

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Красноярский государственный аграрный университет

Л.П. Костюченко

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

*Методические указания
для самостоятельной работы*

Красноярск 2014

Рецензент

*В.А. Кожухов, кандидат технических наук, заведующий кафедрой
ТОЭ Красноярского государственного аграрного университета*

Костюченко, Л.П. Электроснабжение: метод. указания для самостоятельной работы / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2014. – 92 с.

Даны рекомендации по самостоятельной работе студентов при изучении дисциплины «Электроснабжение». Приведены содержание дисциплины, структура самостоятельной работы студента, задания для выполнения расчетной работы, курсового проектирования, справочные материалы по электрооборудованию и проводам, необходимые для самостоятельного решения задач, выполнения расчетно-графической работы и курсового проектирования.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров 110800.62 «Агроинженерия» дневной и заочной форм обучения.

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Костюченко Л.П., 2014
© Красноярский государственный
аграрный университет, 2014

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Электроснабжение» является частью профессионального цикла дисциплин подготовки студентов по направлению 110800.62 «Агроинженерия».

Реализация в дисциплине «Электроснабжение» требований ФГОС ВПО, ООП ВПО и учебного плана должна сформировать следующие компетенции:

- общекультурные (ОК):

ОК-6 – стремление к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства, владению навыками самостоятельной работы;

- профессиональные (ПК):

ПК-22 – способность осуществлять сбор и анализ исходных данных для расчета и проектирования;

ПК-23 – способность к участию в проектировании систем электрификации сельскохозяйственных объектов;

ПК-25 – готовность к участию в проектировании новой техники и технологии.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Электроснабжение», являются «Теоретические основы электротехники» и «Электрические машины».

Дисциплина «Электроснабжение» является основополагающей при изучении следующих курсов: «Специальные вопросы электроснабжения», «Проектирование систем электрификации», а также при прохождении исследовательской практики и выполнении выпускной квалификационной работы.

Особенностью дисциплины является изучение вопросов электроснабжения, позволяющих обеспечить эффективное решение задач повышения надежности и экономичности систем сельской электрификации. Сельские сети обладают рядом особенностей, отличающих их от промышленных и городских сетей, которые создают трудности в поддержании надежности электроснабжения и обеспечении потребителей электроэнергией требуемого качества.

Контроль знаний студентов проводится в форме текущей и промежуточной аттестации.

Цель изучения дисциплины – ознакомление студентов с научными основами построения систем сельского электроснабжения; формирование достаточно полного представления об особенностях

структуры, устройства, построения и функционирования систем сельского электроснабжения.

В результате изучения дисциплины студенты должны

знать:

- современный уровень и направление развития электроэнергетики, основные законы физических процессов в электрической сети (ОК-6);

- закономерности формирования величины расчетной нагрузки на различных уровнях системы электроснабжения и практические методы ее расчета (ПК-22);

- особенности устройства сельских распределительных сетей, их оборудования и расчет (ПК-22, ПК-23);

- типы схем, применяемых в системах электроснабжения, и их конструктивное выполнение (ПК-22; ПК-23);

- нормальные и аварийные режимы работы систем сельского электроснабжения (ПК-22; ПК-23);

- способы защиты электроустановок от ненормальных режимов работы (ПК-22; ПК-23);

уметь:

- рассчитывать параметры режима электрической сети (ПК-22);

- анализировать и оценивать режимы работы сельских электрических сетей (ПК-22);

- выбирать средства защиты систем электроснабжения от ненормальных режимов работы (ПК-23);

- осуществлять обоснованный выбор электрооборудования с целью оптимизации режима работы сети при проектировании и реконструкции систем электроснабжения (ПК-25);

владеть навыками:

- анализа и синтеза схем распределительных электрических сетей (ОК-11, ПК-22; ПК-25);

- проектирования на вариантной основе схем электроснабжения предприятий агропромышленного комплекса (ПК-25);

- разработки мероприятий по экономии электроэнергии и энергосбережению в сельских электрических сетях (ОК-6, ПК-22).

1 СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

Самостоятельная работа по дисциплине «Электроснабжение» должна способствовать:

- закреплению знаний по устройству систем электроснабжения;
- расчету, анализу и моделированию нормальных и аварийных режимов работы систем электроснабжения;
- развитию инженерного мышления; приобретению способности к физической интерпретации результатов расчета и моделирования;
- формирование навыков предвидения последствий аварийных режимов в сетях и системе электроснабжения в целом.

Многочисленны и разнообразны практические задачи, при решении которых специалист-электрик сталкивается с необходимостью количественной и качественной оценки тех или иных величин при эксплуатации, проектировании или расчете режимов систем электроснабжения. Однако все они в конечном итоге объединены единой целью – обеспечить надежность работы отдельных элементов и системы электроснабжения.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 ч), из них на самостоятельную работу отводится 3,25 зачетной единицы (117 ч).

Трудоемкость модулей и модульных единиц дисциплины приведена в таблице 1.1. Аудиторная работа состоит из лекций (Л), лабораторно-практических занятий (ЛПЗ). Внеаудиторная работа представлена самостоятельной работой студентов (СРС).

Самостоятельная работа по дисциплине «Электроснабжение» включает в себя:

- теоретическое обучение (ТО) – подготовка к лекциям, углубленное самостоятельное изучение отдельных вопросов теоретического курса;
- подготовка к лабораторным и практическим занятиям (ПЛПЗ) – составление отчетов по лабораторным работам, самостоятельное решение задач;
- выполнение расчетной работы (РР) в 7-м семестре;
- выполнение курсового проекта (КП) в 8-м семестре.

Структура самостоятельной работы приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.1 – Трудоемкость модулей и модульных единиц дисциплины «Электроснабжение»

Наименование модулей дисциплины	Всего на модуль, ч	Аудиторная работа		Внеаудиторная работа (СРС)
		Л	ЛПЗ	
Модуль 1 Электрические нагрузки предприятий сельского хозяйства	15	4	2	9
Модуль 2 Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет	57	8	16	33
Модуль 3 Регулирование напряжения в электрических сетях	20	4	4	12
Модуль 4 Токи короткого замыкания и замыкания на землю	25	6	10	9
Модуль 5 Перенапряжения и защита от них	16	4	2	10
Модуль 6 Электрическая аппаратура	18	6	4	8
Модуль 7 Сельские трансформаторные подстанции	13	2	2	9
Модуль 8 Релейная защита и автоматизация	16	4	4	8
Модуль 9 Сельские электростанции	8	2	2	4
Модуль 10 Надежность электроснабжения	8	2	2	4
Модуль 11 Качество электрической энергии	8	3	2	3
Модуль 12 Электроснабжение и рациональное использование электроэнергии	7	2	-	5
Модуль 13 Технико-экономические показатели установок сельского электроснабжения	5	2	-	3
Итого	216	49	50	117
Экзамен	36			
	252			

Таблица 1.2 – Структура самостоятельной работы студентов по дисциплине «Электроснабжение»

Самостоятельная работа	Всего зачетных единиц (ч)
Подготовка к лекциям, лабораторным и практическим занятиям, составление отчетов, решение задач	1,17 (42)
Самостоятельное изучение отдельных тем	0,25 (9)
РР	0,25 (9)
Курсовой проект	1,58 (57)
Итого	3,25 (117)

Содержание и объем самостоятельной работы студентов по модулям дисциплины и темам приведены в таблице 1.3.

Самостоятельное изучение вопросов теоретического курса и подготовка к лабораторно-практическим занятиям необходимы для лучшего усвоения наиболее важных моментов. Итоговым видом самостоятельной работы является курсовой проект, который комплексно объединяет теоретический курс и решение задач. Методика реализации видов самостоятельной работы рассмотрена ниже.

Таблица 1.3 – Объем самостоятельной работы студентов по модулям и темам

Модуль и тема дисциплины	Самостоятельная работа				Итого на СРС
	ТО	ПЛПЗ	РР	КП	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1 Электрические нагрузки сельскохозяйственных предприятий	2	1		6	9
Тема 1.1 Характеристика производственных и коммунально-бытовых потребителей сельского хозяйства. Электрические нагрузки, графики электрических нагрузок, время использования максимальных нагрузок и время потерь	1			2	3
Тема 1.2 Расчет электрических нагрузок сельских электрических сетей	1	1		4	6
Модуль 2 Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет	4	8	9	12	33
Тема 2.1 Краткие сведения об устройстве наружных и внутренних электрических сетей. Электрический расчет сетей	1	2		2	5

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4	5	6
Тема 2.2 Определение потерь напряжения и способы выбора сечения проводов	1	2	5	6	14
Тема 2.3 Методы расчета потерь энергии в сети	1	2		4	7
Тема 2.4 Расчет замкнутых электрических сетей	1	2	4		7
Модуль 3 Регулирование напряжения в электрических сетях	2	2		8	12
Тема 3.1 Регулирование напряжения сетевыми регуляторами	1	1		4	6
Тема 3.2 Регулирование напряжения изменением потерь напряжения в сети	1	1		4	6
Модуль 4 Токи короткого замыкания и замыкания на землю	3	2		4	9
Тема 4.1 Виды коротких замыканий. Трехфазное короткое замыкание в сети, питающейся от источника бесконечной мощности	1	0,5		1	2,5
Тема 4.2 Методы расчета токов короткого замыкания	1	0,5		1	2,5
Тема 4.3 Несимметричные короткие замыкания	1	1		2	4
Модуль 5 Перенапряжения и защита от них	5	1		4	10
Тема 5.1 Понятие о внутренних и внешних перенапряжениях. Способы защиты электрооборудования от прямого попадания молнии	2			2	4
Тема 5.2 Защита электроустановок от набегающих волн перенапряжений. Принципы защиты электрооборудования подстанций от перенапряжений	3	1		2	6
Модуль 6 Электрическая аппаратура	1	1		6	8
Тема 6.1 Способы гашения электрической дуги. Высоковольтные выключатели	0,5	0,5		2	3
Тема 6.2 Измерительные трансформаторы тока и напряжения. Выбор электрической аппаратуры	0,5	0,5		4	5
Модуль 7 Сельские трансформаторные подстанции	4	1		4	9
Тема 7.1 Конструкции и схемы соединения районных и потребительских трансформаторных подстанций	4	1		4	9

Окончание табл. 1.3

1	2	3	4	5	6
Модуль 8 Релейная защита и автоматизация	2	2		4	8
Тема 8.1 Типы реле, параметры срабатывания. Источники оперативного тока. Токовые защиты	1	1		2	4
Тема 8.2 Защита радиальных линий напряжением 10 кВ и силовых трансформаторов. АПВ и АВР в электрических сетях	1	1		2	4
Модуль 9 Сельские электростанции	1	1		2	4
Тема 9.1 Типы электростанций, входящих в энергосистему. Дизельные электростанции	1	1		2	4
Модуль 10 Надежность электроснабжения	1	1		2	4
Тема 10.1 Категории потребителей по надежности электроснабжения. Выбор способов повышения надежности электроснабжения сельских потребителей	1	1		2	4
Модуль 11 Качество электрической энергии	1	1		1	3
Тема 11.1 Общая характеристика свойств и показателей качества электрической энергии	1	1		1	3
Модуль 12 Электроснабжение и рациональное использование электроэнергии	3			2	5
Тема 12.1 Мероприятия по снижению технических потерь мощности и энергии в электрических сетях	3			2	5
Модуль 13 Техничко-экономические показатели установок сельского электроснабжения	1			2	3
Тема 13.1 Методика технико-экономических расчетов систем сельского электроснабжения. Определение технико-экономической эффективности снижения потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях	1			2	3
Итого	30	21	9	57	117

Таблица 1.4 – Темы для самостоятельного изучения

Модуль	Перечень тем для самостоятельного изучения	Кол-во часов
Модуль 4 Токи короткого замыкания и замыкания на землю	Составление схем замещения электрических сетей и определение их параметров	1
Модуль 5 Перенапряжения и защита от них	Явление грозы и молнии. Особенности выполнения молниезащиты воздушных линий	3
Модуль 7 Сельские трансформаторные подстанции (ТП)	Схемы электрических соединений и конструкция подстанций 110-35/10 кВ. Конструкции распределительных устройств районных ТП. Потребительские ТП 35-10/0,4 кВ: схемы соединений, конструкции, типы, применяемая аппаратура. Выбор мощности трансформаторов подстанции. Определение места расположения ТП	3
Модуль 12 Электроснабжение и рациональное использование электроэнергии	Методы и способы снижения технических и коммерческих потерь мощности в сельских электрических сетях 0,4 и 10 кВ	2

2 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА

Для самостоятельной проработки теоретических вопросов необходимо использовать учебно-методические материалы по дисциплине, приведенные в библиографическом списке, а также другую доступную литературу.

Вопросы для самостоятельной работы

Модуль 1 Электрические нагрузки сельскохозяйственных предприятий (аудиторные занятия – 0,16 зачетной единицы (6 ч), самостоятельная работа – 0,25 зачетной единицы (9 ч)). Тема 1.1 Изучение графиков электрических нагрузок, определение их показателей [1, с. 137–142]. Тема 1.2 Выполнение расчетов электрических нагрузок методом коэффициентов одновременности по добавкам мощности и вероятностным характеристикам. Прогнозирование электропотребления и коэффициента роста нагрузок [1, с. 142 –174].

Модуль 2 Устройство наружных и внутренних электрических сетей, их расчет (аудиторные занятия – 0,66 зачетной единицы (24 ч), самостоятельная работа – 0,92 зачетной единицы (33 ч)). Тема 2.1 Изучение устройства наружных и внутренних электрических сетей, их конструктивных особенностей для напряжений 0,4; 10; 35 и 110 кВ [1, с. 77–105]. Тема 2.2 Определение потери напряжения на участке линии с одной нагрузкой на конце и суммарных потерь напряжения от источника до наиболее удаленного потребителя, определение допустимой потери напряжения [1, с. 227–263; 2, с. 297–302]. Изучение способов выбора сечения проводов линий электропередачи [1, с. 179–185]. Тема 2.3 Изучение расчета потерь энергии в сети методом максимальных потерь [1, с. 185–190]. Тема 2.4 Расчет замкнутых электрических сетей подробно рассмотрен в разделе 4.

Модуль 3 Регулирование напряжения в электрических сетях (аудиторные занятия – 0,22 зачетной единицы (8 ч), самостоятельная работа – 0,33 зачетной единицы (12 ч)). Тема 3.1 Изучение способов регулирования напряжения сетевыми регуляторами [1, с. 264–269]. Тема 3.2 Изучение способов регулирования напряжения изменением потерь напряжения в сети [1, с. 227–246].

Модуль 4 Токи короткого замыкания и замыкания на землю (аудиторные занятия – 0,33 зачетной единицы (12 ч), самостоятельная

работа – 0,36 зачетной единицы (13 ч)). Тема 4.1 Изучение видов коротких замыканий. Построение графиков изменения токов трехфазного короткого замыкания в начальный период для сети, питающейся от источника бесконечной мощности [1, с. 293–296; 300–303]. Тема 4.2 Изучение расчета токов короткого замыкания методами именованных и относительных единиц [1, с. 296–300; 2, с. 95–105]. Тема 4.3 Изучение возможных соотношений токов короткого замыкания при несимметричных коротких замыканиях в линии. Определение токов однофазного короткого замыкания в сетях 0,4 кВ, изучение режимов нейтралей электрических сетей [1, с. 313–321; 3, с. 149–152; 2, с. 106–121].

Модуль 5 Перенапряжения и защита от них (аудиторные занятия – 0,16 зачетной единицы (6 ч), самостоятельная работа – 0,27 зачетной единицы (10 ч)). Тема 5.1 Изучение понятия внутренних и внешних перенапряжений, способов защиты электрооборудования от прямого попадания молнии [1, с. 397–403; 5, с.3–12]. Тема 5.2 Защита электроустановок от набегающих волн перенапряжений. Принципы защиты электрооборудования подстанций от перенапряжений [1, с. 403–425; 5, с. 12–72].

Модуль 6 Электрическая аппаратура (аудиторные занятия – 0,22 зачетной единицы (8 ч), самостоятельная работа – 0,27 зачетной единицы (10 ч)). Тема 6.1 Рассмотрение способов гашения электрической дуги, конструкции и принципиальное устройство высоковольтных выключателей [1, с. 322–366; 2, с. 137–148]. Тема 6.2 Изучение измерительных трансформаторов тока и напряжения, выбор электрической аппаратуры [1, с. 155–179; с. 366–396].

Модуль 7 Сельские трансформаторные подстанции (аудиторные занятия – 0,11 зачетной единицы (4 ч), самостоятельная работа – 0,25 зачетной единицы (9 ч)). Тема 7.1 Конструкции и схемы соединения районных и потребительских трансформаторных подстанций [1, с. 545–558; 2, с. 180–208].

Модуль 8 Релейная защита и автоматизация (аудиторные занятия – 0,22 зачетной единицы (8 ч), самостоятельная работа – 0,22 зачетной единицы (8 ч)). Тема 8.1 Изучение типов реле, параметров срабатывания, источников оперативного тока, токовых защит [1, с. 428–471; 2, с. 209–258]. Тема 8.2 Изучение защиты радиальных линий напряжением 10 кВ и силовых трансформаторов, АПВ и АВР в электрических сетях [1, 472–544].

Модуль 9 Сельские электростанции (аудиторные занятия – 0,11 зачетной единицы (4 ч), самостоятельная работа – 0,11 зачетной единицы (4 ч)). Тема 9.1 Изучение типов электростанций, входящих в энергосистему, дизельных электростанций [1, с. 545–562; 2, с. 262–274].

Модуль 10 Надежность электроснабжения (аудиторные занятия – 0,11 зачетной единицы (4 ч), самостоятельная работа – 0,11 зачетной единицы (4 ч)). Тема 10.1 Изучение категории потребителей по надежности электроснабжения, выбор способов повышения надежности электроснабжения сельских потребителей [1, с. 33–44; 2, с. 275–288].

Модуль 11 Качество электрической энергии (аудиторные занятия – 0,11 зачетной единицы (4 ч), самостоятельная работа – 0,11 зачетной единицы (4 ч)). Тема 11.1 Общая характеристика свойств и показателей качества электрической энергии [1, с. 11–30; 2, с. 289–296].

Модуль 12 Электроснабжение и рациональное использование электроэнергии (аудиторные занятия – 0,055 зачетной единицы (2 ч), самостоятельная работа – 0,138 зачетной единицы (5 ч)). Тема 12.1 Мероприятия по снижению технических потерь мощности и энергии в электрических сетях [3, с. 317–318; 9 с. 588–593].

Модуль 13 Технико-экономические показатели установок сельского электроснабжения (аудиторные занятия – 0,11 зачетной единицы (2 ч), самостоятельная работа – 0,083 зачетной единицы (3 ч)). Тема 13.1 Методика технико-экономических расчетов систем сельского электроснабжения. Определение технико-экономической эффективности снижения потерь электроэнергии в сельских распределительных сетях [1, с. 50–67; 2, с. 289–296].

Все студенты должны в течение 7-го и 8-го семестров самостоятельно изучить темы, указанные выше. Контроль качества проработки тем самостоятельной подготовки – компьютерное тестирование студентов по каждой теме.

3 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ

В данном разделе предлагаются задачи, решение которых направлено на оценку компетентности по каждой из тем, рассматриваемых на практических занятиях. Самостоятельное решение этих задач предполагает наличие знаний и умений, полученных на практических занятиях. На самостоятельное решение задач отводится 0,306 зачетной единицы (9 ч).

Решение практических задач позволяет закрепить материал, изучаемый в аудитории, и проверить готовность самостоятельно решать задачи на пройденные темы. Студенты, пропустившие практические занятия по указанным темам, должны получить вариант задач согласно графику учебного процесса и в обязательном порядке представить отчет по каждой из пропущенных тем. Форма отчетности – наличие решенных задач, правильность выполнения которых проверяет преподаватель. Студенты, не имеющие пропусков занятий, но желающие набрать большее количество баллов при модульно-рейтинговой оценке полученных знаний, также получают вариант задания у преподавателя. Для самостоятельного решения рекомендуется использовать литературу [1–4]. Варианты типовых задач для самостоятельного решения по темам приведены ниже.

Тема 1.1

Задача 1.1.1 В соответствии с заданным вариантом, приведенным в таблице 3.1, определить годовой расход электрической энергии предприятия АПК и число часов использования максимума нагрузки, если максимальная нагрузка в течение года составила величину P_{\max} , а режим работы предприятия характеризуется четырехступенчатым годовым графиком нагрузки по продолжительности, который соответствует таблице 3.2.

Таблица 3.1 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 1.1.1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
График	1	2	3	4	5	4	1	2	3	4	5	1	2	3
P_{\max} , МВт	0,4	2	3	5	0,2	0,8	0,3	0,7	1	2	3	4	0,6	0,5
Вариант	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
График	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	1	2	3	4
P_{\max} , МВт	0,3	0,7	12	2,1	3,2	4,2	0,6	0,5	0,4	2,4	3,7	5,1	0,2	0,8

Таблица 3.2 – Варианты графиков нагрузки для задачи 1.1.1

Номер графика	Номер ступеней графика	1	2	3	4
1	Нагрузка в долях от $P_{\max, \text{о.е.}}$	1	0,8	0,6	0,3
	Длительность ступеней, ч	2000	2000	3000	1760
2	Нагрузка в долях от $P_{\max, \text{о.е.}}$	1	0,85	0,7	0,4
	Длительность ступеней, ч	2500	2000	2760	1500
3	Нагрузка в долях от $P_{\max, \text{о.е.}}$	1	0,9	0,65	0,35
	Длительность ступеней, ч	1000	2760	2000	3000
4	Нагрузка в долях от $P_{\max, \text{о.е.}}$	1	0,95	0,5	0,25
	Длительность ступеней, ч	3000	1500	1500	2760
5	Нагрузка в долях от $P_{\max, \text{о.е.}}$	1	0,7	0,45	0,2
	Длительность ступеней, ч	2760	2000	3000	1000

Тема 1.2

Задача 1.2.1 Для проектируемого участка линии напряжением 0,38 кВ определить нагрузку вечернего максимума на каждом участке, если к линии подключены многоквартирные дома с вечерним максимумом нагрузки $P_{\text{мв}}$. Значения $P_{\text{мв}}$ и количество участков принять в соответствии с номером варианта задания по таблице 3.3. При расчете учесть, что каждый дом подключается к магистральной линии со своей опоры. Расстояние между опорами – 40 м.

Таблица 3.3 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 1.2.1

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Число домов	5	6	4	7	4	8	4	9	12	7	5	6	8	10
$P_{\text{мв}}$, кВт	4	2	3	5	7	10	12	8	6	4	8	4	6	5
Номер варианта	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Число домов	6	6	4	6	5	8	7	9	11	10	6	7	7	12
$P_{\text{мв}}$, кВт	3	7	12	2,1	3,2	4,2	6	5	4	2,4	3,7	5,1	3	5

Задача 1.2.2 Для проектируемого участка линии напряжением 0,38 кВ определить нагрузку дневного максимума на каждом участке, если к линии подключены производственные потребители с дневным максимумом нагрузки $P_{мд}$. Значения $P_{мд}$ и количество потребителей (n) принять в соответствии с номером варианта задания по таблице 3.4. При расчете учесть, что каждый потребитель подключен к магистральной линии со своей опоры.

Таблица 3.4 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 1.2.2

Показатель	Вариант													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
n	5	5	4	3	4	4	4	5	5	3	5	4	4	4
$P_{мв1}$, кВт	4	2	3	5	7	10	12	8	6	4	8	4	6	5
$P_{мв2}$, кВт	30	40	25	28	42	37	22	12	14	32	6	25	38	23
$P_{мв3}$, кВт	8	15	10	12	4	6	8	23	5	10	3	10	5	2
$P_{мв4}$, кВт	5	10	8	-	12	4	2	11	2	-	15	7	12	14
$P_{мв5}$, кВт	7	3	-	-	-	-	-	17	10	-	2	-	-	-
Показатель	Вариант													
	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
n	4	5	4	3	4	4	4	5	5	3	5	4	4	4
$P_{мв1}$, кВт	3	7	12	2,1	3,2	4,2	6	5	4	2,4	3,7	5,1	3	5
$P_{мв2}$, кВт	12	2	3	28	7	6	4	6	18	32	8	3	9	16
$P_{мв3}$, кВт	10	8	16	26	8	12	8	30	7	4	10	18	6	12
$P_{мв4}$, кВт	30	40	25	-	42	37	22	12	14	-	36	25	38	23
$P_{мв5}$, кВт	-	6	-	-	-	-	-	2	10	-	2	-	-	-

Тема 2.1

Задача 2.1.1 Определить активное и индуктивное сопротивления линии, параметры которой в зависимости от варианта задания приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 2.1.1

Номер варианта	Марка провода	U, кВ	ℓ , км	Номер варианта	Марка провода	U, кВ	ℓ , км
1	АС-120	110	23	16	А-70	10	7
2	АС-70	110	47	17	А-120	10	6
3	СИП-1 3x25+1x35	0,38	0,4	18	АС-70	10	5
4	СИП-1 3x35+1x50	0,38	0,2	19	АС-120	10	10
5	СИП-1 3x50+1x70	0,38	0,1	20	АС-70	10	12
6	СИП-1 3x50+1x70	0,38	0,15	21	А-70	10	6
7	СИП-1 3x95+1x95	0,38	0,23	22	СИП-3 1x70-10	10	5
8	СИП-1 3x50+1x70	0,38	0,34	23	СИП-3 1x95-10	10	8
9	СИП-2 3x70+1x95	0,38	0,38	24	СИП-3 1x120-10	10	9
10	СИП-2 3x25+1x35	0,38	0,25	25	СИП-3 1x70-10	10	11
11	СИП-2 3x50+1x70	0,38	0,3	26	СИП-3 1x9510	10	14
12	СИП-2 3x70+1x95	0,38	0,18	27	АС-120	35	35
13	АС-70	10	2	28	АС-150	35	28
14	АС-120	10	3	29	АС-120	35	23
15	АС-70	10	4	30	АС-150	35	30

Тема 2.2

Задача 2.2.1 Для схемы разветвленной сети напряжением U , принимаемой в соответствии с вариантом задания, определить потери напряжения до наиболее удаленных точек сети. Нагрузка в узлах задана полной мощностью S (кВА) и коэффициентом мощности $\cos\varphi$. Параметры сети принять в соответствии с вариантом задания по таблицам 3.6–3.10.

Таблица 3.6 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 2.2.1

Номер варианта	Марка провода	U, кВ	Схема	Код задания
1	СИП-1 3x25+1x35	0,38	Рисунок 3.1	А
2	СИП-1 3x35+1x50	0,38	Рисунок 3.2	В
3	СИП-1 3x25+1x35	0,38	Рисунок 3.1	С
4	СИП-1 3x35+1x50	0,38	Рисунок 3.2	Д
5	СИП-1 3x50+1x70	0,38	Рисунок 3.1	Е
6	СИП-1 3x50+1x70	0,38	Рисунок 3.2	А
7	СИП-1 3x95+1x95	0,38	Рисунок 3.1	В
8	СИП-1 3x50+1x70	0,38	Рисунок 3.2	С
9	СИП-2 3x70+1x95	0,38	Рисунок 3.1	Д
10	СИП-2 3x25+1x35	0,38	Рисунок 3.2	Е
11	СИП-2 3x50+1x70	0,38	Рисунок 3.1	А
12	СИП-2 3x70+1x95	0,38	Рисунок 3.2	В
13	АС-70	10	Рисунок 3.1	С
14	АС-120	10	Рисунок 3.2	Д
15	АС-70	10	Рисунок 3.1	Е
16	А-70	10	Рисунок 3.2	А
17	А-120	10	Рисунок 3.1	В
18	АС-70	10	Рисунок 3.2	С
19	АС-120	10	Рисунок 3.1	Д
20	АС-70	10	Рисунок 3.2	Е
21	А-70	10	Рисунок 3.1	А
22	СИП-3 1x70-10	10	Рисунок 3.2	В
23	СИП-3 1x95-10	10	Рисунок 3.1	С
24	СИП-3 1x120-10	10	Рисунок 3.2	Д
25	СИП-3 1x70-10	10	Рисунок 3.1	Е
26	СИП-3 1x95-10	10	Рисунок 3.2	А
27	АС-120	10	Рисунок 3.1	В
28	АС-150	10	Рисунок 3.2	С
29	АС-120	10	Рисунок 3.1	Д
30	АС-150	10	Рисунок 3.2	Е

Таблица 3.7 – Нагрузка сети 0,38 кВ для задачи 2.2.1

Код задания	Нагрузка, кВА/cosφ нагрузки в узлах								
	$\frac{S_1}{\cos\varphi_1}$	$\frac{S_2}{\cos\varphi_2}$	$\frac{S_3}{\cos\varphi_3}$	$\frac{S_4}{\cos\varphi_4}$	$\frac{S_5}{\cos\varphi_5}$	$\frac{S_6}{\cos\varphi_6}$	$\frac{S_7}{\cos\varphi_7}$	$\frac{S_8}{\cos\varphi_8}$	$\frac{S_9}{\cos\varphi_9}$
А	20/0,8	5/0,6	11/0,8	6/0,9	10/0,8	12/0,9	5/1	10/1	7/0,9
В	10/0,7	-	20/0,8	15/0,6	-	6/0,9	10/0,8	12/0,9	5/1
С	6/0,9	10/0,8	12/0,9	5/1	14/0,8	10/0,7	13/0,6	5/0,9	12/0,7
Д	-	12/0,8	7/0,6	13/0,9	4/0,8	8/0,9	5/0,6	4/0,7	3/0,75
Е	10/0,7	13/0,6	5/0,9	12/0,9	3/0,8	9/0,8	4/0,6	1/1	3/1

Таблица 3.8 – Параметры сети 0,38 кВ для задачи 2.2.1

Код задания	Длина участков, м								
	0–1	1–2	2–3	3–4	2–5	5–6	6–7	5–8 или 2–8	8–9
А	100	120	40	50	130	90	60	40	40
В	120	100	90	40	50	150	60	60	100
С	40	40	40	50	50	50	50	50	50
Д	40	50	80	80	80	40	40	40	120
Е	50	50	50	50	40	40	120	40	40

Таблица 3.9 – Нагрузка сети 10 кВ для задачи 2.2.1

Код задания	Нагрузка, кВА /cosφ нагрузки в узлах								
	$\frac{S_1}{\cos\varphi_1}$	$\frac{S_2}{\cos\varphi_2}$	$\frac{S_3}{\cos\varphi_3}$	$\frac{S_4}{\cos\varphi_4}$	$\frac{S_5}{\cos\varphi_5}$	$\frac{S_6}{\cos\varphi_6}$	$\frac{S_7}{\cos\varphi_7}$	$\frac{S_8}{\cos\varphi_8}$	$\frac{S_9}{\cos\varphi_9}$
А	120/0,8	25/0,6	130/0,8	160/0,9	210/0,8	120/0,9	50/1	100/1	70/0,9
В	130/0,7	200/0,8	-	150/0,6	-	160/0,9	210/0,8	150/0,9	200/1
С	60/0,9	100/0,8	200/0,9	150/1	140/0,8	50/0,7	130/0,6	50/0,9	120/0,7
Д	200/0,8	250/0,8	70/0,6	130/0,9	40/0,8	180/0,9	50/0,6	40/0,7	30/0,75
Е	250/0,7	130/0,6	50/0,9	120/0,9	30/0,8	90/0,8	40/0,6	150/1	100/1

Таблица 3.10 – Параметры сети 10 кВ для задачи 2.2.1

Код задания	Длина участков, км								
	0–1	1–2	2–3	3–4	2–5	5–6	6–7	5–8 или 2–8	8–9
А	2	3	2	1	4	6	4	5	3
В	3	2	1	3	1	7	8	3	2
С	1	3	4	7	4	3	2	3	2
Д	3	1	2	4	5	2	2	2	7
Е	2	1	3	4	2	1	3	5	4

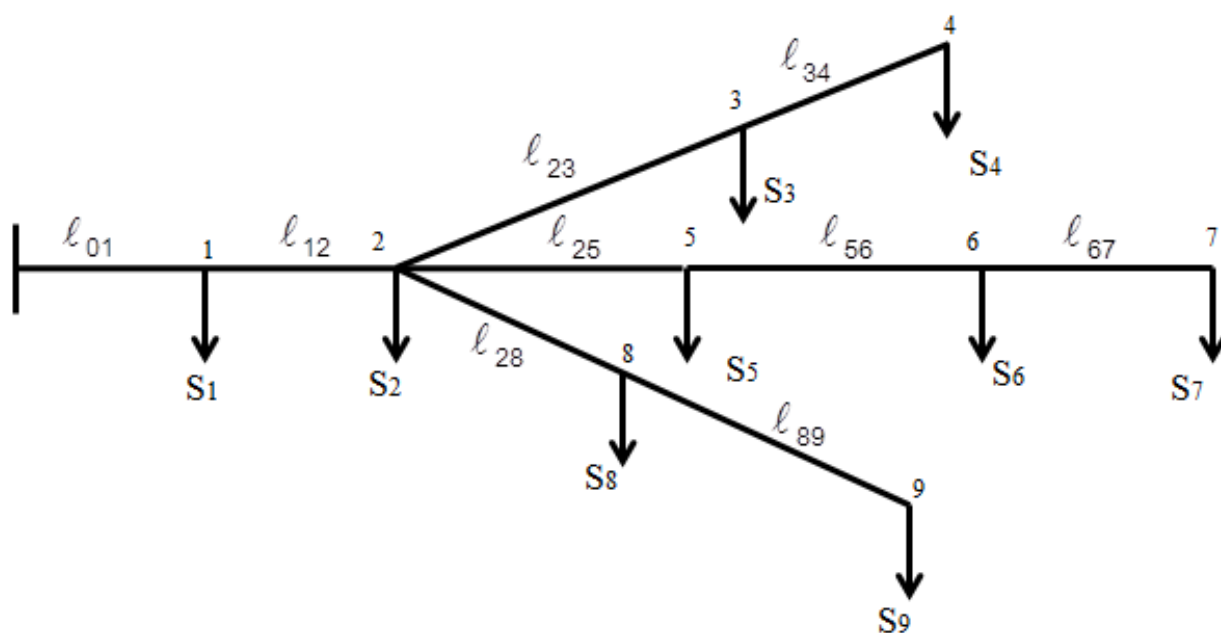


Рисунок 3.1 – Первая схема сети для задачи 2.2.1

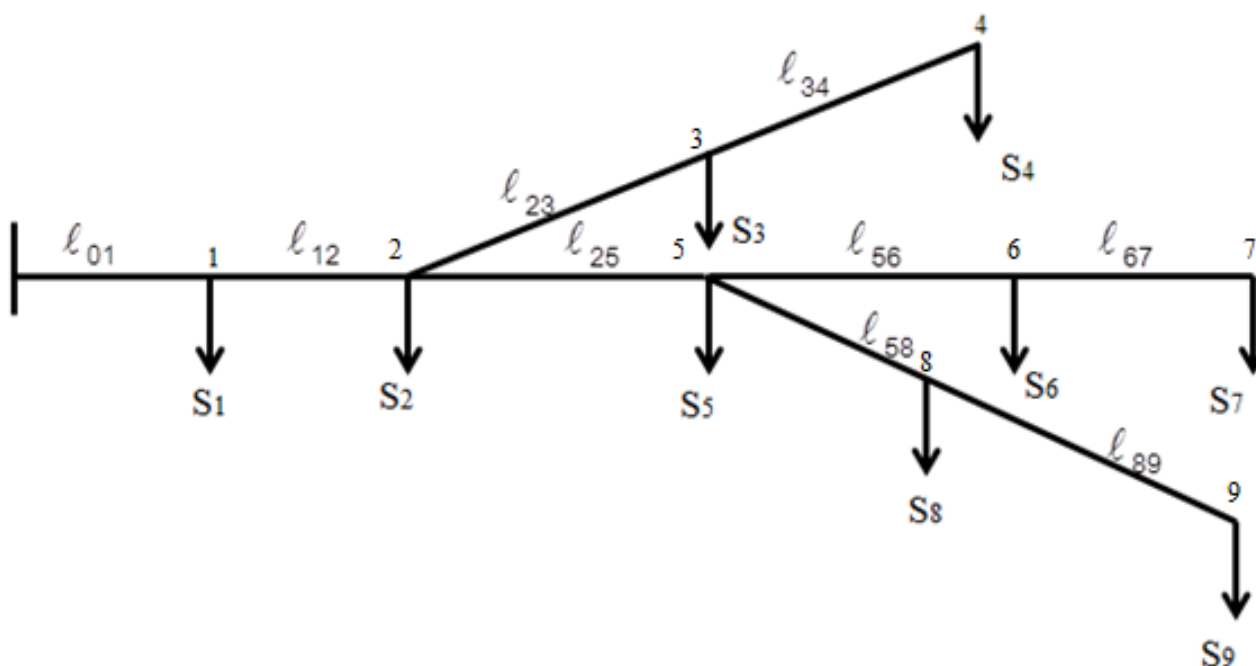


Рисунок 3.2 – Вторая схема сети для задачи 2.2.1

Задача 2.2.2 Для условий задачи 2.2.1 выбрать сечение проводов сети, допустимую потерю напряжения принять в соответствии с заданным вариантом по таблице 3.11.

Таблица 3.11 – Величины допустимой потери напряжения
Для самостоятельного решения задачи 2.2.2

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
ΔU , процент	5	5	4	4	5,4	4	5,4	5	5	6,2	5	4	5	4	5,8
Номер варианта	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
ΔU , процент	4	5	4	3	4	6,5	4	5	5	3	6,5	4,5	6	6	6,2

Задача 2.2.3 В какой точке сети, изображенной на рисунке 3.3, можно запустить асинхронный короткозамкнутый двигатель мощностью 16 кВт, с номинальным напряжением 380 В, номинальным током 29 А и кратностью пускового тока $K_T=7$? Марки проводов сети приведены в таблице 3.12. На подстанции установлен трансформатор типа ТМ-100/10/0,4кВ. Варианты длин участков сети принимаются в соответствии с вариантом задания.

Таблица 3.12 – Параметры сети для самостоятельного решения задачи 2.2.3

Уча- сток сети	Марка провода	Вариант длин участков, м				
		1	2	3	4	5
1–2	АС-70	6000	5500	4800	6200	8000
3–4	СИП-1 3×50+1×70	200	154	127	300	180
4–5	СИП-1 3×25+1×35	100	120	150	70	90
5–6	СИП-1 3×25+1×35	80	150	140	134	127
4–7	СИП-1 3×25+1×35	122	158	142	175	200
7–8	СИП-1 3×25+1×35	150	141	170	130	168
7–9	СИП-1 3×35+1×50	205	158	194	107	183

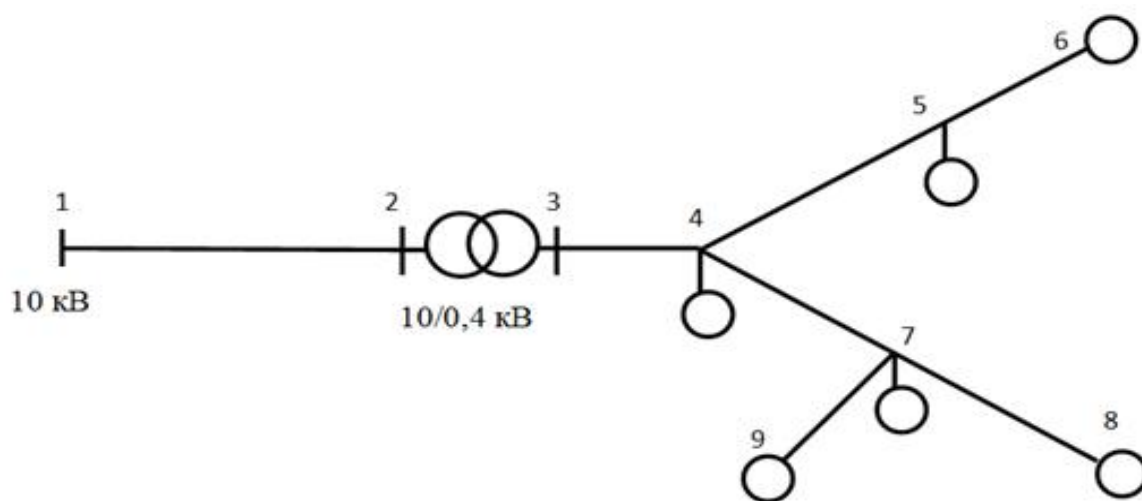


Рисунок 3.3 – Схема сети для задачи 2.2.3

Задача 2.2.4 Выбрать сечение проводов линии электропередачи напряжением 35 кВ для питания птицефабрики первой категории по надежности электроснабжения с максимальной нагрузкой 10 МВ·А при $\cos\varphi = 0,8$ и продолжительностью использования максимальной нагрузки 4500 ч. Протяженность линии составляет 20 км, допустимая потеря напряжения в сети 5,6%. При расчете учесть необходимость резервирования питания потребителя.

Задача 2.2.5 Выбрать сечение проводов воздушной линии электропередачи напряжением 0,4 кВ, длиной 200 м для питания цеха по выращиванию утят. Воздушная линия присоединяется к шинам подстанции 0,4 кВ, на которой установлен трансформатор ТМ номинальной мощностью 100 кВ·А. Подстанция питается по ВЛ 10 кВ, выполненной проводом АС-95/16, длиной 5 км. Нагрузка на вводе в цех составляет 40 кВт при $\cos\varphi=0,85$, допустимая потеря напряжения

в нормальном режиме составляет 4,8%. В цехе установлен вентилятор с асинхронным электродвигателем мощностью 14 кВт; коэффициент полезного действия электродвигателя – 90%; кратность пускового тока – 5,5; $\cos\varphi_{дв} = 0,8$.

Задача 2.2.6 По проводу СИП на напряжении 0,38 кВ необходимо передать мощность $S = 60$ кВт при $\cos\varphi = 0,8$ на расстояние 250 м. Трехфазный ток короткого замыкания в точке подключения линии составляет 1850 А, время отключения короткого замыкания $t_{откл} = 2$ с. Допустимая потеря напряжения составляет 5,5%. Выбрать площадь сечения токоведущей жилы СИП и проверить провод на термическую стойкость к току короткого замыкания.

Тема 2.3

Задача 2.3.1 На подстанции напряжением 10/0,4 кВ установлен трансформатор типа ТМ. Максимальную нагрузку трансформатора P_{max} , коэффициент мощности нагрузки ($\cos\varphi$) принять в соответствии с заданным вариантом по таблице 3.13. Трансформатор присоединен к воздушной линии напряжением U , длиной ℓ . По сети за год необходимо передать электроэнергии $W_{г}$. Выбрать сечение провода линии 10 кВ и определить полные потери энергии в сети.

Таблица 3.13 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 2.3.1

Номер варианта	Тип трансформатора	P_{max} , кВт	$\cos\varphi$	U , кВ	ℓ , км	$W_{г}$, МВтч
1	2	3	4	5	6	7
1	ТМ-630/10/0,4	420	0,9	10	20	1680
2	ТМ-400/10/0,4	300	0,88	10	13	1260
3	ТМ-250/10/0,4	200	0,92	10	14	750
4	ТМ-160/10/0,4	125	0,85	10	17	500
5	ТМ-100/10/0,4	80	0,7	10	16	280
6	ТМ-630/10/0,4	500	0,8	10	15	1750
7	ТМ-400/10/0,4	340	0,9	10	10	1190
8	ТМ-250/10/0,4	220	0,88	10	12	770
9	ТМ-160/10/0,4	140	0,92	10	16	588
10	ТМ-100/10/0,4	74	0,85	10	15	333
11	ТМ-630/10/0,4	420	0,7	10	18	1600
12	ТМ-400/10/0,4	300	0,8	10	19	1200
13	ТМ-250/10/0,4	150	0,75	10	11	600

1	2	3	4	5	6	7
14	ТМ-160/10/0,4	100	0,75	10	14	350
15	ТМ-100/10/0,4	70	0,8	10	35	280
16	ТМ-630/35/10	420	0,9	35	28	1680
17	ТМ-1000/35/10	820	0,88	35	23	3280
18	ТМ-1600/35/10	1200	0,8	35	30	4800
19	ТМ-2500/35/10	2100	0,85	35	32	8400
20	ТМ-4000/35/10	2500	0,7	35	24	10000
21	ТМ-6300/35/10	4000	0,8	35	33	16000
22	ТМ-2500/35/10	2150	0,9	35	32	7525
23	ТМ-2500/35/10	1900	0,8	35	40	7500
24	ТМ-4000/35/10	3500	0,92	35	29	14000
25	ТМ-4000/35/10	3000	0,85	35	35	12000
26	ТМ-1600/35/10	1200	0,75	35	38	4800
27	ТМ-2500/35/10	2000	0,8	35	36	8000
28	ТМ-630/35/10	500	0,85	35	28	1750
29	ТМ-1000/35/10	830	0,9	35	40	2905
30	ТМ-2500/35/10	2200	0,9	35	23	7700

Тема 4.1

Задача 4.1.1 Построить кривую изменения тока трехфазного короткого для условий возникновения максимально возможного тока короткого замыкания в сети с индуктивным и активным сопротивлениями, если сеть получает питание от источника бесконечной мощности.

Тема 4.2

Задача 4.2.1 Для схемы сети, приведенной на рисунке 3.4, выполнить расчет токов трехфазного короткого замыкания методом относительных единиц. Параметры сети в соответствии с вариантом задания принять по таблице 3.14.

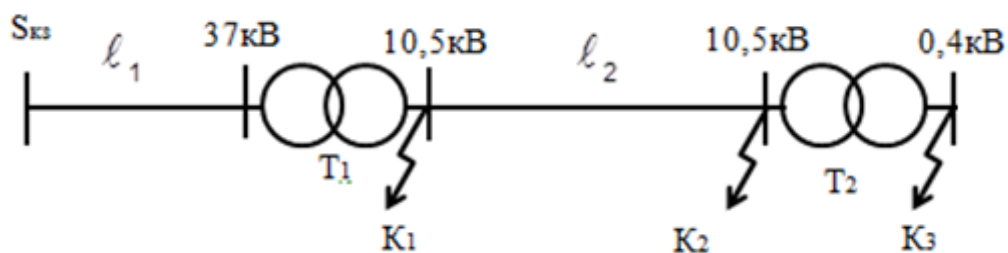


Рисунок 3.4 – Расчетная схема сети для задачи 4.2.1

Задача 4.2.2 Для схемы сети, приведенной на рисунке 3.5, выполнить расчет токов однофазного короткого замыкания методом именованных единиц. Параметры сети в соответствии с вариантом задания принять по таблице 3.15.

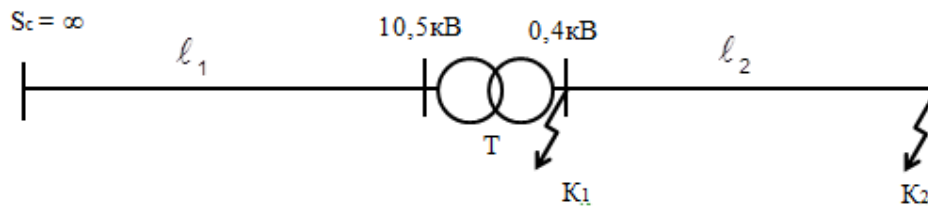


Рисунок 3.5 – Расчетная схема сети для задачи 4.2.2

Таблица 3.14 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 4.2.1

Номер варианта	$S_{кз},$ МВА	$S_{номТ1},$ МВА	$S_{номТ2},$ МВА	$l_1,$ км	Марка провода для l_1	$l_2,$ км	Марка провода для l_2
1	2	3	4	5	6	7	8
1	100	1000	63	22	АС-70	7	А-35
2	120	1600	40	10	АС-95	5	А-50
3	140	2500	25	15	АС-120	6	А-70
4	200	4000	100	21	АС-150	1	А-95
5	150	6300	160	14	АС-185	4	А-120
6	250	10000	250	18	АС-240	2	СИП-3 1 × 35
7	210	16000	400	23	АС-70	3	СИП-3 1 × 95
8	300	1000	630	26	АС-95	8	СИП-3 1 × 50
9	280	1600	63	28	АС-120	12	СИП-3 1 × 70
10	275	2500	40	17	АС-150	11	СИП-3 1 × 95
11	220	4000	25	15	АС-185	13	СИП-3 1 × 120
12	350	6300	100	14	АС-240	20	А-35
13	400	10000	160	12	АС-70	14	А-50
14	330	16000	250	19	АС-95	15	А-70
15	320	1000	400	30	АС-120	16	А-95
16	310	1600	630	32	АС-150	17	А-120
17	340	2500	63	34	АС-185	18	СИП-3 1 × 35
18	350	4000	40	17	АС-240	19	СИП-3 1 × 95
19	360	6300	25	18	АС-70	10	СИП-3 1 × 50
20	260	10000	100	19	АС-95	9	СИП-3 1 × 70
21	270	16000	160	27	АС-120	8	СИП-3 1 × 95
22	280	1000	250	14	АС-150	7	СИП-3 1 × 120
23	290	1600	400	13	АС-185	6	А-35
24	180	2500	630	10	АС-240	5	А-50
25	165	4000	100	35	АС-70	4	А-70
26	430	6300	160	24	АС-95	3	А-95

1	2	3	4	5	6	7	8
27	440	10000	250	31	АС-120	2	А-120
28	450	16000	400	32	АС-150	5	СИП-3 1 × 50
29	460	1600	630	16	АС-185	6	СИП-3 1 × 70
30	470	2500	160	14	АС-240	8	СИП-3 1 × 95

Таблица 3.15 – Варианты заданий для самостоятельного решения задачи 4.2.2

Номер варианта	$S_{\text{НОМТ}}, \text{МВА}$	$\ell_1, \text{км}$	Марка провода для ℓ_1	$\ell_2, \text{м}$	Марка провода для ℓ_2
1	63	6	АС-35	200	А-70
2	40	1	АС-50	250	А-120
3	25	4	А-70	300	А-70
4	100	2	А-95	100	А-70
5	160	3	А-120	120	А-120
6	250	8	СИП-3 1 × 35	140	А-70
7	400	12	СИП-3 1 × 95	220	А-120
8	630	11	СИП-3 1 × 50	70	А-70
9	63	13	СИП-3 1 × 70	90	А-70
10	40	20	СИП-3 1 × 95	130	СИП-1 3x25+1x35
11	25	14	АС-35	240	СИП-1 3×35+1×50
12	100	15	АС-50	260	СИП-1 3x25+1x35
13	160	16	А-70	280	СИП-1 3×35+1×50
14	250	17	А-95	320	СИП-1 3×50+1×70
15	400	18	А-120	340	СИП-1 3×50+1×70
16	630	19	СИП-3 1 × 35	380	СИП-1 3×95+1×95
17	63	10	СИП-3 1 × 95	100	СИП-1 3×50+1×70
18	40	9	СИП-3 1 × 50	120	СИП-2 3×70+1×95
19	25	8	СИП-3 1 × 70	140	СИП-2 3×25+1×35
20	100	7	СИП-3 1 × 95	220	СИП-2 3×50+1×70
21	160	6	АС-95	70	СИП-2 3×70+1×95
22	250	5	АС-35	160	СИП-2 3 × 120
23	400	4	АС-50	190	А-35
24	630	3	АС-70	140	А-50
25	100	2	АС-95	210	А-70
26	160	5	АС-120	290	А-95
27	250	6	СИП-3 1 × 50	280	А-120
28	400	8	СИП-3 1 × 70	220	СИП-1 3×35+1×50
29	630	5	СИП-3 1 × 95	135	СИП-1 3×50+1×70
30	160	7	А-70	325	СИП-1 3×50+1×70

4 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ

Расчетная работа выполняется студентами в 7-м семестре. На выполнение работы отведено 0,25 зачетной единицы (9 ч).

Целью работы является получение навыков для проведения расчетов режимов работы электрических сетей, выбора оборудования, анализа полученных результатов и, в конечном счете, углубление знаний, полученных в ходе теоретических и практических занятий.

Работа выполняется на тему «Электрический расчет замкнутых электрических сетей».

4.1 Задание для выполнения расчетной работы «Электрический расчет замкнутых электрических сетей»

Выполнить электрический расчет замкнутой электрической сети, схема которой соответствует рисунку 4.1, а необходимые исходные данные в соответствии с вариантом задания приведены в таблице 4.1.

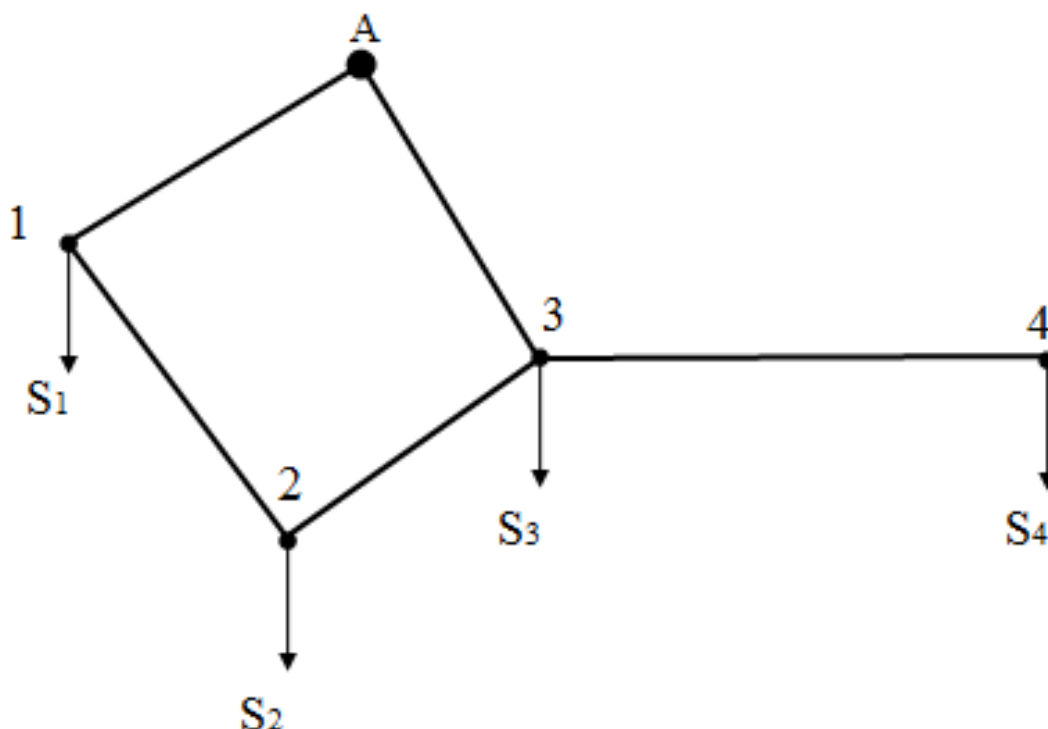


Рисунок 4.1 – Схема сети для выполнения расчетно-графической работы «Расчет замкнутых электрических сетей»

Таблица 4.1– Варианты задания для расчета замкнутых электрических сетей

Номер варианта	$S_1/\cos\varphi_1$	$S_2/\cos\varphi_2$	$S_3/\cos\varphi_3$	$S_4/\cos\varphi_4$	l_{A-1} , км	l_{1-2} , км	l_{2-3} , км	l_{3-4} , км	l_{A-3} , км	U_H , кВ	$\Delta U_{\text{доп}}$, процент
1	100/0,87	200/0,69	250/0,8	300/0,9	1,5	3	1,6	0,5	2	10	5
2	200/0,6	210/0,8	340/0,6	–	2	2	2	–	2	10	6
3	150/0,7	400/0,8	340/0,8	150/0,85	3	2	3	2	4	10	4,5
4	1000/0,8	1500/0,8	1200/0,9	1050/0,7	5	4	3	2	5,5	35	6
5	2500/0,9	1700/0,8	1100/0,9	1300/0,7	4	5	5	3	4,8	35	5,5
6	40/0,8	20/0,9	10/0,85	–	0,1	0,2	0,3	–	0,15	0,38	4
7	30/0,85	30/0,7	20/0,9	10/0,9	0,2	0,25	0,3	0,35	0,25	0,38	5
8	1600/0,8	1700/0,9	1200/0,6	1300/0,8	3	5	7	2	35	35	6
9	1700/0,9	1300/0,8	1700/0,7	1400/0,8	2,5	5,6	4	7	2,5	35	4,5
10	400/0,8	250/0,9	300/0,7	250/0,9	1	2	3	2	1,6	10	6
11	170/0,75	260/0,7	320/0,85	310/0,7	3	2	2	3	4	10	5,5
12	230/0,8	300/0,7	200/0,8	400/0,7	5	3	2	1	3	10	5
13	400/0,9	330/0,85	100/0,7	100/0,8	3	2	1	4	4	10	6
14	300/0,7	150/0,8	120/0,9	100/0,7	2	4	4	2	5	10	4,5
15	100/0,8	400/0,9	500/0,9	600/0,8	2,3	3	3	1	2,8	10	6
16	20/0,9	30/0,7	10/0,8	30/0,75	0,2	0,3	0,3	0,2	0,28	0,38	5,5
17	15/0,7	21/0,7	35/0,8	–	0,3	0,4	0,3	–	0,32	0,38	5
18	10/0,7	20/0,8	30/0,8	10/0,9	0,4	0,3	0,2	0,1	0,41	0,38	6
19	30/0,85	20/0,85	25/0,7	10/0,8	0,15	0,2	0,3	0,4	0,18	0,38	4,5
20	40/0,85	10/0,85	20/0,85	10/0,85	0,3	0,15	0,18	0,21	0,25	0,38	6
21	140/0,87	220/0,69	250/0,8	330/0,9	1,5	3	1,6	0,5	2	10	5,5
22	240/0,6	230/0,8	380/0,6	270/0,85	2	2	2	5	3	10	6
23	170/0,7	430/0,8	360/0,8	160/0,85	3	2	3	2	4	10	4,5
24	1100/0,8	1400/0,8	1200/0,9	1080/0,7	5	4	3	2	5,5	35	6
25	2550/0,9	1800/0,8	1300/0,9	1900/0,7	4	5	5	3	4,8	35	5,5

Окончание табл. 4.1

Номер вари- анта	$S_1/\cos\varphi_1$	$S_2/\cos\varphi_2$	$S_3/\cos\varphi_3$	$S_4/\cos\varphi_4$	$l_{A-1},$ км	$l_{1-2},$ км	$l_{2-3},$ км	$l_{3-4},$ км	$l_{A-3},$ км	$U_{н},$ кВ	$\Delta U_{доп},$ процент
26	800/0,8	700/0,7	600/0,8	400/0,8	5	3	3	5	6	35	5
27	1200/0,8	1500/0,9	1300/0,7	–	1,5	5	5	–	1	35	6
28	600/0,7	700/0,8	900/0,7	300/0,75	3	5	4	2	4	35	4,5
29	300/0,750	200/0,8	400/0,83	–	2	1,5	1,5	–	4	10	6
30	800/0,8	900/0,8	700/0,87	600/0,79	2	7	4	5	3	35	5,5
31	900/0,75	1200/0,69	1300/0,8	900/0,85	4	4,5	7	1	5	35	4
32	10/0,8	25/0,7	40/0,8	25/0,9	0,3	0,4	0,4	0,25	0,23	0,38	5
33	270/0,85	300/0,8	360/0,8	100/0,8	2	1,5	2	1,5	2,5	10	6
34	340/0,82	400/0,85	120/0,9	105/0,8	1,5	2,3	2,4	1,8	2	10	4,5
35	270/0,85	340/0,82	130/0,7	500/0,8	2,3	1,2	1,8	3	2,8	10	6
36	45/0,7	10/0,8	15/0,85	23/0,9	0,1	0,15	0,3	0,2	0,15	0,38	5,5
37	30/0,9	25/0,7	10/0,85	12/0,7	0,2	0,25	0,35	0,4	0,25	0,38	5
38	15/0,8	40/0,85	20/0,9	10/0,85	0,3	0,15	0,15	0,3	0,35	0,38	6
39	100/0,8	340/0,7	270/0,85	300/0,85	1	2	2	3	4	10	4,5
40	500/0,9	300/0,7	200/0,8	600/0,8	4	3	2	1	3,5	10	6
41	400/0,8	700/0,8	900/0,7	400/0,75	4	5	5	3	4,2	35	5,5
42	600/0,7	800/0,8	900/0,8	250/0,7	5	4	3	2	6	35	5
43	200/0,87	300/0,69	250/0,8	200/0,9	1,5	3	1,6	1,5	1,9	10	6
44	280/0,6	240/0,8	340/0,6	100	3	2	1	5	4	10	4,5
45	900/0,8	800/0,7	600/0,8	400/0,8	5	3	3	5	6	35	6
46	1100/0,8	1600/0,9	1300/0,7	–	1,5	5	5	–	1,9	35	5,5
47	650/0,7	800/0,8	990/0,7	300/0,75	3	5	4	2	3,5	35	6
48	400/0,750	300/0,8	300/0,83	–	2	1,5	1,5	–	2,8	10	4,5
49	900/0,8	1240/0,8	800/0,87	600/0,79	2	7	4	5	5	35	6
50	1000/0,75	1200/0,69	1300/0,8	900/0,85	4	4,5	7	1	3	35	4

Итоговый контроль выполнения РР – защита отчета по заданию в срок, предусмотренный графиком учебного процесса преподавателю, ведущему практические занятия по дисциплине.

4.2 Структура расчетной работы

1. Определить перетоки мощностей по участкам сети в нормальном режиме, найти точку токораздела.
 2. Определить перетоки мощностей при отключении головного участка А-1.
 3. Определить перетоки мощностей при отключении головного участка А-3.
 4. Выбрать площадь сечения провода.
 5. Выполнить проверку по длительно допустимому току.
 6. Выполнить расчет потерь напряжения в нормальном и аварийном режиме.
 7. По результатам расчета потерь напряжения в нормальном и аварийном режимах и при отключении головных участков выполнить окончательный выбор провода.
 8. Вычислить напряжения в узловых точках линии и построить кривые распределения напряжений по длине линии.
- Перед выполнением работы необходимо ознакомиться с материалами [1, с. 177–185, 211–217; 2, с. 39–54, 57–68].

4.3 Методические указания к выполнению расчетной работы

Замкнутой называют электрическую сеть, магистральные линии которой получают питание не менее чем с двух сторон. Простейшими замкнутыми сетями являются линии с двухсторонним питанием от двух источников, напряжения которых в общем случае могут отличаться по величине и фазе, и кольцевая сеть, питающаяся от одного источника (см. рисунок 4.1).

Если кольцевую сеть разрезать по источнику питания и развернуть, получим сеть с двухсторонним питанием, но одинаковым напряжением на концах. Расчет сложных замкнутых сетей поэтому, в конечном счете, сводится к расчету линии с двухсторонним питанием.

Мощность от источника питания А определяется по формуле

$$\dot{S}_{A-1} = \frac{\dot{U}_A - \dot{U}_B}{\dot{Z}_{AB}} \cdot U_H + \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot \dot{Z}_{iB}}{\dot{Z}_{AB}}. \quad (4.1)$$

В практических расчетах принимают, что напряжения источников питания равны между собой по абсолютному значению и совпадают по фазе, а все участки магистральной линии выполнены проводом одинакового сечения. В этом случае мощности, передаваемые из источников питания, определяются следующим образом:

$$\dot{S}_{A-1} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot l_{iB}}{L_{AB}}; \quad \dot{S}_{B-3} = \frac{\sum_{i=1}^n \dot{S}_i \cdot l_{iA}}{L_{AB}} \quad (4.2)$$

или отдельно для активной и реактивной составляющих мощности:

$$P_{A-1} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot l_{iB}}{L_{AB}}; \quad Q_{A-1} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot l_{iB}}{L_{AB}}; \quad (4.3)$$

$$P_{B-3} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot l_{iA}}{L_{AB}}; \quad Q_{B-3} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \cdot l_{iA}}{L_{AB}}, \quad (4.4)$$

т.е. мощности, вытекающие из источников А или В, равны сумме мощностей каждого потребителя, подключенного в i -м узле магистральной линии, умноженной на противоположное плечо (расстояние от потребителя до противоположного источника питания).

В формулах (4.3) и (4.4) исключены действия с комплексными числами, что значительно упрощает расчет.

4.4 Пример расчета замкнутой сети

Выполнить электрический расчет замкнутой сети напряжением 10 кВ для нормального и аварийного режима, схема сети приведена на рисунке 4.2. Мощности (в кВА) и длины (в км – подчеркнутая цифра) указаны на рисунке. Допустимая потеря напряжения в сети составляет 6%.

Решение

1. Выполнить электрический расчет – значит определить потери напряжения в сети при заданных сечениях проводов или выбрать сечения проводов линий при заданной допустимой потере напряжения.

Для определения потерь напряжения в сети надо определить потоки мощности по участкам, для этого преобразуем замкнутую сеть в линию с двухсторонним питанием.

Разрезаем замкнутую сеть по источнику питания и разворачиваем. Получаем схему сети, изображенную на рисунке 4.3.

По формулам (4.3) и (4.4) определяем значения активных и реактивных мощностей, вытекающих из источников питания А и А'.

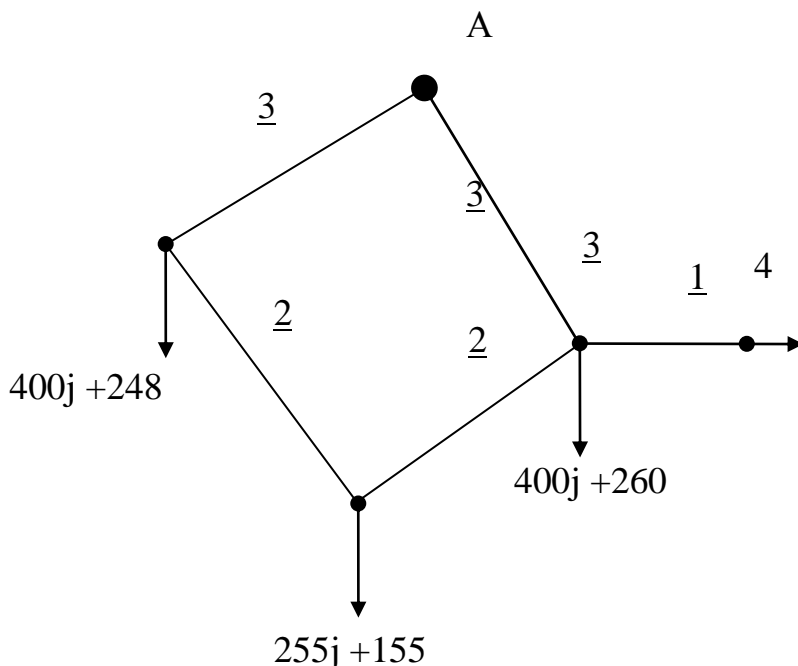


Рисунок 4.2 – Схема замкнутой сети к разделу 4.4

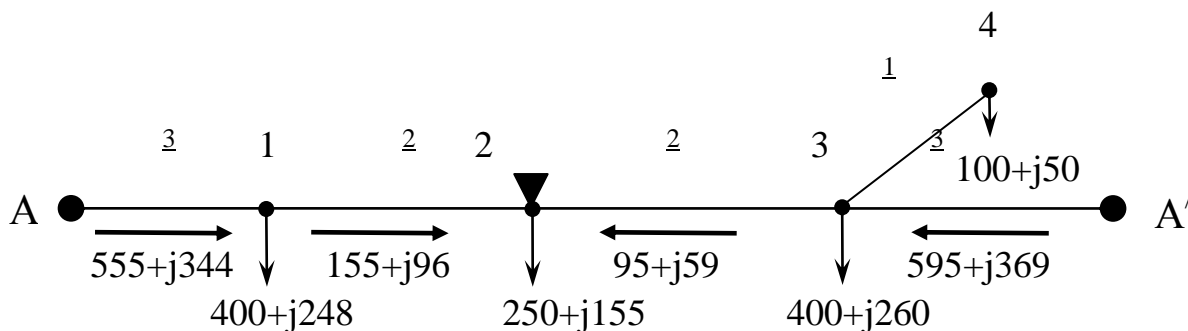


Рисунок 4.3 – Преобразование замкнутой сети в линию с двухсторонним питанием

$$\begin{aligned}
 P_{A-1} &= \frac{P_1 \cdot (l_{1-2} + l_{2-3} + l_{3-A'}) + P_2 \cdot (l_{2-3} + l_{3-A'}) + P_3 \cdot l_{3-A'}}{L_{A-B}} = \\
 &= \frac{400 \cdot (2 + 2 + 3) + 250 \cdot (2 + 3) + (400 + 100) \cdot 3}{3 + 2 + 2 + 3} = 555 \text{ кВт.}
 \end{aligned}$$

$$P_{A'-3} = \frac{P_3 \cdot (\ell_{3-2} + \ell_{2-1} + \ell_{1-A}) + P_2 \cdot (\ell_{2-1} + \ell_{1-A}) + P_1 \cdot \ell_{1-A}}{L_{A-B}} =$$

$$= \frac{(400 + 100) \cdot (2 + 2 + 3) + 250 \cdot (2 + 3) + 400 \cdot 3}{10} = 595 \text{ кВт}.$$

Аналогично вычисляем реактивные мощности

$$Q_{A-1} = \frac{248 \cdot (2 + 2 + 3) + 155 \cdot (2 + 3) + (260 + 50) \cdot 3}{10} = 344 \text{ квар}.$$

$$Q_{A'-3} = \frac{(260 + 50) \cdot (2 + 2 + 3) + 155 \cdot (2 + 3) + 248 \cdot 3}{10} = 369 \text{ квар}.$$

Если расчет мощностей источников выполнен правильно, сумма мощностей источников должна быть равна сумме мощностей потребителей. Выполним проверку:

$$P_{A-1} + P_{A'-3} = P_1 + P_2 + P_3 + P_4;$$

$$555 + 595 = 400 + 250 + 400 + 100;$$

$$1150 \text{ кВт} = 1150 \text{ кВт};$$

$$Q_{A-1} + Q_{A'-3} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4;$$

$$344 + 365 = 248 + 155 + 260 + 50;$$

$$713 \text{ квар} = 713 \text{ квар},$$

т.е. баланс активных и реактивных мощностей соблюдается.

2. Определяем значения мощностей на участках линии и находим точку токораздела, используя первый закон Кирхгофа.

К узлу 1 подтекает активная мощность P_{A-1} , а вытекают из него мощности P_1 и P_{1-2} . Так как сумма втекающих в узел токов (мощностей) равна сумме вытекающих токов (мощностей), по участку 1–2 передается мощность

$$P_{1-2} = P_{A-1} - P_1 = 555 - 400 = 155 \text{ кВт};$$

$$Q_{1-2} = Q_{A-1} - Q_1 = 344 - 248 = 96 \text{ квар}.$$

Аналогично для узла 3

$$P_{3-2} = P_{A'-3} - P_3 - P_4 = 595 - 400 - 100 = 95 \text{ кВт};$$

$$Q_{3-2} = Q_{A'-3} - Q_3 - Q_4 = 369 - 260 - 50 = 59 \text{ квар}.$$

К узлу 2 мощности подходят с двух сторон. Такие узлы называют точкой токораздела. Проверим баланс мощности в узле 2. Сумма подтекающих в узел мощностей

$$P_{1-2} + P_{3-2} = 155 + 95 = 250 \text{ кВт}$$

равна мощности, потребляемой в этом узле. Это относится и к реактивным мощностям

$$Q_{1-2} + Q_{3-2} = 96 + 59 = 155 \text{ квар.}$$

Положение точки токораздела отмечается заштрихованным треугольником: определив месторасположение точки токораздела, линию с двухсторонним питанием мысленно разрезают в этой точке и получают две радиальные линии с односторонним питанием (рисунок 4.4).

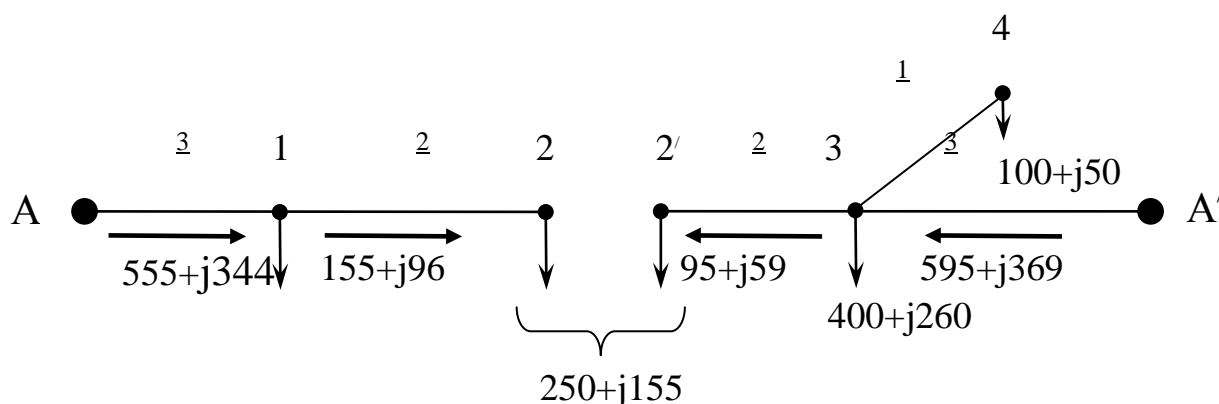


Рисунок 4.4 – Замена линии с двухсторонним питанием двумя разомкнутыми

3. Для сетей напряжением 10 кВ выбираем марку провода и площадь его сечения методом экономических интервалов.

Полная мощность на наиболее загруженном участке $A'-3$

$$S_{A'-3} = \sqrt{P_{A'-3}^2 + Q_{A'-3}^2} = \sqrt{595^2 + 369^2} = 700 \text{ кВт} \cdot \text{А.}$$

Определяем ток на этом же участке:

$$I_{A'-3} = \frac{S_{A'-3}}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{700}{\sqrt{3} \cdot 10} = 40,5 \text{ А.}$$

В соответствии с концепцией развития сельских электрических сетей, разработанной ОАО «РОСЭП» филиала «НТЦ электроэнергетики», в сетях 10 кВ для повышения механической прочности должны применяться провода марок АС, причем на магистральных линиях сечением не менее 70 мм^2 , а на отпайках – не менее 35 мм^2 .

$$S_{3-4} = \sqrt{100^2 + 50^2} = 111,8 \text{ кВА} ;$$

$$I_{3-4} = \frac{111,8}{\sqrt{3} \cdot 10} = 6,46 \text{ А} .$$

Поэтому для магистрали выбираем провод АС-70, а для участка 3–4 провод может быть другого сечения, так как это отпайка от магистральной линии, сечение которой не должно быть меньше 35 мм², принимаем провод А-35. Характеристики выбранных проводов занесем в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Характеристики проводов

Марка провода	r_o , Ом/км	x_o , Ом/км	$I_{\text{длит. доп. табл.}}$, А
АС-70	0,42	0,392	265
А-35	0,773	0,403	175

Здесь r_o , x_o определены по [1, прил. 1, 14, 15].

4. Проверяем выбранный провод по длительно допустимому нагреву.

Наибольшая мощность будет передаваться по любому из головных участков сети при отключении другого головного участка. Эта мощность равна сумме мощностей потребителей

$$S_{\text{макс}} = \sqrt{(400 + 250 + 400 + 100)^2 + (248 + 155 + 260 + 50)^2} = 1353 \text{ кВ} \cdot \text{А} .$$

$$I_{\text{макс}} = \frac{S_{\text{макс}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}}} = \frac{1353}{\sqrt{3} \cdot 10} = 78,21 \text{ А} .$$

По таблице определяем длительно допустимый ток для провода АС-70 [1, прил. 4]:

$$I_{\text{длит. доп. табл.}} = 265 \text{ А, т.е.}$$

$$I_{\text{длит. доп. табл.}} \succ I_{\text{макс}} .$$

По нагреву в аварийном режиме провод проходит

$$I_{\text{длит. доп. табл. АС-16}} = 111 \text{ А}$$

$$I_{\text{макс 3-4}} = \frac{\sqrt{100^2 + 50^2}}{\sqrt{3} \cdot 10} = 6,46 \text{ А} < 111 \text{ А} .$$

5. Проверяем выбранные провода по механической прочности.

Для магистральной линии 10 кВ сечение сталеалюминиевого провода по условиям механической прочности должно быть не менее 70 мм², а отпаяк – не менее 35 мм². Поэтому окончательно принимаем для линии эти провода. Проверку на нагрев с новыми проводами можно не делать, так как провода большего сечения имеют большие допустимые по нагреву токи [1, с. 177].

6. Проверяем выбранный провод по потерям напряжения в нормальном режиме работы.

Потери напряжения в линии А–2:

$$\Delta U_{1-2} = \frac{(P_{1-2} \cdot r_o + Q_{1-2} \cdot x_o) \cdot \ell_{1-2}}{U_H} = \frac{(155 \cdot 0,42 + 96 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 20,6 \text{ В};$$

$$\Delta U_{A-1} = \frac{(P_{A-1} \cdot r_o + Q_{A-1} \cdot x_o) \cdot \ell_{A-1}}{U_H} = \frac{(555 \cdot 0,42 + 344 \cdot 0,392) \cdot 3}{10} = 110,4 \text{ В}.$$

Потери напряжения от источника питания до точки токораздела

$$\Delta U_{A-2} = \Delta U_{1-2} + \Delta U_{A-1} = 20,6 + 110,4 = 131 \text{ В};$$

$$\Delta U_{A-2} \% = \frac{131}{10000} \cdot 100\% = 1,31\%.$$

Напряжения в узлах:

$$U_1 = U_H - \Delta U_{A-1} = 10000 - 110,4 = 9889,6 \text{ В};$$

$$U_2 = U_H - \Delta U_{A-1} - \Delta U_{1-2} = 10000 - 110,4 - 20,6 = 9869 \text{ В}.$$

Потери напряжения в линии А'–2':

$$\Delta U_{A'-3} = \frac{(595 \cdot 0,42 + 369 \cdot 0,392) \cdot 3}{10} = 118,4 \text{ В};$$

$$\Delta U_{3-2'} = \frac{(95 \cdot 0,42 + 59 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 12,6 \text{ В};$$

$$\Delta U_{3-4} = \frac{(100 \cdot 0,773 + 50 \cdot 0,403) \cdot 1}{10} = 9,8 \text{ В};$$

$$\Delta U_{A'-2'} = 118,4 + 12,6 = 131 \text{ В}.$$

Напряжения в узлах:

$$U_3 = 10000 - 118,4 = 9881,6 \text{ В};$$

$$U'_2 = U_2 = 10000 - 118,4 - 12,6 = 9869 \text{ В};$$

$$U_4 = 10000 - 118,4 - 9,8 = 9871,8 \text{ В.}$$

7. Определяем потери напряжения в аварийных режимах (например, при отключении источника A' или обрыве провода на участке $A'-3$).

Получим разомкнутую линию с питанием от источника A (рис. 4.5).

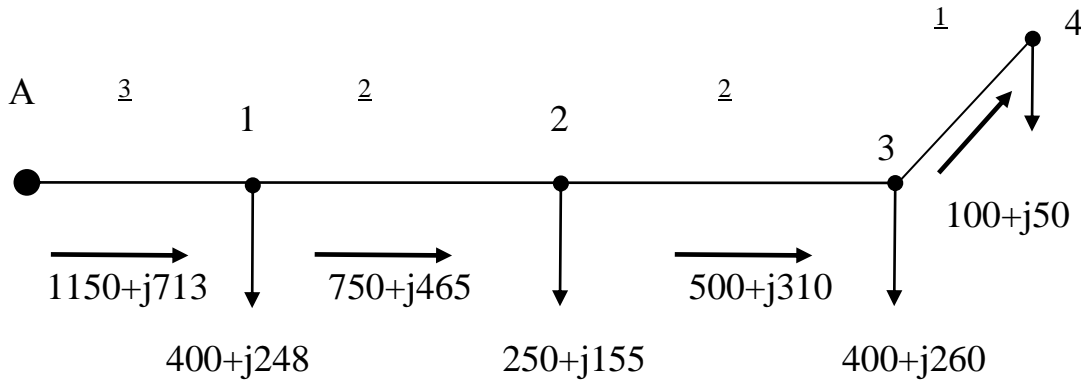


Рисунок 4.5 – Схема сети при отключении головного участка $A'-3$

Перетоки мощности по сети при отключении участка $A'-3$:

$$P_{3-4} = 100 + j50;$$

$$P_{2-3} = 400 + 100 + j260 + j50 = 500 + j310;$$

$$P_{1-2} = 500 + 250 + j310 + j155 = 750 + j465;$$

$$P_{A-1} = 750 + 400 + j465 + j248 = 1150 + j713.$$

На участке 3–4 потери напряжения не изменяются, так как по нему течет такой же ток, как и в нормальном режиме. По участкам магистральной линии токораспределение изменяется следующим образом:

$$\Delta U_{2-3} = \frac{(500 \cdot 0,42 + 310 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 66,3 \text{ В};$$

$$\Delta U_{1-2} = \frac{(750 \cdot 0,42 + 465 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 99,5 \text{ В};$$

$$\Delta U_{A-1} = \frac{(1150 \cdot 0,42 + 713 \cdot 0,392) \cdot 3}{10} = 228,8 \text{ В.}$$

Суммарная потеря напряжения до узла 3 магистральной линии

$$\Delta U_{A-3} = 66,3 + 99,5 + 228,8 = 394,6 \text{ В.}$$

До потребителя 4 $\Delta U_{A-4} = 394,6 + 9,8 = 404,4 \text{ В}$.

Напряжения в узлах линий:

$$\Delta U_1 = 10000 - 228,8 = 9771,2 \text{ В};$$

$$\Delta U_2 = 10000 - 228,8 - 99,5 = 9671,7 \text{ В};$$

$$\Delta U_3 = 10000 - 228,8 - 99,5 - 66,3 = 9605,4 \text{ В};$$

$$\Delta U_4 = 10000 - 228,8 - 99,5 - 66,3 - 9,8 = 9595,6 \text{ В}.$$

Определяем потери напряжения в послеаварийном режиме при отключении (обрыве провода) на головном участке А-1. Тогда получаем схему сети, изображенную на рисунке 4.6.

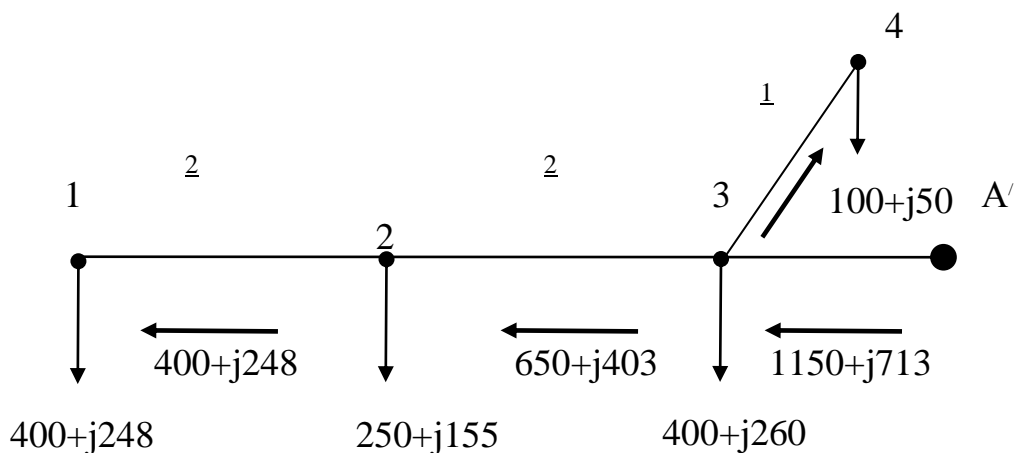


Рисунок 4.6 – Схема сети при отключении головного участка А-1

Перетоки мощности по сети при отключении участка А-1:

$$P_{3-4} = 100 + j50;$$

$$P_{2-1} = 400 + j248;$$

$$P_{3-2} = 400 + j248 + 250 + j155 = 650 + j403;$$

$$P_{A'-3} = 650 + j403 + 400 + j260 + 100 + j50 = 1150 + j713.$$

Потери напряжения на участках линии:

$$\Delta U_{2-1} = \frac{(400 \cdot 0,42 + 248 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 53 \text{ В};$$

$$\Delta U_{3-2} = \frac{(650 \cdot 0,42 + 403 \cdot 0,392) \cdot 2}{10} = 86,2 \text{ В};$$

$$\Delta U_{A'-3} = \frac{(1150 \cdot 0,42 + 713 \cdot 0,392) \cdot 3}{10} = 228,8 \text{ В}.$$

Суммарные потери на участке А–3:

$$\Delta U_{A-3} = 228,8 + 86,2 + 53 = 368 \text{ В.}$$

Напряжения в узлах:

$$\Delta U_1 = 10000 - 228,8 - 86,2 - 53 = 9632 \text{ В};$$

$$\Delta U_2 = 10000 - 228,8 - 86,2 = 9685 \text{ В};$$

$$\Delta U_3 = 10000 - 228,8 = 9771,2 \text{ В};$$

$$\Delta U_4 = 10000 - 228,8 - 9,8 = 9761,4 \text{ В.}$$

8. Строим график распределения напряжений в магистральной линии (см. рисунок 4.7).

Замечаем, что напряжения в узловых точках в режимах отключения одного из головных участков значительно ниже, чем в нормальном. Наибольшие потери напряжения возникают при отключении головного участка А'–3. Обычно считается, что при отключении одного из головных участков допускается снижение напряжения на 5% по сравнению с нормальным режимом работы сети. Определим снижение напряжения в узлах при отключении головного участка А'–3. по сравнению с нормальным режимом:

$$\Delta U_1 \% = \frac{9889,6 - 9771,2}{9889,6} \cdot 100 \% = 1,2 \% ;$$

$$\Delta U_2 \% = \frac{9869 - 9671,7}{9869} \cdot 100 \% = 2 \% ;$$

$$\Delta U_3 \% = \frac{9881,6 - 9605,4}{9881,6} \cdot 100 \% = 2,79 \% ;$$

$$\Delta U_4 \% = \frac{9871,8 - 9595,6}{9871,8} \cdot 100 \% = 2,8 \% .$$

Дополнительное снижение напряжения составляет не более 5% во всех точках сети, следовательно, провода выбраны правильно по условию потерь напряжения в нормальном и аварийном режимах.

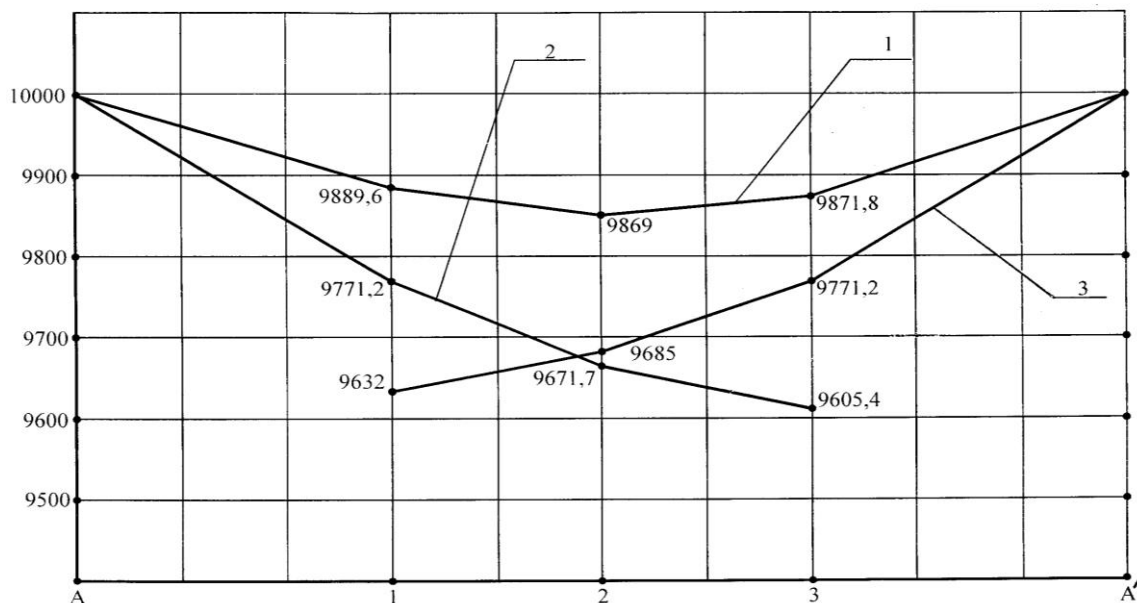


Рисунок 4.7 – График распределения напряжения в магистральной линии 10 кВ:
 1 – нормальный режим;
 2 – отключение головного участка A'-3;
 3 – отключение головного участка A-1.

4.5 График выполнения расчетной работы

Для повышения эффективности работы над расчетным заданием в таблице 4.3 приведен график его выполнения.

Таблица 4.3 – График выполнения расчетной работы

Содержание основных разделов расчетной работы	Номер недели	Доля от всей работы, процент	Объем выполненной работы, процент
1	2	3	4
Расчет перетоков мощностей по участкам сети в нормальном режиме, определение точки токораздела	8	20	20
Расчет перетоков мощностей при отключении головного участка A-1 и A-3	9	20	40
Выбор площади сечения проводов с проверкой по длительно допустимому току нагрузки	10	15	55
Расчет потерь напряжения в нормальном и аварийном режимах	11	20	75

1	2	3	4
Окончательный выбор площади проводов с учетом результатов расчета потерь напряжения в нормальном режиме и при отключении головных участков сети	12	8	83
Вычисление напряжения в узловых точках линии и построение кривых распределения напряжений по длине линии	13	7	90
Оформление расчетного задания	14	10	100
Защита расчетной работы	15		

4.6 Оформление расчетной работы

Расчетную работу необходимо оформить в виде расчетно-графической записки, объемом 10–12 страниц машинописного текста формата А4 (210×297 мм), включая рисунки и таблицы.

Записка подразделяется на разделы в соответствии с заданием. Титульный лист оформляется в соответствии с приложением Г.

На первой странице записки приводятся номер варианта задания и исходные данные для расчета.

В тексте записки должны быть приведены формулы для расчета. Численные значения в формулы подставляются в строгой последовательности с записью буквенных обозначений, после подстановки численных значений указывается результат расчета, промежуточные вычисления по формулам не приводятся. Количество значащих цифр, вычисления должны соответствовать точности исходных данных и не превышать трех значащих цифр после запятой. Расчеты выполняют в соответствии с правилами инженерных вычислений по правилам округлений.

Таблицы нумеруются в соответствии с номером раздела, каждая таблица должна иметь название.

Рисунки также должны быть пронумерованы в соответствии с номером раздела и сопровождаться подрисуночными подписями.

В конце записки необходимо привести список используемой литературы. Список составляют в порядке появления ссылок в тексте (ссылки обязательны) с указанием авторов, названия книги, издательства, года издания и числа страниц.

Листы записки должны быть пронумерованы и обязательно сброшюрованы.

5 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Одним из видов самостоятельной работы является выполнение курсового проекта (КП), которое рассчитано на 1,67 зачетной единицы (57 ч).

Особенностью курсового проекта является то, что решение прикладной задачи проектирования приводит к генерации новых знаний, что принципиально отличает курсовое проектирование от изучения теоретического материала и последующего простого воспроизводства полученных знаний в виде ответа на экзаменационный вопрос или тест.

Курсовой проект представляет собой единый завершённый учебный модуль, при выполнении которого студент преобразует накопленный объём знаний по дисциплине «Электроснабжение», а также в смежных дисциплинах в умение решать инженерные задачи, прививает навыки к самостоятельной творческой работе.

В процессе выполнения курсового проекта приобретаются навыки расчета электрических нагрузок, выбора электрооборудования, расчета нормальных и аварийных режимов работы. Рассматриваются основные положения по проектированию системы электроснабжения объекта в целом.

Тематика курсового проектирования – «Проектирование системы электроснабжения населенного пункта». Номер варианта выдается преподавателем на первой неделе обучения в 8-м семестре.

При выполнении курсового проекта особо приветствуется самостоятельный выбор темы студентом по реконструкции существующей системы электроснабжения реального объекта. Чаще всего это объект, на котором студент проходил практику или населенный пункт, где он проживает.

При выполнении курсового проекта по реальному объекту необходимо не позднее второй недели 8-го семестра согласовать тему проекта с преподавателем, ведущим курсовое проектирование по дисциплине. Для этого необходимо представить существующую схему электроснабжения объекта, указать проблемы, требующие решения, представить все имеющиеся по объекту материалы, составить совместно с преподавателем индивидуальный план работы.

5.1 Исходные данные для проектирования

Исходные данные задания формируются по номеру варианта, который состоит из трех цифр и задается преподавателем. Вариант формируется по данным таблиц 5.1–5.6.

Первый знак номера варианта определяет координаты объектов (план населенного пункта) в условных единицах; размер условной единицы составляет 40–50 м для сети 0,38 кВ.

В задании на курсовой проект предполагается, что объекты с номерами 01–10 – многоквартирные дома, с номерами 11–18 – двухквартирные, а с номерами 19–20 – четырехквартирные, остальные – это учреждения, производственные и бытовые предприятия. Их коды (шифр) определяют по второму знаку номера варианта и таблице 5.2. Наименование этих объектов и максимальную нагрузку на вводе определяют по приложению А.

Коды нагрузок (шифр) на вводе в дома или квартиры в многоквартирных домах в этих таблицах совпадают с кодами нагрузок, принятыми в практике проектирования электрических сетей сельскохозяйственного назначения, начинаются с цифры шесть и состоят из трех цифр.

По приложению А 5 принимают нагрузки на вводе в многоквартирный дом. Код нагрузки (шифр) многоквартирного дома задается преподавателем или определяется как сумма трех цифр номера варианта по двум последним цифрам кода нагрузки приложения А 5 путем добавления впереди получившегося кода цифры «6», в случае, если сумма трех цифр превышает число 20, цифры этого числа суммируются еще раз. Например, для варианта курсового проекта 534 код нагрузки на один дом или квартиру в многоквартирном доме – 612 ($5+3+4=12$), а при варианте 986 код нагрузки – 605 ($9+8+6=23$; $2+3=5$).

Для проектирования высоковольтных электрических сетей задается план расположения населенных пунктов по таблице 5.3. Здесь одна условная единица принимается равной 2–4 км. Расчетные данные дневных и вечерних нагрузок населенных пунктов приведены в таблицах 5.4–5.5. Прочерк в этих таблицах означает точку подключения трансформатора (трансформаторов) проектируемого населенного пункта. Знак * означает «потребитель первой категории».

Таблица 5.1 – Координаты объектов на плане населенного пункта (x; y) в условных единицах

Номер объекта	Первый знак номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
01	2;3	1;1	5;1	6;1	1;2	3;3	3;4	1;1	1;3	1;1
02	2;4	1;2	5;2	6;2	1;3	4;3	4;4	2;2	2;3	2;1
03	2;5	1;3	5;3	6;3	1;4	5;3	5;4	3;3	3;3	3;1
04	2;6	1;4	5;4	6;4	1;5	6;3	6;4	4;4	4;3	4;1
05	2;7	1;5	5;5	6;5	1;6	7;3	7;4	5;4	5;3	5;1
06	2;8	1;6	5;6	6;6	1;7	8;3	8;4	6;5	8;3	6;1
07	2;9	1;7	5;7	6;7	1;8	9;3	9;5	9;5	9;3	7;1
08	2;10	1;8	5;8	6;16	1;9	10;3	12;4	8;6	10;3	8;1
09	2;11	1;9	5;9	6;17	1;10	11;3	13;4	9;6	13;3	9;1
10	2;12	1;10	5;10	6;18	3;2	12;3	14;4	10;7	14;3	10;1
11	2;13	1;12	5;20	6;19	3;3	5;5	15;4	13;7	13;4	11;1
12	2;14	1;14	5;21	6;20	3;4	6;5	16;4	14;7	13;5	12;1
13	2;15	1;16	5;22	6;21	3;5	7;5	17;4	15;7	13;6	13;1
14	2;16	1;20	5;23	6;22	3;6	8;5	18;4	16;7	13;7	14;1
15	2;18	1;19	5;19	6;8	3;7	9;5	5;6	17;7	13;8	15;1
16	2;20	1;18	5;18	6;9	3;8	10;5	6;6	18;7	7;5	16;1
17	2;22	1;17	5;17	6;10	3;9	12;5	7;6	12;9	6;6	17;1
18	2;24	3;3	5;16	6;11	3;10	13;5	12;6	8;9	5;7	3;3
19	2;26	3;4	5;14	6;13	3;12	14;5	13;6	16;9	4;8	4;3
20	2;28	3;6	5;12	6;15	3;14	16;5	14;6	18;9	3;9	6;3
21	4;7	3;12	15;3	1;3	5;16	15;3	10;3	4;9	3;1	12;3
22	6;7	3;14	16;3	1;4	3;15	16;3	11;2	3;9	4;1	14;3
23	8;7	3;16	18;3	1;7	3;16	18;3	12;1	8;7	7;1	16;3
24	10;11	3;17	6;1	1;9	6;1	1;6	14;1	2;6	9;1	17;3
25	11;14	3;18	6;2	1;10	13;2	2;6	13;2	1;4	10;1	18;3
26	15;18	6;7	6;3	1;13	5;8	3;6	5;8	1;5	13;1	7;6
27	3;8	6;9	6;4	1;14	10;6	4;6	10;6	6;9	14;1	9;6
28	4;17	7;9	6;5	1;15	9;7	2;9	9;7	4;7	15;1	9;7
29	6;10	8;6	9;2	1;16	8;8	8;8	8;8	14;9	16;1	6;9
30	20;20	9;13	8;8	1;18	7;9	6;9	7;9	13;9	18;1	13;9

Таблица 5.2 – Коды производственных, общественных и коммунально-бытовых потребителей
в населенном пункте

Номер объекта	Второй знак номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
21	104	110	113	136	500	139	311	155	314	139
22	118	113	113	133	512	155	565	170	525	170
23	132	117	117	341	518	170	314	139	518	370
24	139	132	132	354	525	379	560	370	512	155
25	155	199	133	337	539	353	539	353	565	353
26	379	339	181	368	550	376	525	337	550	386
27	353	376	379	199	314	337	518	386	500	337
28	368	550	353	172	565	386	512	376	551	339
29	386	560	386	339	560	339	500	339	525	376
30	311	562	376	386	311	199	550	199	560	199

Таблица 5.3 – Координаты (x; y) населенных пунктов

Номер населенного пункта	Первый знак номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	2;4	1;5	13;8	8;9	3;3	3;8	8;5	9;4	18;1	17;7
2	3;3	2;4	13;6	9;9	4;2	6;9	7;6	13;1	11;1	16;6
3	2;6	3;2	14;8	8;7	5;1	9;7	5;7	6;2	7;4	17;6
4	4;5	4;1	15;9	10;9	6;1	9;8	3;7	3;1	6;3	17;5
5	5;2	5;1	16;8	10;6	8;2	10;6	2;6	6;4	6;2	18;4
6	7;1	6;2	15;7	12;6	9;3	11;5	5;6	1;3	5;1	17;3
7	6;4	8;2	16;6	13;8	10;3	14;4	7;4	2;5	3;2	15;2
8	8;3	11;3	14;5	14;6	11;3	16;3	9;4	3;6	1;1	14;2
9	9;2	12;4	17;7	16;7	12;4	17;5	11;5	5;7	2;3	13;1
10	11;1	13;5	18;6	1;4	12;5	18;7	11;6	3;7	5;5	11;1
11	12;3	16;6	16;4	13;3	13;5	15;7	15;6	4;8	1;7	12;2
12	10;4	18;7	17;5	13;4	13;6	16;8	12;7	5;9	3;9	14;4
13	8;5	14;8	14;2	16;3	14;7	15;9	13;8	3;9	3;7	15;3
14	7;6	11;7	17;2	17;2	15;8	14;8	16;9	1;8	5;7	15;5
15	5;8	8;7	18;1	18;3	16;9	13;7	17;9	12;1	6;7	16;5

Таблица 5.4 – Расчетные дневные P_d нагрузки, кВт, населенных пунктов

Номер населенного пункта	Второй знак номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	260	280	280	200	250	140	250	210	280	280*
2	200	150*	160	280	–	170*	300	230	240	170
3	280	360	380	–	300	300	180	160*	300	–
4	300*	260	420	420	280	280	170	180	240	240
5	180	180	450	300*	420	200	160*	280	160	200
6	150	280	280	480	300	–	160	220	170	300
7	270	280	160	300	180	270	140	300	270	160
8	300	200	300	400	380	200	200	320	280	250
9	–	140	–	420	300	300	280	150	–	160
10	150	–	200	350	150	280	160	230	280*	270
11	180	250	150	250	170*	360	200	–	160	150
12	170	300	140	150	300	420	250	230	300	300
13	380	150	250	250	170	160	240	320	260	200
14	180	250	280*	280	270	250	280	170	80	400
15	140	170	170	360	280	300	–	160	280	150

Таблица 5.5 – Расчетные вечерние P_B нагрузки, кВт, населенных пунктов

Номер населенного пункта	Второй знак номера варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	80	160	300	160	160	320	150	210	210	180*
2	160	120*	270	70	–	420*	280	320	230	170
3	300	80	160	–	180	340	230	230*	360	–
4	340*	180	480	480	480	70	200	160	180	300
5	160	70	360	340*	340	480	160*	210	80	150
6	120	300	70	360	460	–	180	280	120	270
7	210	200	80	230	230	180	280	270	300	380
8	–	160	340	160	230	300	230	150	320	410
9	230	230	–	120	160	230	250	160	–	200
10	180	–	160	120	120	160	300	200	230*	420
11	120	340	120	180	120*	210	100	–	180	230
12	210	180	150	320	180	300	360	230	280	270
13	200	180	320	200	320	210	270	320	270	300
14	160	210	200*	80	200	280	320	150	170	180
15	150	520	210	140	80	70	–	170	160	160

Таблица 5.6 – Условия электроснабжения района

Номер варианта (третий знак)	Связь с системой		Число часов использования максимума нагрузки Тм, ч	Мощность короткого замыкания (Skз), МВА на шинах питающей подстанции	Уровень напряжения, процент, относительно номинального напряжения сети	
	Расстояние до шин подстанции 35 или 110 кВ, км	Марка провода			при максимальной нагрузке (100%)	при минимальной нагрузке (25%)
2	23	АС-70	3200	350	+3	-1
3	30	АС-150	3700	290	+4	-3
4	25	АС-180	3900	400	+3	-4
5	27	АС-120	4200	410	+5	-1
6	40	АС-70	3500	900	+2	-1
7	15	АС-150	3600	1000	+1	0
8	22	АС-180	4300	1200	+5	0
9	35	АС-95	4100	240	+2	-1
0	25	АС-95	3800	250	+1	0

Пример формирования варианта исходных данных

В таблицах 5.7–5.9 приведено полное задание на проектирование системы электроснабжения населенного пункта на примере варианта 119, сформированное по рассмотренным выше правилам.

Таблица 5.7 – Исходные данные по населенному пункту для варианта 119 (1 у. е. = 40 м)

Код	Наименование объектов	Координаты x; y, у. е.	$P_{м.д.}$, кВт	$P_{м.в.}$, кВт
1	2	3	4	5
611	Одноквартирный жилой дом	2; 3	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 4	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 5	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 6	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 7	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 8	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 9	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 10	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 11	0,9	2,0
611	Одноквартирный жилой дом	2; 12	0,9	2,0
611	Двухквартирный жилой дом	2; 13		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 14		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 15		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 16		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 18		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 20		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 22		
611	Двухквартирный жилой дом	2; 24		
611	Четырехквартирный жилой дом	2; 26		
611	Четырехквартирный жилой дом	2; 28		
104*	Коровник привязного содержания с механизированной уборкой навоза на 100 голов	4;7	4	4
118	Телятник с доильным отделением на 120 телят	6;7	5	8
132	Кормоцех фермы КРС на 800–1000 голов	8;7	50	50
139	Свинарник-маточник (подвесная дорога) на 50 маток, с электрообогревом	10; 11	28	28
155	Птичник на 8000 кур	11; 14	25	25

1	2	3	4	5
379	Центральная ремонтная мастерская на 25 тракторов	15; 18	45	25
353	Маслобойка	3; 8	10	1
368	Кирпичный завод на 1– 1,5 млн кирпича в год	4; 17	20	6
386	Котельная « Универсал- б» с 4 котлами для отопления и горячего водоснабжения	6; 10	28	28
311	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 500 т	20; 20	10	5

Таблица 5.8 – Исходные данные по району для варианта 119

Координаты x; y, (1 у. е. = 2 км)	$P_{м.д.}$, кВт	$P_{м.в.}$, кВт
2;4	260	80
3;3	200	160
2;6	280	300
4;5	300*	340*
5;2	180	160
7;1	150	120
6;4	270	210
8;3	–	–
9;2	300	230
11;1	150	180
12;3	180	120
10;4	170	210
8;5	380	200
7;6	180	160
5;8	140	150

Примечание: Населенный пункт б, нагрузки которого не указаны, является проектируемым поселком, данные по величине нагрузок для него определяются расчетом. Если в населенном пункте проектируется более одной подстанции в качестве суммарной нагрузки, необходимо считать суммарную мощность всех подстанций.

Таблица 5.9 – Исходные данные условий электроснабжения района для варианта 119

Расстояние от места присоединения к сети 35 или 110кВ, км	$T_{м,ч}$	$S_{к.з.}$ на шинах, МВ·А	Уровень напряжения, процент, относительно номинального напряжения сети	
			при максимальной нагрузке (100%)	при минимальной нагрузке (25%)
35	4100	240	+2	-1

5.2 Структура курсового проекта

Расчетно-пояснительная записка должна состоять из следующих разделов.

Введение.

1 Проектирование системы электроснабжения населенного пункта на напряжении 0,4 кВ.

1.1 Исходные данные для проектирования сетей системы электроснабжения населенного пункта.

1.2 Генеральный план поселка (населенного пункта) в соответствии с заданными координатами объектов. На генеральном плане указать расчетные нагрузки на вводе потребителей.

1.3 Определение числа и места расположения трансформаторных подстанций.

1.4 Выбор мощности трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ.

1.5 Определение допустимой потери напряжения.

1.6 Выбор проводов сети 0,38кВ.

1.7 Расчет электрической сети населенного пункта по потерям напряжения.

1.8 Проверка сети на колебания напряжения при пуске двигателя.

2 Проектирование электрических сетей района.

2.1 Исходные данные для проектирования системы электроснабжения района. План расположения населенных пунктов с указанием максимальной нагрузки каждого.

2.2 Определение места расположения районной трансформаторной подстанции.

2.3 Определение расчетных нагрузок сети 10 кВ.

2.4 Выбор мощности двухтрансформаторной (однотрансформаторной) подстанции 35–110/10 кВ.

2.5 Выбор площади сечения проводов распределительной сети 10 кВ.

2.6 Определение потерь напряжения в сети 10 кВ.

2.7 Определение потерь энергии в электрической сети 10 кВ.

2.8 Проверка распределительной сети 10 кВ по отклонениям напряжения.

3 Расчет токов короткого замыкания.

3.1 Расчет токов трехфазного короткого замыкания в сети 0,38 и 10 кВ.

3.2 Расчет токов однофазного короткого замыкания в сети 0,38 кВ.

4 Выбор электрической аппаратуры.

5 Расчет заземляющих устройств подстанции 10/0,4 кВ.

Заключение.

Графическая часть проекта состоит из 4 листов:

1. Система электроснабжения населенного пункта, приведенная на его генеральном плане.

2. Схема электроснабжения района.

3. Схема электрических соединений одной из подстанций 10/0,4 кВ.

4. План и схема подключения подстанции 10/0,4 кВ к сетям 0,38 и 10 кВ.

Содержание основных разделов и график выполнения курсового проекта приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – График выполнения курсового проекта

Содержание основных разделов проекта	Номер недели	Доля от всей работы, процент	Объем выполненной работы, процент
1	2	3	4
Введение			
Проектирование системы электроснабжения населенного пункта на напряжении 0,4 кВ	5	25	25
Исходные данные для проектирования сетей системы электроснабжения населенного пункта. Генеральный план поселка (населенного пункта) в соответствии с заданными координатами объектов	1	3	3

Окончание табл. 5.10

1	2	3	4
Определение числа и места расположения трансформаторных подстанций. Выбор мощности трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ	2	7	10
Определение допустимой потери напряжения	3	3	13
Выбор проводов сети 0,38 кВ	4	5	18
Расчет электрической сети населенного пункта по потерям напряжения	5	7	25
Проектирование электрических сетей района	9	20	45
Составление плана района и определение места расположения районной трансформаторной подстанции	6	4	29
Расчет электрических нагрузок подстанции и выбор мощности трансформаторов	7	5	34
Выбор площади сечения проводов распределительной сети 10 кВ. Определение потерь напряжения в сети 10 кВ	8	5	39
Определение потерь энергии в электрической сети 10 кВ. Проверка распределительной сети 10 кВ по отклонениям напряжения	9	6	45
Расчет токов короткого замыкания	11	15	60
Расчет токов трехфазного короткого замыкания в сети 0,38 и 10 кВ	10	10	55
Расчет токов однофазного короткого замыкания в сети 0,38 кВ	11	5	60
Выбор электрической аппаратуры	12	15	75
Расчет заземляющих устройств подстанции 10/0,4 кВ	13	5	80
Оформление расчетно-пояснительной записки и выполнение графической части проекта	15	20	100
Схема электроснабжения населенного пункта и района	14	10	90
Схема электрических соединений и подключение подстанции	15	10	100
Подготовка к защите и защита курсового проекта	16		

5.3. Методика выполнения курсового проекта

Курсовой проект следует выполнять в соответствии с рекомендациями, приведенными в литературе [1–4].

Вопросы проектирования системы электроснабжения применительно к населенному пункту со всеми необходимыми примерами, выкладками и пояснениями рассмотрены наиболее подробно в литературе [4]. Здесь приведены примеры расчета электрических нагрузок, выбора числа и мощности трансформаторов подстанции, сечения проводов, расчета токов короткого замыкания, составления схемы замещения и расчет ее параметров, выбора электрооборудования и расчета контура заземления подстанций 10/0,4 и 35/10 кВ.

5.4 Требования по оформлению курсового проекта

Курсовой проект должен содержать расчетно-пояснительную записку объемом 40–50 страниц.

Оформление курсового проекта должно быть выполнено с соблюдением требований стандарта предприятия, изложенных в литературе [9].

5.5 Защита курсового проекта

Защита курсового проекта проходит в публичной форме в сроки, предусмотренные графиком учебного процесса.

Применение для публичной защиты материалов в виде презентации, а также использование любых информационных технологий сетевого характера не освобождает студента от предоставления твердой и электронной копии текстового документа.

Решение об итоговой аттестации принимается только после представления отчетной работы в полном объеме не позднее установленного срока и в установленной форме.

5.6 Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта

1. Способы и методы расчета электрических нагрузок.
2. Выбор проводов сельских электрических сетей.
3. Конструкции сетей напряжением 0,4–110 кВ, их достоинства и недостатки типы проводов, опор, изоляторов, радиальные, замкнутые и магистральные сети.

4. Режимы работы нейтралей электрических сетей.
5. Определение потерь напряжения в сети.
6. Определение допустимых потерь напряжения.
7. Выбор числа и мощности трансформаторов понизительных подстанций.
8. Методы расчета потерь энергии в сети.
9. Расчет токов короткого замыкания (трехфазного, однофазного, двухфазного).
10. Выбор электрооборудования, проверка на электродинамическую и термическую стойкость.
11. Схемы электрических соединений трансформаторных подстанций 10/0,4 кВ; 35–110/10 кВ.
12. Назначение оборудования, использованного в проекте (разъединителей, предохранителей, выключателей, измерительных трансформаторов, ограничителей перенапряжения, автоматических выключателей, разрядников и пр.).
13. Принцип работы оборудования, примененного в проекте (разъединителей, предохранителей, выключателей, измерительных трансформаторов, ограничителей перенапряжения, автоматических выключателей, разрядников и пр.).
14. Расшифровка буквенных обозначений оборудования, примененного в проекте.
15. Оценка потерь напряжения в сети.
16. Оценка потерь активной мощности и энергии.
17. Выбор способов регулирования напряжения в сети.
18. Методы снижения потерь энергии и потерь напряжения в сети.
19. Способы повышения надежности электроснабжения сельских потребителей.
20. Назначение, устройство и принцип работы заземляющего контура подстанции.

6 РЕАЛИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

В настоящее время для оценки успешности освоения студентами учебных дисциплин используется Европейская система переноса и накопления зачетных единиц. В соответствии с ней трудоемкость всех видов учебной работы в планах бакалавров и специалистов устанавливается в зачетных единицах, при этом принимается, что одна зачетная единица равна 36 академическим часам общей трудоемкости.

Зачетная единица является условным параметром, рассчитываемым на основе экспертных оценок совокупных трудозатрат среднего студента, необходимых для достижения целей обучения.

Оценка уровня освоения дисциплины в соответствии с Европейской системой осуществляется по 100-балльной шкале.

В таблице 6.1 приведен перевод баллов 100-балльной шкалы Европейской системы в традиционные оценки при использовании модульно-рейтинговой системы обучения.

Таблица 6.1 – Перевод баллов 100-балльной шкалы в оценки по традиционной шкале

Оценка в 100-балльной шкале	Оценка в традиционной шкале
84–100	5 (отлично)
67–83	4 (хорошо)
50–66	3 (удовлетворительно)
0–49	2 (неудовлетворительно)

Графики самостоятельной работы студентов по семестрам при изучении дисциплины «Электроснабжение» приведены в таблицах 6.2 и 6.3.

Для контроля качества работы студента в течение семестра используется промежуточная аттестация. В течение семестра студент

обязан выполнить минимум работы, предусмотренный графиком учебного процесса и самостоятельной работы по дисциплине «Электроснабжение».

Текущая работа в семестре составляет 60%, оценка на экзамене (зачете) – 40%.

В 7-м семестре в случае своевременного выполнения всех заданий (если за семестр получено 60 баллов) зачет выставляется автоматически (сумма 100 баллов).

В 8-м семестре для допуска к экзамену необходимы выполнение курсового проекта и отработка всех лабораторно-практических занятий.

В таблицах 6.2–6.3 итоговые баллы рассчитаны по следующим весовым коэффициентам:

- участие в аудиторном занятии (посещение лекции, лабораторно-практического занятия) – 0,4 балла за одно занятие. Сумма баллов в семестре за посещение лекций: $0,4 \times \text{количество занятий}$;

- подготовка к занятиям, решение задач, составление и защита отчетов – 0,9 балла за одно занятие. Сумма баллов в семестре за защиту лабораторных работ, решение задач: $0,9 \times \text{количество занятий}$;

- выполнение РР – 9,6 балла;

- выполнение КП – 26,4 балла.

В зачетку выставляется итоговая средневзвешенная оценка по дисциплине и оценка за курсовой проект.

Таблица 6.2 – График самостоятельной работы и контроля знаний студентов в 7-м семестре по дисциплине «Электроснабжение»

Нагрузка студента по дисциплине			Недели учебного процесса 7-го семестра																	Сумма баллов		
Обозначение	АР, ч	СРС, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
ТО	17	8,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0-6,8	
	посещение, балл		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4
ЛПЗ	34	21,5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0-13,6	
	посещение, балл		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,4
	РЗ, ЗЛР, балл		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		0,9
РР	–	9							ВРР	X	X	X	X	X	X	X	ЗРР				0-9,6	
	выполнение, балл										1,92	3,84	5,28	7,2	7,97	8,64	9,6					
Итого	51	39	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0-60	

Условные обозначения в таблицах 6.2 – 6.3:

АР – аудиторная работа;

СРС – самостоятельная работа;

ТО – теоретическое обучение (посещение и подготовка к лекциям, углубленное самостоятельное изучение отдельных вопросов);

ЛПЗ – лабораторно-практические занятия;

РР – расчетная работа;

РЗ – решение задач;

ЗЛР – защита лабораторных работ;

ВРР – выдача задания на расчетную работу;

ЗРР – защита расчетной работы

X – подготовка к лекциям, лабораторно-практическим занятиям, выполнение расчетной работы.

Таблица 6.3 – График самостоятельной работы и контроля знаний студентов в 8-м семестре по дисциплине «Электроснабжение»

Нагрузка студента по дисциплине			Недели учебного процесса 8-го семестра																Сумма баллов	
Обозначение	АР, ч	СРС, ч	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
ТО	16	8	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	посещение, балл		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0–6,4
ЛПЗ	32	13	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
	посещение, балл		0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0–12,8
	РЗ, ЗЛР, балл		0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0–14,4
КП	–	57	ВКП	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	ЗКП	
	Выполнение балл			0,79	2,64	3,43	4,75	6,6	7,66	9	10,3	11,9	14,5	19,8	21,2	23,7	26,4		0–26,4	
Итого	48	78																	0–60	

Условные обозначения :

АР – аудиторная работа;

СРС – самостоятельная работа;

ТО – теоретическое обучение (посещение и подготовка к лекциям, углубленное самостоятельное изучение отдельных вопросов);

ЛПЗ – лабораторно-практические занятия;

КП – курсовой проект;

РЗ – решение задач;

ЗЛР – защита лабораторных работ;

ЗКП – защита курсового проекта.

ВКП – выдача курсового проекта;

X – подготовка к лекциям, лабораторно-практическим занятиям, выполнение расчетной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лещинская Т.Б., Наумов И.В. Электроснабжение сельского хозяйства. – М.: КолосС, 2008. – 655 с.
2. Костюченко Л.П., Чебодаев А.В. Электроснабжение [Электронный ресурс]. – Красноярск, 2005. – 695 с.
3. Костюченко Л.П., Чебодаев А.В. Электроснабжение: учеб. пособие. – Красноярск, 2006. – 347 с.
4. Костюченко Л.П., Чебодаев А.В. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп. – Красноярск, 2005. – 184 с.
5. Зубова Р.А., Костюченко Л.П. Перенапряжения и защита от них: учеб.-метод. пособие для самоств. работы. – Красноярск, 2008. – 75 с.
6. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Основы электроснабжения. – М.: Лань, 2012. – 432 с.
7. Костюченко Л.П. Имитационное моделирование систем сельского электроснабжения в программе MATLAB: учеб. пособие. – Красноярск, 2012. – 215 с.
8. Матюшев В.В., Бастрон Т.Н., Шатурина Л.П. Положение по оформлению текстовой и графической части учебных и научных работ (общие требования). – Красноярск, 2007. – 76 с.
9. Герасименко А.А., Федин В.Т. Передача и распределение электрической энергии: учеб. пособие. – М., 2012. – 648 с.
10. Фадеева Г.А., Федин В.Т. Проектирование распределительных электрических сетей: учеб. пособие. – Минск: Выш. шк., 2009. – 365 с.
11. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – М., 2005. – 320 с.
12. Железко Ю.С., Артемьев А.В., Савченко О.В. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. – М., 2004. – 289 с.
13. Макаров Е.Ф. Справочник по электрическим сетям 0,4–35 кВ и 110–1150. – М.: Энергия, 2006. – 624 с.
14. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М., 2008. – 288 с.
15. Новости электротехники: электронный информационно-практический журнал news.eltex.ru.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Электрические нагрузки производственных, общественных и коммунально-бытовых потребителей

Таблица А 1 – Электрические нагрузки животноводческих
комплексов и ферм

Шифр	Наименование объекта	Р _{МД}	Р _{МВ}
1	2	3	4
1	Свиноферма Откорм свиней на 4000 голов	75	45
2	на 6000 голов	120	65
3	на 8000 голов	185	105
4	на 10000 голов	240	120
5	Выращивание и откорм свиней (с законченным циклом) на 3000 голов	105	65
6	на 4000 голов	120	90
7	на 6000 голов	150	105
8	на 8000 голов	185	120
9	на 10000 голов	300	150
10	на 12000 голов	420	310
11	на 24000 голов	560	420
12	на 54000 голов	700	520
13	на 108000 голов	1250	900
14	Откорм свиней с электрообогревом молодняка на 3000 голов	185	145
15	на 4000 голов	220	185
16	на 6000 голов	280	230
17	на 8000 голов	370	270
18	на 10000 голов	550	370
19	на 12000 голов	735	460
20	Репродукторная свиноферма на 200 маток	65	35
21	на 400 маток	90	50
22	Молочная ферма КРС Производство молока 200 коров	35	25
23	400 коров	105	105
24	600 коров	140	140
25	800 коров	165	165
26	1000 коров	180	180
27	1200 коров	220	220

Продолжение табл. А 1

1	2	3	4
28	1600 коров	300	300
29	2000 коров	375	375

30	Площадка по откорму КРС на 5000 голов	300	260
31	на 10000 голов	450	340
32	Площадка по откорму КРС на 1000 голов	40	25
33	на 2000 голов	75	45
34	на 3000 голов	120	60
35	на 4000 голов	140	75
36	на 6000 голов	155	90
37	на 10000 голов	175	110
38	на 20000 голов	270	190
39	на 30000 голов	335	225
40	Площадка по выращиванию нетелей на 3000 голов	320	200
41	на 6000 голов	480	320
42	Птицефабрика по производству яиц на 200 тыс. кур-несушек	1350	1350
43	на 400 тыс. кур-несушек	1850	1850
44	Птицефабрика мясного направления на 250 тыс. бройлеров	230	230
45	на 500 тыс. бройлеров	400	400
46	Птицеферма на 10 тыс. кур-несушек	55	55
47	на 20 тыс. кур-несушек	110	110
48	на 30 тыс. кур-несушек	150	150
49	на 40 тыс. кур-несушек	180	180
50	на 50 тыс. кур-несушек	280	280
51	Птицефабрика мясного направления на 250 тыс. индюшек	1450	1450
52	на 500 тыс. индюшек	2050	2050
53	на 1000 тыс. индюшек	2500	2500
54	Птицефабрика на 500 тыс. гусят в год	3210	3200
55	Птицефабрика по выращиванию и откорму индюшат 50 тыс. в год (без инкубаторов)	110	110
56	100 тыс. в год (с инкубаторами)	395	395
57	Птицеферма на 125 тыс. гусят-бройлеров с родительским стадом	800	800
58	без родительского стада	170	170
59	Ферма по выращиванию уток на 12 тыс. утят	35	35

Окончание табл. А 1

1	2	3	4
60	на 15 тыс. утят	45	45
61	на 30 тыс. утят	75	75
62	на 65 тыс. утят	90	90

63	на 125 тыс. утят	95	95
64	Овцеводческая ферма с полным оборотом стада на 2400 овцематок	145	145
65	на 4000 овцематок	180	180
66	на 5000 овцематок	240	240
67	Овцеводческие племенные фермы на 5000 маток	370	370
68	на 10000 маток	630	630
69	Овцеферма на 5000 овец	8	15
70	на 10000 овец	10	20
71	на 15000 овец	13	25
72	Кролеферма (содержание в открытых шедах) на 1200 маток	60	660
73	на 2400 маток	135	135
74	Звероферма (песцовая, лисья, соболиная) на 1500–1800 самок	10	10
75	Кумысная ферма на 50 кобылиц	20	25
76	на 100 кобылиц	25	20
77	на 150 кобылиц	35	40

Таблица А 2 – Электрические нагрузки животноводства и птицеводства

Шифр	Наименование объекта	Р _{мд}	Р _{мв}
1	2	3	4
100	Коровник без механизации процессов на 100 коров	4	4
101	на 200 коров	6	6
102	то же, с электроводонагревателем на 100 коров	10	10
103	на 200 коров	18	18
104	Коровник привязного содержания с механизированной уборкой навоза на 100 коров	4	4
105	на 200 коров	6	6
106	то же, с электроводонагревателем на 100 коров	9	9
107	на 200 коров	15	15
108	Коровник привязного содержания с механизированной уборкой навоза, доением и электроводонагревателем на 100 коров	10	10

Продолжение табл. А 2

1	2	3	4
109	на 200 коров	17	17
110	на 400 коров	45	45
111	Коровник беспривязного содержания на 400 коров	5	5
112	на 600 коров	7	7
113	Помещение для ремонтного и откормочного молодняка	1	3

	на 170–180 голов		
114	на 240–260 голов	3	5
115	то же, с механизированной уборкой навоза на 170–180 голов	4	7
116	на 240–260 голов	5	8
117	на 300–330 голов	7	13
118	Телятник с доильным отделением на 120 телят	5	8
119	на 230 телят	6	10
120	на 340 телят	7	12
121	Родильное отделение с профилакторием на 48 мест	20	20
122	на 72 места	27	27
123	на 96 мест	30	30
124	Родильное отделение на 48 мест	6	6
125	на 96 мест	12	12
126	на 144 места	20	20
127	Летний лагерь КРС на 200 голов	12	12
128	на 400 коров	15	15
129	то же, с молочным блоком на 200 коров	13	14
130	на 400 коров	18	19
131	Летний лагерь молодняка КРС на 400–500 голов	1	5
132	Кормоцех фермы КРС на 800–1000 голов	50	50
133	Молочный блок при коровнике на 3 т/сут	15	15
134	на 6 т/сут	45	20
135	Кормоприготовительная при коровнике	6	6
136	Свинарник-маточник (подвесная дорога) на 50 маток	2	2
137	то же, с навозоуборочным транспортером	3	6
138	то же, с теплогенератором	6	10
139	то же, с электрообогревом	28	28
140	Свинарник-маточник (подвесная дорога) на 100 маток	4	7
141	то же, с навозоуборочным транспортером	5	5
142	то же, с теплогенератором	8	8
143	то же, с электрообогревом	55	55

Продолжение табл. А 2

1	2	3	4
144	Свинарник-откормочник на 1000–1200 голов	2	6
145	то же, с навозоуборочным транспортером	6	9
146	Кормоцех для свинофермы на 100 маток и 1000 голов откорма или на 2000 голов откорма	26	10
147	Кормоцех для свинофермы на 200 маток и 2000 голов	37	15

	откорма или на 3000 голов откорма		
148	Кормоцех для свинофермы на 300 маток и 3000 голов откорма или на 6000 голов откорма	45	15
149	Кормоцех на 12 тыс. откорма свиней	65	20
150	Птичник на 6–9 тыс. цыплят	25	25
151	на 15–20 тыс. цыплят	30	30
152	на 7 тыс. молодняка	10	10
153	на 10–12 тыс. молодняка	20	20
154	на 5–6 тыс. кур	20	20
155	на 8 тыс. кур	25	25
156	Птичник с клеточными батареями на 10–15 тыс. кур-несушек	10	15
157	на 20 тыс. кур-несушек	12	20
158	Кормоцех птицефермы на 2–530 тыс. кур	25	10
159	Навесы для выращивания 2–8 тыс. утят	2	2
160	Птичник на 3 тыс. утят	20	10
161	Птичник на 5 тыс. утят	40	20
162	Птичник на 2 тыс. индеек маточного стада	25	10
163	Цех для выращивания индюшат на 14 тыс. голов	70	30
164	Птичник для выращивания 3300 гусят-бройлеров	25	15
165	для 6300 гусят-бройлеров	45	25
166	Инкубаторий 2 инкубатора	20	20
167	4 инкубатора	30	30
168	6 инкубаторов	60	60
169	10 инкубаторов	80	80
170	Овчарня на 800–1000 овцематок	1	5
171	Овчарня на 1000 голов молодняка	2	4
172	Конюшня	3	3
173	Оборудование для прессования кормов ОПК-2,0	150	150
174	ОПК-3,0	210	210
175	ОПК-3,0 у	135	135
176	ОПК-5,0	330	330
177	Оборудование для гранулирования травяной муки ОГК-0,8А	50	50
178	ОГК-1,5	85	85

Окончание табл. А 2

179	Оборудование для гранулирования комбикормов ОГК-3	55	55
180	ОГК-6	70	70
181	Агрегат для приготовления травяной муки АВМ-0,65	80	80
182	АВМ-0,5А	185	185
183	АВМ-3,0	360	360

184	АВМ-5,0	605	605
185	Пункт приготовления травяной муки на базе 2 агрегатов АВМ-0,65	590	590
186	на базе 2 агрегатов АВМ-1,5А	300	300
187	Дробилка кормов ДБ-5-1	40	–
188	КДМ-2	30	–
189	Измельчитель грубых кормов ИГК-30Б	30	–
190	ИРТ-165	150	–
191	Волгарь-5	22	–
192	Волгарь-15	40	–
193	Комбикормовый завод производительностью 60 т/сутки	650	650
194	Комбикормовый цех производительностью 10–15 т/смену	65	65
195	30 т/смену	120	120
196	50 т/смену	190	190
197	Убойно-санитарный пункт	6	2
198	Ветеринарный пункт	1	1
199	Ветеринарно-фельдшерский пункт	3	3
200	Пункт искусственного осеменения	2	–
201	Участковая ветеринарная лечебница	20	10

Таблица А 3 – Электрические нагрузки объектов растениеводства и подсобных производств

Шифр	Наименование объекта	Р _{МД}	Р _{МВ}
1	2	3	4
300	Комплект машин и оборудования зерноочистительного агрегата ЗАВ-20	25	26
301	то же, с семяочистительным отделением	55	57
302	ЗАВ-40	35	36
303	то же, с семяочистительным отделением	65	66
304	ЗАВ-5	30	32

Продолжение табл. А 3

1	2	3	4
305	Комплект машин и оборудования зерноочистительно-сушильного комплекса КЗС-10Б	65	65
306	КЗС-20Б	100	100
307	КЗС-20Ш	160	160
308	КЗС-40	190	190
309	КЗР-5	250	250
310	Пункт послеуборочной обработки зерна кукурузы в початках, производительностью 10 т/ч	170	120

311	Зернохранилище с передвижными механизмами емкостью 500 т	10	5
312	1000–2000 т	20	10
313	то же, с ленточным транспортером 1000 т	25	10
314	Овощекартофелехранилище на 300–600 т	5	2
315	1000 т	6	2
316	то же, с отопительно-вентиляционной установкой на 500–600 т	20	20
317	1000 т	36	36
318	Холодильник для хранения фруктов емкостью 50 т	8	8
319	250 т	35	35
320	350 т	68	65
321	700 т	95	95
322	Семеновохранилище емкостью 1000 т	80	80
323	2500 т	95	95
324	Склад рассыпных и гранулированных кормов емкостью 200 т	20	1
325	360 т	30	5
326	520 т	35	10
327	Склад концентрированных кормов с дробилкой ДКУ-1	15	1
328	ДКУ-2	25	1
329	Склад минеральных удобрений	12	1
330	Склад ядохимикатов емкостью до 2000 т	5	1
331	Склад нефтепродуктов емкостью до 300 м ³	5	2
332	Цех виноделия производительностью 50–100 тыс. дкл/год	80	80
333	Цех овощных и фруктовых консервов производительностью 1 м.у.б. в год	100	100
334	3 м.у.б. в год	125	125
335	то же, с солением и квашением 1 м.у.б. в год – 300 т	150	150
336	3 м.у.б. в год – 500 т	180	180
337	Цех по переработке 50 т солений и 130 т капусты	40	40

Продолжение табл. А 3

1	2	3	4
338	Кумысный цех на 1–2 тыс. л/сут.	12	12
339	Кузница	5	1
340	Плотницкая	10	1
341	Столярный цех	15	1
342	Лесопильный цех с пилорамой ЛРМ-79	16	2
343	с пилорамой Р-65	23	2
344	Мельница с жерновым поставом 5/4	5	1
345	Мельница с жерновым поставом 6/4	8	1
346	Мельница с жерновым поставом 7/4	10	1

347	Мельница с жерновым поставом 8/4	17	1
348	Мельница вальцовая производительностью 6 т/сут	15	1
349	25 т/сут	35	2
350	Крупорушка	12	1
351	Просорушка	2	1
352	Гречерушка	3	1
353	Маслобойка	10	1
354	Приемный пункт молокозавода мощностью 10 т/смену	45	45
355	30 т/смену	65	65
356	Хлебопекарня производительностью 3 т/сут	5	5
357	5,5 т/сут	15	15
358	11 т/сут	25	25
359	Пункт первичной обработки льна	15	1
360	Мяльно-трепальный цех 4 т/смену	30	3
361	8 т/смену	60	4
362	Хмелесушка с воздухоподогревателем	10	10
363	Камерная	55	55
364	Сенная башня	10	–
365	Установка вентиляционная для досушивания сена	120	120
366	Хлопкозаготовительный пункт с сушильно-очистительным цехом	380	405
367	Картофелесортировочный пункт	5	–
368	Кирпичный завод на 1–1,5 млн кирпича в год	20	6
370	Теплая стоянка для тракторов	5	2
371	Пункт ТО машин и оборудования на фермах	10	5
372	Материально-технический склад	3	1
373	Мастерская пункта ТО в бригаде на 10–20 тракторов	15	5
374	на 30–40 тракторов	20	10
375	Гараж с профилакторием на 10 автомашин	20	10
376	на 25 автомашин	30	15
377	на 60 автомашин	45	20

Окончание табл. А 4

1	2	3	4
378	Картофелесортировочный пункт 30 т/ч на оборудовании ФРГ	80	50
379	Центральная ремонтная мастерская на 25 тракторов	45	25
380	на 50–100 тракторов	60	30
381	на 150–200 тракторов	90	45
382	Пожарное депо на 1–2 машины	4	4
383	Котельная с котлами КВ-300М или Д-7211383	5	5
384	Котельная с 2 котлами «Универсал-6» для отопления	15	15
385	для пароснабжения	7	7

386	Котельная с 4 котлами «Универсал-6» для отопления и горячего водоснабжения	28	28
387	для пароснабжения	18	18

Таблица А 4 – Электрические нагрузки общественных учреждений
и коммунальных потребителей

Шифр	Наименование объекта	P_{MD}	P_{MB}
1	2	3	4
500	Начальная школа на 40 учащихся	5	2
501	на 80 учащихся	7	2
502	на 160 учащихся	11	4
503	Общеобразовательные школы с мастерской на 190 учащихся	14	20
504	на 320 учащихся	20	40
505	то же, с электроплитой на 480 учащихся	40	42
506	на 540 учащихся	25	50
507	то же, с электроплитой	45	50
508	Спальный корпус школы-интерната на 50 мест	5	10
509	на 80 мест	8	15
510	Столовая школы-интерната	9	5
511	Мастерские при средней школе	7	2
512	Детский сад-ясли на 25 мест	4	3
513	на 50 мест	9	6
514	на 90 мест	12	8
515	с электроплитой на 50 мест	18	12
516	на 90 мест	23	14
517	на 140 мест	30	20

Продолжение табл. А 4

1	2	3	4
518	Административное здание на 15–20 рабочих мест	15	8
519	на 35–50 рабочих мест	25	10
520	на 70 рабочих мест	35	15
521	Сельсовет с отделением связи	7	3
522	Сельский радиотрансляционный узел 1,25 кВт	6	6,5
523	2,5 кВт	8	8
524	Приемный телепункт «Экран» с ретранслятором РЦТЛ-524	5	5
525	Клуб со зрительным залом на 150–200 мест	3	10

526	на 300–400 мест	6	18
527	Дом культуры со зрительным залом на 150–200 мест	5	14
528	на 300–400 мест	10	32
529	на 400–600 мест	10	50
530	Бригадный дом	2	5
531	то же, с залом на 100 мест	4	7
532	Дом животноводов на 12–18 мест	3	5
533	Сельская поликлиника на 150 посещений в смену	15	30
534	Сельская участковая больница на 50 коек	50	50
535	Сельская амбулатория на 3 врачебные должности	10	10
536	Фельдшерско-акушерский пункт	4	4
537	Столовая на 25 мест	5	2
540	Столовая с электронагревательным оборудованием на 35 мест	10	10
541	на 50 мест	35	15
544	Столовая с электронагревательным оборудованием и электроплитой на 35 мест	35	15
547	на 100 мест	70	45
547	Общежитие на 24 места	4	12
549	Торговый центр для поселков с населением на 2 тыс. жителей (столовая, магазин, комбинат бытового обслуживания)	40	25
550	Магазин смешанного ассортимента на 2 рабочих места	2	4
551	Продовольственный, на 4 места	10	10
552	Промтоварный на 4 места	6	6
553	Смешанный ассортимент на 6–10 рабочих мест	4	4
554	Продовольственный	10	0,5
555	Промтоварный	3	3

Продолжение табл. А 4

1	2	3	4
556	Комбинат бытового обслуживания на 6 рабочих мест	3	1
557	на 10 рабочих мест	5	2
558	на 25 рабочих мест	15	5
559	Баня на 5 мест	3	3
560	на 10 мест	7	7
561	на 20 мест	8	8
562	Прачечная производительностью 0,125 т белья в смену	10	10
565	1 т белья в смену	25	25

Таблица А 5 – Электрические нагрузки сельских многоквартирных жилых домов (квартир в многоквартирных домах)

Шифр	$P_{МД}$	$P_{МВ}$	Способ приготовления пищи и нагрева воды в доме (квартире)	Примечание
601	0,3	1,0	Плита на газе, жидком или твердом топливе	Дома без кондиционеров
602	0,5	1,5		
603	0,7	2,0		
604	0,9	2,5		
605	1,1	3,0		
606	1,3	3,5		
607	1,5	4,0		
608	2,0	5,0		
609	3,5	6,0		
610	4,5	7,5	Электроплита и электроводонагреватель	
611	0,9	2,0	Плита на газе, жидком или твердом топливе	Дома с кондиционерами
612	1,1	2,5		
613	1,3	3,0		
614	1,5	3,5		
615	1,7	4,0		
616	1,9	4,5		
617	2,1	5,0		
618	2,6	6,0		
619	4,1	7,0		
620	5,1	8,5	Электроплита и электроводонагреватель	
700	11,7	19,5	Электрообогрев (12 кВт)	
701	11,7	12,0	Электрообогрев с УОМ	

Приложение Б

Основные технические данные трехфазных двухобмоточных силовых трансформаторов

Тип	Номинальная мощность кВ·А	Сочетание напряжений, кВ		Схема и группа соединений обмоток	Потери, кВт		Напряжение короткого замыкания $u_{кз}$ процент $u_{нн}$	Ток холостого хода I_x процент I_n
		ВН	НН		Холостого хода	Короткого замыкания		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТМ	25	6 или 10	0,4	Y/Y _н -0 Y/Z _н -11	0,13	0.6 0.690	4,5 4,7	3,2

ТМ	40	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Y/Z _H ⁻¹¹	0,175	0,880 1	4,5 4,7	3,0
ТМ	63	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Y/Z _H ⁻¹¹	0,24	1,28 1,47	4,5 4,7	2,8
ТМ	100	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Y/Z _H ⁻¹¹	0,33	1,97 2,27	4,5 4,7	2,6
ТМ	100	35	0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Y/Z _H ⁻¹¹	0,42	1,97 2,27	6,5 6,8	2,6
ТМ ТМФ	160	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰	0,51	2,65	4,5	2,4
ТМ	160	35	0,4 0,69 0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Д/Y _H ⁻¹¹ Y/Z _H ⁻¹¹	0,62	2,65 3,1 3,1	6,5 6,8 6,8	2,4
ТМ ТМФ	250	6 или 10	0,4 0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Y/Z _H ⁻¹¹	0,74	3,7 4,2	4,5 4,7	2,3
ТМ	250	35	0,4 0,69 0,4	Y/Y _H ⁻⁰ Д/Y _H ⁻¹¹ Y/Z _H ⁻¹¹	0,9	3,7 4,2 4,2	6,5 6,5 6,8	2,3
ТМ ТМФ ТМН	400	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ ТМН	400	35	0,4	Y/Y _H ⁻⁰	1,2	5,5	6,5	

Продолжение прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТМ ТМФ ТМН	630	6 или 10	0,4	Y/Y _H ⁻⁰	1,31	7,6	5,5	2,0
ТМ ТМН	630	35	0,4 0,69	Y/Y _H ⁻⁰ Д/Y _H ⁻¹¹	1,600	7,6 8,5	6,5	2,0
ТМН	630	35	6,3 11	Y/Д-11	1.600	7,6 7,6	6,5	2,0
ТМ ТМН	1000	35	0,69 11	Y/Y _H ⁻⁰	2,35	12,2 11,6	6,5	1,5
ТМ ТМН	1600	35	0,69 11	Y/Y _H ⁻⁰	3,1	18,0 16,5	6,5	1,4
ТМ ТМН	2500	35	0,69 11	Y/Y _H ⁻⁰	4,35	25,0 25,5	6,5	1,1
ТМ ТМН	4000	35	11	Y _H /Д-11	5,7	33,5	7,5	1,0

ТМ ТМН	6300	35	11	Y _H /Д-11	8,00	46,5	7,5	0,9
ТД	10000	38,5	10,5	Y/Д ⁻ 11	12,3	65,0	7,5	0,8
ТМН	2500	110	6,6; 11	Y _H /Д-11	6,5	22	10,5	1,5
ТМН	6300	115	6,6; 11	Y _H /Д-11	11	44	10,5	1
ТДН	10000	115	6,6; 11	Y _H /Д-11	15	58	10,5	0,75
ТДГ	10000	121	38,5	Y _H /Y-0	38,5	97,5	10,5	3,5
ТДН	16000	115	6,6; 11	Y _H /Д-11	19	85	10,5	0,7
ТД	16000	121	6,3; 10,5	Y _H /Д-11	58	104	10,5	2,8
ТДН	25000	113	38,5	Y _H /Д-11	27	120	10,5	0,65
ТДН	40000	115	38,5	Y _H /Д-11	36	170	10,5	0,55
ТДЦН	63000	115	38,5	Y _H /Д-11	51	245	10,5	0,5
ТДНЦ	80000	115	38,5	Y _H /Д-11	60	310	10,5	0,45
ТДЦ	125000	121	10,5; 13,8	Y _H /Д-11	120	400	10,5	0,5
ТДЦ	250000	165	13,8; 15,75	Y _H /Д-11	200	640	11	0,55
ТДЦ	80000	242	6,3; 10,5; 13,8	Y _H /Д-11	255	320	11	0,6

Окончание прил. Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТДЦ (ТЦ)	125000	242	10,5; 13,8	Y _H /Д-11	115	380	11	0,5
ТДЦ	200000	242	13,8; 15,75; 18	Y _H /Д-11	170	580	11	0,45
ТДЦ (ТЦ)	250000	242	13,8; 15,75	Y _H /Д-11	210	650	11	0,45
ТДЦ (ТЦ)	400000	242	13,8; 15,75	Y _H /Д-11	280	880	11	0,4
ТДН	63000	330	38,5	Y _H /Д-11	103	265	11	0,7
ТДЦ	125000	347	10,5; 13,8	Y _H /Д-11	125	360	11	0,5
ТДЦ	400000	347	15,75; 20	Y _H /Д-11	310	810	11	0,4
ТЦ	630000	347	15,75; 20	Y _H /Д-11	345	1380	11	0,3
ТДЦ	206000	525	15,75; 20	Y _H /Д-11	145	700	13	0,35
ТДЦ	250000	525	13,8; 15,75	Y _H /Д-11	205	600	13	0,45
ТДЦ	400000	525	13,8; 15,75; 20	Y _H /Д-11	320	800	13	0,4
ТЦ	630000	525	13,8; 15,75; 20	Y _H /Д-11	420	1300	14	0,35

Технические характеристики электрических сетей

Таблица В 1 – Марки голых алюминиевых проводов

Марка провода	Конструкция провода	Преимущественная область применения
1	2	3
А	Провод, скрученный из алюминиевых проволок марки АТ	В атмосфере воздуха I и II типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*, кроме ТВ и ТС
Ап	То же, но из алюминиевых проволок марки АТп	То же
АКП	Провод марки А, но междупроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой, повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха I и II типов на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*
АпКП	То же, но провод марки Ап	То же
АС	Провод, состоящий из стального сердечника и алюминиевых проволок марки АТ	В атмосфере воздуха I и II типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*, кроме ТС и ТВ
АпС	То же, но из алюминиевых проволок марки АТп	То же
АСКС	Провод марки АС, но межпроволочное пространство стального сердечника, включая его наружную поверхность, заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха II и III типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5 мг/м ³) и хлористых солей не более 200 мг/(м ² ·сут) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*, кроме ТВ

Окончание табл. В 1

1	2	3
АпСКС	То же, но провод марки АпС	То же
АСКП	Провод марки АС, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	на побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха II и III типов на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*
АпСКП	То же, но провод марки АпС	То же
АСК	Провод марки АС, но стальной сердечник изолирован двумя лентами полиэтилентерефталатной пленки. Многопроволочный стальной сердечник под полиэтилентерефталатными лентами должен быть покрыт нейтральной смазкой повышенной тепло-	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха II и III типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5

	стойкости	мг/м ³) и хлористых солей не более 200 мг/(м ² ·сут) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*/, кроме ТВ
АпСК	То же, но провод марки АпС	То же
АН	Провод, скрученный из проволок нетермообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха I и II типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*, кроме ТВ и ТС
АНКП	Провод марки АН, но межпроволочное пространство всего провода, за исключением наружной поверхности, заполнено нейтральной смазкой повышенной теплостойкости	На побережьях морей, соленых озер, в промышленных районах и районах засоленных песков, а также в прилегающих к ним районах с атмосферой воздуха II и III типов на суше и море всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*
АЖ	Провод, скрученный из проволок термообработанного алюминиевого сплава марки АВЕ	В атмосфере воздуха I и II типов при условии содержания в атмосфере сернистого газа не более 150 мг/(м ² ·сут) (1,5 мг/м ³) на суше всех макроклиматических районов по ГОСТ 15150-69*

Таблица В 2 – Идентификация проводов СИП

Изготовитель		Страна
Nexans		Франция
Pirelli Cables and System	«АМКА», «СИБКА», «СИБКА»	Финляндия
ОАО «Севкабель»	«Аврора»	Россия
ОАО «Иркутскабель»	«СИП-1(2,3,4)»	Россия
ЗАО «Мокабельмет»	«СИП-1(2,3,4)»	Россия
ОАО «Камккабель»	«СИП-1(2,3,4)»	Россия
ОАО «Белсельэлектросетьстрой»	«САСПш (САПш)»	Республика Беларусь

Таблица В 3 – Характеристики алюминиевых проводов марок А и АКП

Номинальное сечение, мм ²	Сечение провода, мм ²	Диаметр провода, мм	Сопротивление постоянному току при 20°С, Ом/км, не более	Допустимый длительный ток для неизолированных проводов		Масса провода, кг/км
				Вне помещений	Внутри помещений	
16	15,9	5,1	1,80	105	75	43
25	24,9	6,4	1,140	136	106	68
35	34,3	7,5	0,830	170	130	94
50	49,5	9,0	0,576	215	165	135

70	69,2	10,7	0,412	265	210	189
95	92,4	12,3	0,308	320	255	252
120	117,0	14,0	0,246	375	300	321
150	148,0	15,8	0,194	440	355	406
185	183,0	17,5	0,157	500	410	502
240	239,0	20,0	0,120	590	490	655

Таблица В 4 – Характеристики алюминия

и стальных проводов марок АС, АСКС, АСКП и АСК

Номинальное сечение (алюминий/ сталь), мм ²	Сечение, мм ²		Диаметр, мм		Сопротивление постоянному току при 20 °С, Ом/км, не более	Допустимый ток для проводов		Масса, кг/км				
	алюминия	стали	провода	стали		Вне помещений	Внутри помещений	Алюминия	Стали	Провода (без смазки)	Смазки	
											провод АСКС	провод АСКП
10/1,8	10,6	1,77	4,5	1,5	2,695	84	53	28,9	13,8	42,7	1,0	1,0
16/2,7	16,1	2,69	5,6	1,9	1,772	111	79	44,0	20,9	65	1,0	1,0
25/4,2	24,9	4,15	6,9	2,3	1,146	142	109	67,9	32,4	100	1,5	1,5
35/6,2	36,9	6,15	8,4	2,8	0,773	175	135	100	48,0	149	2,5	2,5
50/8,0	48,2	8,04	9,6	3,2	0,592	210	165	132	63,0	194	3,0	3,0
70/11	68,0	11,3	11,4	3,8	0,420	265	210	188	88,0	274	4,5	4,5
70/72	68,4	72,2	15,4	11,0	0,420	-	-	188	567	755	38	38
95/16	95,4	15,9	13,5	4,5	0,299	330	260	261	124	384	6,0	6,0
95/15	91,7	15,0	13,5	5,0	0,314	-	-	253	117	370	8,5	31
95/141	91,2	141,0	19,8	15,4	0,316	-	-	251	1106	1357	69	69
120/19	118	18,8	15,2	5,6	0,245	390	313	324	147	471	11	35
120/27	116	26,6	15,5	6,6	0,249	375		320	208	528	14	37
150/19	148	18,8	16,8	5,5	0,195	450	365	407	147	554	12	42

150/24	149	24,2	17,1	6,3	0,194	450	365	409	190	600	14	44
150/34	147	34,3	17,5	7,5	0,196	450	-	406	269	675	18	48
185/24	187	24,2	18,9	6,3	0,154	520	430	515	190	705	14	51
185/29	181	29,0	18,8	6,9	0,159	510	425	500	228	728	16	52
185/43	185	43,1	19,6	8,4	0,156	515	-	509	337	846	23	61
185/128	187	128	23,1	14,7	0,155	-	-	517	1008	1525	63	101
240/27	205	26,6	19,8	6,6	0,140	-	-	566	208	774	15	57
240/32	244	31,7	21,6	7,2	0,118	605	505	673	248	921	17	66
240/39	236	38,6	21,6	8,0	0,122	610	505	650	902	952	22	71
240/56	241	56,3	22,4	9,6	0,120	610	-	665	441	1106	30	78

Таблица В 5 – Приближенные значения вв
с проводами из

дуктивных сопротивлений для воздушных линий
линия и стали

Среднее геометрическое рас- стояние между про- водами, мм	Индуктивное сопротивление (Ом / км) провода при диаметре или сечении, мм или мм ²															
	Ø 4	Ø 5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
400	0,332	0,318	0,385	0,371	0,355	0,333	0,319	0,308	0,297	0,283	0,274	-	-	-	-	-
600	0,359	0,345	0,411	0,397	0,381	0,358	0,345	0,336	0,325	0,309	0,300	0,292	0,287	0,280	-	-
800	0,375	0,361	0,429	0,415	0,399	0,377	0,363	0,352	0,341	0,327	0,318	0,310	0,305	0,298	-	-
1000	0,389	0,375	-	0,429	0,413	0,391	0,377	0,366	0,355	0,341	0,332	0,324	0,319	0,313	0,305	0,298
1250	0,403	0,389	-	0,443	0,427	0,405	0,391	0,380	0,369	0,355	0,346	0,338	0,333	0,327	0,319	0,312
1500	0,414	0,400	-	-	0,438	0,416	0,402	0,391	0,380	0,366	0,357	0,349	0,344	0,338	0,330	0,323
2000	-	-	-	-	0,457	0,435	0,421	0,410	0,398	0,385	0,376	0,368	0,363	0,357	0,349	0,342
2500	-	-	-	-	-	0,449	0,435	0,424	0,413	0,399	0,390	0,382	0,377	0,371	0,363	0,356
3000	-	-	-	-	-	0,460	0,446	0,435	0,423	0,410	0,401	0,393	0,388	0,382	0,374	0,367

3500	-	-	-	-	-	0,470	0,456	0,445	0,433	0,420	0,411	0,403	0,398	0,392	0,384	0,377
4000	-	-	-	-	-	0,478	0,464	0,453	0,441	0,428	0,419	0,411	0,406	0,400	0,392	0,385
4500	-	-	-	-	-	-	0,471	0,460	0,448	0,435	0,426	0,418	0,413	0,407	0,399	0,392
5000	-	-	-	-	-	-	-	0,467	0,456	0,442	0,433	0,425	0,420	0,414	0,406	0,399
5500	-	-	-	-	-	-	-	-	0,462	0,443	0,439	0,434	0,426	0,420	0,412	0,405
6000	-	-	-	-	-	-	-	-	0,468	0,454	0,445	0,437	0,432	0,426	0,418	0,411

Таблица В 6 – Приближенные значения внешних индуктивных сопротивлений воздушных линий со сталеалюминиевыми проводами

Среднее геометрическое расстояние между проводами, мм	Внешние индуктивные сопротивления (Ом/км) для линии с проводами сечением, мм ²							
	35	50	70	95	120	150	185	240
2000	0,403	0,382	0,392	0,371	0,365	0,358	-	-
2500	0,417	0,406	0,396	0,385	0,379	0,372	0,365	0,357
3000	0,429	0,418	0,408	0,397	0,391	0,384	0,377	0,369
3500	0,438	0,427	0,417	0,406	0,400	0,398	0,386	0,378
4000	0,446	0,435	0,425	0,414	0,408	0,401	0,394	0,386
4500	-	-	0,433	0,422	0,416	0,409	0,402	0,394
5000	-	-	0,440	0,429	0,423	0,416	0,409	0,401
5500	-	-	0,446	0,435	0,429	0,442	0,415	0,407
6000	-	-	-	-	-	-	-	0,413

Таблица В 7 – Марки проводов СИП, их наименование и область применения

Марка провода	Характеристика	Область применения
СИП-1	Провод самонесущий с алюминиевыми жилами, изоляцией из светостабилизированного сшитого полиэтилена (ПЭ) с нулевой несущей неизолированной жилой из алюминиевого сплава	Для магистралей воздушных линий электропередачи (ВЛ) и ответвлений от ВЛ
СИП-2	То же, с нулевой несущей жилой из алюминиевого сплава, изолированной светостабилизированным сшитым ПЭ	Для магистралей ВЛ и ответвлений от ВЛ
СИП-3	Провод самонесущий защищенный с токопроводящей жилой из алюминиевого сплава с защитной изоляцией из светостабилизированного сшитого ПЭ	Для ВЛ на номинальное напряжение 10–35 кВ
СИП-4	Провод самонесущий изолированный без несущего элемента, с алюминиевыми токопроводящими жилами с изоляцией из светостабилизированного сшитого ПЭ	Для ответвлений от ВЛ к вводу и для прокладки по стенам зданий и инженерных сооружений

Таблица В 8 – Параметры проводов СИП-1 – СИП-4 в соответствии с техническими условиями ТУ 16-705.500-2006

Марка и номинальное	Число и номинальное	Расчетный	Расчетная мас-
---------------------	---------------------	-----------	----------------

напряжение провода	сечение фазных и нулевой несущей жил, шт. × мм ²	наружный диаметр провода, мм	са 1 км провода
1	2	3	4
СИП-1-0,6/1 кВ	1 × 16 + 1 × 25	15	135
	3 × 16 + 1 × 25	22	270
	3 × 25 + 1 × 35	26	390
	3 × 35 + 1 × 50	30	530
	3 × 50 + 1 × 50	32	685
	3 × 50 + 1 × 70	35	740
	3 × 70 + 1 × 70	37	930
	3 × 70 + 1 × 95	41	990
	3 × 95 + 1 × 70	41	1190
	3 × 95 + 1 × 95	43	1255
	3 × 120 + 1 × 95	46	1430
	3 × 150 + 1 × 95	48	1715
	3 × 185 + 1 × 95	55	2330
3 × 240 + 1 × 95	60	2895	
СИП-2-0,6/1 кВ	3 × 16 + 1 × 25	24	308
	3 × 25 + 1 × 35	27	424
	3 × 35 + 1 × 50	31	571
	3 × 50 + 1 × 50	34	727
	3 × 50 + 1 × 70	36	798
	3 × 70 + 1 × 70	40	1010
	3 × 70 + 1 × 95	41	1087
	3 × 95 + 1 × 70	43	1240
	3 × 95 + 1 × 95	45	1319
	3 × 120 + 1 × 95	48	1553
	3 × 150 + 1 × 95	50	1787
3 × 185 + 1 × 95	55	2403	
3 × 240 + 1 × 95	60	2968	
СИП-3-20 кВ	1 × 35	12	165
	1 × 50	13	215
	1 × 70	15	282
	1 × 95	16	364
	1 × 120	18	445
	1 × 150	19	540
	1 × 185	21	722
	1 × 240	24	950

Окончание табл. В 8

1	2	3	4
СИП-3-35 кВ	1 × 35	14	209
	1 × 50	16	263
	1 × 70	17	334
	1 × 95	19	421
	1 × 120	20	518
	1 × 150	22	618
	1 × 185	24	808
	1 × 240	26	1045
СИП-4-0,6/1 кВ	2 × 16	15	139
	4 × 16	18	278
	2 × 25	17	196
	4 × 25	21	392

Таблица В 9 – Минимально допустимое сечение несущей жилы по условиям механической прочности для проводов ВЛИ

Расчетная толщина стенки гололеда, мм ²	Сечение жилы, мм ² , не менее			
	на магистралях ВЛИ		на ответвлениях от магистралей ВЛИ к вводам	
	Материал несущей жилы			
	термопрочный алюминиевый сплав	сталеалюминиевый провод	термопрочный алюминиевый сплав	сталеалюминиевый провод
До 10	25	25	16	10
15 и более	35	25	16	16

Таблица В 10 – Наружный расчетный диаметр проводов СИП типа СИП-1(2,4) и электрическое сопротивление жил

Количество и номинальное сечение фазных жил, мм ²	Номинальное сечение фазной жилы, мм ²	Номинальное сечение нулевой жилы, мм ²	Сопротивление постоянному току, Ом/км	
			Фазной жилы	Нулевой жилы
1x25	16	25	1,20	1,38
1x35	16	25	0,87	1,38
3x16	-	25	1,91	1,38
3x25	-	35	1,20	0,986
3x35	-	50	0,87	0,72
3x50	-	70	0,64	0,493
3x70	-	95	0,44	0,363
3x95	-	95	0,32	0,363
3x120	-	95	0,25	0,288
3x25	25	35	1,20	0,986
3x35	25	50	0,87	0,72
3x50	25	70	0,64	0,493
3x70	25	95	0,44	0,363
3x95	25	95	0,32	0,363
3x120	25	95	0,25	0,363
3x35	35	50	0,87	0,72
3x50	35	70	0,64	0,493
3x70	35	95	0,44	0,363
3x95	35	95	0,32	0,363
3x120	35	95	0,25	0,363
3x150	35	95	0,206	0,363
3x185	35	95	0,164	0,363
3x240	35	95	0,125	0,363

Таблица В 11 – Расчетные значения индуктивного сопротивления изолированных проводов на напряжение 0,6/1 кВ

Марка провода	Расчетное значение индуктивного сопротивления провода, Ом/км	
	Фазных жил	Нулевой несущей жилы
СИП-1		
3 × 16 + 1 × 25	0,0853	0,0634
3 × 25 + 1 × 35	0,0816	0,0615
3 × 35 + 1 × 50	0,0791	0,06
3 × 50 + 1 × 50	0,0782	0,0604
3 × 50 + 1 × 70	0,079	0,0599
3 × 70 + 1 × 70	0,0774	0,06
3 × 70 + 1 × 95	0,0781	0,0595
3 × 95 + 1 × 70	0,0746	0,0595
3 × 95 + 1 × 95	0,0753	0,0587
3 × 120 + 1 × 95	0,0735	0,0584
3 × 150 + 1 × 95	0,0719	0,0582
3 × 185 + 1 × 95	0,0711	0,059
3 × 240 + 1 × 95	0,0692	0,0593
СИП-2		
3 × 16 + 1 × 25	0,0865	0,0739
3 × 25 + 1 × 35	0,0827	0,0703
3 × 35 + 1 × 50	0,0802	0,0691
3 × 50 + 1 × 50	0,0794	0,0687
3 × 50 + 1 × 70	0,0799	0,0685
3 × 70 + 1 × 70	0,0785	0,0679
3 × 70 + 1 × 95	0,0789	0,0669
3 × 95 + 1 × 70	0,0746	0,0669
3 × 95 + 1 × 95	0,0758	0,0656
3 × 120 + 1 × 95	0,0762	0,0650
3 × 150 + 1 × 95	0,0730	0,0647
3 × 185 + 1 × 95	0,0723	0,0649
3 × 240 + 1 × 95	0,0705	0,0647
СИП-4		
2 × 16	0,0754	-
2 × 25	0,0717	-
4 × 16	0,0821	0,0643
4 × 25	0,0784	0,0621

Таблица В 12 – Технические характеристики проводов СИП-3

Площадь сечения, мм ²	Диаметр, мм	Длительно допустимый ток, А	Удельное активное сопротивление, Ом/км	Удельное индуктивное сопротивление, Ом/км
35	11,5	200	0,986	-
50	12,6	245	0,720	0,299
70	14,6	310	0,493	0,291
95	16,0	370	0,363	0,284
120	17,4	430	0,288	0,276
150	18,8	485	0,263	-
185	-	560	0,211	-
240	-	600	0,162	-

Таблица В 13 – Допустимые значения токов нагрузки и короткого замыкания для проводов СИП

Номинальное сечение фазных жил	Допустимый ток нагрузки, А			Допустимый ток односекундного КЗ, кА	
	СИП-1; СИП-2; СИП-4	СИП-3		СИП-1; СИП-2; СИП-4	СИП-3
		20 кВ	35 кВ		
16	100	-	-	1,5	-
25	130	-	-	2,3	-
35	160	200	220	3,2	3,0
50	195	245	270	4,6	4,3
70	240	310	340	6,5	6,0
95	300	370	400	8,8	8,2
120	340	430	460	10,9	10,3
150	380	485	520	13,2	12,9
185	436	560	600	16,5	15,9
240	515	600	670	22,0	20,6

**Таблица В 14 – Наружный расчетный диаметр провода
и электрическое сопротивление фазных жил проводов СИП типа
«САСПсш, (САПсш)»**

Количество и номинальное сече- ние фазных жил, мм ²	Номинальное сечение фо- нарной жилы, мм ²	Номинальное сече- ние нулевой жилы, мм ²	Наружный расчет- ный диаметр провода, мм	Сопротивление фазной жилы по- стоянному току, Ом/км
2x10	-	-	9,2	3,08
1x10+ 1x16	-	-	10,4	3,08
1x25	16	25	15,2	1,20
1x35	16	25	16,4	0,87
3x16	-	25	15,3	1,91
3x25	-	35	18,9	1,20
3x35	-	50	22,2	0,87
3x50	-	70	25,7	0,64
3x70	-	95	30,2	0,44
3x95	-	95	32,6	0,32
3x120	-	95	34,7	0,25
3x25	25	35	24,2	1,20
3x35	25	50	25,6	0,87
3x50	25	70	28,6	0,64
3x70	25	95	33,7	0,44
3x95	25	95	36,2	0,32
3x120	25	95	38,7	0,25
3x35	35	50	26,3	0,87
3x50	35	70	29,5	0,64
3x70	35	95	34,1	0,44
3x95	35	95	37,1	0,32
3x120	35	95	39,8	0,25

Таблица В 15 – Допустимый длительный ток для проводов СИП
 типа «САСПш, (САПш)»

Сечение токо- проводящей жилы, мм ²	Допустимый длительный ток, А			
	Для проводов марок САПш и САСПш		Для проводов марок САПт и САСПт	
	При температуре окружающего воздуха, °С		При температуре окружающего воздуха, °С	
	25	40	25	40
10	80	65	60	40
16	95	80	70	45
25	125	105	95	60
35	150	120	110	65
50	195	160	140	85
70	240	190	170	95
95	280	225	200	110
120	330	265	230	120

Таблица В.16 – Допустимый ток короткого замыкания
 для проводов СИП типа «САСПш, (САПш)»

Сечение токопроводя- щей жилы, мм ²	Ток короткого замыкания, кА			
	Для проводов марок САПш и САСПш		Для проводов марок САПт и САСПт	
	При длительности КЗ, с		При длительности КЗ, с	
	1	3	1	3
10	0,9	0,5	0,6	0,3
16	1,4	0,8	1,0	0,5
25	2,3	1,3	1,5	0,8
35	3,2	1,8	2,0	1,2
50	4,6	2,6	3,0	1,7
70	4	3,7	4,0	2,4
95	7,6	4,4	5,0	2,9
120	7,7	4,4	5,0	2,9

Таблица В.17 – Средние значения реактивных сопротивлений, емкостных проводимостей и мощностей, генерируемых линиями

Тип линии и напряжение, кВ		X_0 , Ом/км	b_0 , Ом/км	$Q_{0с}$, квар/км
Кабельные	1	0,06	–	–
	6	0,07	3,19	–
	10	0,08	3,35	–
	20	0,11	–	–
	35	0,125	–	–
Воздушные	1	0,31	–	–
	6–10	0,35	–	–
	20–35	0,4	2,8	–
	110	0,41	2,7	36
	220			
	Один провод в фазе Два провода в фазе	0,4 0,30	2,8 2,7	140 190

Таблица В.18 – Примерные расстояния между соседними проводами на опорах воздушных линий различных напряжений

Напряжение, кВ	До 1	10	35	110	220	500
Расстояния, м	0,4–0,6	1,0–2,0	2,5–3	4	7	12

Таблица В.19 – Электрические параметры проводов СИП типа SAХКА

Сечение жил, мм ²	70	120	185
Активное сопротивление, Ом/км	0,571	0,328	0,215
Индуктивное сопротивление, Ом/км	0,14	0,13	0,12
Рабочая емкость, мкФ/км	0,18	0,23	0,26
Зарядный ток, А/км	0,7	0,8	0,9
Ток замыкания на землю, А/км	2,0	2,5	2,8
Допустимый длительный ток, А	235	330	425
Максимально допустимый 1-секундный ток короткого замыкания жилы, кА	6,7	11,4	17,5

Таблица В.20 – Характерные длины пролетов воздушных линий

Номинальное напряжение, кВ	Материал опор	Длина пролетов, м
До 1	Дерево	40
	Железобетон	50
10	Дерево	60–80
	Железобетон	80–150
35	Дерево	180–220
	Железобетон	220–260
	Сталь	220–260
110	Дерево	180–220
	Железобетон	220–270
	Сталь	250–350

Таблица В.21 – Удельный емкостный ток воздушных линий

Характеристика линии	Емкостный ток, А/км, при напряжении, кВ		
	6	10	35
Одноцепная без троса	0,013	0,026	0,078
Одноцепная с тросом	-	0,032	0,091
Двухцепная без троса	0,017	0,035	0,102
Двухцепная с тросом	-	-	0,11

Таблица В.22 – Удельный емкостный ток кабельных линий

Номинальная площадь сечения жилы, мм ²	Емкостный ток, А/км, при напряжении, кВ		
	6	10	35
10	0,33	0,46	-
16	0,37	0,52	-
25	0,46	0,62	-
35	0,52	0,69	-
50	0,59	0,77	-
70	0,71	0,90	3,7
95	0,82	1,0 0	4,1
120	0,89	1,10	4,4
150	1,10	1,30	4,8
185	1,20	1,40	5,2

Титульный лист записки курсового проекта

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Департамент научно-технологической политики и образования
Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Красноярский государственный аграрный университет»

Институт энергетики и управления энергетическими
ресурсами АПК

Кафедра электроснабжения
сельского хозяйства

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ
«Проектирование системы электроснабжения
населенного пункта »
02.ЭТ2.14.119.ПЗ

Выполнил
студент группы

(подпись)

Иванов И.И.

Принял
доцент

(подпись)

Костюченко Л.П.

Красноярск 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

<u>ВВЕДЕНИЕ</u>	<u>3</u>
<u>1 СТРУКТУРА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»</u>	<u>5</u>
<u>2 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО КУРСА</u>	<u>11</u>
<u>3 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ</u>	<u>14</u>
<u>4 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ РАСЧЕТНОЙ РАБОТЫ</u>	<u>27</u>
<u>4.1 Задание для выполнения расчетной работы «Электрический расчет замкнутых электрических сетей»</u>	<u>27</u>
<u>4.2 Структура расчетной работы</u>	<u>30</u>
<u>4.3 Методические указания к выполнению расчетной работы</u>	<u>30</u>
<u>4.4 Пример расчета замкнутой сети</u>	<u>31</u>
<u>4.5 График выполнения расчетной работы</u>	<u>40</u>
<u>4.6 Оформление расчетной работы</u>	<u>41</u>
<u>5 МЕТОДИКА РЕАЛИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА</u>	<u>42</u>
<u>5.1 Исходные данные для проектирования</u>	<u>43</u>
<u>5.2 Структура курсового проекта</u>	<u>51</u>
<u>5.3 Методика выполнения курсового проекта</u>	<u>54</u>
<u>5.4 Требования по оформлению курсового проекта</u>	<u>54</u>
<u>5.5 Защита курсового проекта</u>	<u>54</u>
<u>5.6 Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта</u>	<u>54</u>
<u>6 РЕАЛИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ С УЧЕТОМ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ</u>	<u>56</u>
<u>ЛИТЕРАТУРА</u>	<u>60</u>
<u>ПРИЛОЖЕНИЯ</u>	<u>61</u>

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

*Методические указания
для самостоятельной работы*

Костюченко Лидия Петровна

Редактор Л.Э. Трибис

Санитарно-эпидемиологическое заключение № 24.49.04.953.П. 000381.09.03 от 25.09.2003

г.

Подписано в печать 30.10.2014. Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.

Печать – ризограф. Усл. печ. л. 6,0. Тираж 110 экз. Заказ № 468

Издательство Красноярского государственного аграрного университета

660017, Красноярск, ул. Ленина, 117