

КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
Московского технического университета связи
и информатики

Электропитание устройств связи

Программа, методические указания
по изучению предмета и контрольное задание
для студентов-заочников
по специальностям

2004 – «Сети связи и системы коммутации»

2005 – «Многоканальные телекоммуникационные системы»

2005 – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»

Москва 2000

КОЛЛЕДЖ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ

**Московского технического университета связи
и информатики**

Электропитание устройств связи

**Программа, методические указания
по изучению предмета и контрольное задание
для студентов- заочников
по специальностям**

2004 – «Сети связи и системы коммутации»

2005 – « Многоканальные телекоммуникационные системы»

2005 – «Радиосвязь, радиовещание и телевидение»

Москва 2000

Программа составлена преподавателем КС ПИИРС
Н.В. ЧЕРНЕНКОВОЙ.

Утверждена председателем Учебно-методического центра по сред-
нему образованию *Ю.Г.МОИСЕЕВЫМ* 2 марта 1998 г.

Методические указания по изучению предмета и контрольные зада-
ния составлены преподавателем КТ МТУСИ *И.В. ХОЛОДИЛИНОЙ.*

Рассмотрены и одобрены цикловой комиссией многоканальной
электросвязи.

Утверждены директором КТ МТУСИ *Ю.Г. МОИСЕЕВЫМ*
15 мая 2000г.

Учебно-методическая карта предмета

Разделы и темы	Кол-во часов			Вид самостоятельной деятельности	Учебная литература	
	обз.	лаб.	сам раб.		ин де кс	страни-цы
1	2	3	4	5	6	7
Введение						
Раздел 1. Электроснабжение предприятий связи	—	—	1	Прочитайте	1	8-13
Тема 1.1. Электроснабжение предприятий связи					2	29-40
Раздел 2. Трансформаторы	—	—	2	Прочитайте	2	29-40
Тема 2.1. Трансформаторы					1	8-13
Раздел 3. Электрические машины	—	—	2	Прочитайте	2	4-15
Тема 3.1. Электрические машины						
Раздел 4. Источники электрической энергии постоянного тока	1	—	5	Изучите основные параметры; разберитесь в правилах эксплуатации	1	33-44,51
Тема 4.1. Кислотные аккумуляторы					2	175-179
Тема 4.2. Щелочные и газовые аккумуляторы					1	44-49
Тема 4.3. Автономные источники питания					2	179-185 184-189
Раздел 5. Выпрямление переменного тока	2	2	5	Изучите принцип работы схем выпрямления; решите задачу 1	1	51-64
Тема 5.1. Выпрямление переменного однофазного тока					2	65-105
Тема 5.2. Выпрямление переменного трехфазного тока					2	115-122

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 6. Сглаживающие фильтры Тема 6.1. Сглаживающие фильтры	0,5	–	3	Изучите принцип работы сглаживающих фильтров; решите задачу 2	1 2	78-88 122-141
Раздел 7. Статические преобразователи напряжения постоянного тока Тема 7.1. Транзисторные преобразователи напряжения постоянного тока Тема 7.2. Тиристорные инверторы Тема 7.3. Источники вторичного электропитания	1	–	5	Изучите принцип работы; ответьте на контрольные вопросы самопроверки по разделу 7	1 2 1 1	68-72 163-170 68-72 73-76 68-77
Раздел 8. Стабилизаторы напряжения и тока Тема 8.1. Параметрические стабилизаторы напряжения и тока Тема 8.2. Компенсационные стабилизаторы непрерывного действия Тема 8.3. Компенсационные стабилизаторы импульсного действия	2	2	6	Изучите принцип работы различных типов стабилизаторов; дайте ответы на вопросы самопроверки	2 2 1	150-158 158-160 96-102
Раздел 9. Выпрямительные устройства предприятий связи Тема 9.1. Выпрямительные устройства серии ВУТ	0,5	2	7	Изучите принцип работы; дайте ответы на вопросы самопроверки	1	107-114
Раздел 10. Общие вопросы электропитания Тема 10.1. Общие вопросы электропитания	–	–	2	Прочитайте	1	133-139 133-139

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 11. Системы электропитания	0,5	2	5	Изучите материал учебника; дайте ответы на вопросы самопроверки		
Тема 11.1. Безаккумуляторная система электропитания с отделенной от нагрузки аккумуляторной батареей					1	122-138
Тема 11.2. Буферная система питания						
Тема 11.3. Установки бесперебойного электропитания постоянного и переменного токов						
Раздел 12. Особенности электропитания предприятий связи	0,5		9	Изучите материал учебника; дайте ответы на вопросы самопроверки, решите задачу 4		
Тема 12.1. ЭУ АТС декадно-шаговой и координатной систем коммутации при токах нагрузки более 150 А и менее 150 А					1	206-209
Тема 12.2. ЭУ АТС квазиэлектронной и электронной систем коммутации					1	213-216
Тема 12.3. ЭУ МТС магистральных сетевых узлов и магистральных сетевых станций					1	160-196
Тема 12.4. Общие вопросы организации ДП аппаратуры НУП, НРП, на магистралях связи					1	160-172
Тема 12.5. ЭУ предприятий радиосвязи, радиовещания и телевидения					2	190-194 203-207
				1	114-117	

1	2	3	4	5	6	7
Раздел 13. Проектирование ЭПУ	—	—	2	Решите задачу 3	2	219-256
Тема 13.1. Проектирование ЭПУ						
<i>Всего по дисциплине</i>	8	8	54			

Пояснительная записка

Предмет «Электропитание устройств связи» является обязательной дисциплиной в цикле образовательных дисциплин для специальностей 2004, 2005, 2006.

Целью изучения данной дисциплины является теоретическая и практическая подготовка студентов в области электропитания устройств связи в такой степени, чтобы они могли обеспечивать грамотную эксплуатацию устройств электропитания, вовремя обнаружить и восстановить неисправности в оборудовании электропитания.

При изучении дисциплины следует опираться на знания студентов в области других дисциплин.

Изучив предмет, студенты должны уметь:

обеспечивать грамотную эксплуатацию устройств электропитания;
обнаруживать и быстро восстанавливать неисправности в оборудовании электропитающих установок и устройствах вторичного электропитания.

Это достигается за счет изучения теоретического материала, закрепления и углубления этих знаний на лабораторных занятиях.

Количество учебных часов, предусмотренных для изучения отдельных тем программы, указано в учебно-методической карте предмета

ВВЕДЕНИЕ

Цель и задачи изучаемой дисциплины, ее место в обучении. Задачи развития энергетики, электроники и техники связи. Связь «ЭПУС» с другими дисциплинами. Историческое развитие техники связи. Роль отечественных и зарубежных ученых.

Понятие об электропитающей установке предприятия связи. Требования, предъявляемые к электропитанию линий связи.

РАЗДЕЛ 1. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ

ТЕМА 1.1. Электроснабжение предприятий связи

Электроснабжение предприятий связи. Основные положения по устройству электроустановок (ЭУ) и токораспределительных сетей (ТРС). Основные элементы системы электроснабжения постоянного и переменного тока, их характеристики и функционирование.

В результате изучения темы 1.1 студент должен:

иметь представление об устройстве электроустановок и токораспределительных сетей;

знать основные источники электроснабжения.

РАЗДЕЛ 2. ТРАНСФОРМАТОРЫ

ТЕМА 2.1. Трансформаторы

Назначение, классификация, конструкция. Материалы, используемые в трансформаторостроении. Режимы работы трансформаторов, основные технические характеристики. Работа однофазного трансформатора. Силовые трехфазные трансформаторы. Особенности конструкции, схемы соединения обмоток, группы соединения обмоток. Специальные типы трансформаторов: автотрансформаторы и измерительные трансформаторы.

Вопросы для самопроверки

1. По каким признакам классифицируются трансформаторы?
2. Как различаются однофазные трансформаторы по конструктивному выполнению магнитной системы и по способу изготовления магнитопроводов?
3. Каковы достоинства и недостатки однофазных трансформаторов с сердечниками различных типов?
4. Каковы соотношения между фазовыми и линейными значениями напряжений и токов при различных схемах соединений обмоток трехфазных трансформаторов?
5. От чего зависит группа соединений трехфазных трансформаторов и как она определяется?
6. Для чего применяется параллельная работа трансформаторов?
7. Что называется автотрансформатором?
8. Каковы преимущества и недостатки автотрансформаторов?

В результате изучения темы 2.1 студент должен:

иметь представление:

- о группах соединения обмоток трансформатора;
- о схемах соединения обмоток трансформатора;
- о специальных типах трансформаторов;

знать:

- работу однофазного трансформатора;
- конструкцию трансформатора;
- соотношение между фазовыми и линейными значениями напряжений и токов при различных схемах соединения обмоток.

РАЗДЕЛ 3. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ

ТЕМА 3.1. Электрические машины

Понятие об электрических машинах. Классификация, свойство обратимости. Асинхронный двигатель (АД): устройство, работа, характеристики. Синхронный генератор (СГ): устройство, работа, характеристики. Машины постоянного тока: устройство и работа.

В результате изучения темы 3.1. студент должен:

иметь представление:

об электрических машинах и их свойстве;

знать:

устройство и работу асинхронного двигателя;

устройство и работу синхронного генератора;

машины постоянного тока, их устройство и работу;

уметь:

обращаться с этими устройствами во время эксплуатации.

РАЗДЕЛ 4. ИСТОЧНИКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

ПОСТОЯННОГО ТОКА

ТЕМА 4.1. Кислотные аккумуляторы

Назначение. Классификация. Электрохимические реакции в аккумуляторе при заряде и разряде. Основные технические характеристики свинцовых аккумуляторов: ЭДС, напряжение, емкость, внутреннее сопротивление, саморазряд, отдача. Режимы работы аккумуляторов: буферный (непрерывный подзаряд) и заряд-разряд. Меры безопасности при работе с аккумуляторами.

Особое внимание должно быть уделено изучению электрических параметров стационарных аккумуляторов С; СК; СН.

Существующие типы аккумуляторов С, СК,СН приведены в табл. 5.4, 5.5 [1].

При изучении темы 4.1 следует обратить внимание на вопросы технической эксплуатации и обслуживания аккумуляторов, а также на основные виды неисправности аккумуляторов и причины их вызвавшие.

ТЕМА 4.2. Щелочные и газовые аккумуляторы

Классификация, конструкция, особенности. Основные технические характеристики: ЭДС, напряжение, емкость, внутреннее сопротивление, саморазряд, отдача.

ТЕМА 4.3. Автономные источники питания

Источники электропитания на фотоэлементах, термоэлементах, атомных элементах. Устройство, действие, характеристики, область использования.

Вопросы самопроверки

1. Как производится заряд свинцовых аккумуляторов при постоянном напряжении и каковы признаки окончания заряда?
2. Что называется емкостью аккумулятора? В каких единицах она измеряется?
3. Почему нельзя разряжать аккумулятор типа «С» ниже 1,8 В?
4. Чему равна величина напряжения непрерывного подзаряда стационарных (свинцовых) аккумуляторов?
5. Чему равна номинальная емкость аккумулятора С5?
6. Чему равно количество положительных и отрицательных электродов у аккумулятора С20?
7. Каковы наиболее частые неисправности свинцовых аккумуляторов и как они устраняются?
8. Расшифруйте условное обозначение аккумулятора НЖ-100.

9. Чем конструктивно отличается аккумулятор С от СК?

10. Расчетная емкость аккумулятора 268 А · ч. Найдите существующий номер аккумулятора.

11. Как называется процесс, при котором аккумулятор бесполезно теряет часть своей емкости?

В результате изучения раздела 4 студенты должны:

знать основные параметры аккумуляторов;

уметь расшифровать условное обозначение аккумуляторов;

рассчитывать емкость, отдаваемую аккумулятором;

выбирать подходящий тип аккумуляторов для ЭПУ.

РАЗДЕЛ 5. ВЫПРЯМЛЕНИЕ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Тема 5.1. Выпрямление переменного однофазного тока

Схема ВУ, назначение элементов схемы. Вентили (диоды). Классификация. ВАХ. Схемы выпрямления при питании однофазной сети: работа, временные диаграммы токов и напряжений при активной нагрузке. Основные технические характеристики. Управляемые выпрямители на тиристорах. Схемы умножения напряжения. Импульсные выпрямители.

ТЕМА 5.2. Выпрямление переменного трехфазного тока

Схемы выпрямления при питании от трехфазной сети: работа, временные диаграммы токов и напряжений при активной нагрузке. Основные технические характеристики. Методика расчета и выбора диодов схем выпрямления.

Вопросы для самопроверки

1. Из каких основных узлов состоит выпрямительное устройство?
2. Что такое коэффициент пульсации выпрямленного напряжения?
3. Чему равны значения коэффициента пульсации выпрямленного напряжения:

- а) в однофазном выпрямителе;
 - б) в однофазном двухполупериодном выпрямителе с выводом нулевой точки у вторичной обмотки трансформатора;
 - в) в трехфазном мостовом выпрямителе;
 - г) в трехфазном однополупериодном выпрямителе (сх. Миткевича).
4. Как определяется частота пульсации основной гармоники выпрямленного напряжения?
5. Объясните работу мостовой схемы выпрямления однофазного тока.
6. Как выбирают диоды в схемах выпрямителей?
7. Как называется зависимость выходного напряжения от угла регулирования в управляемом выпрямителе?

В результате изучения раздела 5 студент должен:

иметь представление:

- об особенностях работы выпрямителей на активную нагрузку;
- об элементах, используемых в схемах выпрямления;

знать:

- схемы выпрямления однофазного и трехфазного токов;
- особенности работы управляемых выпрямителей;

уметь:

- выбирать диоды для различных схем выпрямления;
- рассчитывать основные технические характеристики.

РАЗДЕЛ 6. СГЛАЖИВАЮЩИЕ ФИЛЬТРЫ

ТЕМА 6.1. Сглаживающие фильтры

Назначение. Классификация, требования. Возникновение пульсаций, их влияние на работу аппаратуры связи. Фильтры L и C. Схемы, работа, диаграммы. Многозвенные и резонансные фильтры.

Вопросы для самопроверки

1. Что понимают под коэффициентом пульсации?
2. Что понимают под коэффициентом фильтрации?
3. Какие требования предъявляются к сглаживающим фильтрам?
4. Почему сглаживающий фильтр с одним индуктивным элементом не нашел широкого применения?
5. В чем состоит особенность дросселей, применяемых в сглаживающих фильтрах?
6. Как изменяется пульсация выпрямленного напряжения при увеличении индуктивности дросселя в L-фильтре?
7. Чему равен коэффициент сглаживания фильтра, если коэффициент пульсации на его входе 0,67, а на выходе 0,2?

В результате изучения темы 6.1 студенты должны :

иметь представление о пульсации, ее влиянии на работу аппаратуры связи;

знать устройство и действие сглаживающих фильтров;

уметь рассчитывать элементы LC-фильтра.

**РАЗДЕЛ 7. СТАТИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ
НАПРЯЖЕНИЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА**

**ТЕМА 7.1. Транзисторные преобразователи напряжения
постоянного тока**

Назначение, классификация, область использования в аппаратуре связи. Схемы транзисторных преобразователей. Работа, основные элементы, достоинства и недостатки. Стабилизирующие преобразователи постоянного напряжения.

ТЕМА 7.2. Тиристорные инверторы

Использование инверторов в системах ЭПУС. Схемы тиристорных инверторов: работа, диаграммы, особенности. ИАТ-автономный транзисторный инвертор: назначение, схема, работа.

ТЕМА 7.3. Источники вторичного электропитания

ИВЭ. Схема. Назначение элементов. Область использования. Особенности.

При изучении раздела 7 следует обратить внимание на то, что транзисторные преобразователи напряжения постоянного тока широко применяются в источниках вторичного электропитания (ИВЭ).

Следует знать, что большинство современной радиотехнической аппаратуры выполняется на интегральных микросхемах (ИС).

Применение ИС при проектировании радиотехнической аппаратуры привело к значительной диспропорции между массой и объемом функциональной аппаратуры и массой и объемом источников вторичного электропитания (ИВЭП).

Один из путей снижения массогабаритов ИВЭП — использование выпрямителей с бестрансформаторным входом, так как в основном масса и объем выпрямительных устройств (ВУ) в значительной степени определяется силовым низкочастотным трансформатором.

Структурные схемы таких ИВЭП приведены на рис.1. В схеме рис.1,а напряжение сети U_c после выпрямления выпрямителем В1 и сглаживания фильтром Ф1 поступает на вход высокочастотного преобразователя Пр. Высокочастотный преобразователь преобразует постоянное напряжение в переменное, а затем напряжение вновь выпрямляется импульсным стабилизатором напряжения.

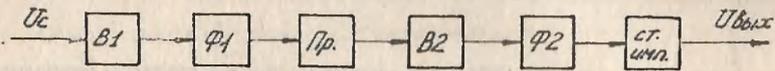
Из теории импульсных стабилизаторов известно, что КПД таких стабилизаторов уменьшается при снижении выходного напряжения. В связи с этим применение схемы (рис. 1,а) в низкочастотных ИВЭП нецелесообразно.

Для повышения КПД при низких уровнях выходного напряжения импульсный стабилизатор целесообразно включать в цепь повышенного напряжения до преобразователя (рис.1,б). Включение импульсного стабилизатора в цепь повышенного напряжения позволяет уменьшить ток через регулирующий элемент, за счет чего мощность, рассеиваемая на нем, уменьшается.

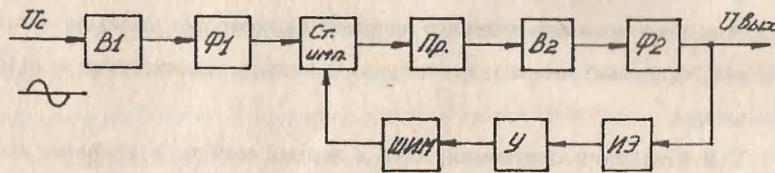
При изменении напряжения сети в первый момент изменяется выходное напряжение, что приводит к изменению сигнала обратной связи, который воздействует на импульсный стабилизатор напряжения таким образом, что напряжение питания преобразователя изменяется и компенсирует изменение выходного напряжения. В схеме стабилизация выходного напряжения осуществляется за счет изменения амплитуды выходного напряжения преобразователя.

В стабилизированном источнике (рис. 1,в) , выполненном по схеме, в отличие от предыдущих схем, нет импульсного стабилизатора напряжения. Функции регулирования напряжения выполняет преобразователь. При изменении выходного напряжения сигнал обратной связи воздействует на регулируемый преобразователь и длительность импульсов на его выходе изменяется. В данной схеме стабилизация осуществляется за счет широтно-импульсного регулирования напряжения преобразователя. С точки зрения массы и объема эта схема наиболее предпочтительна, так как функции преобразования и регулирования напряжения совмещены.

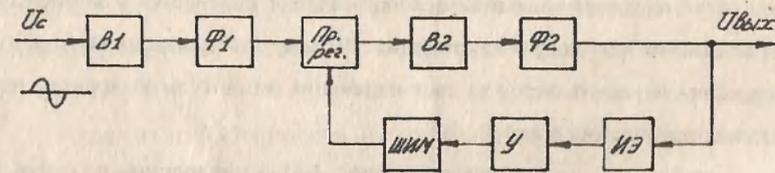
Структурные схемы источников электропитания
с бестрансформаторным входом



а) импульсным стабилизатором
на выходе



б) с импульсным стабилизатором
на входе преобразователя



в) с регулируемым преобразователем

Рис. 1

- а — с импульсным стабилизатором на выходе;
б — с импульсным стабилизатором на входе преобразователя;
в — с регулируемым преобразователем

Вопросы для самопроверки

1. Почему возникла необходимость в разработке ИВЭП с бестрансформаторным входом?
2. Почему при низких уровнях выходного напряжения импульсный стабилизатор целесообразно включать в цепь повышенного напряжения до преобразователя?
3. Какая из схем ИВЭП с бестрансформаторным входом наиболее предпочтительна с точки зрения массы и объема?
4. Какие преимущества имеет ИВЭП с бестрансформаторным входом?
5. На каких частотах может работать ИВЭП с бестрансформаторным входом?

В результате изучения раздела 7 студенты должны:

иметь представление:

об источниках вторичного электропитания;

об использовании тиристорных инверторов в УГП;

знать:

схемы преобразователей напряжения постоянного тока.

РАЗДЕЛ 8. СТАБИЛИЗАТОРЫ НАПРЯЖЕНИЯ И ТОКА

ТЕМА 8.1. Параметрические стабилизаторы и тока

Назначение, классификация, основные технические характеристики.

Параметрический стабилизатор постоянного и переменного напряжения: схемы, работа, область использования.

ТЕМА 8.2. Компенсационные стабилизаторы

непрерывного действия

Схема компенсационного стабилизатора с последовательным и параллельным включением регулирующего элемента. Компенсационные ста-

облизаторы на базе микросхем. Компенсационный стабилизатор переменного напряжения. Стабилизаторы постоянного тока.

ТЕМА 8.3. Компенсационные стабилизаторы импульсного действия

Классификация. Схема силовой части импульсного стабилизатора: назначение элементов, работа, способы уменьшения помех. Схемы импульсных стабилизаторов с релейным (двухпозиционным) регулированием и с ШИМ. Назначение элементов, достоинства и недостатки.

Изучение раздела 8 следует начинать с общих вопросов классификации стабилизаторов и определения основных параметров, характеризующих их работу.

В зависимости от рода тока применяют стабилизаторы как постоянного, так и переменного тока. По методу стабилизации они разделяются на **параметрические и компенсационные**.

Параметрические стабилизаторы применяют при малых токах нагрузки и они имеют относительно невысокие качественные показатели.

Компенсационные стабилизаторы постоянного напряжения подразделяются на стабилизаторы с непрерывным и импульсным регулированием.

Необходимо изучить основные схемы стабилизаторов с непрерывным регулированием, принцип их действия, область применения.

При изучении стабилизаторов импульсного действия следует обратить внимание на то, что при импульсном режиме работы регулирующего транзистора стабилизация напряжения на нагрузке осуществляется за счет изменения соотношения времени открытого и закрытого состояния регулирующего элемента таким образом, что на нагрузке поддерживается неизменным среднее значение напряжения с заданной степенью точности

при воздействии возмущений, стремящихся вызвать отклонение этого напряжения от его номинального значения. Применение импульсного режима работы регулирующего элемента позволяет повысить КПД стабилизатора до 90%.

Вопросы для самопроверки

1. Что называется коэффициентом стабилизации напряжения?
2. Как классифицируются стабилизаторы по способу стабилизации?
3. Какой стабилизатор называется параметрическим?
4. Какой стабилизатор называется компенсационным?
5. С какой целью регулирующий элемент компенсационного стабилизатора непрерывного действия выполняют на составном транзисторе?
6. В чем основное преимущество импульсных стабилизаторов по сравнению со стабилизаторами непрерывного действия?

В результате изучения раздела 8 студенты должны :

знать принцип действия простейших стабилизаторов компенсационного типа с непрерывным регулированием, их параметры и применение;
уметь рассчитывать простейшие стабилизаторы на кремниевом стабилизаторе;

уметь начертить структурную и принципиальную схему стабилизаторов;

знать особенности работы стабилизаторов на микросхемах.

РАЗДЕЛ 9. ВЫПРЯМИТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА

ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ

ТЕМА 9.1. Выпрямительные устройства серии ВУТ.

Назначение. Основные технические данные. Конструкция. Схемы.

назначение элементов. Работа систем защиты, автоматики и сигнализации. Техническая эксплуатация, включение в работу.

Вопросы для самопроверки

1. Чему равно минимальное количество ВУТ, необходимое для работы ЭПУ?
2. Чему равно максимальное количество ВУТ, работающих параллельно в режиме стабилизации напряжения?
3. Чему равно максимальное количество ВУТ, работающих параллельно в режиме стабилизации тока?
4. В каких автоматических режимах могут работать ВУТ?
5. На какое максимальное выходное напряжение рассчитан ВУТ 31/125?
6. На какой максимальной ток рассчитан ВУТ 67/125?
7. Какая схема выпрямителя переменного тока использована в ВУТ?

В результате изучения раздела 9 студенты должны:
знать структурную схему выпрямительного устройства ВУТ;
уметь выбирать тип и количество ВУТ для ЭПУ при заданных значениях тока и напряжения.

РАЗДЕЛ 10. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

ТЕМА 10.1 Общие вопросы электропитания

Определение ЭУ, Основные элементы ЭУ. Требования к ЭУ.

Нормы напряжений для аппаратуры связи. Оборудование регулирования, коммутации и распределение электропитания.

Вопросы для самопроверки

1. Как классифицируются предприятия связи в зависимости от условий надежности внешнего электроснабжения?

2. Сколько источников переменного тока должно иметь предприятие связи, относящееся к особой группе первой категории?
3. Перечислите состав оборудования собственной электростанции.
4. Какие предприятия относятся к особой группе первой категории?
5. В чем основной недостаток АВР на электромеханических элементах?
6. Поясните назначение трансформаторных подстанций?

В результате изучения раздела 10 студенты должны:

иметь представление о классификации электроустановок по условиям внешнего электроснабжения;

знать нормы напряжений для аппаратуры связи;

уметь назвать состав оборудования электроустановки.

РАЗДЕЛ 11. СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ

ТЕМА 11.1. Безаккумуляторная система электропитания, системы электропитания с отделенной от нагрузки аккумуляторной батареей

Классификация систем электропитания. Функциональные схемы электропитания. Назначение элементов, режимы работы электропитающей установки (ЭПУ), условия использования данной системы.

ТЕМА 11.2. Буферная система электропитания

Функциональная схема ЭПУ. Назначение элементов. Параллельная работа ВУ и АБ в буферном режиме. Режимы работы ЭПУ. Способы стабилизации напряжения.

При изучении темы 11.1 и темы 11.2 следует обратить внимание на то, что в связи с унификацией номинальных значений напряжений для питания аппаратуры различных отраслей связи, а также наличием надежного

электроснабжения предприятий проводной связи от внешних источников электроэнергии или от собственных электростанций в настоящее время для питания различной аппаратуры применяются одинаковые типовые схемы ЭПУ.

На рис. 2 представлена электрическая функциональная схема автоматизированной ЭПУ-60В с двухгрупповой секционированной аккумуляторной батареей. Такая схема используется при токах нагрузки от 150 А до 1500 А.

Ввод питающих фидеров от внешних источников электроснабжения и собственной электростанции, а также распределение электрической энергии по фидерам потребителей и защита фидеров от перегрузок и коротких замыканий осуществляется на щите переменного тока ЩЦПТА.

В зависимости от величины тока нагрузки может применяться от одного до четырех рабочих ВУТ. Аккумуляторная батарея состоит из группы основных элементов GBосн и двух групп дополнительных элементов GB1; GB2. В нормальном режиме выпрямители (рабочие ВУТ) обеспечивают питание аппаратуры связи с одновременным подзарядом основных элементов аккумуляторной батареи.

Группы дополнительных элементов в нормальном режиме подзаряжаются от выпрямителей содержания BC1 и BC2 (типа BC 6/8), встроенных в устройство АКАБ (устройство автоматической коммутации аккумуляторной батареи). Резервный выпрямитель выключен. Он включается при выходе из строя одного из рабочих выпрямителей автоматически. Зарядные выпрямители ЗВ1 и ЗВ2 (типа ВУК 8/300) осуществляют заряд первой и второй групп дополнительных элементов после из разряда.

При отключении напряжения сети (аварийный режим) напряжение на выходе выпрямителей отсутствует, и нагрузка получает питание от ос-

новых элементов батареи GBосн. По мере разряда напряжение на GBосн начинает уменьшаться. При понижении напряжения до заданного уровня отпускает реле в цепях автоматики и включает питание контактора К1, который размыкает контакты (8-7) и своими замыкающими контактами (7-9) подключает первую группу дополнительных элементов GB1 к нагрузке последовательно с основными элементами батареи GBосн.

Если в процессе разряда батареи ее напряжение понизится до минимально допустимого, то устройство контроля напряжения УКН1 через промежуточное реле включит контактор К2. Последний разрывает контакты (8-7) и своими замыкающими контактами (7-9) подключает к аккумуляторной батарее вторую группу дополнительных элементов GB2. Напряжение на нагрузке увеличивается. Диоды VD2 и VD4 обеспечивают безразрывность коммутации во время переключения контакторов К1 и К2.

При появлении напряжения питающей сети (послеаварийный режим) рабочие выпрямители вместе с резервным выпрямителем автоматически включаются в режим стабилизации тока для заряда аккумуляторной батареи в составе последовательно включенных основных и дополнительных элементов. Одновременно с питанием аппаратуры связи производится заряд батареи. Напряжение буферных выпрямителей по мере заряда аккумулятора повышается.

Когда напряжение на клеммах подключения нагрузки достигнет 66 В, по сигналу устройства контроля напряжения УКН2 контактор К2 отключает вторую группу дополнительных элементов от буферных выпрямителей и включает зарядный выпрямитель ЗВ2. Заряд второй группы дополнительных элементов продолжается от выпрямителя ЗВ2 в режиме стабилизации тока. Для исключения резкого повышения напряжения на

списать

клеммах аппаратуры из-за уменьшения нагрузки во время отключения контактора К2 ток заряда протекает через диод VD3.

Основные элементы батареи GBосн вместе с дополнительными элементами GB1 продолжают заряжаться также до 66 В. Затем срабатывает устройство контроля УКНЗ, контакты (9–7) размыкаются, а контакты (7–8) К1 замыкаются. Первая группа дополнительных элементов GB1 отключается от цепи нагрузки. Одновременно включается зарядный выпрямитель ЗВ1, от которого продолжается заряд первой группы дополнительных элементов в режиме стабилизации тока. На время коммутации контактов К1 ток заряда батареи протекает через диод VD1.

Рабочий и резервный выпрямители продолжают заряжать группу основных элементов до напряжения 2,3 В/эл., т.е. до напряжения $28 \times 2,3 = 64,4$ В. При этом напряжении рабочий выпрямитель автоматически переводится в режим стабилизации напряжения, а резервный выпрямитель отключается.

Зарядные выпрямители ЗВ1 и ЗВ2 заряжают группы дополнительных элементов до напряжения 2,35 В/эл., после чего выключаются. Одновременно включаются выпрямители содержания ВС1 и ВС2, производящие непрерывный подзаряд GB1 и GB2. Электропитающая установка возвращается в исходное состояние нормального режима.

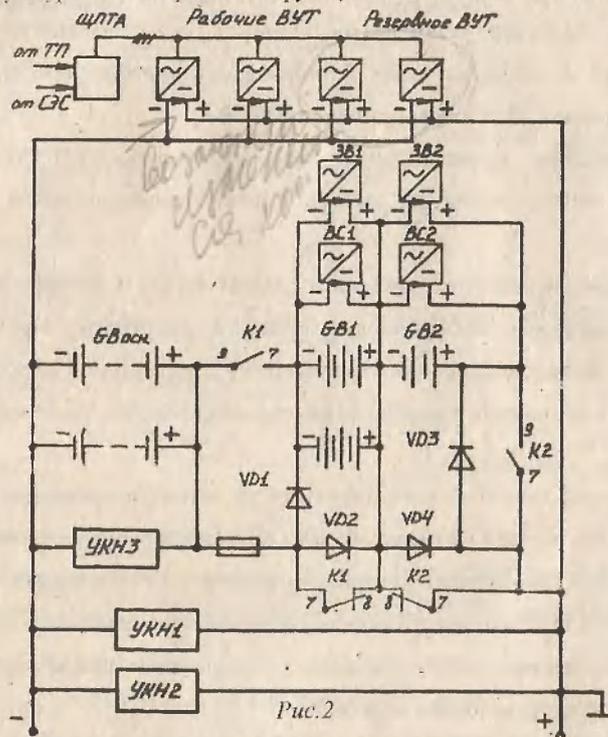
Тема 11.3. Установки бесперебойного электропитания постоянного и переменного тока

Назначение. Состав УБП. Схемы, достоинства и недостатки.

При изучении этой темы следует обратить внимание на то, что под установкой бесперебойного питания (УБП) понимают совокупность устройств и источников электропитания, обеспечивающих бесперебойную подачу электроэнергии к аппаратуре как при исправном состоянии сети

питания или резервного источника длительного действия, например, собственной электростанции предприятия связи, так и при их отказе.

Структурная электрическая функциональная ЭПУ-60В с АКАБ



В состав УБП входят преобразователи электроэнергии, резервный источник электропитания кратковременного действия и устройства, обеспечивающие взаимодействия элементов УБП между собой и установкой электропитания предприятия связи.

При изучении данного раздела нужно знать, что в названии УБП обычно отмечаются признаки, характеризующие тип применяемых преобразователей и резервного источника.

При изучении данного раздела нужно знать, что в названии УБП обычно отмечаются признаки, характеризующие тип применяемых преобразователей и резервного источника.

Так, например, установка постоянного тока с использованием выпрямителей и аккумуляторных батарей носит название выпрямительно-аккумуляторной УБП или сокращенно УБП-ВА.

Установка с трехмашинными преобразователями УБП-ТМП предназначена для бесперебойного электропитания аппаратуры связи переменным током.

При изучении этого материала следует обратить внимание на УБП-ВИ – это установки бесперебойного питания с инверторами. Применение в УБП-ВИ полупроводниковых выпрямителей и инверторов позволило значительно улучшить технико-экономические показатели УБП переменного тока.

Следует также обратить внимание на автоматизированные электромашинные установки переменного тока с инерционными маховиками. Они применяются для питания аппаратуры радиорелейных станций, работающих без постоянного присутствия обслуживающего персонала. Основу установки составляют электромашинные устройства и автоматизированные дизель-генераторные электростанции.

При изучении УБП переменного тока с электромашинными агрегатом типа АГМ и инерционным маховиком следует рассмотреть структурную схему, представленную на рис. 3.

Структурная схема УБП переменного тока с электромагнитным агрегатом типа АГМ и инерционным маховиком

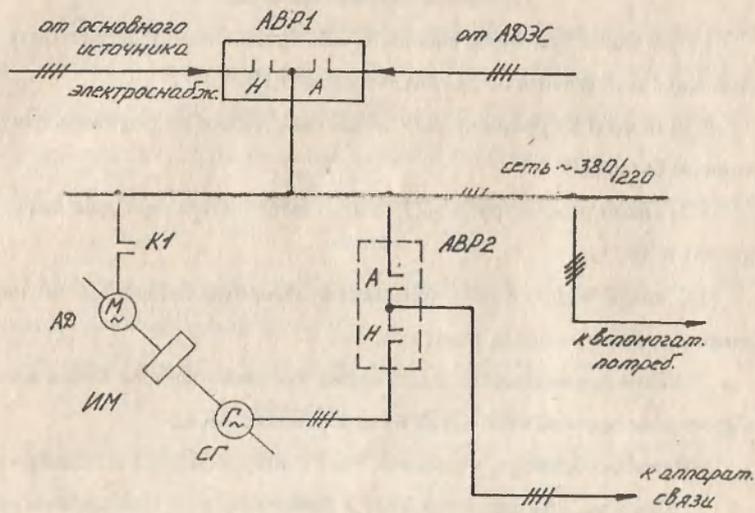


Рис. 3

Агрегат типа АГМ состоит из асинхронного двигателя с фазным ротором АД, синхронного генератора СГ и инерционного маховика ИМ, расположенных на одном валу.

При наличии питания от основного источника СГ и ИМ вращаются асинхронным двигателем АД. При аварии основного источника электроэнергии агрегат продолжает вращаться за счет кинетической энергии маховика ИМ. Масса маховика рассчитана на обеспечение вращения ротора СГ при полной мощности агрегата в течение 30 сек при некотором снижении скорости вращения к концу указанного промежутка времени (соответственно и частоты переменного тока). За это время автоматически запуска-

ется и берет на себя нагрузку АДЭС. Потребитель бесперебойно обеспечивается переменным током частотой не ниже 48 Гц.

Вопросы для самопроверки

1. При каких условиях внешнего электроснабжения может быть использована двухлучевая безаккумуляторная ЭПУ?

2. Для чего в буферной ЭПУ нужно постоянно подзаряжать аккумуляторную батарею?

3. В каком режиме работы ЭПУ-60В включаются зарядные выпрямители ЗВ1 и ЗВ2?

4. С какой целью в ЭПУ-60В аккумуляторную батарею делят на основные и дополнительные элементы?

5. Какие преимущества имеет схема УБП постоянного тока с вольтодобавочными преобразователями по сравнению с АКАБ?

6. В чем особенность установок УБП с инерционными маховиками?

7. Как классифицируются УБП в зависимости от применяемых преобразователей и резервного источника?

В результате изучения раздела 11 студенты должны:

иметь представление о современных электропитающих установках;

знать системы электропитания предприятий связи;

режимы работы электропитающих установок;

состав и назначение электропитающих установок;

схемы и состав УБП;

уметь разбираться в работе схемы ЭПУ-60В

**РАЗДЕЛ 12. ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ СВЯЗИ**

**ТЕМА 12.1. ЭУ АТС декадно-шаговой и координатной систем
коммутации при токах нагрузки более 150А и менее 150 А**

Функциональные схемы ЭПУ: состав, назначение оборудования, режимы работы ЭПУ. Стабилизация питающего напряжения.

ТЕМА 12.2. ЭУ АТС квазиэлектронной и электронной систем коммутации

Особенности электропитания АТС Э, ИВП. Особенности ТРС. Стабилизация питающего напряжения.

Материал тем 12.1, 12.2 изложен в [1, с.206-216].

Вопросы для самопроверки

1. Какие требования предъявляются к ЭПУ городских АТС?
2. Поясните работу типовой схемы ЭПУ-60В с АКАБ.
3. В чем особенность электропитания электронных и квазиэлектронных АТС?
4. Как осуществляется питание управляющих вычислительных комплексов, входящих в состав аппаратуры АТС Э?

В процессе изучения тем 12.1 и 12.2 студенты должны знать типовые схемы ЭПУ, используемые для питания АТС различного типа и различной емкости;

уметь выбирать оборудование для ЭПУ-60В.

ТЕМА 12.3. ЭУ МТС, магистральных сетевых узлов и магистральных сетевых станций

Состав ЭУ МТС. Требования к ЭУ. Схема ЭУ.

**ТЕМА 12.4. Общие вопросы организации ДП аппаратуры
НУП, НРП на магистралях связи**

Основные термины и определения. Схемы цепей ДП. Способы защиты цепей от токов ДП и влияния ЭДС. Схема включения НУП (НРП) в цепь ДП. Резервирование ДП. Организация ДП на ВОЛС.

Материал тем 12.3 и 12.4 изложен в [1].

Вопросы для самоконтроля

1. Что понимают под дистанционным питанием (ДП)?
2. В чем преимущество ДП постоянным током?
3. Как защищают цепи ДП от влияния посторонних ЭДС?
4. Какие основные факторы определяют дальность действия системы ДП?
5. Как работает ЭПУ-60В при пропадании напряжения сети переменного тока?

В процессе изучения тем 12.3 и 12.4 студенты должны знать особенности электропитания предприятий междугородной телефонной связи и систем передачи.

знать принципы организации дистанционного питания.

**ТЕМА 12.5. ЭУ предприятий радиосвязи, радиовещания
и телевидения**

Общие сведения. Электропитание передающих радиоцентров, электропитание радиорелейных линий связи. Электроустановки телевизионных центров.

При изучении этой темы следует обратить внимание на организацию электропитания:

- 1) аппаратуры радиорелейных линий (РРЛ);

2) аппаратуры наземных станций спутниковой системы передачи (ЗСССП);

3) аппаратуры радиотелевизионных передающих станций (РПС).

1. При рассмотрении вопросов электропитания РРЛ нужно четко себе представлять, что станции РРЛ связи прямой видимости в зависимости от функционального назначения разделяются на оконечные, узловые и промежуточные. Оконечные и узловые станции располагаются, как правило, в городах и могут быть обеспечены внешним электроснабжением от двух независимых источников. Промежуточные станции могут располагаться в местах, удаленных от электрических сетей энергосистем, так что строительство ЛЭП становится экономически нецелесообразным. В этом случае электроснабжение промежуточной станции осуществляется от собственной электростанции.

В настоящее время на внутризоновых и магистральных РРЛ применяется аппаратура «Курс» и «Электроника-Связь».

Электропитание аппаратуры «Курс» должно осуществляться от источника напряжения постоянного тока – 24 В с пределами его изменения $\pm 10\%$. Аппаратура «Электроника-Связь», имеющая в стойках свои собственные стабилизированные источники питания, допускает большие пределы изменения напряжения.

Структурная схема ЭПУ оконечной станции внутризоновой РРЛ на аппаратуре «Курс» представлена на рис. 4.

Оконечная станция (ОРС) располагается на территории радиотелевизионной передающей станции (РПС), поэтому внешнее электроснабжение осуществляется от распределительных устройств напряжением 0,4 кВ этой РПС.

Структурная схема ЭПУ оконечной станции внутризонавой РРЛ

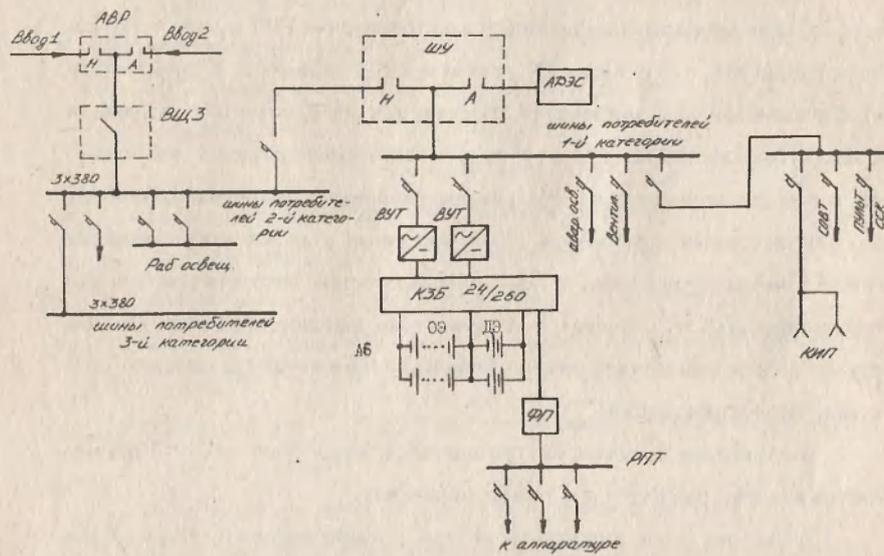


Рис. 4

В нормальном режиме работы ЭПУ питание технологических нагрузок осуществляется от ввода 1 через замкнутые контакты Н АВР (автоматическое включение резерва). АВР автоматически переключает нагрузки ОРС с Ввода 1 на Ввод 2 в случае пропадания напряжения на Вводе 1. Учет электроэнергии, потребляемой ОРС, и защита вводов осуществляется на вводном щите ВЦЗ.

С выхода ВЦЗ электроэнергия поступает на распределительные пункты, объединенные в шины потребителей второй категории. К послед-

ним относятся осветительные щиты, объединенные на общие шины, для рабочего освещения и устройства вентиляции. К этим шинам подключаются потребители третьей категории и через шкафы управления (ШУ) потребители первой категории. К потребителям третьей категории относятся разного рода станки и электропаяльники радиомастерской.

Потребители первой категории подключаются к распределительным пунктам, объединенным в общие шины, и могут получать электроэнергию от АДЭС.

С шин потребителей первой категории питается выпрямительно-аккумуляторная установка, в состав которой входят: 2 выпрямителя типа ВУТ 31/60 (1 раб. + 1 резерв.); двухгруппная аккумуляторная батарея (АБ) типа СН-72, состоящая из 11 основных (ОЭ) и 2 дополнительных элементов (ДЭ), устройство автоматической коммутации и защиты аккумуляторных батарей и нагрузки КЗБ 24/260 (ток нагрузки до 260 А). В состав КЗБ 24/260 входят: ВС 6/8 – выпрямитель содержания для подзаряда дополнительных элементов батареи; ЗВ – зарядный выпрямитель для заряда дополнительных элементов аккумуляторной батареи.

В условиях нормального электроснабжения рабочий ВУТ 31/60 осуществляет питание аппаратуры и подзаряд основных элементов АБ. Подзаряд дополнительных элементов АБ производится от ВС 6/8. Оба эти выпрямителя работают в режиме стабилизации напряжения, поддерживая напряжение на каждом элементе АБ, равное $2,2 \text{ В} \pm 2\%$. Резервный ВУТ 31/60 может быть подключен к нагрузке, обеспечивая «горячий» резерв рабочего выпрямителя, или, в случае необходимости, осуществлять заряд одной из групп ОЭ, отключенных от нагрузки.

В случае отключения сети переменного тока и снижения напряжения на нагрузке до 22,8 В устройство КЗБ обеспечивает безобрывное подклю-

чение к нагрузке ДЭ АБ последовательно с ОЭ. В случае снижения напряжения на АБ до $13 \times 1,75$ В устройство КЗБ отключает ее от нагрузки.

При восстановлении напряжения питающей сети (послеаварийный режим работы ЭПУ) рабочий ВУТ 31/60 включается в режиме стабилизации тока, обеспечивая питание аппаратуры и заряд всей АБ (ОЭ + ДЭ). При достижении на АБ напряжения 27,4 В устройство КЗБ отключает от нагрузки ДЭ. При этом к ДЭ автоматически подключается ВС 6/8, обеспечивая их заряд до напряжения 4,6 В. В случае глубокого разряда АБ устройство КЗБ позволяет вручную подключать к ДЭ ЗВ для более быстрого их заряда. Аппаратура «Курс» подключается к выходу выпрямительно-аккумуляторной установки через шкаф распределения постоянного тока РПТ.

С шин потребителей первой категории получают электроэнергию переменного тока также устройства аварийного освещения, устройства вентиляции аппаратной, контрольно-измерительные приборы (КИП), пульт служебной связи и контроля ССК и система осушки волноводного тракта (СОВТ).

РПТ и распределительные пункты для подключения КИП, ССК, СОВТ находятся в аппаратной, поэтому на входе их установлены помехоподавляющие фильтры (ФП).

Все остальное оборудование, за исключением шкафов управления (ШУ), дизель-генератора, стартерной батареи и шкафа для ее заряда, установлено в помещении ЭПУ, расположенном рядом с аппаратной.

2. При рассмотрении вопросов электропитания аппаратуры наземных станций спутниковой системы передачи (ЗСССП) нужно вспомнить, что ЗСССП располагаются в местах, где они могут быть обеспечены надежным

внешним электроснабжением от двух независимых источников электроэнергии.

Для повышения надежности электроснабжения в составе электроустановки может предусматриваться собственная резервная АДЭС.

Принципы построения ЭПУ ЗСССП рассмотрим на примере станции космической связи системы «Экран-М», предназначенной для одновременной подачи по двум частотным каналам двух программ ЦТ с сигналами звукового сопровождения и радиовещания на два спутника системы (по одной программе ЦТ на каждый спутник), а также контроля сигналов телевидения, звукового сопровождения и радиовещания в процессе передачи их на спутники и приема со спутников.

Технологические электроприемники, а также аварийное освещение по степени надежности электроснабжения относятся к первой категории электропотребителей.

Упрощенная схема электроснабжения представлена на рис. 5.

Напряжение 10 кВ, подаваемое по ЛЭП1 и ЛЭП2 от двух независимых внешних источников электроснабжения, понижается до 380 В с помощью трансформаторов Т1 и Т2, установленных на трансформаторной подстанции (ТП) предприятия радиосвязи. Секции шин низкого напряжения ТП могут быть объединены с помощью секционного автомата С.

В нормальном режиме электроснабжение станции осуществляется от Т1 и Т2 при разомкнутом С. Потребители, разбитые по мощности на две равноценные группы (Ввод 1 и Ввод 2), подключены к ТП через распределительные пункты РП1 и РП2. Для повышения коэффициента мощности в электроустановке введены конденсаторные установки УК1 и УК2.

Структурная схема электроснабжения ЗСССП

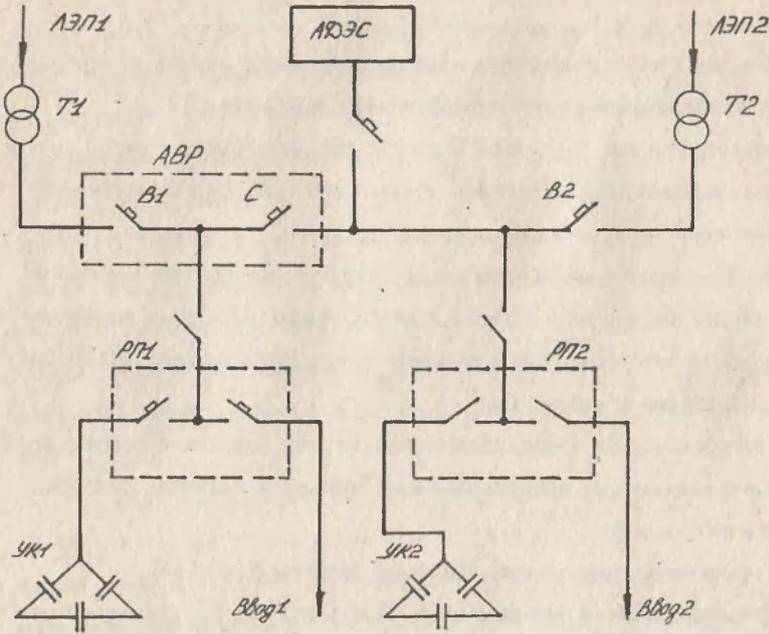


Рис. 5

При отключении одного из внешних источников электроэнергии, например Т1, срабатывает устройство АВР, отключающее автомат ввода В1 и замыкающее секционный автомат С. Электроснабжение станции производится от оставшегося в работе источника электроэнергии. В случае отключения и второго источника внешнего электроснабжения для запуска АДЭС необходимо вручную отключить вводный автомат (в рассматриваемом случае В2), так как в схему запуска АДЭС заведены последовательно соединенные размыкающие контакты автоматов В1 и В2. Последнее сделано для того, чтобы исключить возможность случайного включения АДЭС на параллельную работу с одним из внешних источников.

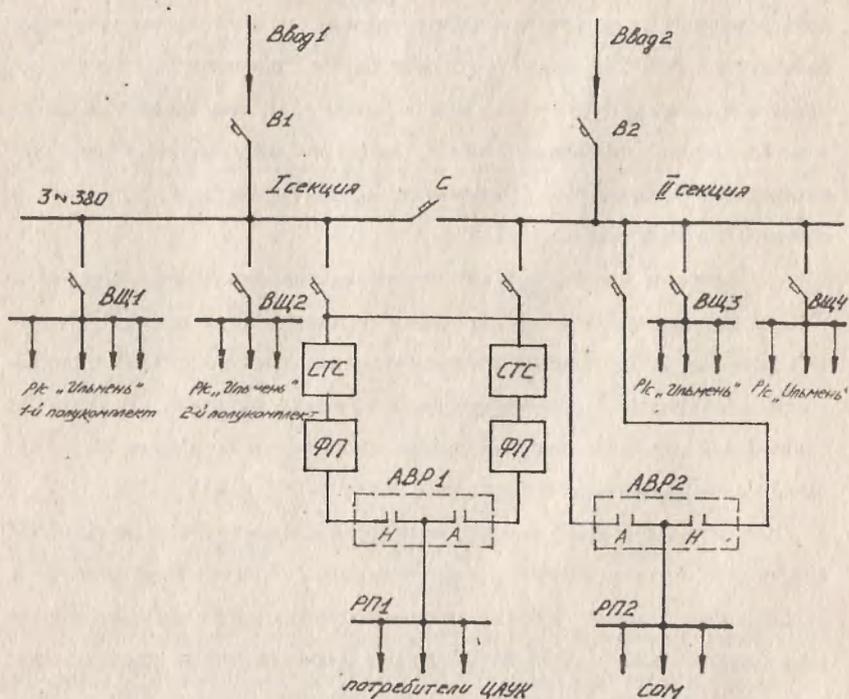
3. При изучении электропитания радиотелевизионных передающих станций (РПС) нужно знать, что РПС располагаются в городах и могут быть обеспечены надежным внешним электроснабжением, как правило, от двух независимых источников электроэнергии (в этом случае установка собственной АДЭС не предусматривается). Электрическая энергия от распределительных устройств 0,4 кВ собственной ТП, оборудованной двумя понижающими трансформаторами, подается по двум вводам в щитовую техническую здания РПС. Выпрямительно-аккумуляторные установки в составе ЭПУ РПС отсутствуют.

В качестве примера на рис. 6. приведена структурная схема ЭПУ РПС на две программы с передатчиками «Ильмень». В щитовой РПС организованы две секции шин, к которым подключаются потребители, разбитые на две группы. Эти секции подключены к двум вводам от ТП. В случае отключения одного из вводов питание обеих групп потребителей может быть переведено на оставшийся ввод.

Радиостанция (р/с) каждой их программ, состоящая из двух полукомплектов, подключается через вводные щиты (ВЩ) непосредственно к секциям шин. Один из полукомплектов находится в рабочем состоянии и потребляет 79 кВт, второй полукомплект радиостанции в условиях нормального электроснабжения потребляет 31,4 кВт. К секциям шин непосредственно подключаются такие электроприемники второй категории потребителей, как шкафы тренировки клистронов, приборы электроосвещения, электродвигатели устройств вентиляции, КИП и др. Во всех помещениях где возможно присутствие дежурного персонала, освещение выполняется двумя одновременно функционирующими группами, получающими питание от двух вводов. При аварии с одним из вводов отключается часть

светильников. Светильники второй группы выполняют функции аварийного освещения.

Структурная схема ЭПУ РПС



Электропитание аппаратуры централизованной аппаратной управления и контроля (ЦАУК), относящейся к потребителям первой категории, осуществляется от двух лучей, подключенных к различным секциям шин, через устройство АВР, выполненное на реверсивном магнитном пускателе. Для стабилизации напряжения питания применяются трехфазные электромагнитные стабилизаторы напряжения СТС (на рассматриваемой станции установлены стабилизаторы типа СТС2М-10/0,5 на $10 \text{ кВ} \cdot \text{А}$). Ввиду того,

что распределительный пункт РП1 и устройство АВР1 установлены в аппаратной, их подключение производится через помехоподавляющие фильтры ФП. Электропитание других электроприемников первой категории осуществляется также по двухлучевой схеме через АВР2. На рис. 6 показан распределительный пункт РП2, к которому подключаются устройства светоограждения мачты (СОМ) В случае размещения на территории РПС оконечной радиорелейной станции электроснабжение ее осуществляется по двум лучам с секцией шин I и II (по схеме рис. 4). В случае установки на РПС вещательных передатчиков и радиостанций (например, 2-СРБ21 и «Дождь-4») их электроснабжение может осуществляться с секцией I, II или через отдельный ввод от ТП. На РПС может также устанавливаться аппаратура системы связи с подвижными объектами, например, «Алтай-3М», электропитание которой осуществляется через собственные ИВЭП по двухлучевой схеме с применением АВР (от секций I и II)

В процессе изучения темы 12.5 студенты должны разбираться в структурных схемах электропитания предприятий радиосвязи, радиовещания и телевидения.

Вопросы для самопроверки

1. Как осуществляется электропитание радиотрансляционных узлов?
2. Как осуществляется электропитание оконечных станций РРЛ?
3. Как осуществляется электропитание наземных станций спутниковой системы передачи (ЗССП)?
4. Как осуществляется электропитание радиотелевизионных передающих станций (РПС)?

РАЗДЕЛ 13 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭПУ**ТЕМА 13.1. Проектирование ЭПУ**

Цели и задачи. Разработка задания по проектированию. Выбор системы питания схемы ЭПУ. Расчет и выбор оборудования ЭПУ.

В результате изучения тем 13.1 раздела 13 студент должен:

иметь представление об ЭПУ;

знать системы электропитания;

уметь рассчитывать и выбирать оборудование ЭПУ.

КОНТРОЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ*Общие указания*

В соответствии с учебным планом студенты заочного отделения колледжа телекоммуникаций МТУСИ специальностей 2004, 2005, 2006 выполняют одну домашнюю контрольную работу по предмету «Электропитание устройств связи», которая состоит из четырех задач. Рядом с каждой задачей указана специальность. ***Необходимо быть внимательным при выборе задач и решать задачи только для своей специальности.***

При выполнении задачи студенту необходимо привести условие задачи и выписать из таблицы данные только для своего варианта. Ответы на вопросы должны быть последовательными, краткими, но по существу вопроса.

Работа должна быть оформлена аккуратно. При оформлении необходимо придерживаться следующих правил:

контрольная работа выполняется в отдельной тетради в клетку с отчерченными полями, все страницы должны быть пронумерованы в верхнем углу;

рисунки, графики, схемы должны вычерчиваться карандашом, в достаточно крупном масштабе в соответствии с действующим ГОСТ (*ксерокопирование не допускается*);

формулы, по которым ведется расчет, обязательно приводятся в тексте и поясняются; все расчеты должны сопровождаться пояснительным текстом; числовые значения величин следует подставлять в основных единицах;

окончательный результат расчета должен быть вычислен с точностью до трех значимых цифр (например, 12300; 1,23 или 0,0123);

после решения последней задачи приводится список использованной литературы с указанием издательства и года издания, личная подпись и дата выполнения работы;

работа высылается на рецензирование в соответствии с учебным графиком: после получения зачтенной работы студент должен внести исправления в соответствии с рецензией и показать их преподавателю во время экзаменационной сессии, *но до экзамена*.

Если работа не зачтена, студент выполняет ее заново полностью.

ЗАДАЧА 1 (для спец. 2004, 2005, 2006)

Начертите схему выпрямителя, указанного для Вашего варианта в табл. I, и с помощью временных диаграмм поясните принцип ее работы.

Рассчитайте заданный выпрямитель по следующим пунктам:

1. Выберите тип кремниевых диодов.
2. Определите действующие значения напряжения и тока во вторичной обмотке трансформатора.
3. Определите коэффициент трансформации силового трансформатора.
4. Определите КПД выпрямителя.

5. Определите коэффициент пульсации $K_{П1}$ и частоту пульсации f_1 основной (первой) гармоники.

Данные для расчета в 10 вариантах приведены в табл. 1.

ЗАДАЧА 2 (ДЛЯ СПЕЦ. 2004, 2005, 2006)

Расчитайте сглаживающий Г-образный LC-фильтр, включенный после выпрямителя, по следующим пунктам:

1. Определите коэффициент сглаживания σ .
2. Определите элементы L и C сглаживающего фильтра.
3. Начертите схему рассчитанного Г-образного LC-фильтра, учитывая количество звеньев в фильтре.

Данные для расчета в 10 вариантах приведены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные	Номер варианта									
	1 ✓	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Выпрямленное напряжение U_0 , В	24 ✓	220	48	10	5	120	60	240	60	48
2. Выпрямленный ток I_0 , А	2 ✓	4	5	5	2	10	20	10	20	50
3. Схема выпрямления	однофазная мостовая ✓		однофазная двухполупериодная с выводом «0» точки трансформатора			трехфазная однополупериодная (сх Миткевича, соединение обмоток трансформатора $\Delta-\Delta$)		трехфазная мостовая (сх Ларионова, соединение обмоток трансформатора $\Delta-\Delta$)		
4. Напряжение сети, U_C , В	220 ✓	220	220	220	220	380	380	380	380	380

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5. Частота сети f_c , Гц	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
6. Коэффициент пульсации первой гармоники на нагрузке (на выходе фильтра) $K_{п. вых}$	0,04	0,005	0,03	0,05	0,015	0,012	0,003	0,019	0,005	0,0014

Методические указания по решению задач 1 и 2

(для спец. 2004, 2005, 2006)

Перед тем, как приступить к решению задач 1 и 2, необходимо внимательно изучить материал, изложенный в [1, с. 55-59, 78-84; 2, с. 65-82, 122-127].

1. Для выбора кремниевых диодов необходимо определить обратное напряжение на диоде $U_{обр}$ и допустимый средний прямой ток через диод $I_{ср. max}$.

Данные для их расчета приведены в табл. 2. Тип кремниевого диода выбирают из табл. 3, исходя из рассчитанных значений $U_{обр}$ и $I_{ср}$. Выбранный тип диода должен иметь допустимый прямой ток (среднее значение) $I_{пр. ср} > I_{ср}$ и максимальное обратное напряжение $U_{обр max} > U_{обр}$.

2. Данные для расчета действующего значения напряжения U_2 и тока I_2 во вторичной обмотке трансформатора приведены в табл. 2.

3. Коэффициент трансформации трансформатора рассчитывается по формуле

$$K_{\text{тр}} = \frac{U_1}{U_2}, \quad (1)$$

где U_1 – действующее значение фазного напряжения в первичной обмотке трансформатора, В;

$$U_1 = U_c \text{ (см. табл. 1);}$$

U_2 – действующее значение фазного напряжения во вторичной обмотке трансформатора, В ; (см. свой расчет по п. 2 данной задачи).

Таблица 2

Параметры	Схем выпрямления			
	однофазная мостовая	однофазная двухполупериодная с выводом «0»	трехфазная однополупериодная (Y-Y)	трехфазная мостовая (Y-Y)
1. Обратное напряжение на диоде, $U_{\text{обр}}$	$1,57 U_0$	$3,14 U_0$	$2,1 U_0$	$1,05 U_0$
2. Среднее значение прямого тока через диод, $I_{\text{ср}}$	$0,5 I_0$	$0,5 I_0$	$0,33 I_0$	$0,33 I_0$
3. Фазность выпрямителя, m	2	2	3	6
4. Действующее значение напряжения вторичной обмотки трансформатора, U_2	$1,11 U_0$	$1,11 U_0$	$0,855 U_0$	$0,43 U_0$
5. Действующее значение тока вторичной обмотки трансформатора, I_2	I_0	$0,707 I_0$	$0,58 I_0$	$0,815 I_0$
6. Действующее значение тока первичной обмотки трансформатора, I_1	$\frac{I_0}{K_{\text{тр}}}$	$\frac{I_0}{K_{\text{тр}}}$	$\frac{0,47 \cdot I_0}{K_{\text{тр}}}$	$\frac{0,82 \cdot I_0}{K_{\text{тр}}}$

Параметры	Схем выпрямления			
	однофазная мостовая	однофазная двухполупериодная с выво-дом «0»	трехфазная однополупериодная (Л-Л)	трехфазная мостовая (Л-Л)
7. Расчетная мощность трансформатора, Р _{тр}	1,11 Р ₀	1,34 Р ₀	1,34 Р ₀	1,05 Р ₀

Здесь $K_{тр} = \frac{U_1}{U_2}$ – коэффициент трансформации.

Таблица 3

Тип диодов	Uобрmax	Iпр ср	Uпр ср	Iобр ср	Тип диодов	Uобрmax	Iпр ср	Uпр ср	Iобр ср
Д214	100	10	1,2	3,0	КД202М	500	5	1,0	1,0
Д214А	100	10	1,0	3,0	КД202Р	600	5	1,0	1,0
Д214Б	100	5	1,5	3,0	КД203А	7600	10	1,0	1,5
Д215	200	10	1,2	3,0	КД203Б	800	5	1,0	1,5
Д215А	200	10	1,0	3,0	КД203В	800	10	1,0	1,5
Д215Б	200	5	1,5	3,0	КД203Г	1000	5	1,0	1,5
Д231	300	10	1,0	3,0	КД203Д	1000	10	1,0	1,5
Д231а	300	10	1,0	3,0	КД206А	400	10	1,2	0,7
Д231Б	300	5	1,5	3,0	КД206Б	500	10	1,2	0,7
Д232	400	10	1,0	3,0	КД206В	600	10	1,2	0,7
Д232А	400	10	1,0	3,0	КД208А	100	1,5	1,0	0,1
Д232Б	400	5	1,5	3,0	КД210А	800	5	1,0	1,5
Д233	500	10	1,0	3,0	КД210Б	800	10	1,0	1,5
Д233Б	500	5	1,5	3,0	КД210В	1000	5	1,0	1,5
Д234Б	600	5	1,5	3,0	КД210Г	1000	10	1,0	1,5
Д242	100	10	1,25	3,0	КД213А	200	10	1,0	0,2
Д242А	100	10	1,0	3,0	КД213Б	200	10	1,2	0,2
Д242Б	100	5	1,5	3,0	КД213В	100	10	1,0	0,2
Д243	200	10	1,25	3,0	КД213Г	100	10	1,2	0,2
Д243А	200	10	1,0	3,0	2Д216А	100	10	1,0	0,05
Д243Б	200	5	1,5	3,0	2Д216Б	200	10	1,0	0,05
Д245	300	10	1,25	3,0	2Д220А	400	3	1,2	1,5
Д245А	300	10	1,0	3,0	2Д220Б	600	3	1,2	1,5
Д245Б	300	5	1,5	3,0	2Д220В	800	3	1,2	1,5

Тип диодов	Uобрмах	Iпр.ср	Uпр.ср	Iобр.ср	Тип диодов	Uобрмах	Iпр.ср	Uпр.ср	Iобр.ср
Д246	400	10	1,25	3,0	2Д220Г	1000	3	1,2	1,5
Д246А	400	10	1,0	3,0	2Д220Д	400	3	1,1	1,5
Д246Б	400	5	1,5	3,0	2Д220Е	600	3	1,1	1,5
Д247	500	10	1,25	3,0	2Д220Ж	800	3	1,1	1,5
Д247Б	500	5	1,5	3,0	2Д220И	1000	3	1,1	1,5
Д248Б	600	5	1,5	3,0	ДЛ12-10	100	10	1,35	1,0
КД202А	50	5	0,9	0,8	ДЛ12-16	100	16	1,35	1,5
КД202Г	70	3,5	0,9	0,8	ДЛ12-25	100	25	1,35	4,0
Д302	200	1	0,25	0,8	ДЛ22-32	100	32	1,35	6,0
Д303	150	3	0,3	1,0	ДЛ22-40	100	40	1,35	6,0
Д304	100	5	0,25	2,0	В10	150	10	1,35	5,0
Д305	50	10	0,3	2,5	В25	150	25	1,35	5,0
2Д201А	100	5	1,0	3,0	В50	150	50	1,35	5,0
2Д201Б	100	10	1,0	3,0	ДЛ112-10	400	10	1,35	1,0
2Д201В	200	5	1,0	3,0	ДЛ112-16	400	16	1,35	1,5
2Д201Г	200	10	1,0	3,0	ДЛ112-25	400	25	1,35	2,0
КД202А	50	5	1,0	1,0	ДЛ122-32	400	32	1,35	4,0
КД202В	100	5	1,0	1,0	ДЛ122-40	400	40	1,35	4,0
КД202Д	200	5	1,0	1,0	ВЛ10	600	10	1,35	4,0
КД202Ж	300	5	1,0	1,0	ВЛ25	600	25	1,35	5,0
КД202К	400	5	1,0	1,0	ВЛ50	600	50	1,35	8,9

4. Расчет КПД выпрямителя.

Коэффициент полезного действия выпрямителя без учета сглаживающего фильтра и стабилизатора напряжения определяются по формуле

$$\eta = \frac{P_0}{P_0 + \Delta P_{\text{тр}} + \Delta P_{\text{д}}}, \quad (2)$$

где P_0 – активная мощность на нагрузке, Вт;

$$P_0 = I_0 U_0;$$

$\Delta P_{\text{тр}}$ – потери мощности в трансформаторе, Вт;

$\Delta P_{\text{д}}$ – потери мощности в диодах, Вт.

4.1. Потери мощности в трансформаторе определяются по формуле, Вт

$$\Delta P_{TP} = P_{TP} (1 - \eta_{TP}), \quad (3)$$

где P_{TP} – расчетная мощность трансформатора определяется из табл.2 для заданной схемы выпрямителя, Вт;

η_{TP} – КПД трансформатора, для расчетов принимается равным 0,85.

4.2. Потери мощности в диодах

Для схем выпрямления однофазного тока с выводом «0» точки трансформатора и трехфазной однополупериодной (сх. Миткевича) определяется по формуле

$$\Delta P_{Д} = U_{пр.ср} \cdot I_{0}, \quad (4)$$

где $U_{пр.ср}$ – допустимое прямое напряжение на выбранном типе диода, В (см. табл.3).

В схемах выпрямления: однофазная мостовая и трехфазная мостовая (сх. Ларионова) выпрямленный ток протекает по двум последовательно включенным диодам, поэтому потери мощности в диодах для этих схем определяются по формуле

$$\Delta P_{Д} = 2 \cdot U_{пр.ср} \cdot I_{0}, \quad (5)$$

где $U_{пр.ср}$ – допустимое прямое напряжение на выбранном типе диода, В (см. табл.3).

5. Частота пульсации основной (первой) гармоники определяется по формуле

$$f_1 = m f_c \quad (6)$$

где m – фазность выпрямителя (см. табл. 2);

f_c – частота сети.

Коэффициент пульсации основной (первой) гармоники рассчитывается по формуле

$$K_{III} = \frac{2}{m^2 - 1}, \quad (7)$$

6. Для расчета элементов сглаживающего LC-фильтра, включенного на выходе выпрямителя (задача 2), необходимо:

6.1. Рассчитать коэффициент сглаживающего фильтра q по формуле

$$q = \frac{K_{III}}{K_{II,ВЫХ}}, \quad (8)$$

где K_{III} – коэффициент пульсации первой гармоники на входе фильтра (с выхода выпрямителя), см. формулу (7);

$K_{II,ВЫХ}$ – коэффициент пульсации первой гармоники на нагрузке (на выходе фильтра), см. данные в табл. 1.

По рассчитанному значению q выбирается количество звеньев LC-фильтра.

Если $q \leq 25$, то применяется однозвенный LC-фильтр [1, рис.7.3] и в этом случае:

$$q_{зв} = q.$$

где $q_{зв}$ – коэффициент сглаживания одного звена LC-фильтра.

Если $q > 25$, то применяется двухзвенный LC-фильтр.

В двухзвенных фильтрах применяются одинаковые элементы L и C во всех звеньях, так как этим достигается однотипность используемых деталей, что само по себе более экономично, чем применение разнотипных деталей.

В этом случае коэффициент сглаживания каждого звена определяется по формуле

$$q_{зв} = \sqrt{q}.$$

6.2. Одним из основных условий выбора L1 является обеспечение индуктивной реакции фильтра на выпрямитель. Исходя из этого условия определяется минимально допустимое значение индуктивности дросселя фильтра по формуле, Гн,

$$L_{ДР\ min} = \frac{2 \cdot U_0}{(m^2 - 1) \cdot m \cdot I_0 \cdot 3,14 \cdot f_c} \quad (9)$$

Определив значение $L_{ДР\ min}$, рассчитывают значение емкости фильтра по формуле, мкФ,

$$C1 = \frac{10 \cdot (q_{зв} + 1)}{m^2 \cdot L_{ДР\ min}} \quad (10)$$

Из табл. 4 следует выбрать номинальную емкость конденсатора, исходя из значений C1 и номинального напряжения конденсатора $U_{ном}$, величина которого должна быть

$$U_{ном} \geq 1,2U_0.$$

Конденсаторы электрические типа К50-3Б

Таблица 4

Номинальное напряжение $U_{ном}$, В	Номинальная емкость, Сном, мкФ	Допустимое амплитудное значение переменной составляющей, % от номинального напряжения на частотах, Гц		
		50	100	400
6	50, 100	10	7,7	3,5
	200, 500, 1 000	6	4,2	2,1
12	20, 50, 100	10	7,7	3,5
	200, 500, 1000, 2000	6	4,2	2,1
25	10, 20	15	10,5	5,3
	50, 100	10	7,7	3,5
	200, 500, 1000	6	5,2	2,1
50	10, 20	15	10,5	5,3
	50, 100	10	7,7	3,5
	200	6	4,2	2,1

Номинальное напряжение $U_{ном}$, В	Номинальная емкость, $C_{ном}$, мкФ	Допустимое амплитудное значение переменной составляющей, % от номинального напряжения на частотах, Гц		
		50	100	400
100	10, 20	10	7,7	3,5
	50, 100, 200	6	4,2	2,1
160	2, 5, 10, 20	10	7,7	3,5
	50, 200	6	4,2	2,1
250	20, 50	6	4,2	2,1
300	5, 10, 20	10	7,7	3,5
	50	6	4,2	2,1
350	2, 5, 10, 20	10	7,7	3,5
450	2, 5, 10, 20	10	7,7	3,5

Если в табл. 4 на такое напряжение не окажется конденсатора с рассчитанной емкостью, то нужно взять конденсатор с максимальной номинальной емкостью, приведенной в табл. 4 (на $U_{ном} \geq 1,2 U_0$), и включить 2 – 5 таких конденсаторов параллельно друг другу.

При этом все же окажется, что общая емкость конденсаторов в 5 – 15 раз меньше расчетного значения емкости фильтра $C1$.

Получение расчетного значения емкости фильтра $C1$ путем дальнейшего увеличения количества конденсаторов в данном случае нецелесообразно, поэтому общую емкость конденсаторов считают номинальной емкостью фильтра. Для получения условия $LC = const$ необходимо величину индуктивности $L_{дР min}$ увеличить во столько же раз, во сколько раз уменьшили емкость $C1$.

Например, при расчете однозвенного фильтра (при $U_0 = 60$ В) получили:

$$L_{дР min} = 0,0001 \text{ Гн}, \quad \text{а} \quad C1 = 5000 \text{ мкФ}.$$

В табл. 4 на напряжение 100 В ($U_{ном} = 1,2 \cdot 60 = 72$ В) такого типа конденсатора не оказалось. Следовательно, нужно выбрать по табл. 4 конденсатор К50-3Б с максимальной емкостью 200 мкФ на номинальное напряжение 100 В и включить 3 таких конденсатора параллельно друг другу. Тогда общая емкость фильтра будет: $C_{1общ} = 200 \times 3 = 600$ мкФ. Поскольку емкость фильтра выбрана в 8 раз меньше рассчитанной (600 мкФ вместо 5000 мкФ), то нужно в 8 раз увеличить индуктивность дросселя, т.е.

$$L1 = L_{др\ min} \times 8 = 0,0001 \times 8 = 0,0008 \text{ Гн.}$$

6.3. При выполнении схемы сглаживающего фильтра следует учесть параллельное включение нескольких конденсаторов (в соответствии с расчетом) в звене фильтра.

ЗАДАЧА 3 (для спец. 2004,2005)

Рассчитайте электропитающую установку ЭПУ-60В по следующим пунктам.

1. Рассчитайте ток аварийного разряда аккумуляторной батареи 60 В, состоящей из свинцовых стационарных аккумуляторов.
2. Рассчитайте емкость аккумуляторной батареи 60 В.
3. Определите тип и количество свинцовых стационарных аккумуляторов в батарее 60 В.
4. Выберите тип и количество выпрямительных устройств типа ВУТ для ЭПУ-60 В.
5. Рассчитайте энергетические параметры выпрямительно-аккумуляторной установки.

Данные для расчета в десяти вариантах приведены в табл. 5.

Таблица 5

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Ток, потребляемый аппаратурой, $I_{АП}, А$	200	300	400	500	600	650	700	750	800	900
2. Мощность аварийного освещения, $P_{АВ.ОСВ}, кВт$	0,9	1,5	2,4	3,3	3,8	4,0	4,2	4,5	5,0	5,4
3. Расчетное время разряда одной группы аккумуляторной батареи, $t_p, ч$	0,5									
4. Напряжение сети переменного трехфазного тока, $U_c, В$	380									

Методические указания по решению задачи 3 (для спец. 2004, 2005)

1. Расчет тока аварийного разряда аккумуляторной батареи – 60 В при отсутствии напряжения в сети переменного тока определяется по формуле, А,

$$I_{АВ} = I_{АП} + I_{АВ.ОСВ} \quad (11)$$

где $I_{АП}$ – ток, потребляемый аппаратурой, А;

$I_{АВ.ОСВ}$ – ток аварийного освещения, А;

$$I_{АВ.ОСВ} = \frac{P_{АВ.ОСВ}}{60}, \quad (12)$$

где $P_{АВ.ОСВ}$ – мощность аварийного освещения (задана в условии задачи).

При подстановке в формулу (12) числового значения $P_{АВ.ОСВ}$ не забудьте кВт перевести в Вт.

2. Расчет емкости аккумуляторной батареи ЭПУ

2.1. Необходимая емкость аккумуляторной батареи 60 В, приведенная к номинальным условиям разряда, определяется по формуле, А · ч,

$$Q = \frac{I_{\text{ав}} \cdot t_p}{\eta_q [1 + 0,008(t_{\text{эл}}^{\circ} - 20^{\circ})]}, \quad (13)$$

где $I_{\text{ав}}$ – ток аварийного разряда аккумуляторной батареи 60 В

(определяется согласно методике, изложенной в п. 1), А ;

t_p – расчетное время разряда одной группы аккумуляторной батареи, ч;

$t_{\text{эл}}^{\circ}$ – температура электролита аккумуляторов, принимается для расчетов + 15^o С;

η_q – коэффициент отбора емкости, зависящий от времени разряда t_p ;
при $t_p = 0,5$ ч $\eta_q = 0,34$.

3. Определение типа и количества свинцовых аккумуляторов в батарее

3.1. Номер аккумулятора определяется по формуле

$$N = \frac{Q}{36 \cdot n_b}, \quad (14)$$

где Q – емкость аккумуляторной батареи, А · ч;

36 – емкость аккумулятора С1;

n_b – число групп аккумуляторной батареи, равное 2;

Округление N следует проводить в большую сторону до существующего типа аккумулятора. В табл. 5.4. [1] приведены существующие типы аккумуляторов. Если $t_p \leq 1$ ч, то берут аккумуляторы для коротких разрядов типа «СК», если $t_p > 1$ ч, то берут аккумуляторы для длительных разрядов типа «С».

ак. СК
Д. в. р. 36

3.2. Количество элементов в аккумуляторной батарее определяется по формуле

$$n_A = \frac{U_{\min} + \Delta U_{\text{ПР}}}{U_{\text{КР}}}, \quad (15)$$

где U_{\min} – наименьшее допустимое напряжение на зажимах питаемой аппаратуры, равное 58 В;

$\Delta U_{\text{ПР}}$ – допустимые потери напряжения в токораспределительной проводке и коммутационно-защитной аппаратуре, равное 2,0 В;

$U_{\text{КР}}$ – конечное разрядное напряжение одного аккумулятора;

$U_{\text{КР}} = 1,75$ В, если взят аккумулятор типа «СК»;

$U_{\text{КР}} = 1,80$ В, если взят аккумулятор типа «С».

В типовых схемах автоматизированных ЭПУ батареи секционируются, т.е. делятся на основные и дополнительные элементы.

Количество элементов в основной группе аккумуляторной батареи определяется по формуле

$$n_{\text{ОСН}} = \frac{U_{\min} + U_{\max} + \Delta U_{\text{ПР}}}{2U_{\text{Э}}}, \quad (16)$$

где U_{\max} – наибольшее допустимое напряжение на зажимах питаемой аппаратуры, принимается равным 66 В;

$U_{\text{Э}}$ – напряжение на одном элементе аккумуляторной батареи, в режиме непрерывного подзаряда, равное 2,20 В.

Количество элементов в дополнительной группе аккумуляторной батареи определяется по формуле

$$n_{\text{ДОП}} = n_A - n_{\text{ОСН}}. \quad (17)$$

Значения n_A , $n_{\text{ОСН}}$, $n_{\text{ДОП}}$ округляют до целого числа.

МК

ВУТ

распр. устр. на термистор по таб. Буш. 9.2
ВУТ - 31/60 $V_0 = 31В$
 $I_0 = 60А$

5. Выбор выпрямительных устройств

По нормам технологического проектирования число рабочих выпрямительных устройств (ВУТ), работающих параллельно в буферной электропитающей установке, не должно превышать четырех.

Все рабочие выпрямительные устройства, как правило, должны иметь 100% резерв, однако при параллельной работе нескольких одинаковых выпрямительных устройств разрешается устанавливать одно резервное выпрямительное устройство.

Для ЭПУ-60В следует выбирать из табл. 9.2 [1] ВУТ с максимальным выпрямленным напряжением 67 В, исходя из условия:

$$K_{ВУТ} \cdot I_0 > I_{АП},$$

где $K_{ВУТ}$ – число параллельно включенных ВУТ, входящих в рабочий комплект;

I_0 – максимальный выпрямленный ток одного ВУТ, А;

$I_{АП}$ – ток, потребляемый аппаратурой, А.

Причем ВУТ необходимо подбирать с меньшими значениями тока I_0 , предусматривая их параллельную работу, но не более четырех в параллель; и только в том случае, если четыре параллельно включенные выпрямительные устройства не обеспечивают требуемую величину тока нагрузки, следует переходить на следующий тип выпрямительного устройства, с большим значением тока I_0 .

К выбранному комплекту рабочих выпрямительных устройств добавляют одно резервное того же типа, которое используется также для заряда батареи.

Расшифровка условных обозначений типа выпрямительных устройств ВУТ приведена в [1, гл. 9.3].

Для выбранного типа ВУТ из табл. 9.2. [1] необходимо выписать для дальнейших расчетов следующие параметры: КПД, коэффициент мощности $\cos \varphi$.

5. Расчет энергетических параметров выпрямительно-аккумуляторной установки

5.1. Активная мощность, потребляемая установкой от сети с учетом КПД выбранного типа выпрямительного устройства, рассчитывается по формуле, кВт,

$$P = \frac{P_H}{\eta}, \quad (18)$$

где P_H – мощность, потребляемая аппаратурой при наличии сети переменного тока, кВт;

$$P_H = I_{\text{АП}} \cdot 60 \cdot 10^3, \text{ кВт};$$

η – КПД выбранного типа ВУТ.

5.2. Полная мощность, потребляемая установкой от сети переменного тока, рассчитывается по формуле, кВ·А,

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (19)$$

где $\cos \varphi$ – коэффициент мощности выбранного типа ВУТ.

5.3. Ток, потребляемый выпрямительно-аккумуляторной установкой от сети, рассчитывается по формуле, А,

$$I = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{л}}}, \quad (20)$$

где $U_{\text{л}}$ – линейное напряжение сети, В.

Для расчетов берут $U_{\text{л}} = U_{\text{с}}$.

По рассчитанному значению тока I выбирают щит переменного тока.

В ЭПУ-60В применяются щиты типов: ЩПТА 4/200 и ЩПТА 600 соответственно на токи 200 А и 600 А.

ЗАДАЧА 3 (для спец. 2006)

Рассчитайте схему простейшего параметрического стабилизатора на кремниевом стабилитроне по следующим пунктам:

1. Выберите тип кремниевого стабилитрона.
2. Определите величину сопротивления гасящего резистора.
3. Определите коэффициент стабилизации напряжения.
4. Определите нестабильность выходного напряжения.
5. Начертите электрическую принципиальную схему рассчитанного стабилизатора, поясните принцип ее работы.

Данные для расчета в десяти вариантах приведены в табл. 6.

Таблица 6

Исходные данные	Номер варианта									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Выходное напряжение стабилизатора, $U_{ст}$	11	12	7	10	10	14	7	13	8	9
2. Ток нагрузки I_n , мА	8	6	5	5	13	10	12	7	6	15
3. Нестабильность выходного напряжения $\delta_{вых}$, %	0,6	0,4	0,2	0,4	0,8	0,6	0,5	0,5	0,4	0,9
4. Нестабильность входного напряжения $\delta_{вх}$, %	12	10	11	12	10	10	11	12	10	10

Методические указания по решению задачи 3 (спец. 2006)

Прежде чем приступить к решению задачи 3, необходимо внимательно изучить материал, изложенный в [1, с. 90,91; 2, с. 146-150].

При изучении работы параметрического стабилизатора следует обратить внимание на такие понятия, как коэффициент стабилизации, дифференциальное сопротивление стабилизатора, нестабильность входного и выходного напряжения. Электрическая принципиальная схема стабилизатора на кремниевом стабилитроне приведена на рис. 7.

*Электрическая принципиальная схема
параметрического стабилизатора*

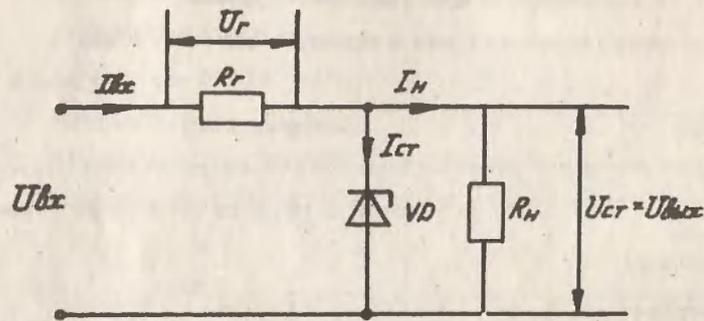


Рис. 7

1. Выбор типа кремниевого стабилитрона VD производится по величине заданного выходного напряжения стабилизатора $U_{ст}$ и тока нагрузки I_H из табл. 7.

При выборе кремниевых стабилитронов предпочтение следует отдавать стабилитронам, имеющим меньшее дифференциальное сопротивление $r_{диф}$, так как при этом увеличивается коэффициент стабилизации.

Например: при заданных значениях $U_{CT} = 9$ В и $I_H = 5$ мА подходят два стабилитрона: Д809 и Д810, у которых напряжения стабилизации соответственно равны 8-9,5 В и 9-10,5 В, а токи стабилизации соответственно 3-33 мА и 3-26 мА (см: табл. 7). Однако дифференциальное сопротивление стабилитрона Д809 меньше, чем стабилитрона Д810, поэтому в данном случае целесообразно взять тип Д809.

Для выбранного типа стабилитрона необходимо выписать из табл. 7 значения:

напряжение стабилизации (U_{CT});

минимальный и максимальный токи стабилизации;

дифференциальное сопротивление ($r_{диф}$).

2. Сопротивление гасящего резистора R_r определяют по формуле, Ом,

$$R_r = \frac{U_r}{I_{вх} \cdot 10^{-3}}, \quad (21)$$

где U_r – падение напряжения на гасящем резисторе, В,

для расчетов принимают $U_r \approx 3 U_{CT}$;

$I_{вх}$ – входной ток стабилизатора, который определяется по формуле, мА

$$I_{вх} = I_{CT} + I_H \quad (22)$$

где I_{CT} – среднее значение тока стабилитрона, мА, для расчетов

берут $I_{CT} \approx 2 I_H$;

I_H – ток нагрузки, мА (задан в условии).

3. Коэффициент стабилизации параметрического стабилизатора с учетом того, что $R_H \gg r_{диф}$ и $R_r \gg r_{диф}$, рассчитывается по формуле

$$K_{CT} = \frac{R_r}{r_{диф}} \cdot \frac{U_{CT}}{U_{вх}}, \quad (23)$$

где $U_{вх}$ – входное напряжение стабилизатора, В, определяется

из формулы

$$U_{вх} = U_{ст} + U_r. \quad (24)$$

4. Нестабильность выходного напряжения стабилизатора рассчитывается по формуле, %,

$$\delta'_{ввых} = \frac{\delta_{вх}}{K_{ст}}, \quad (25)$$

где $\delta_{вх}$ – нестабильность входного напряжения.

Полученное значение $\delta'_{ввых}$ сравнивается с заданным в условии задачи значением нестабильности выходного напряжения $\delta_{ввых}$. При правильных расчетах должно соблюдаться соотношение:

$$\delta'_{ввых} \leq \delta_{ввых}.$$

Таблица 7

Тип стабилизатора	Электрические параметры при $T_{окр}^0 = 25^\circ\text{C}$		
	Напряжение стабилизации $U_{стmin} \div U_{стmax}$, В	Ток стабилизации $I_{стmin} \div I_{стmax}$, мА	Дифференциальное сопротивление $r_{диф}$, Ом
Д808	7 – 8,5	3 – 33	6
Д809	8 – 9,5	3 – 29	10
Д810	9 – 10,5	3 – 26	12
Д811	10 – 12	3 – 23	15
Д813	11,5 – 14	3 – 20	18
Д814А	7 – 8,5	3 – 40	6
Д814Б	8 – 9,5	3 – 36	10
Д814В	9 – 10,5	3 – 32	12
Д814Г	10 – 12	3 – 29	15
Д814Д	11,5 – 14	3 – 24	18
Д815А	5 – 5,6	50 – 1400	0,6

Тип стабилизатора	Электрические параметры при $T_{\text{окр}}^0 = 25^\circ\text{C}$		
	Напряжение стабилизации $U_{\text{СТmin}} \div U_{\text{СТmax}}$, В	Ток стабилизации $I_{\text{СТmin}} \div I_{\text{СТmax}}$, мА	Дифференциальное сопротивление г.д.ф. Ом
Д815Б	6,1 – 6,8	50 – 1150	0,8
Д815В	7,4 – 8,2	50 – 950	1
Д815Г	9 – 10	25 – 80	1,8
Д815Д	10,8 – 13	25 – 650	2
Д815Е	13 – 15	25 – 550	2,5
Д815Ж	16 – 18	25 – 450	3
Д816А	19,6 – 22	10 – 230	120
Д816Б	24 – 27	10 – 180	150
Д816Г	28 – 33	10 – 150	150
Д816В	35 – 39	10 – 130	150
Д816Д	42 – 47	10 – 110	15
Д817А	50,5 – 56	5 – 90	35
Д817Б	61 – 68	5 – 75	40
Д817В	74 – 82	5 – 60	45
Д817Г	90 – 100	5 – 50	50
2С133А	2,97 – 3	3 – 81	65
2С139А	3,51 – 3,9	3 – 70	60
2С147А	4,23 – 4,7	3 – 58	56
2С156А	5,04 – 5,6	3 – 55	46
2С168А	6,12 – 6,8	3 – 45	28
КС133А	3 – 3,63	3 – 30	65
КС139А	3,51 – 4,29	3 – 26	60
КС147А	4,23 – 5,517	3 – 21	56
КС156А	5,04 – 6,16	3 – 18	46
КС168А	6,12 – 7,48	3 – 15	28
2С133Б	3 – 3,7	3 – 30	65
2С139Б	3,5 – 4,3	3 – 26	60
2С147Б	4,1 – 5,2	3 – 21	56
2С156Б	5 – 6,4	3 – 18	45
2С168Б	6 – 7,5	3 – 15	15

Тип стабилизатора	Электрические параметры при $T_{\text{окр}}^0 = 25^\circ\text{C}$		
	Напряжение стабилизации $U_{\text{СТmin}} \div U_{\text{СТmax}}$, В	Ток стабилизации $I_{\text{СТmin}} \div I_{\text{СТmax}}$, мА	Дифференциальное сопротивление $r_{\text{диф}}$, Ом
2СМ133Б	3 – 3,7	3 – 30	65
2СМ139Б	3,5 – 4,3	3 – 26	60
2СМ147Б	4,1 – 5,2	3 – 21	56
2СМ156Б	5 – 6,4	3 – 18	45
2СМ168Б	6 – 7,5	3 – 15	15
2С551А	48 – 51	1 – 14,6	200
2С591А	86 – 91	1 – 8,8	400
2С600А	95 – 100	1 – 8,1	450
КС551А	48 – 54	1 – 14,6	200
КС591А	86 – 96	1 – 8,8	400
КС600А	95 – 105	1 – 8,1	450
2С920А	108 – 120	5 – 42	100
2С930А	117 – 130	5 – 38	120
2С950А	136 – 150	2,5 – 33	170
2С980А	162 – 180	2,5 – 28	220

ЗАДАЧА 4 (для спец. 2004, 2005)

- ✓ 1. Начертите электрическую функциональную схему ЭПУ-60В по данным, полученным в задаче **1(3)**
- ✓ 2. Поясните, как осуществляется бесперебойное питание аппаратуры от ЭПУ-60В:
 - а) при наличии напряжения сети переменного тока. Укажите состав и назначение основного оборудования ЭПУ (для вариантов с 7 по 10);
 - б) при пропадании напряжения сети переменного тока (аварийный режим) для вариантов с 1 по 3;
 - в) при восстановлении напряжения сети переменного тока (послеаварийный режим) для вариантов с 4 по 6. **СТР 21-24**

*Методические указания по решению задачи 4
для (спец. 2004, 2005)*

Типовая схема ЭПУ-60В с АКАБ представлена на рис. 2.

На схеме ЭПУ нужно указать количество ВУТ, которое Вы выбрали в задаче 3.

ЗАДАЧА 4 (для спец. 2006)

Вариант 1

Поясните, как осуществляется питание аппаратуры оконечной станции РРЛ «Курс» от ЭПУ-24В в нормальном режиме.

Вариант 2

Поясните, как осуществляется питание аппаратуры оконечной станции РРЛ «Курс» от ЭПУ-24В в аварийном и послеаварийном режимах.

Вариант 3

Поясните, как осуществляется питание аппаратуры наземных станций спутниковой системы передачи (ЗСССП).

Вариант 4

Поясните, как осуществляется питание аппаратуры радиотелевизионных передающих станций (РПС).

Вариант 5

Поясните, как осуществляется питание аппаратуры радиотрансляционных узлов.

Вариант 6

Поясните, что представляет собой устройство бесперебойного питания переменного тока с инвертором (УБИ-ВИ).

Вариант 7

Поясните, что представляет собой устройство бесперебойного питания переменного тока с электромашинным агрегатом и инерционным маховиком.

Вариант 8

Поясните, что представляет собой устройство бесперебойного питания переменного тока с трехмашинным агрегатом (УБП-ТМ).

Вариант 9

Поясните, что представляет собой устройство бесперебойного питания УБП постоянного тока с вольтодобавочным преобразователем.

Вариант 10

Поясните, что представляет собой источники вторичного электропитания ИВЭП с бестрансформаторным входом. Почему возникла необходимость в их использовании?

Методические указания по решению задачи 4 (для спец. 2006)

Варианты 1, 2, 3, 4

Материал по данной теме изложен в рекомендациях по изучению разд. 12 настоящего издания.

Вариант 5

Материал по данной теме изложен в [2, с. 206, 207].

Вариант 6

Материал по данной теме изложен в [2, с. 133-135].

Вариант 7

Материал по данной теме изложен в теме 11.3 разд. 11 настоящего издания.

Вариант 8

Материал по данной теме изложен в [2, с.129-133]. Здесь целесообразно рассмотреть структурную схему УБП-МП на 24 кВт.

Вариант 9

Материал по данной теме изложен в [2, с.126-128].

Вариант 10

Материал по данной теме изложен в разд.7 настоящего издания.

Экзаменационные вопросы

1. Поясните электрическую структурную схему организации электроснабжения предприятия связи. Как классифицируются предприятия связи по электроснабжению?
2. Поясните основные параметры свинцовых аккумуляторов: емкость, напряжение, ЭДС.
3. Поясните, что такое саморазряд аккумуляторов, чем он обусловлен.
4. Поясните особенности современных безуходных аккумуляторов.
5. Что такое буферный режим работы аккумуляторов? В чем его преимущества?
6. Поясните принцип работы схем выпрямителей, укажите их основные параметры:
однофазной с выводом средней точки трансформатора;
однофазной мостовой;
трехфазной полупериодной (сх. Миткевича);
трехфазной мостовой (сх. Ларионова).
7. Поясните особенности работы однофазного управляемого выпрямителя на тиристорах.

8. Поясните работу высоковольтных трансформаторно-выпрямительных модулей с умножением напряжения.
9. Поясните, что понимают под пульсацией выпрямленного напряжения.
10. Поясните принцип действия сглаживающих фильтров, стоящих из: одного дросселя; одного конденсатора; Г-образного LC-фильтра.
11. Поясните принцип работы простейшего транзисторного фильтра, укажите его достоинства, недостатки, область применения.
12. Поясните назначение и принцип работы простейшего преобразователя напряжения постоянного тока с самовозбуждением.
13. Поясните, что представляет собой источник вторичного электропитания (ИВЭП) с бестрансформаторным входом.
14. Поясните принцип действия и область применения дросселя насыщения.
15. Поясните принцип действия параметрического стабилизатора на кремниевом стабилитроне.
16. Поясните принцип действия компенсационного стабилизатора постоянного напряжения непрерывного действия.
17. Поясните принцип действия импульсного стабилизатора напряжения.
18. Поясните упрощенную структурную схему ВУТ.
19. Поясните упрощенную структурную схему ВУЛС.
20. Поясните назначение и состав оборудования трансформаторной подстанции (ТП).
21. Поясните назначение и состав оборудования собственной электростанции (АДЭС).

22. Поясните принцип построения ЭПУ:
буферный;
безаккумуляторный;
с отделенной от нагрузки аккумуляторной батареей.
23. Укажите состав и назначение оборудования функциональной
схемы ЭПУ-60В с АКАБ, рассмотрите принцип ее работы.
24. Поясните способы регулирования напряжения на нагрузке в бу-
ферной ЭПУ с помощью:
дополнительных аккумуляторов;
вольтодобавочного преобразователя (ВДП).
25. Поясните, как осуществляется питание электронных и квазиэлек-
тронных АТС (только для спец. 2004).
26. Поясните структурную схему электропитания передающего ра-
диоцентра (только для спец. 2006).
27. Поясните структурную схему электропитания приемного радио-
центра (только для спец. 2006).
28. Поясните структурную схему электропитания конечной станции
РРЛ «Курс» (только для спец. 2006).
29. Поясните структурную схему электропитания наземных станций
спутниковой системы передачи (ЗССП) (только для спец. 2006).
30. Поясните структурную схему электропитания радиотрансляци-
онных узлов (только для спец. 2006).
31. Поясните особенности электропитания аппаратуры систем пере-
дачи (только для спец. 2005).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бушуев В.М. Электропитание устройств связи. – М.: Радио и связь, 1986.
2. Сизых Г.Н. Электропитание устройств связи. – М.: Радио и связь, 1982.

Дополнительная

3. Пионтковский Б.А., Серяков Н.И. Электропитание предприятий связи. – М.: Связь, 1972.
4. Доморацкий О.А. Электропитание устройств связи. – М.: Радио и связь, 1986.

Автор-составитель *И.В. Холодилина*

Редактор *С.А. Гуцина*

Подписано в печать

Формат бум. 60x84/16

Объем 4,2 п.л.

Тираж 3500 экз.

Заказ № 198

Типография «Нефтяник»