

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Д. К. Кугучева

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

Калининград
Издательство ФГБОУ ВО «КГТУ»
2022

УДК 621.311

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры энергетики
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет»
М. С. Харитонов

Кугучева, Д. К.

Электроснабжение: учебно-методическое пособие – локальный электронный методический материал по выполнению курсового проекта для студентов бакалавриата по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника / **Д. К. Кугучева.** – Калининград: ФГБОУ ВО «КГТУ», 2022. – 23 с.

В учебно-методическом пособии по выполнению курсового проекта представлены указания по порядку разработки курсового проекта, методики выполнения заданий, требования к структуре, объему, содержанию и оформлению курсового проекта, описание организации защиты курсового проекта и критерии оценивания. Курсовое проектирование предназначено для практического закрепления теоретического материала в области электроснабжения.

Табл. – 6, рис. – 1, список литературы – 6 наименований

Локальный электронный методический материал. Учебно-методическое пособие. Рекомендовано к использованию в учебном процессе методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства 25.11.2022 г., протокол № 03

УДК 621.311

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Калининградский государственный
технический университет», 2022 г.
© Кугучева Д.К., 2022 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	5
2. ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ.....	8
3. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	12
4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	13
5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	14
6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА.....	16
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	21
Приложение 1.....	22

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания составлены на основании рабочей программы дисциплины «Электроснабжение».

Целью выполнения данной курсовой работы является формирование у студентов системы компетенций для решения профессиональных задач по проектированию систем электроснабжения.

Задачами курсового проектирования является изучение навыков расчета электрических нагрузок потребителей промышленного предприятия, выбора трансформаторной подстанции, расчета и проектирования электрических сетей, электрической части трансформаторной подстанции с выбором необходимой электрической аппаратуры.

После выполнения и защиты курсового проекта студент должен:

знать:

- технологии проектирования системы электроснабжения;
- особенности проектирования системы электроснабжения;

уметь:

- обосновывать проектные решения, применяя инженерные методы и нормативные документы;

владеть:

- навыками обоснования проектных решений, применяя инженерные методы и нормативную документацию

1. СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект должен состоять из пояснительной записки и чертежей.

Пояснительная записка оформляется на листах бумаги формата А4 с одной стороны. Объем пояснительной записки должен составлять не более 50 страниц текста.

Пояснительная записка к курсовому проекту должна включать следующие структурные элементы:

Титульный лист;

Задание на курсовой проект;

Содержание;

Введение;

Определение электрических расчетных нагрузок по каждому цеху в отдельности и предприятию в целом;

Выбор напряжения питающей и распределительной сетей;

Выбор числа и мощности трансформаторов ГПП и цеховых подстанций;

Выбор схемы электроснабжения завода;

Выбор схемы электрических соединений ГПП или ЦРП;

Выбор марки и сечения проводников питающей и распределительной сетей;

Расчет токов короткого замыкания и выбор электрического оборудования системы электроснабжения;

Заключение;

Список использованных источников;

Приложения.

В курсовом проекте должны присутствовать следующие графические материалы:

1. Генеральный план завода с нанесением картограммы нагрузок, центра электрических нагрузок, внутривозводской сети, подстанций и РП.
2. Однолинейная схема электроснабжения (прошедший вариант).
3. Однолинейная схема электроснабжения (2 непрошедших варианта).

Титульный лист

Форма титульного листа и образец его заполнения приведены в Приложении 1.

Техническое задание

Курсовой проект должен выполняться на основе индивидуального задания, которое приводится в данной части.

Содержание

Содержание должно отражать все разделы, включённые в пояснительную записку с указанием страниц записки, на которых они начинаются.

Введение

В разделе «Введение» кратко формулируются цель и задачи курсового проекта, указываются особенности, техническое и практическое значение, основные направления предлагаемых решений. Во введении следует раскрыть актуальность вопросов темы, охарактеризовать проблему, к которой относится тема, перечислить методы и средства, с помощью которых будут решаться поставленные задачи.

Основная часть

Необходимые пункты основной части приведены выше.

Заключение

В заключении сообщаются основные результаты выполненной работы, рекомендации по использованию результатов работы.

Список использованных источников

В список использованных источников включаются непосредственно использованные источники, на которые имеется ссылки в текстовом документе. Источники в списке нумеруют в порядке их упоминания в тексте.

Приложения

В приложения следует включать материалы вспомогательного характера. В приложения могут быть помещены:

- таблицы и рисунки большого формата;
- графический материал;
- дополнительные расчеты.

Изложение в тексте материала должно идти от первого лица множественного числа (“определяем”, “принимаем”) или может быть использована неопределённая форма (“определяется”, “выбирается”). Сокращение слов в тексте и надписях над иллюстрациями не допускается.

При выполнении расчетов формулы должны быть вынесены из общетекстового материала в отдельную строку. Расшифровка буквенных обозначений и числовых коэффициентов дается непосредственно за формулой. Первая строка расшифровки должна начинаться со слова “где”, без двоеточия после него.

В расчетно-пояснительной записке следует соблюдать единую терминологию.

Результаты однотипных расчетов сводятся в таблицы.

Иллюстрации к соответствующим частям текста могут быть расположены по тексту записки, в конце ее или в приложении. Все иллюстрации нумеруются

арабскими цифрами, например, “Рис. 1”. В тексте ссылки на иллюстрации дают по типу (рис. 1).

При выборе и обосновании технических решений и выполнении расчетов текст записки следует сопровождать необходимыми графическим материалом (например, схемы электрических соединений подстанций, схемы замещения и т. д.).

Принятые технические решения по основным вопросам проектирования должны быть кратко и четко сформулированы и выделены в тексте в абзацы.

Каждая глава или раздел пояснительной записки должны заканчиваться общим выводом. В выводе, на основании выполненных расчетов и принятых решений, даются рекомендации по вопросу конкретного проектирования, рассмотренному в данной главе или разделе.

Используемые в тексте буквенные обозначения общетехнических и электрических величин должны быть приняты согласно стандартам.

После численного значения размерных величин следует обязательно указывать единицы измерений.

Графическая часть проекта выполняется в карандаше с соблюдением действующих ГОСТов на техническое черчение и условных графических обозначений в электрических схемах, образцов штампов, форм спецификации. Графическая часть проекта должна быть выполнена на чертежной бумаге. Объем графической части составляет 2 листа формата А1. Допускается выполнение чертежей на компьютерной технике.

Содержание графического материала, который необходимо представить в курсовом проекте, приведен в самом начале методических указаний, а конкретно определяется руководителем.

Графическая часть разрабатывается студентом в процессе работы над проектом черновых набросков, а затем оформляется на чертежной бумаге. Материалы, приводимые в графической части проекта, должны соответствовать изложенному в расчетно-пояснительной записке.

2. ЗАДАНИЕ ПО КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Каждый студент выполняет курсовой проект по своему индивидуальному заданию, обозначенному двумя последними цифрами его учебного шифра в зачетной книжке (первая цифра - номер задания, вторая цифра - номер варианта).

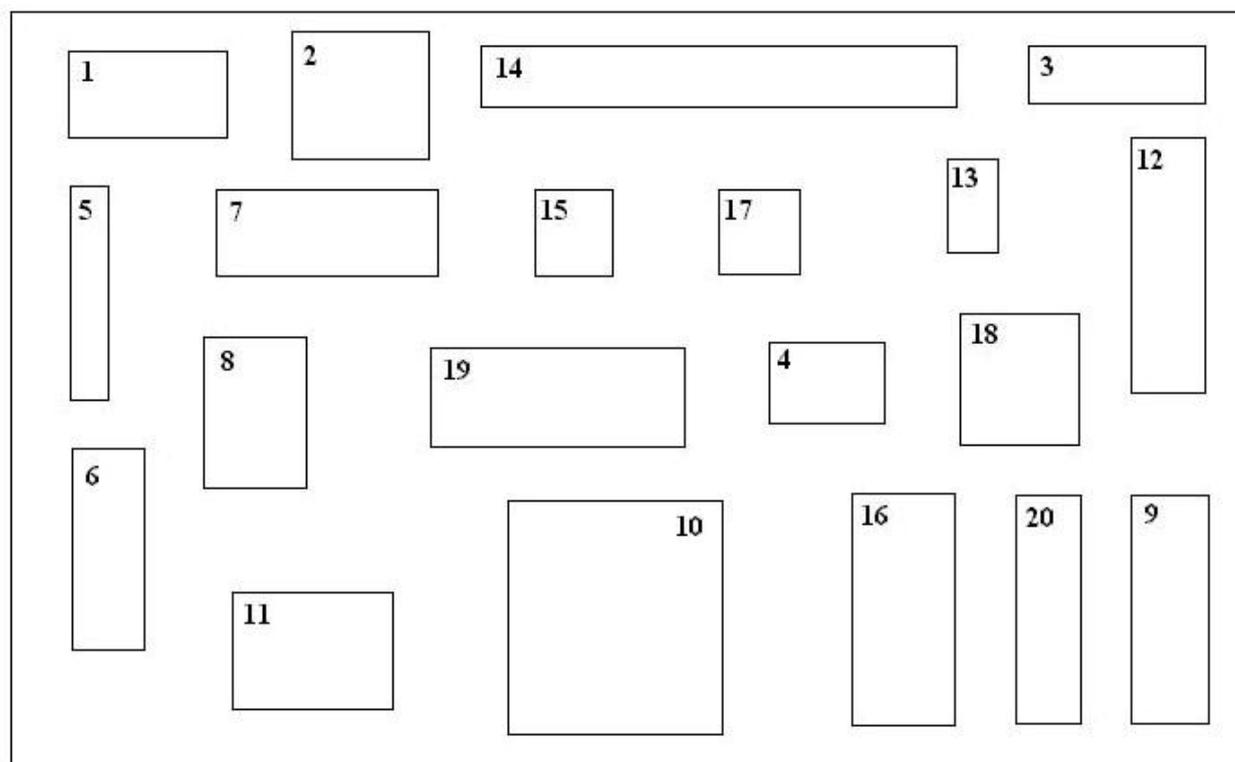


Рисунок 2.1. Генеральный план предприятия

Задание 1. Спроектировать схему электроснабжения завода (рисунок 2.1). Масштаб 1:500. Исходные данные приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Исходные данные к заданию 1

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность цеха, кВт по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заводуправление, СКБ и лаборатории	300	500	600	280	150	300	400	250	280	410
Столовая	260	400	200	220	240	260	280	280	320	190
Известегасительный цех	200	150	190	320	245	262	313	297	410	215
Материальный склад №1	30	65	123	130	132	241	56	42	42	152
Склад заполнителей	310	120	330	350	370	398	354	256	248	300
Завод изделий из ячеистых бетонов	960	700	900	800	957	687	754	235	600	600
Склад металла и готовой продукции	120	200	240	360	400	150	170	190	813	651
Компрессорная	460	320	250	270	290	313	300	290	281	320
Компрессорная (6 кВ)	400	600	700	450	350	500	600	520	900	880

Склад цемента с разгрузочным устройством	320	260	520	420	320	330	410	265	340	340
Бетонорастворный цех	180	300	360	420	370	350	400	250	200	170
Ремонтно-механический цех	200	420	400	300	350	420	290	250	310	500
Склад готовой продукции завода железобетонных изделий	80	250	90	100	110	115	120	130	140	150
Завод железобетонных изделий	360	200	300	400	500	600	700	800	900	450
Склад	30	70	60	90	120	150	180	165	151	140
Арматурная мастерская со складом	210	230	250	270	305	296	240	213	214	215
Насосная станция перекачки сточных вод	90	200	180	220	190	185	230	300	350	400
Насосная станция водопровода	200	500	300	320	120	400	256	256	890	924
Материальный склад №2	25	50	50	10	56	89	121	110	300	258
Котельная	500	400	600	550	490	720	700	730	450	632
Скреперный склад угля	100	300	200	300	250	400	452	453	520	190

Задание 2. Спроектировать схему электроснабжения завода (рисунок 2.1).

Масштаб 1: 400. Исходные данные приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Исходные данные к заданию 2

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность цеха, кВт по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заводоуправление, СКБ и лаборатории	410	280	250	400	300	150	400	250	280	300
Столовая	190	320	280	280	260	240	280	280	320	260
Столярный цех	215	410	297	313	262	245	313	297	410	200
Материальный склад	152	42	42	56	241	132	56	42	42	30
Лаборатория	300	248	256	354	398	370	354	256	248	310
Творожный, сырный цехи	600	600	235	754	687	957	754	235	600	960
Прачечная	651	813	190	170	150	400	170	190	813	120
Компрессорная	320	281	290	300	313	290	300	290	281	460
Компрессорная (6 кВ)	880	900	520	600	500	350	600	520	900	400
Мастерские	340	340	265	410	330	320	410	265	340	320
Резервная котельная	170	200	250	400	350	370	400	250	200	180
Ремонтно-механический цех	500	310	250	290	420	350	290	250	310	200
Склад готовой продукции	150	140	130	120	115	110	120	130	140	80
Производственный цех	450	900	800	700	600	500	700	800	900	360
Склад	140	151	165	180	150	120	180	165	151	30
Гараж	215	214	213	240	296	305	240	213	214	210
Насосная станция перекачки сточных вод	400	350	300	230	185	190	230	300	350	90
Насосная станция водопровода	924	890	256	256	400	120	256	256	890	200
Административное здание	258	300	110	121	89	56	121	110	300	25
Котельная	632	450	730	700	720	490	700	730	450	500
Сварочный цех	190	520	453	452	400	250	452	453	520	100

Задание 3. Спроектировать схему электроснабжения завода (рис. 1).
Масштаб 1: 200. Исходные данные приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Исходные данные к заданию 3

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность цеха, кВт по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Литейный	900	800	700	950	850	790	880	690	800	720
Ремонто-механический	100	200	300	400	500	600	650	550	450	350
Кузнечный	400	800	400	800	400	500	600	700	500	400
Главный корпус	120	240	320	150	170	250	141	212	321	321
Корпусно-котельный	320	420	520	320	420	352	520	260	270	352
Компрессорная	600	700	500	500	600	700	720	620	520	420
Такелажно-парусный	330	22	110	333	321	271	123	252	252	452
Сухой док	720	810	720	810	158	692	695	569	457	754
Заводоуправление, лаборатории, СКБ	80	90	110	68	59	56	65	78	120	39
Механический док	300	420	450	214	234	324	125	562	465	115
Кислородная станция	550	450	540	451	254	330	360	790	250	423
Плавающий док	620	720	260	270	325	523	423	265	591	610
Столовая	20	30	40	50	35	25	35	42	45	69
Склад жидкого топлива	120	240	120	240	313	200	200	125	240	300
Лесосушилка	90	110	151	143	300	200	150	256	90	80
Склад кислот	65	70	56	80	90	91	64	46	35	52
Склад москателей	100	200	115	116	120	173	300	289	98	105
Административное здание	60	70	60	78	98	78	92	51	63	36
Котельная	45	45	62	110	108	80	86	67	93	123
Сварочный цех	456	654	420	313	250	781	900	824	200	361

Задание 4. Спроектировать схему электроснабжения завода (рис. 1).
Масштаб 1: 1000. Исходные данные приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Исходные данные к заданию 4

Наименование цеха (завода)	Установленная мощность цеха, кВт по вариантам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Заводоуправление	720	800	690	880	790	850	880	690	800	900
СКБК	350	450	550	650	600	500	650	550	450	100
Сборочный цех №7	400	500	700	600	500	400	600	700	500	400
Механический цех №13	321	321	212	141	250	170	141	212	321	120
Механический цех №1	352	270	260	520	352	420	520	260	270	320

Электроцех №27	420	520	620	720	700	600	720	620	520	600
Механический цех №12	452	252	252	123	271	321	123	252	252	330
Проходная	754	457	569	695	692	158	695	569	457	720
Столовая	39	120	78	65	56	59	65	78	120	80
Гальванический участок цеха №13	115	465	562	125	324	234	125	562	465	300
РМЦ №20	423	250	790	360	330	254	360	790	250	550
Вентиляционный участок цеха №25	610	591	265	423	523	325	423	265	591	620
Кузнечный цех	69	45	42	35	25	35	35	42	45	20
Компрессорн. цех №25	300	240	125	200	200	313	200	125	240	120
Сборочный цех №8	80	90	256	150	200	300	150	256	90	90
Сборочный цех №10	52	35	46	64	91	90	64	46	35	65
Механический цех № 4	105	98	289	300	173	120	300	289	98	100
Механический цех №18	36	63	51	92	78	98	92	51	63	60
Гараж	123	93	67	86	80	108	86	67	93	45
Склад	361	200	824	900	781	250	900	824	200	456

3. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект по указанию преподавателя допускается выполнять и оформлять в редакторе MS Word.

Общие требования

Пояснительная записка должна содержать обязательные структурные элементы (раздел 1). Текстовая часть пояснительной записки оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ 2.105-95. На все рисунки и таблицы должны быть ссылки в тексте, например, «(рисунок 1)», «приведены в таблице 2». Подписи таблиц и рисунков по форме «Таблица 1 – Название» (над таблицей, выравнивание по левому краю без отступа), «Рисунок 1 – Название» (под рисунком, выравнивание посередине). Ссылки на литературу оформляются в [скобках]. Нумерация источников – сквозная по первому упоминанию. Электрические схемы рекомендуется выполнять в редакторе MS Visio.

Требования при оформлении в MS Word

При оформлении в редакторе MS Word необходимо придерживаться следующих основных требований:

Поля документа: левое – 30 мм, правое – 10 мм, верхнее и нижнее – 15 мм

Шрифт Times New Roman, размер 12 - 14

Выравнивание шрифта по ширине

Расстановка переносов – автоматическая

Межстрочный интервал – 1,15 - 1,25

Отступ первой строки абзаца – 12,5 мм

Выравнивание рисунков – по центру без отступа

Выравнивание таблиц – по ширине окна, без отступа

Подписи рисунков и таблиц – по ГОСТ

Нумерация страниц – по центру внизу страницы

Расчетная часть должна иметь четкую структуру. Таблицы и рисунки должны иметь названия с конкретным указанием отображаемых величин

4. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Защита курсового проекта проводится после предоставления завершённой работы и устранения всех замечаний по расчетной части. Защита проводится устно в формате собеседования по материалам работы и в форме ответа на контрольные вопросы. Общее количество вопросов зависит от качества ответов студента и уровня владения материалом представленной работы.

1. Общие требования к системам электроснабжения.
2. Классификация и характеристика электроустановок (силовые общепромышленные установки; преобразовательные установки; электротермические установки; электросварочные установки; осветительные установки и т.д.).
3. Классификация приемников электрической энергии (по электротехническим показателям; по режиму работы; по надежности электроснабжения; по исполнению защит от воздействия окружающей среды и т.д.).
4. Характеристика приемников электрической энергии (номинальное напряжение; установленная мощность; номинальная активная мощность; номинальная реактивная мощность; номинальная полная мощность; номинальный ток; номинальный коэффициент мощности и т.д.)
5. Надежность электроснабжения. Категории потребителей по надежности электроснабжения.
6. Требования к надежности электроснабжения потребителей первой, второй и третьей категорий.
7. Схемы электроснабжения потребителей различных категорий. Норма надежности электроснабжения потребителей первой, второй и третьей категорий.
8. Уровни, ступени системы электроснабжения и их характеристика.
9. Графики электрических нагрузок, назначение, классификация. Графики нагрузок индивидуальных приемников. Групповые графики электрических нагрузок. Годовые графики нагрузок.
10. Коэффициенты, характеризующие графики нагрузок (коэффициенты использования, включение, загрузки и формы, коэффициенты максимума, спроса, заполнения и разновременности).
11. Основные методы расчета электрических нагрузок: по номинальной мощности и коэффициенту использования; по номинальной мощности и коэффициенту спроса; по средней мощности и коэффициенту формы графика нагрузки.

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Критерии оценивания различаются для расчетной части и устных ответов при защите курсового проекта. По результатам выполнения расчетной части и последующей защиты проекта выставляется оценка по пятибалльной системе.

Таблица 5.1 - Критерии оценивания расчетных заданий по пятибалльной системе

Оценка	Критерий
«Отлично»	Методика и порядок расчета верные. Ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки.
«Хорошо»	Методика и порядок расчета верные. Имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчетах, которые не привели к существенному искажению результата.
«Удовлетворительно»	Имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчетах, обусловленные неполным пониманием принципа расчета, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения.
«Неудовлетворительно»	Применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленные непониманием принципа расчета и приведшие к ошибочному результату.

Таблица 5.2 - Критерии оценивания устных ответов

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной системой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Оценка по критериям	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Первым этапом проектирования системы электроснабжения промышленного предприятия (ЭПП) является определение электрических нагрузок. По величине расчетных электрических нагрузок выбирают на различных ступенях системы ЭПП количество и мощность трансформаторов ГПП и цеховых ТП, проверяют электрооборудование системы ЭПП и т. д. От правильной оценки ожидаемых нагрузок зависят капитальные затраты, эксплуатационные расходы на систему ЭПП, надежность работы электрооборудования.

Исходными данными для расчета являются установленные мощности по цехам завода, которые представляются ведомостью нагрузок и коэффициенты спроса (κ_C).

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов определяется из соотношений:

$$P_p = \kappa_C \cdot P_H;$$
$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

где P_H - суммарная установленная мощность всех приемников цеха, принимается по исходным данным; κ_C - средний коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным [2, 3]; $\operatorname{tg} \varphi$ - соответствующий характерному для приемников данного цеха средневзвешенному значению коэффициента мощности.

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха обычно определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса для освещения:

$$P_{PO} = \kappa_{CO} \cdot P_{HO},$$

где κ_{CO} - коэффициент спроса для освещения, принимаемый по справочным данным [2]; P_{HO} - установленная мощность приемников электрического освещения.

Величина P_{HO} может находиться по формуле:

$$P_{HO} = p_{уд} \cdot F,$$

где $p_{уд}$ - удельная нагрузка, Вт/м²; F - площадь цеха.

Полная расчетная мощность силовых и осветительных приемников цеха определяется из соотношения:

$$S_P = \sqrt{(P_P + P_{PO})^2 + Q_P^2}.$$

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетные активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В и полная определяются из выражений:

$$\begin{aligned} P'_P &= \kappa_C \cdot P'_H; \\ Q'_P &= P'_P \cdot \operatorname{tg} \varphi; \\ S'_P &= \sqrt{P'^2_P + Q'^2_P}, \end{aligned}$$

где P'_P , Q'_P , S'_P - активная, реактивная и полная мощности высоковольтной нагрузки.

Суммарная полная мощность силовой и осветительной нагрузки:

$$S_{P\Sigma} = \sqrt{(P_P + P_{PO} + P'_P)^2 + (Q_P + Q'_P)^2}.$$

Так как трансформаторы цеховых и главной понизительной подстанции не выбраны на этом этапе расчета, то приближенно потери мощности в них определяются:

$$\begin{aligned} \Delta P_T &= 0,02 S_{P\Sigma}, \\ \Delta Q_T &= 0,1 S_{P\Sigma}. \end{aligned}$$

Для определения полной расчетной мощности предприятия в целом необходимо учесть все виды нагрузки, в том числе:

- силовую нагрузку напряжением до 1000 В;
- силовую нагрузку напряжением выше 1000 В;
- осветительную нагрузку;
- потери мощности в трансформаторах;
- мощность компенсирующих устройств (с целью сокращения количества и мощности трансформаторов, а также расхода проводникового материала).

Расчетная мощность компенсирующих устройств определяется:

$$Q_{\text{КУ}} = P_{\text{СТ}} (\text{tg} \varphi_{\text{Н}} - \text{tg} \varphi_{\text{З}}),$$

где $P_{\text{СТ}} = P_{\text{Р}\Sigma} \frac{T_{\text{Ма}}}{T_{\Gamma}}$ - среднегодовая мощность предприятия; $P_{\text{Р}\Sigma}$ - суммарная активная мощность силовой и осветительной нагрузки; $T_{\text{Ма}}$ - число часов использования максимума активной мощности, принимаемое по справочным материалам [2]; T_{Γ} - годовое число часов работы предприятия [2]; $\text{tg} \varphi_{\text{Н}} = Q_{\text{Р}\Sigma} / P_{\text{Р}\Sigma}$ - коэффициент реактивной мощности нагрузки предприятия; $\text{tg} \varphi = 0,33$ - заданное значение коэффициента реактивной мощности.

Расчетная мощность предприятия с учетом потерь мощности в трансформаторах, мощности компенсирующих устройств и разновременности максимумов нагрузок:

$$S_{\Pi} = \sqrt{(P_{\text{Р}\Sigma} + \Delta P_{\Gamma})^2 + (Q_{\text{Р}\Sigma} + \Delta Q_{\Gamma} - Q_{\text{КУ}})^2} \cdot \kappa_{\text{РМ}},$$

где $\kappa_{\text{РМ}} = 0,9 \div 0,95$ - коэффициент разновременности максимумов нагрузок (характеризует смещение максимумов нагрузок отдельных групп приемников во времени).

По полной расчетной мощности предприятия необходимо определить тип приемной подстанции ГПП или ЦРП, определить мощность трансформаторов ГПП. Мощность трансформаторов необходимо определять с учетом их перегрузочной способности. Перегрузочная способность зависит от особенностей графика нагрузок, который характеризуется коэффициентом заполнения графика. Общая перегрузка при этом не должна превышать 30-35%.

$$S_{\text{доп}} \leq 1,35 S_{\text{НОМ.Т}},$$

где $S_{\text{НОМ.Т}}$ - номинальная мощность трансформатора.

Выбор мощности трансформаторов производится по расчетной полной мощности завода с учетом коэффициента загрузки трансформатора в нормальном и аварийном режиме, а также с учетом перегрузочной способности. Загрузка трансформатора в нормальном режиме равна:

$$K_{\text{З}} = \frac{S_{\Pi}}{2 S_{\text{НОМ.Т}}},$$

в послеаварийном режиме (при отключении одного трансформатора):

$$K_{3.ав} = \frac{S_{\Pi}}{S_{НОМ.Т}}$$

Для определения местоположения ГПП, ЦРП, ТП при проектировании системы электроснабжения промышленного предприятия на генеральный план наносится картограмма нагрузок. При построении картограммы необходимо знать полные расчетные мощности цехов. Принимается определенный масштаб, и в выбранном масштабе площади окружностей картограммы равны расчетным нагрузкам цехов.

Площадь круга в масштабе равна:

$$P_i = \pi \cdot r_i^2 \cdot m,$$

где радиус окружности:

$$r_i = \sqrt{\frac{P_i}{m}},$$

где P_i - мощность i -го цеха; m - произвольный масштаб для определения площади круга.

Главную понизительную подстанцию и цеховые следует располагать как можно ближе к центру электрических нагрузок, тем самым обеспечивается построение рациональной системы электроснабжения. Центр электрических нагрузок находится отдельно по активной мощности, так как питание реактивных нагрузок производится от других установок (генераторы, компенсирующие устройства).

Координаты центра электрических нагрузок завода определяются по формуле:

$$X_0 = \frac{\sum(P_i \cdot x_i)}{\sum P_i},$$

$$Y_0 = \frac{\sum(P_i \cdot y_i)}{\sum P_i},$$

где P_i - расчетные активные нагрузки цехов;

x_i, y_i - координаты расположения цехов на генеральном плане.

Для определения координат x_1 и y_1 и построения картограммы необходимо на генеральный план нанести оси координат (произвольно).

Для предприятий значительной мощности при большом расстоянии от подстанций электрических систем внешнее электроснабжение завода осуществляется воздушными линиями напряжением 35 - 110(220) кВ, которые заводятся на открытую часть ГПП. Наличие потребителей первой категории требует производить питание завода от двух независимых источников, которыми считаются секции шин двух трансформаторов подстанции системы, имеющих два источника питания.

На открытой части ГПП устанавливаются трансформаторы, подключаемые через выключатели 35-110 кВ на высшей стороне трансформатора. На низшей стороне трансформатора напряжением 6-10 кВ аппаратура выполняется устройствами типа КРУ, от которых производится распределение электроэнергии на отдельные подстанции цехов и распределительные пункты установок (компрессорных, насосных и т. д.)

При расположении завода в пределах городских районных подстанций энергетической системы питание обычно осуществляется кабельными линиями 6-10 кВ, которые питают один – два распределительных пункта завода, от которых подается питание на ТП и РП цехов и электроустановок.

Электроснабжение отдельных цехов осуществляется цеховыми и межцеховыми подстанциями в зависимости от величин и характера электрических нагрузок цехов и их размещения на генплане завода с учетом надежности электроснабжения в соответствии с категориями потребителей электроэнергии.

Выбор марки проводников электрических сетей предприятий зависит от характера среды и способа прокладки кабелей. Сечения проводников кабельных линий до и выше 1 кВ осуществляется по следующим условиям:

- по нагреву длительно допустимым током нагрузки;
- по потере напряжения;
- по механической прочности;
- по короне;
- по экономической плотности тока (для кабелей выше 1 кВ);
- по термической стойкости к токам короткого замыкания.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кудрин, Б. И. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для студ. вузов, обуч. по курсу "Электроснабжение промышлен. предприятий" / Б. И. Кудрин. - Москва: Интермет Инжиниринг, 2005. - 671 с.
2. Управление качеством электроэнергии / И. И. Карташев, В. Н. Тульский, Р. Г. Шамонов; под ред. Ю. В. Шарова. - Москва: МЭИ, 2006. - 319 с.
3. Абрамова, Е.Я. Курсовое проектирование по электроснабжению промышленных предприятий [Электронный ресурс] : учебное пособие / Е.Я. Абрамова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет». - 2-е изд. перераб. и доп. - Оренбург: ОГУ, 2017. - 122 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
4. Шлейников, В.Б. Электроснабжение промышленных предприятий: практикум [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.Б. Шлейников; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра электроснабжения промышленных предприятий. - Оренбург: ОГУ, 2012. Ч. 1. - 99 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
5. Шлейников, В.Б. Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Б. Шлейников ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет», Кафедра электроснабжения промышленных предприятий. - Оренбург: ОГУ, 2012. - 110 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).
6. Сибикин, Ю.Д. Основы проектирования электроснабжения объектов [Электронный ресурс]: учебное пособие / Ю.Д. Сибикин. - Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2015. - 357 с. (ЭБС «Университетская библиотека онлайн»).

Образец титульного листа

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КАЛИНИНГРАДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт морских технологий, энергетики и строительства
Кафедра энергетики

Зачтено с отметкой _____

Дата защиты _____

Преподаватель _____

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

**«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО
ПРЕДПРИЯТИЯ»**

по дисциплине «Электроснабжение»
направления подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Вариант ...

Работу выполнил:
студент гр. ХХ-ЭЭ
Иванов И.И.

Калининград
202Х

Локальный электронный методический материал

Дарья Константиновна Кугучева

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Редактор И. Голубева

Локальное электронное издание

Уч.-изд. л. 1,4. Печ. л. 1,4.

Федеральное государственное
бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»,
236022, Калининград, Советский проспект, 1