

**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
**«Московский технический университет связи и информатики» (МТУСИ)**  
**Факультет «Кибернетика и информационная безопасность»**  
**Кафедра «Экология»**

---

Фамилия, имя, отчество студента

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

по дисциплине:

**Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций**

Для студентов ЦЗОПБ

Направления подготовки: 09.03.02, 11.03.04, 15.03.04, 27.03.04

(название работы или номер варианта)

студента (номер группы), (номер курса)

(название формы обучения) заочная форма обучения

Научный руководитель:

(учёная степень, ученое звание, фамилия инициалы)

Дата сдачи \_\_\_\_\_

Дата рецензирования \_\_\_\_\_

Оценка \_\_\_\_\_

Москва, 2025 г

## **Рекомендации к изучению курса и выполнению контрольной работы**

При изучении курса «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций» для бакалавров заочной формы обучения проводятся следующие виды учебных занятий: лекции, групповые и индивидуальные консультации, лабораторные работы. Однако, основным видом образовательной деятельности является **самостоятельная работа**.

Занятия, во время обучения студентов непосредственно в университете (в период экзаменационной сессии) должны способствовать закреплению знаний, приобретенных во время осуществления самостоятельной работы. Основным инструментом оценки качества знаний студентов, приобретенных в период самостоятельной работы, является контрольная работа. Студент, может быть допущен к сдаче зачета только при представлении им в нормативные сроки в деканат выполненной в полном объеме контрольной работы, а также ее защиты.

Для успешного самостоятельного изучения дисциплины «Электропитание устройств и систем инфокоммуникаций» и эффективного формирования компетенций в рамках основных тем данного учебного курса студентам рекомендуется вести конспект материала по настоящей дисциплине. Необходимо, также, научиться успешно решать типовые задачи, которые приведены в рекомендованной учебной литературе (список приведен в финальной части данного учебно-методического пособия).

При возникновении трудностей относительно понимания сущности учебного материала студенты могут обратиться за консультацией или разъяснением некоторых вопросов на кафедру «Экология», МТУСИ к соответствующему ведущему преподавателю.

Порядок изучения разделов курса следующий:

- 1) самостоятельное изучение с использованием литературных источников, а также выполнение индивидуального задания по контрольной работе;
- 2) посещение лекций;

- 3) выполнение лабораторных работ;
- 4) защита лабораторных работ;
- 5) защита контрольной работы и сдача зачета по курсу.

Студенты, не прошедшие собеседование и не защитившие лабораторные работы и контрольную работу, к зачетным мероприятиям (экзамену или зачету) не допускаются.

Цель контрольной работы –сформировать соответствующие компетенции, а также обеспечить наличие совокупности теоретических знаний и практических навыков и умений, научить студента самостоятельно решать задачи по электропитанию, понимать их сущность, анализировать реальные ситуации, а также обеспечить достижение определенных целей. В соответствии с планом бакалаврской подготовки студенты выполняют контрольную работу. Условия соответствующих задач должны быть отражены в отчете по выполнению контрольной работы. Ответы на теоретические вопросы сопровождаются ссылками на соответствующие нормативные данные, а также кратко излагается методика решения задач и обосновываются применяемые для осуществления расчетов алгоритмы и формулы. Выбор варианта выполнения задания из соответствующих таблиц студентом осуществляется в соответствии с последней и предпоследней цифрами номера студенческого билета. Практическая часть контрольной работы (решение задач) является успешно выполненной, если:

- цель работы достигнута, в частности, студентом грамотно сформулирован конкретный ответ на поставленный в задаче вопрос;
- ответ научно обоснован, представлен алгоритм решения задачи с соответствующими подробными пояснениями и выводами;
- решение задачи содержит комментарии, позволяющие оценить имеющиеся у студента знания по данному учебному предмету.

При подготовке к формированию контрольной работы студентам необходимо ознакомиться с программой курса соответствующей учебной дисциплины, методическими указаниями, содержанием учебного пособия или электронного конспекта лекций с целью научного понимания данной учебной дисциплины. Перед выполнением контрольной работы студент может обратиться за консультацией к преподавателю кафедры «Экология» МТУСИ. Необходимо обратить внимание на актуальность сведений, которые изложены в соответствующей научной, технической или методической литературе. В случае выявления фактов плагиата при выполнении контрольной работы (прямое заимствование текста учебника, учебного пособия, научной работы или иного источника информации, в том числе электронного), представленная студентом контрольная работа не засчитывается и возвращается студенту на переработку. Срок сдачи контрольной работы преподавателю для ее проверки и формирования рецензии – не менее 14 дней до официального начала экзаменационной сессии. **Контрольные работы, оформленные небрежно и без соблюдения предъявленных к ним требований, не рассматриваются!**

## **ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**

Контрольная работа может быть представлена в виде документа на бумажном носителе, исполненного в рукописной или печатной форме. Работа, выполненная без применения средств ИТ, должна быть написана аккуратным почерком, вполне понятным рецензенту. Примерный объем работы составляет 10-15 страниц текста в ученической тетради или же 5-6 страниц текста на листах формата А4, набранного в одном из редакторов на компьютере (шрифт Times New Roman, размер шрифта - 14, междустрочный интервал 1,5, отступ -1,25). Листы контрольной работы должны быть пронумерованы. В обязательном порядке студент должен указать номер варианта и тему. Поля формирования текста должны быть следующие: левое поле – 20 мм, правое – 20 мм, верхнее и нижнее – 20 мм. Контрольная работа должна

быть подписана студентом, выполнившим ее, с указанием даты завершения работы на ее последней странице. Титульный лист оформляется согласно Приложению 1.2.

## СИСТЕМА БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА.

Обеспечение качества электрической энергии и надежность электроснабжения инфокоммуникационного оборудования реализуется посредством системы бесперебойного питания (СБП). СБП представляет собой электроустановку (ЭПУ), основой которой являются источники бесперебойного питания (ИБП). СБП характеризуется основными технико-экономическими показателями.

1. Установленная мощность—суммарная номинальная мощность ИБП. Обусловлена суммарной мощностью нагрузки и мощностью избыточного резервирования.

2. Избыточное резервирование —избыточная установленная мощность при отказе части ИБП. Наибольшее распространение получила схема резервирования N+1. Резерв подключается при отказе одного из ИБП СБП. Избыточное резервирование может быть реализовано и посредством других сертифицированных схем резервирования: 2N, 2N+1.

3. Время автономной работы (rin-time) – время работы на номинальную нагрузку при отсутствии внешнего питания и определяется емкостью аккумуляторных батарей (АКБ). Источник бесперебойного питания (Uninterruptible Power Supply, UPS) —это статическое устройство, обеспечивающее две функции: обеспечение КЭ электроэнергии у защищаемого инфокоммуникационного оборудования и поддержание непрерывного электроснабжения в результате пропадания основного электроснабжения за счет накопленной электрической энергии в АКБ.

### 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Общими недостатками ИБП являются:

- ограниченная емкость встроенных аккумуляторов;
- малая допустимая длительность работы в аварийном режиме;
- относительно малый срок службы встроенных аккумуляторов;
- стоимость встроенных аккумуляторов составляет 40-50% от стоимости всего ИБП.

Применение на объектах инфокоммуникаций, аппаратура которых требует бесперебойной подачи электрической энергии постоянного и переменного тока, приводит к необходимости иметь в каждом из этих ИБП свою аккумуляторную батарею, являющуюся наиболее дорогостоящим элементом любого из этих ИБП. Более рациональным решением является применение комбинированной системы электропитания. В этом случае ИБП постоянного тока дополняются инверторными системами. В состав инверторной системы входят: инверторы, вырабатывающие электрическую энергию однофазного переменного тока с синусоидальной формой кривой напряжения; статический байпас; байпас обслуживания инверторной системы и распределительное устройство. Инверторы включаются между собой по входу и выходу параллельно. Общее число инверторов в системе выбирается обычно по формуле  $(n+1)$ . Схема управления обеспечивает синхронизацию частоты выходных напряжений отдельных инверторов между собой и с сетью переменного тока, что позволяет, как было показано в предыдущем разделе, обеспечивать без обрывности перевода питания аппаратуры с инверторов на сеть и обратно.

Функциональная схема такой комбинированной системы электропитания приведена на рисунке1.

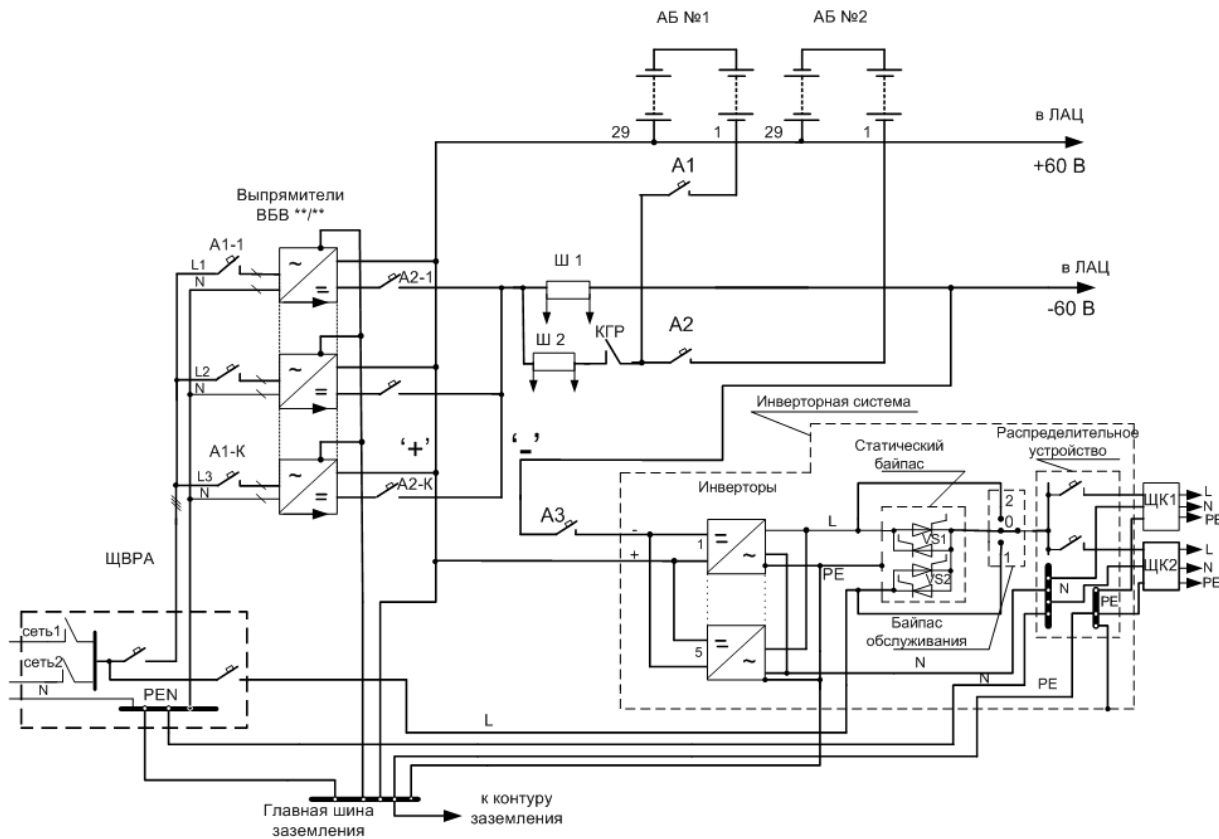


Рисунок 1 - Функциональная схема комбинированной системы электропитания с использованием преобразователей постоянного и переменного тока

Система электропитания содержит ИБП постоянного тока на выходное напряжение “–60 В”. Инверторы инверторной системы подключены через автоматический выключатель А3 к выходу ИБП постоянного тока (к выходу выпрямительно-аккумуляторной установки). Компьютеры, серверы и другое технологическое оборудование, требующее электрической энергии однофазного переменного тока, подключаются к выходу инверторной системы через компьютерные щиты ЩК. В нормальном режиме работы электроустановки потребители, требующие бесперебойной подачи электрической энергии переменного тока, получают ее от инверторов через тиристоры VS1 статического байпаса. Сами инверторы получают электрическую энергию от выпрямительных устройств ИБП постоянного тока. Переключатель байпаса обслуживания находится

в положении “0”. При отключении сети переменного тока питание потребителей электроэнергии переменного тока по-прежнему осуществляется от инверторов через тиристоры VS1. При этом сами инверторы и все потребители электрической энергии постоянного тока с номинальным напряжением “-60 В” питаются от двух групповой аккумуляторной батареи АБ No1 и АБ No2. При выходе из строя нескольких инверторов так, что оставшиеся исправными не в состоянии обеспечить питание нагрузки, инверторная система с помощью тириستоров VS2 переводит питание аппаратуры на сеть переменного тока без какого-либо перерыва в подаче электрической энергии. В целом установка представляет собой ИБП типа “on-line”, в которой вместо встроенных аккумуляторов и собственных выпрямителей используются стационарные аккумуляторы и выпрямители ИБП (электропитающей установки) постоянного тока. Поэтому аккумуляторы и выпрямительные устройства должны рассчитываться исходя из суммарной мощности, потребителей постоянного и переменного тока с учетом потерь в инверторной системе. В случае необходимости ремонта или профилактического обслуживания статического байпаса питание аппаратуры переводится с помощью байпаса обслуживания непосредственно на инверторы. При необходимости ремонта самих инверторов питание аппаратуры переводится на сеть переменного тока, для чего переключатель байпаса обслуживания должен быть переведен в положение 1. В рассмотренной системе отсутствует резервирование статического байпаса, поэтому средняя наработка на отказ системы в целом не может быть выше средней наработки на отказ самого статического байпаса. С целью повышения надежности системы в целом в последнее время фирмы-изготовители начали выпускать инверторные системы, в которых каждый инвертор с микропроцессорным управлением (так называемый цифровой инвертор) имеет свой отдельный статический байпас. Работа отдельных инверторов и байпасов синхронизируется схемой управления.



Современные производители ЭПУ предлагают комплектовать электропитающие установки свинцово–кислотными герметизированными необслуживаемыми аккумуляторными батареями. Эти батареи обладают рядом преимуществ:

- 1) длительный срок службы –10-15 лет;
  - 2) компактность;
  - 3) нет необходимости обустройства отдельных помещений;
  - 4) не требуют постоянного обслуживания;
  - 5) малые затраты на эксплуатацию;
  - 6) малое газо-выделение;
  - 7) устойчивость к глубокому разряду.
- КСБЭ предъявляются особые требования к показателям надежности согласно ГОСТ45.183-2001: 1) средняя наработка до отказа не менее  $10^6$  ч; 2) среднее время восстановления не более 0,5 ч; 3) средний срок службы не менее 20 лет, при этом по истечении указанного срока должны быть проведены испытания УП, по результатам которых должно быть принято решение об установлении назначенного срока службы или прекращении эксплуатации.

### **3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К РАСЧЕТУ СИСТЕМЫ БЕСПЕРЕБОЙНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО ТИПА**

Расчет СБЭ комбинированной системы СБЭ включает в себя следующие этапы:

- 1) расчет и выбор инверторной системы;
- 2) расчет и выбора АКБ;
- 3) расчет и выбор выпрямляющих устройств.

#### **1. Расчет и выбор инверторной системы**

1. Цель – выбор модели инверторной системы (ИС), типа и количества инверторов для ИС.

2. Данные к расчету:

$N_{pm}$  – число рабочих мест и серверов;

$P_{ср}$ —средняя мощность, потребляемая одним рабочим местом, кВт;

$K_i$ —среднее значение коэффициента использования;

$U_{трс}$ —падение напряжения в токораспределительной сети (ТРС) постоянного тока, В;

$t_{авт}$  — время автономной работы.

Материалы к расчету: таблица 4.2.

Выбор модели оборудования осуществляется по параметру:

по рассчитанной мощности  $S_k$ .

Результат: конструкция и модель ИС;

необходимое число инверторов.

### 3. Методика расчета.

1.1. Исходя из требований инфокоммуникационной аппаратуры определяется число элементов в каждой из групп аккумуляторной батареи.

Необходимое число элементов  $n_{мин}$  в каждой группе аккумуляторной батареи, которое обеспечивает электропитание инфокоммуникационной аппаратуры в аварийном режиме работы ЭПУ, находится по формуле:

$$n_{мин} = (U_{н. мин} + U_{трс}) / U_{кр}, \quad (1)$$

где  $U_{н. мин}$ —минимально допустимое значение напряжения на входных зажимах инверторов и телекоммуникационного оборудования, работающего на постоянном токе, выбирается по таблице 4.2;  $U_{трс}$ —падение напряжения в токораспределительной сети (ТРС) постоянного тока. Для развитой сети, как правило,  $U_{трс} = 1,6 \div 4,0$  В. Для данного задания ТРС имеет длину всего несколько метров и выбирается по таблице 4.2;  $U_{кр}$ —минимально допустимое напряжение для одного элемента в конце часового разряда. Определяется из таблицы 1.1 в зависимости от длительности разряда  $t_{авт}$ . Таблица 1.1

Таблица 1.1

|  |     |       |      |      |
|--|-----|-------|------|------|
| Длительность<br>разряда, час<br><b>t авт, ч</b>                | 10  | 3     | 1    | 0.5  |
| Допустимое<br>напряжение в<br>конце разряда,<br><b>U кр. В</b> | 1.8 | 1.765 | 1.75 | 1.70 |

Полученное  $n_{\min}$  – округляется до большего числа. Получаем число АКБ в каждой группе для обеспечения нормальной работы инфокоммуникационного оборудования в конце разряда АКБ.

### 1.2. Максимальное и минимальное значения напряжений на зажимах АКБ

$U_{\text{АБ.мини}}$  ,  $U_{\text{АБ.макс}}$  находятся по следующим выражениям:

$$U_{\text{АБ.мин}} = n_{\min} \cdot U_{\text{кр}}, \text{ В}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{кр}}$  – минимально допустимое напряжение для одного элемента в конце часового разряда. Послеаварийный заряд герметизированных кислотных аккумуляторов чаще всего проводится в одну ступень при напряжении, равном (2,25...2,27) В/эл, поэтому  $U_{\text{АБ.макс}}$  для герметизированных кислотных аккумуляторов составляет:

$$U_{\text{АБ.макс.}} = 2,27 \cdot n_{\min}, \text{ В}, \quad (3)$$

1.3. Полная мощность  $S_k$ , потребляемая компьютерной сетью от инверторов, находится следующим образом:

$$S_k = (N_{pm} \cdot P_{sr} \cdot K_i) / \chi, \text{ ВА}, \quad (4)$$

где  $N_{pm}$  – число рабочих мест и серверов, определяется по таблице 4.1;

$P_{sr}$  – средняя мощность, потребляемая одним рабочим местом, кВт, определяется по таблице 4.1;

$K_i$  – среднее значение коэффициента использования. Здесь понимается отношение числа электро-приёмников, находящихся одновременно в работе, к общему числу электро-приёмников (числу рабочих мест и серверов), установленных на объекте, определяется по таблице 4.1;

$\chi$  – коэффициент мощности, определяется по таблице 4.1.

1.4. Используя  $S_k$ , по таблицам приложения производится предварительный выбор типа инверторного оборудования.

1.5. Количество необходимых (основных)  $N$  инверторов можно определить по формуле:

$$N = S_k / S_{инв} + 1, \quad (5)$$

где  $S_{инв}$  – полная мощность модуля инвертора, берется из паспорта на оборудование. При этом необходимое количество инверторов не должно превышать величину максимально возможного количества инверторов в ИС:

$$N \leq N_{ин.макс}.$$

## 2. Расчет и выбор АКБ

1. Цель – выбор модели АКБ, а также количество единиц АКБ.

2. Данные к расчету:  $S_k$  – полная мощность, потребляемая нагрузкой от инверторов;

$\eta_{ис}$  – КПД инверторной установки;  $P_{ап}$  – мощность, потребляемая инфокоммуникационной аппаратурой постоянного тока;  $t_{окр}, ^\circ\text{C}$  – температура окружающей среды;  $t_{ав}$  – время автономной работы;  $n_{мин}$  – необходимое число элементов в каждой группе аккумуляторной батареи. Материалы к расчету: таблицы 4.1 и 4.2.

Выбор модели оборудования осуществляется по параметру: АКБ—по значению величины мощности, отдаваемой одним элементом Рэл. Результат: модель и число моноблоков АКБ; номинальная ёмкость АКБ  $C_{ном}$ .

### 3. Методика расчета.

2.1. Определим мощность  $P_{ис}$ , которая потребляется инверторной системой от выпрямительно-аккумуляторной установки, следующим образом:

$$P_{ис} = S_k \cdot \chi / \eta_{ис}, \text{ Вт}, \quad (6)$$

где выбор модели оборудования осуществляется по параметру:

АКБ—по значению величины мощности, отдаваемой одним элементом Рэл. Результат: модель и число моноблоков АКБ; номинальная ёмкость АКБ  $C_{ном}$ .

2.2. Общая мощность  $P_{\Sigma}$ , потребляемая от выпрямительно-аккумуляторной установки аппаратурой инфокоммуникаций и ИС, находится так:

$$P_{\Sigma} = P_{ис} + P_{ап}, \text{ Вт}, \quad (7)$$

где  $P_{ап}$ —мощность, потребляемая инфокоммуникационной аппаратурой постоянного тока.

2.3. Расчет мощность  $P_{АБ}$ , отдаваемая АКБ (одной группой) во время её разряда с учетом температурного коэффициента изменения ёмкости, осуществляется по формуле:

$$P_{АБ} = P_{\Sigma} \cdot K_1 \cdot (1 + 0,006 \cdot (20 - t_{окр})), \text{ Вт}, \quad (8)$$

где  $K_1 = 1,02 \dots 1,03$  – коэффициент, учитывающий потери в ТРС.

2.4. Далее следует определить величину мощности, отдаваемую одним элементом, где  $n = n_{\text{мин}}$

$$P_{\text{эл}} = P_{\text{АБ}} / n, \text{ Вт.} \quad (9)$$

2.5. По таблицам в Приложении П2.2, П2.3 разряда аккумуляторов постоянной мощностью до  $U_{\text{кр}}$  определяем требуемую ёмкость аккумулятора, обеспечивающую расчетное значение  $P_{\text{эл}}$  при заданном конечном напряжении разряда  $U_{\text{кр}}$  и длительности разряда  $t_{\text{раз}} = t_{\text{ав}}$ . По результатам выбора записывается тип аккумулятора и его номинальная ёмкость  $C_{\text{ном}}$ . В этих таблицах также приведены значения разрядной мощности для моноблоков, состоящих из двух, трех или шести элементов. При комплектации АБ моноблоками выбор типа аккумулятора следует производить исходя из требуемой разрядной мощности моноблока РМ:

$$P_{\text{М}} = P_{\text{АБ}} / m, \text{ Вт,} \quad (10)$$

где  $m$  – число моноблоков в каждой группе АБ. При этом

$$m = n/k$$

где  $k = 2, 3$  или  $6$  (значение  $k$  определяется как результат деление номинального напряжения моноблока на 2).

Причем при определении  $m$  округление следует делать до ближайшего большего целого числа. Следует также убедиться в возможности проведения уравнивающего заряда АБ без ее отключения от нагрузки, т.е.

$$2,4 \cdot k \cdot m \leq U_{\text{нмакс}}, \text{ В.} \quad (11)$$

2.7. Определяем ориентировочное время разряда  $T_{\text{р0АБ}}$  обеих групп АБ при отключении сети переменного тока:

$$T_{\text{р0АБ}} = 0,8 \cdot C_{\text{ном}} (U_{\text{НР}} + U_{\text{КР}}) \cdot n / P_{\text{АБ}} \text{ ч,} \quad (12)$$

где  $U_{\text{НР}} = 2,05 \text{ В/эл}$  – напряжение на зажимах 1-го элемента в начале разряда АБ;

$U_{\text{КР}} = 1,765 \text{ В/эл}$  – напряжение на зажимах 1-го элемента в конце разряда АБ;

$n = m \cdot k$ , – число элементов в каждой группе АБ.

2.8. Для АБ, составленной из герметизированных кислотных аккумуляторов, следует задаться величиной зарядного тока в пределах  $(0,08...0,1) \cdot C_{ном}$  для каждой группы АБ. Следовательно, в этом случае

$$I_{АБзар} = 2 \cdot (0,08...0,1) \cdot C_{ном}, А. \quad (13)$$

### 3. Расчет и выбор выпрямительных устройств

1. Цель –выбор модели выпрямляющего устройства (ВУ), а также количество единиц ВУ.

2. Данные к расчету:  $U_{с ном} = 220 В$ ;

$P_{\Sigma}$ —общая мощность, потребляемая от выпрямительно-аккумуляторной установки, аппаратурой инфокоммуникаций и ИС.

Материалы к расчету: таблицы 4.1 и 4.2.

Выбор модели оборудования осуществляется по параметру:

ВУ –по величине максимального тока  $I_{ВЫПмакс}$ .

Результат:

модель и количество модулей ВУ.

3. Методика расчета.

Современная инфокоммуникационная аппаратура содержит в своем составе собственные импульсные преобразователи выходного напряжения ЭПУ (выпрямительно-аккумуляторной установки) в тех значениях напряжения постоянного тока, которые необходимы для её функционирования ( $+1,0...3,3 В$ ;  $\pm 5 В$ ;  $\pm 12 В$  и т.д.). Поэтому она представляет для ЭПУ нелинейную нагрузку с практически неизменной мощностью потребления независимо от значения выходного напряжения ЭПУ. ИС также представляет собой для ЭПУ нелинейную нагрузку. Вследствие этого обстоятельства максимальное значение общего выходного тока выпрямителей  $I_{ВЫПмакс}$  будет иметь место в самом начале заряда АБ в послеаварийном режиме работы ЭПУ, когда напряжение  $U_{нач.зар}$  на частично

разряженной АБ будет иметь минимальное значение. Величиной  $U_{\text{нач.зар}}$  следует задаться в пределах  $(2,0...2,05) \cdot n$  ( $n$  -число аккумуляторов в каждой группе АБ).

3.1. Максимальное значение выходного тока  $I_{\text{ВЫПмакс}}$  выпрямительных устройств определяется по выражению:

$$I_{\text{ВЫПмакс}} = (P_{\Sigma} / U_{\text{нач.зар.}}) + I_{\text{АБзар}} \quad \text{А}, \quad (14)$$

где  $U_{\text{нач.зар}}$ —следует задать в пределах  $(2,0...2,05) \cdot n$  ( $n$  -число аккумуляторов в каждой группе АБ).

3.2. Определяем требуемое число  $m_{\text{вrab}}$  рабочих выпрямительных устройств без их резервирования. В качестве выпрямителей следует выбирать современные цифровые выпрямительные устройства с бестрансформаторным входом (типа ВБВ) на соответствующее заданию выходное напряжение. Предпочтение следует отдать выпрямителям, имеющим максимально возможные значения КПД и коэффициента мощности. При этом также следует иметь в виду, что установка двух выпрямителей на заданный выходной ток вместо одного приводит к удорожанию ЭПУ. Номенклатура и технические характеристики однофазных выпрямителей типа ВБВ-3К (цифровые с корректором коэффициента мощности) приведены в таблице П2.4 Приложения.

$$m_{\text{вrab}} \geq I_{\text{вып.маск}} / I_{\text{вып.ном}}, \quad (15)$$

где  $I_{\text{вып ном}}$ , А – номинальный ток одного выпрямительного устройства, значение которого приведены в таблице П2.4.

3.3. Общее число выпрямительных устройств в ЭПУ с учетом резервирования:

$$m_{\text{в}} = (m_{\text{вrab}} + 1). \quad (16)$$

3.4. По таблице П2.5 выбираем тип устройства, в котором будут размещаться выпрямители, контроллер и другие элементы СБП постоянного тока.

3.5. Определяем минимальное число выпрямительных устройств  $m_{\text{вмин}}$ , способных обеспечить питание аппаратуры и содержание АБ при температуре окружающей среды (температуре корпусов элементов АБ, равной 20 С).



$$m_{\text{вмин}} \geq (P_{\Sigma} / ((n \cdot U_{\text{сод}}) + I_{\text{сод}}) / I_{\text{вып.ном}}, \quad (17)$$

где  $U_{\text{сод}}$  – напряжение сопряжения одного элемента АБ при температуре 20°C;

$U_{\text{сод}} = 2,23$  В/эл – для герметизированных аккумуляторов;

$I_{\text{сод}} = 2 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot C_{\text{ном}}$  – ток содержания обеих групп АБ.

При температуре корпусов, отличной от 20°C, в выражение (17) вместо  $U_{\text{сод}}$  следует подставлять величину, которую можно определить следующим способом:

$$U_{\text{сод}}' = U_{\text{сод}} \cdot (1 + 0,003 \cdot (20 - t_{\text{к}})) \text{ В}, \quad (18)$$

Где  $t_{\text{к}} = t_{\text{окр}}$  – температура корпусов, принимаемая равной температуре окружающей среды, указанной в таблице 4.2.

3.6. Определяем величину разрядного тока АБ  $I / P$  АБ при условии, что исправными остались  $(m_{\text{в}} - 1)$  выпрямителей:

$$I_{\text{раб}} = 2 \cdot P_{\Sigma} / (n \cdot (U_{\text{НР}} + U_{\text{КР}})) - I_{\text{в.огр}}, \text{ А}; \quad (19)$$

$$I_{\text{раб}} = 2 \cdot P_{\Sigma} / (n \cdot (2,05 + 1,765)) - I_{\text{в.огр}}, \text{ А},$$

где  $I_{\text{в.огр}} = 1,05 \cdot I_{\text{вып.ном}}$  – ток ограничения, оставшегося исправным выпрямителем (оставшихся исправными выпрямителей).

3.7. Определяем ориентировочное время разряда  $T_{\text{р1АБ}}$  обеих групп АБ при оставшихся исправными  $(m_{\text{в}} - 1)$  выпрямителях:

$$T_{\text{р1АБ}} = 2 \cdot 0,8 \cdot C_{\text{ном}} / I_{\text{раб}}, \quad \text{ч.} \quad (20)$$

3.8. Определяем максимальное установившееся значение тока фазы  $I_{\text{фмакс}}$ , потребляемого ЭПУ от сети переменного тока в начале заряда АБ. В случае применения в ЭПУ однофазных выпрямительных устройств, работающих от одной фазы сети переменного тока с номинальным значением напряжения  $U_{\text{сном}} = 220$  В,

$$I_{\text{фмакс}} = P_{\Sigma} + I_{\text{АБзар}} \cdot U_{\text{нач.зар.}} / \eta_{\text{в}} \cdot \chi_{\text{в}} \cdot U_{\text{смин}}, \text{ А.} \quad (21)$$

Минимальное значение фазного напряжения сети:

$$U_{\text{смин}} = 0,85 \cdot U_{\text{сном}}, \text{ В,} \quad (22)$$

где  $U_{\text{сном}} = 230\text{В}$ —номинальное значение фазного напряжения сети.

В случае подключения однофазных выпрямительных устройств к разным фазам трехфазной сети максимальное значение тока  $I_{\text{ф1макс}}$ , потребляемого от одной фазы трехфазной сети,

$$I_{\text{ф1макс}} = K \cdot I_{\text{фмакс}}, / \text{та}, \text{ А} \quad (23)$$

где  $K$  — максимальное число выпрямителей, подключенных к одной фазе. В случае применения в ЭПУ трехфазных выпрямительных устройств,

$$I_{\text{зфмакс}} = (P_{\Sigma} + I_{\text{АБзар}} \cdot U_{\text{нач.зар.}}) / 3 \cdot \eta_{\text{в}} \cdot \chi_{\text{в}} \cdot U_{\text{смин}}, \text{ А} \quad (24)$$

#### 4. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Для существующей компьютерной сети, питающейся от напряжения переменного тока и аппаратуры постоянного тока, следует рассчитать ЭПУ СБЭ комбинированного типа.

В ходе выполнения контрольной работы, пользуясь методическими указаниями, следует выполнить расчет:

- 1) инверторной системы;
- 2) групп аккумуляторных батарей;
- 3) выпрямительных устройств.

Студент выбирает задание для выполнения контрольной работы, руководствуясь номером варианта из таблиц 4.1 и 4.2. Номер варианта состоит из

двух последних цифр номера студенческого билета (номера зачетной книжки).  
Пользуясь методическими указаниями, выполнить контрольную работу.

Таблица 4.1

|  |      |     |      |      |      |      |     |      |      |      |
|--|------|-----|------|------|------|------|-----|------|------|------|
| Последняя цифра номера студ. билета                              | 0    | 1   | 2    | 3    | 4    | 5    | 6   | 7    | 8    | 9    |
| Число раб. мест и серверов<br><b>Н<sub>рм</sub></b>              | 5    | 8   | 10   | 12   | 11   | 9    | 7   | 15   | 14   | 13   |
| Средняя мощность на одно раб. место<br><b>Р<sub>ср</sub>, Вт</b> | 200  | 160 | 180  | 160  | 200  | 180  | 240 | 160  | 180  | 190  |
| Коэффициент мощности<br><b>χ</b>                                 | 0,82 | 0,8 | 0,85 | 0,84 | 0,82 | 0,85 | 0,8 | 0,85 | 0,85 | 0,84 |
| Среднее значение коэффициента использования<br><b>Ки</b>         | 0,9  | 0,8 | 0,8  | 0,7  | 0,7  | 0,8  | 0,9 | 0,7  | 0,7  | 0,75 |

Таблица 4.2

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Предпоследняя цифра номера студ. билета | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|

|   |     |     |      |     |      |      |      |     |     |     |
|---|-----|-----|------|-----|------|------|------|-----|-----|-----|
| Допустимые пределы изменения напряжения постоянного тока на вход аппаратуры<br><b>U<sub>мин</sub>....U<sub>и макс</sub></b> | 5   | 8   | 10   | 12  | 11   | 9    | 7    | 15  | 14  | 13  |
| Мощность потребляемая аппаратурой постоянного тока<br><b>P<sub>ап.</sub>, Вт</b>  | 500 | 100 | 2000 | 500 | 1000 | 2000 | 1000 | 300 | 200 | 300 |
| Падение напряжения в ТРС, <b>U<sub>трс</sub></b>  | 1,0 | 1,0 | 0,8  | 0,8 | 0,9  | 0,6  | 0,6  | 0,7 | 1,0 | 1,0 |
| Температура окружающей среды<br><b>t<sub>окр.</sub>, C</b>  | 15  | 20  | 18   | 15  | 20   | 17   | 18   | 20  | 20  | 20  |
| Время автономной работы<br>- <b>t<sub>ав</sub></b>  | 1,0 | 1,0 | 1,0  | 1,0 | 1,0  | 1,0  | 1,0  | 1,0 | 1,0 | 1,0 |

Время автономной работы – **t<sub>ав</sub>**, время аккумуляторного резерва представляет собой время, в течении которого каждой группе АКБ обеспечивается электропитание всего оборудования, работающего на постоянном и переменных токах. В приближении, при наличии двух групп АКБ, время работы аппаратуры составляет не менее 3 часов.

### Контрольные вопросы к контрольной

1. Что такое инвертор, какие функции он выполняет в рассмотренных схемах?
2. Выпрямитель, как основной прибор в источниках вторичного электропитания? Его характеристики.  
А. Мощность, Б. Напряжение, В. Ток, Г. Пульсации
3. Нагрузочная характеристика ИВЭ.
4. Динамическое сопротивление ИВЭ.
5. Передаточная характеристика ИВЭ.
6. Коэффициент стабилизации, как он определяется?
7. Дифференциальный коэффициент стабилизации, как его определить?
8. Коэффициент передачи напряжения со входа на выход ИВЭ.
9. Коэффициент стабилизации тока нагрузки в практических расчётах?

**ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ**



**МИНИСТЕРСТВО ЦИФРОВОГО РАЗВИТИЯ, СВЯЗИ И МАССОВЫХ  
КОММУНИКАЦИЙ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Ордена Трудового Красного Знамени федеральное государственное  
бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**Московский технический университет связи и информатики**

---

**Факультет «Кибернетика и информационная безопасность»**

**Кафедра «Экология, безопасность жизнедеятельности и электропитание»**

---

(Фамилия, имя отчество студента)

**КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ  
ЭЛЕКТРОПИТАНИЕ УСТРОЙСТВ И СИСТЕМ ИНФОКОММУНИКАЦИЙ**

(название работы или номер варианта)

студента (номер) группы, (номер) курса

(название формы обучения) заочной формы обучения

Научный руководитель:

(ученая степень, должность или ученое звание) (фамилия и инициалы)

Дата сдачи: \_\_\_\_\_

Дата рецензирования: \_\_\_\_\_

Оценка: \_\_\_\_\_

## 1. Расчёт и выбор инверторной системы

Данные к расчёту:

$N_{PM} = 16$ ;  $P_{CP} = 300 \text{ Вт}$ ;  $\chi = 0,9$ ;  $K_{И} = 0,9$ ;  $U_{Н МИН} = 48$ ;  $P_{АП} = 5000$ ;  
 $U_{TPC} = 1$ ;  $t_{OKP} = 15^0 \text{ С}$ ;  $t_{AB} = 1$ ;  $U_{KP} = 1,75$ ;

Расчёт:

1.1 Необходимое число элементов (аккумуляторных ячеек) в каждой группе  $n_{мин}$  в каждой группе аккумуляторной батареи:

$$n_{мин} = (U_{Н МИН} + U_{TPC}) / U_{KP} = (48 + 1) / 1,75 = 28;$$

Обычно, полученное  $n_{мин}$  округляется до полного числа в большую сторону и получаем число АКБ в каждой группе для обеспечения нормальной работы инфокоммуникационного оборудования в конце разряда АКБ.

1.2 Максимальное и минимальное значение напряжения на зажимах АКБ

$U_{AB МИН}$ ,  $U_{AB МАК}$  находим по следующим выражениям:

$$U_{AB МИН} = n_{мин} * U_{KP} = 28 * 1,75 = 49$$

Послеаварийный заряд герметизированных кислотных аккумуляторов, чаще всего проводится в одну ступень при напряжении равном (2,25...2,27) В/эл., поэтому  $U_{AB МАК}$  для герметизированных кислотных аккумуляторов составляет:

$$U_{AB МАК} = 2,27 * n_{мин} = 2,27 * 28 = 63,56;$$

1.3 Полная мощность  $S_K$ , потребляемая компьютерной сетью от инверторов находится следующим образом:

$$S_K = (N_{PM} * P_{CP} * K_{И}) / \chi = (16 * 300 * 0,9) / 0,9 = 4800$$

1.4 Используя  $S_K$ , по таблице приложения П2.1 производится выбор типа инверторного оборудования. Выбираем инверторную систему УИЦ9000 с максимальной мощностью в 9000 ВА, комплектуемую шестью инверторами ИЦ1500 – 1, мощностью 1500 ВА.

1.5 Определяем количество необходимых (основных) инверторов  $N$ , результат округляем в большую сторону:

$$N = S_K / S_{инв} + 1 = 4,2 \approx 5$$

где  $S_{инв}$  – полная мощность модуля инвертора, берется из паспорта на оборудование.

При этом необходимое количество инверторов не должно превышать величину максимально возможного количества инверторов в ИС.

$$N \leq N_{ин МАКС}$$

$$5 < 6.$$

## 2. Расчёт и выбор АКБ

2.1 Мощность  $P_{ис}$ , которая потребляется инверторной системой от выпрямительно-аккумуляторной установки:

$$P_{ис} = (S_k * \chi) / \eta_{ис} = 4800 * 0,9 / 0,9 = 4800 \text{ Вт},$$

где  $\eta_{ис}$  – КПД инверторной установки.

2.2 Общая мощность  $P_{\Sigma}$ , потребляемая от выпрямительно-аккумуляторной установки, аппаратной инфокоммуникаций в ИС, находится так:

$$P_{\Sigma} = P_{ис} + P_{ап} = 4800 + 500 = 5300 \text{ Вт}.$$

2.3. Расчёт мощности  $P_{АБ}$  отдаваемой АКБ (одной группой) во время её разряда с учётом температурного коэффициента изменения ёмкости, осуществляется по формуле:

$$P_{АБ} = P_{\Sigma} * K_1 * (1 + 0,006 * (20 - t_{окр})) \text{ Вт}.$$

$$P_{АБ} = 5300 * 1,02 * (1 + 0,006 * (20 - 15)) = 5568,18 \text{ Вт}.$$

где  $K_1 = 1,02 \dots 1,03$  – коэффициент учитывающий потери в ТРС.

2.4 Далее следует определить мощность, отдаваемую одним элементом

$$P_{эл} = P_{АБ} / n = 5568,18 / 28 = 198,9 \text{ Вт},$$

где  $n = n_{\text{мин}}$ .

2.5 По таблицам П2.2 и П2.3 выбираем тип аккумулятора А 706/63,

$C_{\text{ном}} = 63 \text{ А*ч}$ , разрядную мощность, Ватт на моноблок (элемент) при длительности разряда – 200, напряжение моноблока 6 В.

$$P_{эл} = P_{АБ} / m = 5568,18 / 10 = 556,8 \text{ Вт},$$

где  $m$  – число моноблоков в каждой группе АБ.

2.6 При этом:

$$m = n / k = 28 / 3 \sim 10,$$

где  $k = 2,3$  или 6 (значение  $k$  определяется как результат деления номинального напряжения моноблока на 2, в нашем случае  $6/2 = 3$ ).



2.7 Определяем ориентировочное время разряда  $T_{p0}$  АБ обеих групп АБ при отключении сети переменного тока:

$$T_{p0 \text{ АБ}} = 0,8 * C_{\text{ном}} * (U_{\text{нр}} + U_{\text{кр}}) * n / P_{\text{АБ}} = 0,8 * 63 * (2,05 + 1,765) * 28 / 5568, 18 \approx 1,$$

где  $U_{\text{нр}} = 2,05$  В/эл – напряжение на зажимах 1-го элемента в начале разряда АБ;

$U_{\text{кр}} = 1,765$  В/эл - напряжение на зажимах 1-го элемента в конце заряда АБ;

$n = m * k = 28$ , число элементов в каждой группе АБ.

2.8 Величина зарядного тока для каждой группы АБ:

$$I_{\text{АБзар}} = 2 * (0,08 \dots 0,1) * C_{\text{ном}} = 2 * 0,1 * 63 = 12,6 \text{ А.}$$

### 3. Расчёт и выбор выпрямительных устройств

3.1 Максимальное значение выходного тока  $I_{\text{вып макс}}$  выпрямительных устройств определяется по выражению:

$$I_{\text{вып.макс}} = (P_{\Sigma} / U_{\text{нач.зар.}}) + I_{\text{АБзар}} = 5300/57,4 + 12,6 \approx 105 \text{ А.}$$

где  $U_{\text{нач.зар}} = 2,05 * n = 2,05 * 28 = 57,4$  В.

3.2 Определяем требуемое число  $m_{\text{в раб}}$  рабочих выпрямительных устройств без их резервирования. В качестве выпрямителей по таблице П2.4 выберем ВБВ 60/25-3К с  $I_{\text{вып.макс}} = 25$  А.

$$m_{\text{в раб}} > I_{\text{вып.макс}} / I_{\text{вып.ном.}} = 105/25 \approx 4.$$

3.3 Общее число выпрямительных устройств в ЭПУ с учётом резервирования:

$$m_{\text{в}} = (m_{\text{в раб}} + 1) = 4 + 1 = 5$$

3.4 По таблице П2.5 выбираем УЭПС-3 60/150-0606, в котором будут размещаться выпрямители, контроллер и другие элементы СБЭ постоянного тока.

3.5. Определяем минимальное число выпрямительных устройств  $m_{\text{в мин}}$ , способных обеспечивать питание аппаратуры и содержание АБ при температуре окружающей среды (температуре корпусов элементов АБ, равной 20 С).

$$m_{\text{в мин}} > = (P_{\Sigma} / (n * U_{\text{сод}}) + I_{\text{сод}}) / I_{\text{вып.ном.}} = (5300 / (28 * U_{\text{сод}}) + I_{\text{сод}}) / 25 \approx 3,$$

где  $U_{\text{сод}}$  – напряжение сопряжения одного элемента АБ при температуре 20 С.

$U_{\text{сод}} = 2,23 \text{ В/эл}$  – для герметизированных аккумуляторов;

$I_{\text{сод}} = 2 * 0,6 * 10^{-3} * C_{\text{ном}} = 0,0756 \text{ А}$  – ток содержания обеих групп АБ.

При температуре корпусов, отличной от 20 С, в выражении (17) вместо  $U_{\text{сод}}$ , следует подставлять величину -  $U_{\text{сод}} = 2,3 \text{ В/эл}$ .

При этом  $t_k = t_{\text{окр}} = 15 \text{ С}$  – температура корпусов, равна температуре окружающей среды.

3.6. Определяем величину разрядного тока  $I_{\text{раб}}$ , при условии, что исправленными остались ( $m_B - 1$ ) выпрямителей:

$$I_{\text{раб}} = [ 2 * P_{\Sigma} / ( \eta * (U_{\text{нр}} + U_{\text{кр}}) ) - I_{\text{в.огр}} ] \text{ А};$$

$$I_{\text{раб}} = 2 * 5300 / (28 * (2,05 + 1,765)) - 26,3 = 72 \text{ А},$$

где  $I_{\text{в.огр}} = 26,3 \text{ А}$  – ток ограничения оставшегося исправным выпрямителя.

3.7. Определяем ориентировочное время разряда  $T_{\text{р1 АБ}}$  обеих групп АБ при оставшихся исправными ( $m_B - 1$ ) выпрямителях:

$$T_{\text{р1 АБ}} = 2 * 0,8 * C_{\text{ном}} / I_{\text{раб}} = 2 * 0,8 * 63 / 72 = 1,4 \text{ ч.}$$

3.8. В ЭПУ применяются трёхфазные выпрямляющие устройства. Определяем максимально установившееся значение тока  $I_{\text{3ф макс}}$ , потребляемого ЭПУ от сети переменного тока в начале заряда АБ:

$$I_{\text{3ф макс}} = (P_{\Sigma} + I_{\text{АБзар}} * U_{\text{нач.зар.}}) / (3 * \eta_{\text{в}} * \chi_{\text{в}} U_{\text{смин}}) = 11,8 \text{ А.}$$

Минимальное значение фазного напряжения

$$U_{\text{смин}} = 0,85 U_{\text{сном}} = 0,85 * 220 = 187 \text{ В}$$

Таблица П.2.1 - Инверторные системы

|   | <b>УИЦ-4500 В<br/>(УИЦ-4500П)</b> | <b>УИЦ-9000</b> |
|---|-----------------------------------|-----------------|
| Тип инвертора                                     | ИЦ-1500-1<br>(ИЦ-1500)            | ИЦ-1500-1       |
| Макс. кол-во инверторов, шт                       | 3                                 | 6               |
| Электронный байпас                                | БП-9000-2<br>(БП-9000-3)          | БП-9000-2       |
| Ручной (сервисный) байпас                         | есть                              | есть            |
| Максимальная выходная мощность, ВА/Вт             | 4500/3900                         | 9000/7800       |
| Номинальные входные напряжения, В (пост.)         | 48 и 60                           | 48 и 60         |
| Диапазон изменения входного напряжения (пост.), В | 42-72                             | 42-72           |
| Напряжение питания байпаса (перем.), В            | 160-290                           | 160-290         |
| Номинальное выходное напряжение (перем.), В       | 220                               | 220             |
| Частота выходного напряжения, Гц                  | 50±0,25                           | 50±0,25         |

Таблица П2.2 - Аккумуляторы герметизированные-Sonnenschein A700

| №  | Тип аккумулятора | Номинал. ёмкость, А*ч | Номинальное напряжение моноблока (элемента) | Разрядная мощность, Ватт/моноблок (элемент) при длительности разряда 1 час |                   |
|----|------------------|-----------------------|---|--|-------------------|
|    |                  |                       |   | Ук.р. = 1.75 В/эл  | Ук.р. = 1.80 В/эл |
| 1  | A706/21          | 21                    | 6   | 67   | 65                |
| 2  | A706/42          | 42                    | 6   | 133  | 129               |
| 3  | A706/63          | 63                    | 6   | 200  | 194               |
| 4  | A706/84          | 84                    | 6   | 267  | 258               |
| 5  | A706/105         | 105                   | 6   | 334  | 323               |
| 6  | A706/126         | 126                   | 6   | 400  | 388               |
| 7  | A706/140         | 140                   | 6   | 458  | 439               |
| 8  | A706/175         | 175                   | 6   | 573  | 548               |
| 9  | A706/210         | 210                   | 6   | 688  | 658               |
| 10 | A706/245         | 245                   | 4   | 535  | 512               |
| 11 | A706/280         | 280                   | 4   | 611  | 585               |
| 12 | A706/400         | 400                   | 2   | 439  | 412               |
| 13 | A706/500         | 500                   | 2   | 543  | 507               |
| 14 | A706/600         | 600                   | 2   | 619  | 578               |
| 15 | A706/700         | 700                   | 2   | 741  | 671               |
| 16 | A706/900         | 900                   | 2   | 995  | 920               |

Таблица П2.3 - Аккумуляторы герметизированные - Sprinter P (технология AGM)

| № | Тип аккумулятора | Номинал. ёмкость, А*ч | Номинальное напряжение моноблока (элемента) | Разрядная мощность, Ватт/моноблок (элемент) при длительности разряда 1 час |                   |
|---|------------------|-----------------------|---|--|-------------------|
|   |                  |                       |   | Ук.р. = 1.75 В/эл  | Ук.р. = 1.80 В/эл |
| 1 | P12V570          | 25                    | 12  | 180  | 173               |
| 2 | P12V600          | 27                    | 12  | 203  | 193               |
| 3 | P12V875          | 45                    | 12  | 316  | 301               |
| 4 | P12V1220         | 55                    | 12  | 403  | 386               |
| 5 | P12V1575         | 75                    | 12  | 516  | 495               |
| 6 | P12V2130         | 105                   | 12  | 702  | 672               |
| 7 | P12V1700         | 165                   | 6   | 541  | 524               |
| 8 | P12V2030         | 195                   | 6   | 693  | 678               |

Таблица П2.4 - Выпрямительные устройства

| № | Тип ВБВ      | Пределы<br>регул.<br>U <sub>вых</sub> , В | Выходной<br>ток, А | Максим.<br>выходная<br>мощность,<br>Вт | Напряжение<br>питающей<br>сети, В | КПД | х    |
|---|--------------|---|--------------------|--|-----------------------------------|-----|------|
| 1 | ВБВ 60/15-3К | 54-72                                     | 0,75-15            | 1080                                   | 160...290                         | 0,9 | 0,98 |
| 2 | ВБВ 60/25-3К | 54-72                                     | 1,25-25            | 1800                                   | 160...290                         | 0,9 | 0,99 |
| 3 | ВБВ 48/20-3К | 43-56                                     | 1-20               | 1120                                   | 160...290                         | 0,9 | 0,98 |
| 4 | ВБВ 48/30-3К | 43-56                                     | 1,5-30             | 1680                                   | 160...290                         | 0,9 | 0,99 |
| 5 | РМР7-48      | 43-56                                     | 1-12               | 672                                    | 176...275                         | 0,9 | 0,99 |
| 6 | РМР7-60      | 56-70                                     | 0,5-9              | 635                                    | 176...275                         | 0,9 | 0,99 |
| 7 | РМР11-48     | 60-71                                     | 1 -18,9            | 1100                                   | 176...275                         | 0,9 | 0,99 |
| 8 | РМР11-60     | 44-56                                     | 0,5-23             | 1100                                   | 176...275                         | 0,9 | 0,99 |

Таблица П2.5 - Системы бесперебойного питания постоянного тока

| № | Тип устройства   | Пределы<br>регулирования<br>U <sub>вых</sub> , В | Напряже-<br>ние<br>питающей<br>сети, В | Выходной ток<br>(ток нагрузки), А |                  | Максималь-<br>ная<br>выходная<br>мощность,<br>В |
|---|--|--|--|-----------------------------------|------------------|---|
|   |  |  |  | макси-<br>мальный                 | минималь-<br>ный |   |
| 1 | УЭПС-3 48/180-0606                                       | 43-56  | 176...290                              | 180                               | 9                | 10080   |
| 2 | УЭПС-3 48/360-1212                                       | 43-56  | 176...290                              | 360                               | 18               | 20160   |
| 3 | УЭПС-3 60/150-0606                                       | 54-72  | 176...290                              | 150                               | 7,5              | 10080   |
| 4 | УЭПС-3 60/300-1212                                       | 54-72  | 176...290                              | 300                               | 15               | 20160   |
| 5 | УЭПС-3К 48/60-33   | 43-56  | 176...290                              | 60                                | 3                | 3360  |
| 6 | УЭПС-3К 60/45-33   | 54-72  | 176...290                              | 45                                | 2,25             | 3240  |
| 7 | PPS7-48-3500<br>Макс. кол-во<br>модулей РМР7-48<br>-5шт  | 43-56  | 176...275                              | 60                                | 5                | 3500  |
| 8 | PPS10-48-6500<br>Макс. кол-во<br>модулей РМР7-48<br>-5шт | 43-56  | 176...275                              | 115                               | 5                | 6500  |



## Список литературных источников:

1. Битюков, В. К. Источники вторичного электропитания : учебник / В. К. Битюков, Д. С. Симачков, В. П. Бабенко. — 5-е изд. — Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. — 376 с. — ISBN 978-5-9729-1647-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/429641> (дата обращения: 18.07.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Сажнев, А. М. Электропитание радиоэлектронных средств: учебное пособие / А. М. Сажнев, Л. Г. Рогулина. — Новосибирск : НГТУ, 2023. — 242 с. — ISBN 978-5-7782-4986-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/404639> (дата обращения: 12.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Демьянов, В. В. Электропитание устройств автоматики, телемеханики и связи: практикум : учебное пособие / В. В. Демьянов, М. Э. Скоробогатов. — Иркутск : ИрГУПС, 2023. — 116 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/397499> (дата обращения: 12.04.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Сажнев А.М. Источники бесперебойного электропитания переменного тока [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Сажнев А.М., Рогулина Л.Г. — Электрон. текстовые данные. Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2015.- 312 с. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/55478>
5. Бокуняев А.А. и др. Электропитание устройств связи: Учебник для вузов. Под ред. Ю.Д. Козляева-М.: Радио и связь,1998 -328с.
6. Китаев В.Е. и др. Расчёт источников электропитания устройств связи: Учебное пособие для вузов. Под ред. А.А. Бокуняева.- М.: Радио и связь,1993 -232с.
7. Поликарпов А.Г., Сергиенко Е.Ф. Однотактные преобразователи напряжения в устройствах электропитания РЭА- М.: Радио и связь, 1989, - 160с.
8. Михайлова М.М. и др. Магнито мягкие ферриты для радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. Под ред. А.Е. Оборонко. - М.: Радио и связь, 1983,-576с.