Принципы построения СЭС
			2.2. Вопросы электроснабжения
			2.3. Задачи оптимизации, определение оптимальных параметров электрических сетей
		3. Методы определения расчетных нагрузок	3.1. Места определения расчетных нагрузок
			3.2. Основные и дополнительные методы определения расчетных нагрузок
		4. Силовые трансформаторы СЭС предприятий	4.1. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции
			4.2. Определение мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсирующих устройств
			4.3. Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций
		5. Электрические сети предприятий	5.1. Выбор сечения ВЛ питающих промпредприятий
			5.2. Выбор сечения КЛ на напряжение выше 1 кВ
			5.3. Применение токопроводов в электрических сетях промышленных предприятий
		6. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий	6.1. Общие положения
			6.2. Передача реактивной мощности по электрическим сетям
			6.3. Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии
			6.4. Выбор компенсирующих устройств выше 1000 В до 1000 В
			6.5. Балансовый расчет компенсирующих устройств предприятий
7. Электробалансы промпредприятий	7.1. Основные положения по составлению электробаланса промпредприятий		
	7.2. Задачи составления электробаланса		
8. Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий	8.1. Методика определения потерь электроэнергии промышленной частоты		
	8.2. Потери в электрической сети.		
	8.3. Определение эквивалентных сопротивлений		
	8.4. Потери в трансформаторах, в электродвигателях		
9. Качество электрической энергии на предприятиях	9.1. Показатели качества электроэнергии		
	9.2. Влияние несинусоидальных режимов и несимметрии напряжения на работу электрооборудования		
10. Выбор напряжения электрических сетей предприятий	-		

2. Экзаменационные вопросы / вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-6	<p>способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</p> <p>готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.</p>	<p>1. Классификация электрических сетей</p> <p>2. Питающие сети</p> <p>3. Внутривозовские сети</p> <p>4. Цеховые сети</p> <p>5. Принципы построения СЭС</p> <p>6. Вопросы электроснабжения</p> <p>7. Задачи оптимизации, определение оптимальных параметров электрических сетей</p> <p>8. Места определения расчетных нагрузок</p> <p>9. Основные и дополнительные методы определения расчетных нагрузок</p> <p>10. Выбор числа и мощности силовых трансформаторов главной понизительной подстанции</p> <p>11. Определение мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсирующих устройств</p> <p>12. Конструктивное выполнение трансформаторных подстанций</p>	<p>1. Структура и параметры систем электроснабжения</p>
2.				<p>2. Основные задачи оптимизации СЭС</p> <p>3. Методы определения расчетных нагрузок</p> <p>4. Силовые трансформаторы СЭС предприятий</p>

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ПК-6	<p>способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности</p> <p>готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.</p>	<p>1. Выбор сечения ВЛ питающих промпредприятий</p> <p>2. Выбор сечения КЛ на напряжение выше 1 кВ</p> <p>3. Применение токопроводов в электрических сетях промышленных предприятий</p> <p>4. Общие положения</p> <p>5. Передача реактивной мощности по электрическим сетям</p> <p>6. Способы уменьшения потребления реактивной мощности приемниками электроэнергии</p> <p>7. Выбор компенсирующих устройств выше 1000 В до 1000 В</p> <p>8. Балансовый расчет компенсирующих устройств предприятий</p> <p>9. Основные положения по составлению электробаланса промпредприятий</p> <p>10. Задачи составления электробаланса</p> <p>11. Методика определения потерь электроэнергии промышленной частоты</p> <p>12. Потери в электрической сети.</p> <p>13. Определение эквивалентных сопротивлений</p> <p>14. Потери в трансформаторах, в электродвигателях</p> <p>15. Показатели качества электроэнергии</p> <p>16. Влияние несинусоидальных режимов и несимметрии напряжения на работу электрооборудования</p>	<p>6. Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий</p>
2.				<p>ПК-7</p> <p>5. Электрические сети предприятий</p> <p>7. Электробалансы промпредприятий</p> <p>8. Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий</p> <p>9. Качество электрической энергии на предприятиях</p> <p>10. Выбор напряжения электрических сетей предприятий</p>

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
знать: (ПК-6) - методы расчёта режимов работы систем электроснабжения (ПК-7) - методы обеспечения режимов работы систем электроснабжения уметь: (ПК-6) - рассчитывать режимы работы систем электроснабжения (ПК-7) - обеспечивать режимы работы систем электроснабжения владеть: (ПК-6) - навыками расчёта режимов работы систем электроснабжения (ПК-7) - навыками обеспечения режимов работы систем электроснабжения	отлично	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал и демонстрирует: - всестороннее знание программного материала; - умение правильного применения основных положений программного материала; - владеет всеми навыками, полученными в ходе изучения программного материала.
	хорошо	Обучающийся демонстрирует: - недостаточно полное знание программного материала; - применение с несущественными ошибками основных положений программного материала.
	удовлетворительно	Обучающийся демонстрирует частичное знание программного материала и допускает ошибки в ответе.
	неудовлетворительно	Обучающийся допустил существенные ошибки при ответе на вопросы, на дополнительные вопросы давал неправильные ответы; все вышеуказанные разделы не усвоены.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий направлена на ознакомление с проектированием электрических сетей предприятий, на получение теоретических знаний и практических навыков по эксплуатации электроустановок предприятий для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- зачет;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 студенты должны уяснить виды электрических сетей предприятий, их место в системе электроснабжения.

В ходе освоения раздела 2 студенты должны ознакомиться с методами оптимизации электрических сетей, их применении при проектировании системы электроснабжения.

В ходе освоения раздела 3 студенты должны ознакомиться с методами расчета электрических нагрузок, их применением в различных узлах систем электроснабжения.

В ходе освоения раздела 4 студенты должны ознакомиться с типами силовых

трансформаторов, выбором их количества и мощности.

В ходе освоения раздела 5 студенты должны ознакомиться с различными электрическими схемами предприятий и их применением в системах электроснабжения.

В ходе освоения раздела 6 студенты должны ознакомиться с типами компенсирующих устройств, их выбором и методами установки.

В ходе освоения раздела 7 студенты должны уяснить задачи составления электробаланса предприятий, их реализацию.

В ходе освоения раздела 8 студенты должны уяснить методы определения потерь электрической энергии и их расчет в элементах электрических сетей предприятий.

В ходе освоения раздела 9 студенты должны уяснить показатели качества электроэнергии и их влияние на работу электрических сетей предприятий.

В ходе освоения раздела 10 студенты должны уяснить уровни напряжений электрических сетей и их расчет для систем электроснабжения.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения изученных методов для схемных решений по выборке электрических сетей использования силовых аппаратов, их выбор в схемах, условия эксплуатации, безопасность обслуживания оборудования систем электроснабжения, применения и реализации тех или иных проектов в конкретных ситуациях.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций, лабораторных и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины

Оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий (для 2015, 2016, 2017, 2018 годов набора)

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: подготовить обучающихся к работе по проектированию и эксплуатации электрооборудования электрических сетей промышленных предприятий; к выполнению проектов электрических сетей промышленных предприятий до 1000В и выше 1000В; к проведению исследований направленных на повышение экономичности и надежности работы электрических сетей предприятий.

Задачей изучения дисциплины является: усвоение обучающимися основных принципов проектирования электрических сетей в зависимости от характеристики предприятий и их местонахождения.

2. Структура дисциплины

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

1.2 Основные разделы дисциплины:

- 1- Структура и параметры систем электроснабжения
- 2- Основные задачи оптимизации СЭС
- 3- Методы определения расчетных нагрузок
- 4- Силовые трансформаторы СЭС предприятий
- 5- Электрические сети предприятий
- 6- Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий
- 7- Электробалансы промпредприятий
- 8- Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий
- 9- Качество электрической энергии на предприятиях
- 10- Выбор напряжения электрических сетей предприятий

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6- способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности;

ПК-7 - готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, зачет

АННОТАЦИЯ

рабочей программы дисциплины

Оптимизация режимов работы электрических сетей промышленных предприятий (для 2014 года набора, заочной формы обучения)

3. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: подготовить обучающихся к работе по проектированию и эксплуатации электрооборудования электрических сетей промышленных предприятий; к выполнению проектов электрических сетей промышленных предприятий до 1000В и выше 1000В; к проведению исследований направленных на повышение экономичности и надежности работы электрических сетей предприятий.

Задачей изучения дисциплины является: усвоение обучающимися основных принципов проектирования электрических сетей в зависимости от характеристики предприятий и их местонахождения.

4. Структура дисциплины

2.1 Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

1.3 Основные разделы дисциплины:

- 1- Структура и параметры систем электроснабжения
- 2- Основные задачи оптимизации СЭС
- 3- Методы определения расчетных нагрузок
- 4- Силовые трансформаторы СЭС предприятий
- 5- Электрические сети предприятий
- 6- Компенсация реактивной мощности в электрических сетях предприятий
- 7- Электробалансы промпредприятий
- 8- Определение потерь электроэнергии в электрических сетях предприятий
- 9- Качество электрической энергии на предприятиях
- 10- Выбор напряжения электрических сетей предприятий

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-6- способность рассчитывать режимы работы объектов профессиональной деятельности;

ПК-7 - готовность обеспечивать требуемые режимы и заданные параметры технологического процесса по заданной методике.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КП

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (уровень бакалавриата) от «3» сентября 2015 г. №955

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «3» июля 2018г. №413

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701, заочной формы обучения от «12» ноября 2015г. №701

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» июня 2016г. №429, заочной формы обучения от «6» июня 2016г. №429 для заочной (ускоренное обучение) формы обучения от «6» июня 2016г. №429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 , заочной формы обучения от «6» марта 2017г. №125 для заочной (ускоренное обучение) формы обучения от «4» апреля 2017г. №203

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018г. №130, заочной формы обучения от «12» марта 2018г. №130

Программу составил:

Струмеляк А.В., доцент каф. ЭиЭ, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ЭиЭ

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Заведующий кафедрой ЭиЭ _____

Ю.Н. Булатов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой _____

Ю.Н. Булатов

Директор библиотеки _____

Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ФЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Председатель методической комиссии факультета _____

А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник

учебно-методического управления _____

Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____