

Федеральное агентство связи
Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение
высшего профессионального образования
«Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики»

Кафедра основ конструирования и технологий радиотехнических систем

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ К ПРАКТИЧЕСКИМ
ЗАНЯТИЯМ ПО КУРСУ ЭПУ СТ

для студентов направления подготовки 210700.62 – Инфокоммуникацион-
ные технологии и системы связи

Составил: доцент Гейтенко Е.Н.

Самара

2014

УДК 621.311.6:621.328

Составил: к.т.н., доцент Гейтенко Е.Н.

Методическое пособие к практическим занятиям по курсу ЭПУ СТ.

Методическое пособие и варианты заданий для решения задач студентами направления подготовки 210700 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Рассматриваются устройства электропитания телекоммуникационной аппаратуры. Приведены методики расчета устройств электропитания систем телекоммуникаций. Методическое пособие включает варианты заданий для выполнения контрольных работ и решения задач по дисциплине «Электропитание устройств систем телекоммуникаций».

Кафедра основ конструирования и технологий радиотехнических систем

Рецензент: к.т.н., доцент Артамонова О.М.

Самара, издательство Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, 2014

Содержание

1	Перечень тем практических занятий	4
2	Список рекомендуемой литературы	5
3	Задачи для практических занятий	6
	Раздел 1 «Трансформаторы»	6
	Раздел 2 «Выпрямители»	10
	Раздел 3 «Фильтры»	14
	Раздел 4 «Линейные стабилизаторы»	15
	Раздел 5 «Импульсные стабилизаторы и преобразователи»	20
	Раздел 6 «Электроустановки предприятий связи»	24

1 Перечень тем практических занятий

___ семестра ___ учебного года

Таблица 1.1 – План занятий

№ занятия	Тема занятия	МУ, Литература	Примечания
1	Раздел 1. Трансформаторы Задачи 1.1 – 1.5	2.1 – 2.2	Возможны 2 занятия
2,3	Раздел 2. Выпрямители Задачи 2.1 – 2.3	2.1 – 2.2	
4	Раздел 3. Фильтры Задачи 3.1 – 3.2	2.1 – 2.2	Возможно объединение с 3 занятием
5,6	Раздел 4. Линейные стабилизаторы Задачи 4.1 – 4.4	2.1 – 2.2	
7	Раздел 5. Импульсные стабилизаторы и преобразователи Задачи 5.1 – 5.5	2.1, 2.2	
8	Раздел 6. Электроустановки предприятий связи Задачи 6.1 – 6.15	2.2, 2.4	

2 Список рекомендуемой литературы

2.1 Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчет. [Текст] - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2008 г.

2.2 Расчет источников электропитания устройств связи: Учебное пособие для ВУЗов [Текст] / В.Е. Китаев В.Е. и др. - М.: Радио и связь, 1993.

2.3. Бушуев В.М. и др. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций. Учебное пособие для ВУЗов, [Текст] - М.: Горячая линия - Телеком, 2009 г.

2.4. Электропитание устройств связи: Учебник для ВУЗов [Текст] / Козляев Ю.Д. и др.- М.: Радио и связь, 1998.

3 Задачи для практических занятий

Раздел 1 «Трансформаторы»

Задача 1.1

В опыте холостого хода измерены два значения Z_0 у двух силовых трансформаторов, предназначенных для одних и тех же условий применения, но имеющих сердечники из разных сталей. Опыт дал результаты: $Z_{01} = 5 \text{ КОм}$, $Z_{02} = 10 \text{ КОм}$. Какая из сталей имеет лучшие параметры применения?

Решение

Будем считать, что значения тока холостого хода для обоих случаев находятся в допустимых рамках. Для используемой частоты напряжения переменного тока сталь, применяемая в трансформаторе с сопротивлением $Z_{02} = 10 \text{ КОм}$ лучше, если ее индукция насыщения не меньше половины индукции насыщения другой стали $B_{S2} > 0,5B_{S1}$.

Таблица 1.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$Z_{01}, \text{ КОм}$	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5
$Z_{02}, \text{ КОм}$	5	4,5	4	7,5	6,5	6	5,5	3,5	3	2,5

Задача 1.2

Трансформатор, рассчитанный на подключение к источнику напряжения $U_1 = 127 \text{ В}$ частоты $f_1 = 50 \text{ Гц}$ включили на напряжение $U_2 = 200 \text{ В}$ частоты $f_2 = 400 \text{ Гц}$. Что произойдет с амплитудой магнитной индукции в сердечнике этого трансформатора?

Решение

Между уровнем приложенного напряжения, его частотой и величиной амплитуды B_m магнитной индукции существует известная связь

$U_1 \approx E_1 = 4,44 w_1 f \Phi_m = 4,44 w_1 f S_{cm} B_m$, откуда

$$B_m = U_1 / 4,44 w_1 f S_{cm}.$$

Следовательно:

$$B_{m1} = 127 / 4,44 \cdot 50 w_1 S_{cm}, \quad B_{m2} = 220 / 4,44 \cdot 400 w_1 S_{cm}$$

В результате $B_{m1} / B_{m2} = 127 \cdot 400 / 200 \cdot 50 \approx 5$, то есть амплитуда индукции уменьшается в 5 раз.

Таблица 1.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_1, B	127	110	36	220	127	220	110	36	127	220
$F_1, Гц$	50	60	500	50	60	400	50	50	500	60
U_2, B	36	220	110	36	36	110	127	220	220	127
$F_2, Гц$	60	500	50	60	400	50	50	500	60	50

Задача 1.3

Трансформатор с двумя вторичными обмотками питается от промышленной электросети, напряжение которой $U_{ЭС} = 220 B$. ЭДС этих обмоток (вторичных) $U_{21} = 10 B$ и $U_{22} = 5 B$, а токи одинаковы. Ток первичной обмотки равен $I_{ЭС} = 3 A$. Какова величина тока в обмотке с напряжением $U_{22} = 5 B$?

Решение

Уравнение баланса электромагнитных мощностей трансформатора (равенства мощностей групп первичных и вторичных обмоток):

$$S_1 = S_{21} + S_{22} \text{ или } U_1 I_1 = U_{21} I_{21} + U_{22} I_{22}$$

Так, как $I_{21} = I_{22}$, то $U_1 I_1 = I_2 (U_{21} + U_{22})$ откуда

$$I_{21} = I_{22} = U_1 I_1 / (U_{21} + U_{22}) = 220 \cdot 3 / (10 + 5) = 44 A$$

Таблица 1.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{ЭС}, B$	127	110	36	220	127	220	110	36	127	220

I_1, A	5	3	2	0,5	1	2	3	5	2	1
U_{21}, B	36	12	10	24	12	48	24	6	12	12
U_{22}, B	6	5	3	6	4	5	12	1	6	48

Задача 1.4

Изобразить кривые зависимости потерь в стали $P_{ст}$ и потерь в меди трансформатора $P_{м}$ от тока нагрузки I_2 при $U_1 = const, f_{ЭС} = const$. Что надо изменить в конструкции трансформатора, чтобы сдвинуть максимум КПД трансформатора в сторону меньшего значения коэффициента нагрузки (в сторону большего коэффициента нагрузки)?

Решение

Типичные зависимости от коэффициента β нагрузки потерь в стали (магнитопроводе) $P_{ст} = f(\beta)$, и потерь в меди (обмотках) $P_{м} = f(\beta)$, где $\beta = I_2 / I_{2ном}$ приведены на рисунке 1.1.

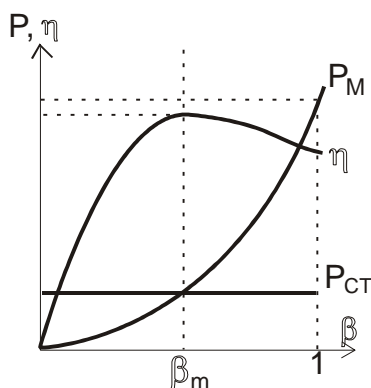


Рисунок 1.1 Внешние характеристики трансформатора

Из рисунка видно, что максимальному значению КПД соответствует равенство потерь мощности в стали и в меди. Поэтому точка пересечения графиков $P_{ст} = f(\beta)$ и $P_{м} = f(\beta)$ определяет абсциссу β_m точки максимума функции $\eta(\beta)$ (в зависимости от $\beta = I_2 / I_{2ном}$). Отсюда следует, что для смещения точки пересечения зависимостей необходимо либо уменьшить потери в стали (за счёт повышения качества стали) либо увеличить потери в обмотках (например, за счёт увеличения плотности тока).

Задача 1.5

Определите габаритный параметр трансформатора (произведение сечения S_C стержня сердечника на сечение S_O его окна). Известно, что расчетная мощность трансформатора $P_{Pac} = 25 \text{ Вт}$, частота преобразования $f_{Пp} = 20000 \text{ Гц}$, максимальная индукция в сердечнике с симметричным режимом работы трансформатора $B_m = 0,25 \text{ Тл}$, коэффициент полезного действия трансформатора $\eta_{TP} = 0,98$, плотность тока в проводах обмоток $j = 2,5 \text{ А/мм}^2$, коэффициент заполнения сталью (ферритового) сердечника $k_C = 1$, коэффициент заполнения окна проводом обмоток $k_O = 0,3$; а коэффициент формы равен $k_\Phi = 1$.

Решение

Находим габаритный параметр трансформатора, на основе которого выбирается типоразмер сердечника трансформатора и производятся дальнейшие расчеты трансформатора:

$$S_C S_O \geq 50 P_{Pac} / (f_{Пp} B_m \eta_{TP} j k_C k_O) = 50 \cdot 25 / (20000 \cdot 0,25 \cdot 0,98 \cdot 2,5 \cdot 0,3) = 0,34 \text{ см}^4.$$

Таблица 1.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи (все неуказанные параметры остаются равными использованным в примере решения)

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{Pac}, \text{ Вт}$	50	100	200	150	200	75	120	300	250	220
$f_{Пp}, \text{ кГц}$	5	30	10	4	8	16	18	50	25	10

Раздел 2 «Выпрямители»

Задача 2.1

Используя упрощенную методику, определите основные параметры элементов выпрямителя, изображенного на рисунке 2.1. Напряжение на первичной обмотке трансформатора $U_1 = U_{ЭC} = 220 \text{ В}$, а на нагрузке $U_H = 12 \text{ В}$. Ток нагрузки $I_H = 1 \text{ А}$, а амплитуда пульсаций напряжения на нагрузке $U_{H\sim} = 0,1 \text{ В}$.

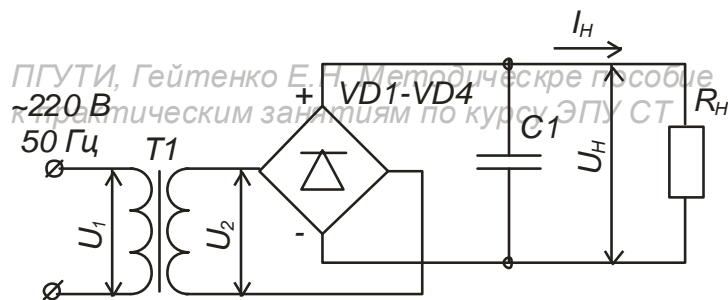


Рисунок 2.1

Решение

Напряжение на вторичной обмотке трансформатора можно оценить с помощью приближенного соотношения:

$$U_2 \approx \alpha \cdot U_H = 1,7 \cdot 12 = 20,4 \text{ В}$$

Ток диода приблизительно равен:

$$I_{VD} \approx \beta \cdot I_{Hmax} = 1,8 \cdot 1 = 1,8 \text{ А}$$

Здесь параметры α и β выбираются из таблицы 2.1.

Таблица 2.1

Коэффициент	Максимальный ток нагрузки, А					
	0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0
α	0,8	1,0	1,2	1,4	1,5	1,7
β	2,4	2,2	2,0	1,9	1,8	1,8

Обратное напряжение диодов, используемых в выпрямителе, должно быть в 1,5 раза больше напряжения питания, то есть:

$$U_2 \approx 1,5 \cdot U_H = 1,5 \cdot 12 = 18 \text{ В}$$

Оценим коэффициент пульсаций напряжения на нагрузке:

$$k_{II} \approx 0,1/12 = 0,0083$$

Емкость конденсатора фильтра $C1$ приблизительно найдем по формуле:

$$C1 \approx 3200 I_H / U_H \cdot k_{II} = 3200 \cdot 1 / 12 \cdot 0,0083 = 32129 \text{ мкФ.}$$

Таблица 2.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_H, B	24	48	60	24	48	60	18	36	25	22
I_H, A	0,5	0,1	0,5	0,1	0,2	0,6	1	0,4	0,6	1

Задача 2.2

В мостовой схеме выпрямления сделан вывод от средней точки вторичной обмотки трансформатора. Между средней точкой и отрицательным полюсом выпрямителя подключена вторая нагрузка, ток которой составляет $2 A$ (смотри рисунок 2.2). Ток основной нагрузки схемы $4 A$. Укажите направление токов через вентили от каждой из нагрузок и определите среднее значение тока каждого вентиля.

Решение

Как видно из схемы прохождения токов, через вентили $VD1, VD4$ протекает ток питания нагрузки R_{H1} , а через вентили $VD3, VD2$ - ток нагрузки R_{H2} . Здесь созданы две двухфазные схемы выпрямления: схема Греча (вся обмотка + диоды $VD1, VD4$) и простая двухфазная (полуобмотки + диоды $VD3, VD2$). Таким образом, через вентили $VD1$ и $VD4$ протекает ток:

$$I_{cp.в1} = I_{o1} / 2 = 4 / 2 = 2 A.$$

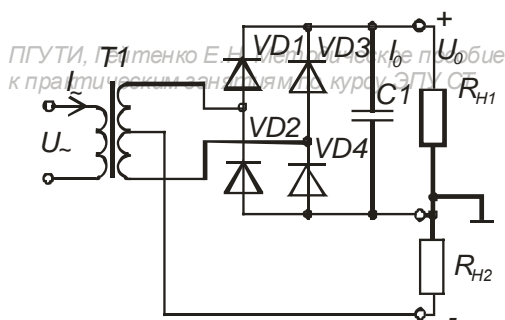


Рисунок 2.2 Мостовая схема выпрямления

Ток через вентили $VD3$ и $VD2$ равен:

$$I_{cp.в2} = I_{o1} / 2 + I_{o2} / 2 = 6 / 2 = 3 A.$$

Таблица 2.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I_{o1}, B	1	1,5	3	2	2,5	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8
I_{o2}, A	5	3	2	0,5	1	2	3	5	2	1

Задача 2.3

Для шестифазной схемы (Ларионова) выпрямления трехфазного напряжения при нагрузке индуктивного характера найдите значение КПД (η), если известны; сопротивление вентиля $r_e = 0,3 \text{ Ом}$, сопротивление фазы вторичной обмотки трансформатора $r_{mp2} = 0,5 \text{ Ом}$, фазы его первичной обмотки r_{mp1} коэффициент трансформации $w_1/w_2 = 10$ трансформатора, активное сопротивление дросселя в цепи нагрузки $r_d = 1 \text{ Ом}$, сопротивление нагрузки $r_n = 10 \text{ Ом}$. Принять условно, что сопротивление фазной шины $r_\phi = 2 \text{ Ом}$, величина потерь мощности в стали трансформатора равна мощности потерь в его обмотках. Никаких новых параметров, кроме перечисленных, не вводить.

Решение

Для схемы выпрямления (любой) с учетом всех ее элементов значение КПД определяется выражением:

$$\eta = P_o / P = P_o / (P_o + P_{\text{вент}} + P_{\text{стали}} + P_{\text{дрос}})$$

$$\text{Здесь: } P_o = (I_o)^2 R_n; \quad P_{\text{дрос}} = (I_o)^2 R_\phi; \quad P_{\text{стали}} = P_{\text{обм}}$$

В любой момент времени через последовательно соединенные две обмотки и два вентиля протекает ток величины I_o . Следовательно:

$$P_{\text{обм}} + P_{\text{вент}} = (I_o)^2 \cdot (r_{mp} + r_{mp1}/n^2) + 2I_o^2 \cdot r_e = I_o^2 \cdot (r_{mp2} + r_e + r_{mp1}/n^2).$$

После подстановки в исходную формулу для КПД и сокращения на $(I_o)^2$ с учётом $P_{\text{ст}} = P_{\text{обм}}$, получаем:

$$\eta = R_n / [R_n + R_\phi + 2r_e + 4(r_{mp2} + r_{mp1}/n^2)] = 10 / [10 + 2 + 2 \cdot 0,3 + 4(0,5 + 0,5)] = 10 / 16,6 = 0,6.$$

Таблица 2.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_n, \text{ Ом}$	12	15	30	20	25	18	16	28	22	24
$N = w_1/w_2$	10	10	15	15	20	20	30	8	6	12

Раздел 3 «Фильтры»

Задача 3.1

Сглаживающий фильтр, имеющий два дросселя по $L = 3 \text{ Гн}$ каждый, должен обеспечить коэффициент сглаживания $K_{C_2} = 256$. Какое количество конденсаторов по $C = 2 \text{ мкФ}$ каждый потребуется в нем при однозвенном включении, с использованием обоих дросселей, и двухзвенном включении в трехфазном выпрямителе ($m = 3$) промышленной частоты?

Решение

В случае однозвенного фильтра индуктивность в нем будет равна

$$L_{\phi} = L_1 + L_2 = 3 \cdot 2 = 6 \text{ Гн.}$$

Необходимая емкость фильтра C_{ϕ} в этом случае равна

$$C_{\phi} = (K_{C_2} + 1) / m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_{\phi} = 10^5 \cdot (100 + 1) / 3^2 \cdot 314^2 \cdot 6 \approx 20 \text{ мкФ.}$$

Отсюда находим необходимое количество конденсаторов емкостью 2 мкФ

$$n_1 = C_{\phi} / C_0 = 20 / 2 = 10 \text{ шт.}$$

В двухзвенном фильтре $L_{\phi} = L_1 = L_2 = 3 \text{ Гн}$, а коэффициент сглаживания каждого звена: $K_{C_{2,3}} = \sqrt{K_{C_2}} = \sqrt{100} = 10$

В этом случае емкость в каждом звене фильтра

$$C_{\phi_3} = (K_{C_{2,3}} + 1) 10^5 / m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_{\phi} = (10 + 1) 10^5 / 3^2 \cdot 314^2 \cdot 3 = 4 \text{ мкФ.}$$

Тогда общее число конденсаторов по 10 мкФ , необходимое для изготовления фильтра $n_2 = 2 \cdot (C_{\phi_3} / 2) = 2 \cdot (4 / 2) = 4 \text{ шт.}$

Таблица 3.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$L_1, Гн$	1	1,5	3	2	2,5	1,2	1,6	1,8	2,2	2,8
$C_0, А$	1	1	2	0,5	1	2	3	5	2	1
k_{C2}	200	160	225	196	120	200	160	144	256	100

Задача 3.2 На какое напряжение срабатывания должен быть рассчитан варистор (разрядник) сетевого фильтра, если напряжение электросети равно $U_{ЭС} = 220 В$, а пределы отклонения сетевого напряжения составляют $\alpha = \pm 20\%$?

Решение

Варистор сетевого фильтра срабатывает при достижении мгновенного значения напряжения предельного значения, указанного в паспорте. В нашем случае максимальное мгновенное значение напряжения электросети равно:

$$U_m = (1 + \alpha) \cdot U_{mЭС} = (1 + \alpha) \cdot \sqrt{2} \cdot U_{ЭС} = (1 + 0,2) \cdot 1,41 \cdot 220 = 1,2 \cdot 311 = 373 В$$

С учетом коэффициента запаса $\beta = (1,1 \div 1,2)$ напряжение срабатывания варистора должно быть:

$$U_{mB} = \beta \cdot U_m = (1,1 \div 1,2) \cdot 373 = (410 \div 448) В$$

Таблица 3.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{ЭС}, В$	220	36	1000	110	110	36	220	1000	220	36
$\alpha, \%$	10	10	10	10	15	20	15	5	5	20

Раздел 4 «Линейные стабилизаторы»

Задача 4.1

Определить коэффициент стабилизации $\kappa_{см}$ по напряжению и коэффициент полезного действия η параметрического стабилизатора, приведённого на рис. 3.1 если известно:

$U_{вых} = 4,7 В$ - выходное напряжение (нагрузки);

$U_{вх} = 12 В$ - входное напряжение;

$r_{см} \approx 12 Ом$ - внутреннее дифференциальное сопротивление стабилизатора;

$r_{ДПТ} \approx 3 кОм$ - внутреннее дифференциальное сопротивление полевого транзистора;

$I_{нmax} = 1 мА$ - максимальный ток нагрузки;

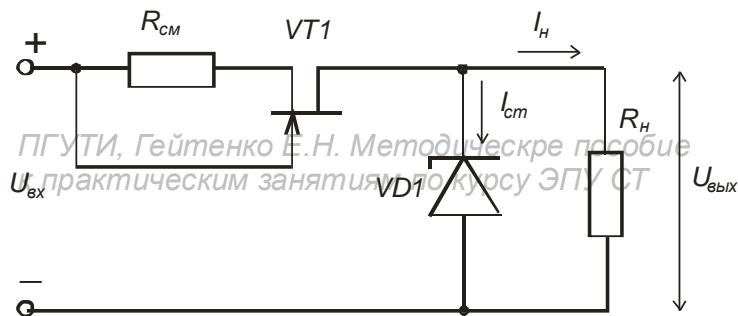


Рисунок 4.1 Стабилизатор напряжения параметрического типа

Решение

Общий коэффициент стабилизации по напряжению можно найти из выражения:

$$\kappa_{см} \approx U_{вых} r_{ДПТ} / (U_{вх} r_{см}) = 4,7 \cdot 3000 / (12 \cdot 12) = 98$$

Коэффициент полезного действия стабилизатора для номинальных значений входного напряжения и выходного тока равен:

$$\eta = U_{Вых} \cdot I_H \cdot r_{см} / [U_{Вх} \cdot (U_{Вх} - U_{Вых})] = 4,7 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^3 / [12(12 - 4,7)] = 0,16 = 16\%$$

Таблица 4.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{Вых}, B$	3,9	4,7	5	6	1,7	3,9	4,5	6	3	3,3
$U_{Вх}, B$	10	10	12	15	10	12	9	15	12	10

Задача 4.2

Определить приблизительное значение коэффициента стабилизации напряжения $\kappa_{ст}$ по изменению входного напряжения компенсационного стабилизатора, приведённого на рис. 4.2 если известно:

$U_{Вх} = 12 B$, $U_{Вых} = 6 B$, (то есть $\kappa_u = 2$ – коэффициент передачи стабилизатора по постоянному напряжению); $\kappa_{oy} = 1000$ – коэффициент усиления операционного усилителя по напряжению; $R4 = 6 kOm$, $R3 = 4 kOm$ ($\sigma = 0,6$ – коэффициент передачи следящего делителя).

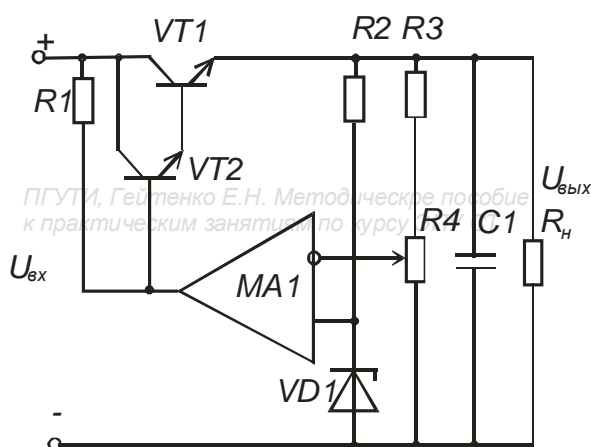


Рисунок 4.2 Стабилизатор напряжения компенсационного типа

Решение

Коэффициент стабилизации стабилизатора можно оценить с помощью соотношения $\kappa_{ст} \approx \kappa_{oy} [U_{Вых} / U_{Вх}] \cdot [R4 / (R3 + R4)] = 1000 [6 / 12] \cdot [6000 / (6000 + 4000)] = 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,6 = 300$

Таблица 4.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{Вых}}, B$	3,9	4,7	5	6	3,3	9	12	15	18	5
$U_{\text{Вх}}, B$	10	10	12	15	10	15	18	25	32	10
K_{OY}	2000	1000	1500	1000	2000	2500	1000	2000	3000	500

Задача 4.3

В интегральном стабилизаторе (трехвыводном) паспортное значение выходного напряжения равно $U_{0И} = 5 B$. Ток собственного потребления интегрального стабилизатора составляет величину $I_{И} = 0,5 mA$. Нарисуйте схему и рассчитайте ее для использования стабилизатора на выходное напряжение $U_0 = 6 B$, если напряжение первичного питания равно $U_{Вх} = 12 B$.

Решение

Выходное напряжение стабилизатора, приведенного на схеме, можно найти из соотношения:

$$U_0 = U_{0И} (1 + R2/R1) + I_{И} R2$$

Задаемся током делителя $R1$ и $R2$ равным $I_{Д} = 5 mA \gg I_{И}$.

Отсюда $R_{\Sigma} = R1 + R2 = U_0 / I_{Д} = 6 / 5 = 1,2 k\Omega$

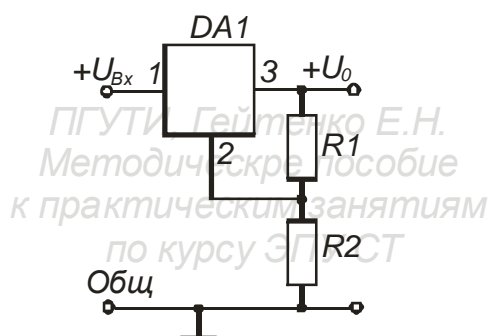


Рисунок 4.3 Интегральный стабилизатор напряжения компенсационного типа

Затем находим значение одного из резисторов:

$$R2 = [U_{0\pm} (\{U_{0f}^2 - 4U_{0H} I_{II} R_{\Sigma}\}^{0,5})] / I_{II} = [6 \pm (6^2 - 4 \cdot 0,5 \cdot 1,2)^{0,5}] / 0,5 = [6 \pm (36 - 2,4)^{0,5}] / 0,5 = [6 \pm 5,79] / 0,5 = 0,42 \text{ kOm}$$

Сопротивление другого резистора равно

$$R1 = R_{\Sigma} - R2 = 1,2 - 0,42 = 0,78 \text{ kOm}$$

Таблица 4.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_{0H}, B	3,3	4,7	5	6	3	3,9	4,5	6	3	4,5
U_0, B	5	10	12	15	6	4,5	6	9	4,5	9
I_{II}, A	0,2	0,3	0,5	0,6	0,1	0,3	0,1	0,5	0,05	0,1

Задача 4.4

В интегральном стабилизаторе с выходным напряжением $15 B$ нестабильность выходного напряжения ($\Delta U_{Выхном}, mB$) при изменении входного напряжения равно $\Delta U_{Выхном} = 10 mB$ при изменении входного напряжения от 17 до $22 B$. Рассчитайте относительную нестабильность, коэффициент стабилизации и коэффициент фильтрации пульсаций такого стабилизатора, если $U_{Вхном} = 19,5 B$.

Решение

Относительная нестабильность выходного напряжения $\delta U_{Вых}$ может быть определена следующим образом:

$$\delta U_{Вых} \approx \Delta U_{Выхном} / U_{Вых} = 0,005 / 10 = 0,0005.$$

Коэффициент стабилизации по изменению входного напряжения можно подсчитать с помощью формулы: $k_{Cm} \approx \Delta U_{Вхном} U_{Вых} / (\Delta U_{Выхном} U_{Вх}) = (22 - 17) \times 15 / 0,01 \times 19,5 = 385.$

Коэффициент фильтрации пульсаций находится из соотношения:

$$k_{\Phi} = 20 \lg(U_{Вх} / U_{Вых}), dB,$$

где: $U_{Bx\sim}$, $U_{Bых\sim}$ - амплитуда (или размах) пульсаций входного и выходного напряжений. В нашем случае данных о пульсациях нет, поэтому можно приближенно принять $k_{\phi} \approx k_{Cm} = 385$.

Таблица 4.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\Delta U_{Bыхном}$ мВ	3,5	4	4,5	6	3	15	10	12	30	20
$U_{Bыхном}$ В	5	10	12	15	6	4,5	6	9	14	8

Раздел 5 «Импульсные стабилизаторы и преобразователи»

Задача 5.1

Определить приблизительное значение коэффициента стабилизации напряжения k_{cm} по изменению входного напряжения импульсного компенсационного стабилизатора понижающего типа, если известно:

$k_u = 0,2$ – коэффициент передачи стабилизатора по постоянному напряжению ($U_{Bых}/U_{Bх}$);

$k_{ou} = 1000$ – коэффициент усиления операционного усилителя по напряжению;

$\sigma = 0,6$ – коэффициент передачи следящего делителя.

$k_{ШИМ} = 0,1$ В/мксек – коэффициент преобразования управляющего сигнала в длительность импульса τ ШИМ модулятора, при $\tau < T = 100$ мксек;

$k_{KL} = 18$ мксек/В – коэффициент преобразования длительности импульса в среднее напряжение на выходе ключевого элемента.

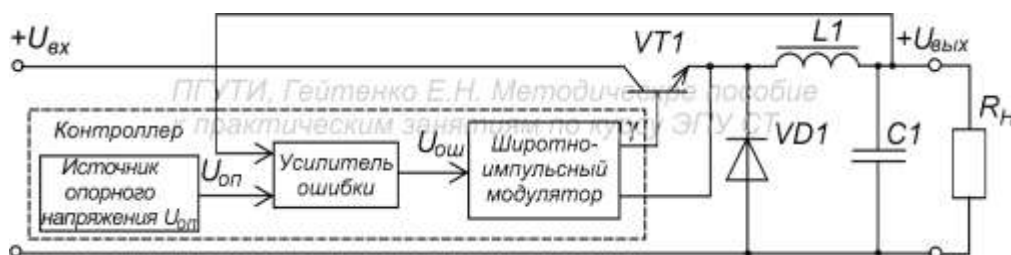


Рисунок 5.1 Импульсный стабилизатор понижающего типа

Решение

Коэффициент стабилизации стабилизатора можно оценить с помощью соотношения $\kappa_{ст} = \kappa_{оу} \cdot \kappa_{И} \cdot \sigma \cdot \kappa_{КЛ} \cdot \kappa_{ШИМ} = 1000 \cdot 0,2 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,1 = 216$

Таблица 5.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\kappa_{оу}, B$	1000	1500	2000	2500	3000	600	800	1800	2200	2600
$\kappa_{И}, A$	0,2	0,3	0,5	0,6	0,1	0,3	0,1	0,5	0,4	0,7

Задача 5.2

Определить частоту преобразования двухтактного преобразователя с самовозбуждением, выполненном на ферритовом сердечнике типоразмера К10×6×2 2000НМС и транзисторах КТ605А. При этом:

- напряжение питания $U_n = 24 B$
- число витков в первичной обмотке $w_1 = 64$.
- напряжение насыщения КТ605А $U_n = 2,5 B$
- индукция насыщения феррита 2000 НМС $B_s = 0,3 Tл$

Решение

Находим величину сечения сердечника

$$S_{сер} = [(D_1 - D_2) / 2] H = [(10 - 6) / 2] \cdot 2 \cdot 10^{-2} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ см}^2$$

По справочнику определяем индукцию насыщения для феррита 2000 НМС $B_s = 0,3 Tл$.

Будем считать приближённо коэффициент заполнения сердечника материалом сердечника $\kappa_3 = 1$, а напряжение насыщения транзистора КТ605 $U_{кэ} = 2,5 B$, тогда собственная частота автогенерации преобразователя равна:

$$f_2 = (U_n - U_{кэ \text{ нас}}) \cdot 10^4 / 4 B_s \cdot w_1 \cdot S_{сер} \cdot \kappa_3 \cdot k_{з \text{ сер}} = (24 - 2,5) \cdot 10^4 / 4 \cdot 0,3 \cdot 64 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 7,2 \text{ кГц}$$

Таблица 5.2– Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_0, B	12	15	18	20	22	24	27	24	18	15
W_1	45	50	55	60	64	70	75	60	64	55

Задача 5.3

В импульсном стабилизаторе понижающего типа при установившейся нагрузке входное напряжение равно $U_{Bx} = 14 B$, а выходное $U_{B_{вых}} = 9 B$. Определите значение коэффициента заполнения импульсов стабилизатора, если потери напряжения в элементах стабилизатора и первичного источника напряжения можно считать равными нулю.

Решение

Значение коэффициента заполнения импульсов стабилизатора понижающего типа равно $k_{зан} \approx U_{B_{вых}} / U_{Bx} = 9/14 = 0,64$.

Таблица 5.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_{Bx}, B	12	15	18	20	22	24	27	24	18	15
$U_{B_{вых}}, B$	4,5	5	5,5	6	12	15	7,5	8	9	5,5

Задача 5.4

В импульсном стабилизаторе повышающего типа при установившейся нагрузке входное напряжение равно $U_{Bx} = 18 B$, а коэффициента заполнения импульсов стабилизатора оказался равным $k_3 = 0,7$. Определите значение выходного напряжения $U_{B_{вых}}$, если потери напряжения в элементах стабилизатора и первичного источника напряжения можно считать равными нулю.

Решение

Для импульсного стабилизатора повышающего типа $U_{B_{вых}} = U_{Bx} / (1 - k_{зан})$. Отсюда выходное напряжение импульсного стабилизатора равно $U_{B_{вых}} \approx U_{Bx} / (1 - k_{зан}) = 18 / (1 - 0,7) = 60 B$

Таблица 5.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
U_{Bx}, B	12	15	18	20	22	24	27	24	18	15
$k_{зан}$	0,5	0,55	0,5	0,6	0,4	0,45	0,75	0,48	0,39	0,55

Задача 5.5

В импульсном стабилизированном преобразователе с прямым включением диода входное напряжение постоянного тока составляет величину $U_{Bx} = 450 B$, а на выходе необходимо получить $U_{Bвых} = 5 B$ напряжения постоянного тока. Для установившегося режима коэффициент заполнения импульсного стабилизатора составляет $k_3 = 0,7$. Найдите коэффициент трансформации $n_{21} = w_2/w_1$, трансформатора преобразователя, при этом считать потери на ключевом транзисторе, диодах, дросселе и других элементах равными нулю.

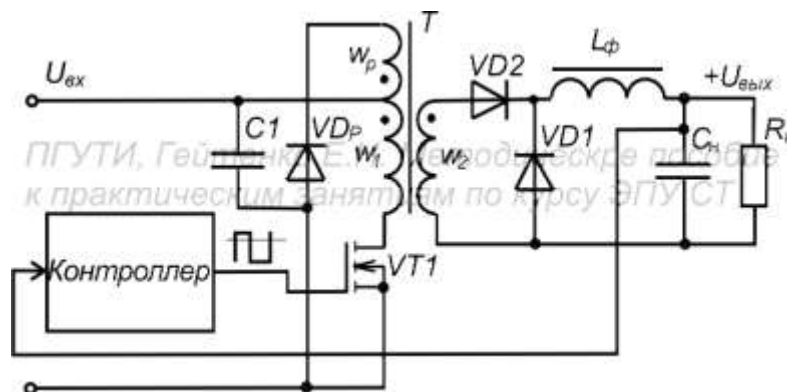


Рисунок 5.2 Стабилизированный импульсный преобразователь с прямым включением диода

Решение

Для однотактного преобразователя с трансформаторной развязкой и прямым включением диода $U_{Bвых} = U_{Bx} k_{зан} n_{21}$. Отсюда коэффициент трансформации равен $n_{21} = U_{Bвых} / U_{Bx} k_{зан} = 450 / 5 \cdot 0,7 = 129$.

Таблица 5.5 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{Вх}, В$	400	420	450	380	350	360	440	400	420	450
$U_{Вых}, В$	5	9	12	15	18	24	32	4,5	15	18

Раздел 6 «Электроустановки предприятий связи»

Задача 6.1

Минимально допустимое напряжение свинцово – кислотного аккумулятора составляет величину $U_{Amin} = 1,75 В$. При каком напряжении следует отключать источник бесперебойного питания постоянного тока с двухгруппной аккумуляторной батареей, состоящей из $n = 48$ аккумуляторов.

Решение

Двухгруппная аккумуляторная батарея состоит из двух одинаковых групп аккумуляторов, следовательно $n_1 = n_2 = 24$. Номинальное напряжение батареи свинцово – кислотных аккумуляторов составляет величину $U_{GB} = n_1 \cdot U_A = 24 \cdot 2 = 48 В$. А минимально допустимое напряжение батареи свинцово – кислотных аккумуляторов будет равно $U_{GBmin} = n_1 \cdot U_{Amin} = 24 \cdot 1,75 = 42 В$. Отсюда можно сделать вывод о том, что отключение батареи следует производить при напряжении $U_{GBОтк} > 42 В$, например $U_{GBОтк} = 43 В$.

Таблица 6.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
n	24	12	18	60	24	12	18	60	24	12

Задача 6.2

Электропитающая установка аппаратуры связи содержит следующее оборудование: 4 выпрямителя с выходным напряжением $U = 24 В$ мощностью $P_4 = 1000 Вт$ и 2 выпрямителя с выходным напряжением $U = 48 В$ мощно-

стью $P_2 = 1500 \text{ Вт}$. КПД выпрямителей и коэффициент мощности ($\cos \varphi_B$) одинаковы и равны $0,7$. Мощность, потребляемая светильниками рабочего освещения и вспомогательным оборудованием составляет $P_O = 15 \text{ кВт}$, а коэффициент мощности $\cos \varphi_0 = 0,9$. Определить максимальную мощность, потребляемую от трансформаторной подстанции, коэффициент мощности всей установки и фазный ток в питающей трехфазной сети 380 В при соединении «звезда с нулевым выводом».

Решение

Выходная мощность выпрямителей $P_{\text{ВыхВ}} = 4P_4 + 2P_2 = 4 \cdot 1000 + 2 \cdot 1500 = 7000 \text{ ВА}$. Входная мощность выпрямителей с учетом потерь $P_{\text{ВхВ}} = P_{\text{ВыхВ}} / \eta = 7000 / 0,7 = 10000 \text{ ВА}$, а полная мощность $S_{\text{ВыхВ}} = P_{\text{ВыхВ}} / \cos \varphi_B = 10000 / 0,7 = 14285 \text{ ВА}$.

Полная мощность светильников и вспомогательного оборудования:

$$S_O = P_O / \cos \varphi_0 = 15000 / 0,9 = 16667 \text{ ВА}$$

Отсюда находим общий коэффициент мощности $\cos \varphi = (P_{\text{ВыхВ}} + P_{\text{ВыхО}}) / (S_{\text{ВыхВ}} + S_O) = (10000 + 15000) / (14285 + 16667) = 0,808$

Фазный ток в питающей трехфазной сети 380 В равен:

$$I_\phi = (S_{\text{ВыхВ}} + S_{\text{ВыхО}}) / (3 \times 220) = (14285 + 16667) / (3 \times 220) = 46,9 \text{ А}$$

Таблица 6.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_2, \text{ Вт}$	1000	900	800	700	600	1200	1400	1500	800	600
$P_4, \text{ Вт}$	1500	1200	1800	600	2400	1200	1800	600	2400	1200
$P_O, \text{ Вт}$	5000	1200	3800	6000	6400	8200	6800	6000	8400	7200

Задача 6.3 Расчет аккумуляторной батареи электропитающей установки постоянного тока

Для электропитающей установки (ЭПУ) постоянного тока с выходным напряжением $U_H = -48 \text{ В}$ определить емкость аккумуляторных свинцово –

кислотных элементов и их число в батарее, если ток разряда часа наибольшей нагрузки $I_{\text{чНН}}=35 \text{ А}$, а максимальное время разряда $t_{\text{Pmax}}= 2 \text{ часа}$, при температуре в аккумуляторном контейнере $t_{\text{Cp}}=22^\circ \text{ С}$. Считать, что потери в токораспределительной сети установки постоянного тока составляют $\Delta U_{\text{TPC}} \approx 0,04 U_{\text{H}}$, а коэффициент отдачи аккумуляторных элементов $\eta_Q = 0,85$. Допустимое отклонение выходного напряжения ЭПУ (аккумуляторной батареи) принять равным $\Delta U_{\text{H}} = 0,15 U_{\text{H}}$.

Решение

Определяем число элементов n_A в аккумуляторной батарее с учетом падения напряжения в ТРС:

$n_A = (U_{\text{H}} + \Delta U_{\text{TPC}}) / U_A = (48 + 0,04 \cdot 48) / 2 = 24,96 \approx 25$, где номинальное напряжение на элементе принимается равным $U_A = 2 \text{ В}$. Число n_A округляется до целого числа в большую сторону.

Далее проверяется минимально допустимый уровень напряжения нагрузки при разряде аккумуляторной батареи с учетом минимального допустимого напряжения на одном элементе, которое для свинцово – кислотных аккумуляторов равно $U_{\text{Акp}} = 1,75 \text{ В}$.

Минимальное напряжение нагрузки равно:

$$U_{\text{Hmin}} = U_{\text{Акp}} \cdot n_A = 1,75 \cdot 25 = 43,75 \text{ В}.$$

Заданное минимально допустимое напряжение (с учетом потерь в электросети) составляет:

$$U_{\text{Hдон}} = U_{\text{H}} - \Delta U_{\text{H}} = 48 - 7,5 = 40,5 \text{ В}, \text{ в результате имеем:}$$

$$U_{\text{Hmin}} > U_{\text{Hдон}} = 40,5 \text{ В}.$$

Находим необходимую расчетную емкость C_{10}^d аккумуляторов ЭПУ постоянного тока

$$C_{10}^d = I_{\text{TP}} / [\eta_Q (1 + 0,008 \{t_{\text{Cp}} - 20^\circ \text{C}\})] = 35 \cdot 2 / [0,85 (1 + 0,008 \{22 - 20\})] = 70 / 0,86 = 81 \text{ Ач}.$$

Значение рассчитанной емкости получено для двухгруппной аккумуляторной батареи. Емкость каждого аккумуляторного элемента (в одной группе $C_{10}^d / 2$) выбираем 45 Ач , напряжение - 2 В . Двухгруппная аккумуляторная ба-

тарей состоит из двух групп (линеек) аккумуляторов по 25 штук каждая. По справочнику выбираем соответствующий 10-часовому режиму разряда аккумулятор по ближайшему большему значению номинальной емкости $C_{10} \geq C'_{10}$ и номинальному напряжению. Последовательно можно включать только элементы или блоки одинакового типа и емкости.

Таблица 6.3 Варианты задания при $k_{ПМ}=0,9$, $U_{AB} = -24 В$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_{Pmax} , час	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_{чнн}$, А	40	42	45	48	50	52	55	60	65	70
$I_{ЗAB}$, А	8	8,2	8,5	8,8	8,9	9	9,2	9,7	9,3	9,4

Задача № 6.4 Расчет мощности и выбор источника бесперебойного питания переменного тока

Исходные данные.

Нагрузкой системы бесперебойного питания переменного тока напряжением $\sim 220 В$ 50 Гц является локальная информационно – вычислительная сеть общей мощностью $P_{ЛВС} = 2500 Вт$ и коэффициент мощности $\psi_{ЛВС} = 0,7$. Одновременно от системы питается сервер мощностью $P_C = 800 Вт$ и коэффициентом мощности $\psi_C = 0,95$. Коэффициент увеличения пускового тока локальной информационно – вычислительной сети можно считать равным $k_{\alphaЛВС} \approx 1$, а сервера $k_{\alpha C} \approx 2,5$. Определить количество модулей источника бесперебойного питания, если мощность одного модуля равна $P_M = 1000 Вт$, а коэффициент мощности источника $\psi_C \geq 0,95$. При этом с целью увеличения надежности ИБП следует добавить один модуль в качестве резервного. Коэффициент учета параллельного включения модулей равен $k_{ПМ} = 0,95$.

Решение.

Полная выходная мощность ИБП должна быть больше мощности потребления нагрузки с учетом поправочных коэффициентов:

$$S_{\text{выхИБП}} = k_{\alphaЛВС} \cdot k_{\betaЛВС} \cdot P_{ЛВС} / \psi_{ЛВС} + k_{\alpha C} \cdot k_{\beta C} \cdot P_C / \psi_C = 1 \cdot 1 \cdot 2500 / 0,7 + 2,5 \cdot 1 \cdot 800 / 0,95 = 3571 + 2105 = 5676 \text{ ВА},$$

где: $k_{зЛВС}=1$ - коэффициент загрузки (то есть одновременной работы) компьютеров ЛВС среднестатистический, $k_{зС}$ - коэффициент загрузки сервера (он всегда включен).

Количество модулей будет равно $N \approx (S_{ВыхИБП}/P_M)/k_{ПМ} + 1 = (5676/1000)/0,95 + 1 = 7$

Таблица 6.4 Варианты задания для решения первой задачи (при $\psi_{ЛВС}=0,7$, $\psi_C=0,95$, $\psi_{С}=0,95$, $k_{зЛВС}=1$, $k_{зС}=1$, $k_{ПМ}=0,95$, $k_{\alphaЛВС} \approx 1$, $k_{\alphaС} \approx 2,5$).

Первая цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{ЛВС}, Вт$	1000	1200	1500	1800	2000	2300	2600	2800	3000	3500
Вторая цифра номера варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_C, Вт$	500	450	400	380	550	600	650	700	680	620
$P_M, Вт$	600	650	620	700	750	800	820	850	900	1200

Задача № 6.5 Расчет максимальной мощности потребления источника бесперебойного питания переменного тока

Исходные данные.

Найдите максимальную мощность потребления источника бесперебойного питания, если его выходная максимальная мощность равна $P_{ВыхИБП} = 1000 Вт$, а коэффициент мощности составляет $\psi_{ИБП} = 0,85$. Коэффициент полезного действия источника бесперебойного питания равен $\eta_{ИБП} = 0,89$, а максимальный ток заряда аккумуляторных батарей $I_{зmax} = 5 А$ при напряжении заряда $U_3 = 25,8 В$.

Решение.

Найдем максимальную мощность заряда аккумуляторных батарей:

$$P_{ЗAB} = I_{зmax} \cdot U_3 = 5 \cdot 25,8 = 129 Вт$$

Далее нужно оценить полную входную мощность $S_{ВхИБП}$, ВА потребления ИБП с учетом максимальной нагрузки и одновременного заряда аккумуляторных батарей:

$$S_{ВхИБП} \approx (P_{ВыхИБП} + P_{ЗAB}) / (\psi_{ИБП} \cdot \eta_{ИБП}) = (1000 + 129) / (0,85 \cdot 0,89) = 1492 ВА.$$

Активную $P_{ВхИБП}$, Вт и реактивную $Q_{ВхИБП}$, ВАР составляющие мощности потребления ИБП можно подсчитать следующим образом:

$$P_{ВхИБП} = (P_{ВыхИБП} + P_{ЗAB}) / \eta_{ИБП} = (1000 + 129) / 0,89 = 1268 Вт,$$

$$Q_{\text{ВхИБП}} = [(S_{\text{ВхИБП}})^2 - (P_{\text{ВхИБП}})^2]^{0,5} = (1492^2 - 1268^2)^{0,5} = 786 \text{ ВАР.}$$

Таблица 6.5 Варианты задания при $\psi_{\text{ИБП}} = 0,85$, $\eta_{\text{ИБП}} = 0,89$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{\text{ВыхИБП}}, \text{ Вт}$	800	820	850	880	900	950	1000	1200	1400	1500
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_{\text{Змах}}, \text{ А}$	4,5	4,2	4,8	5	4	4,3	5,5	5,2	6	6,2
$U_3, \text{ В}$	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	25,8	38,7	38,7	38,7

Задача № 6.6 Расчет емкости аккумуляторных батарей источника бесперебойного питания переменного тока

Исходные данные.

Произвести упрощенный расчет емкости аккумуляторных батарей ИБП без учета падения напряжения в кабелях токораспределительной сети (ТРС) и ограничения напряжения разряда аккумуляторов. Для нагрузки общей мощностью $P_H = 650 \text{ Вт}$, с коэффициентом мощности $\psi_H = 0,85$ и коэффициентом полезного действия источника бесперебойного питания $\eta_{\text{ИБП}} = 0,9$ определить емкость свинцово – кислотных аккумуляторных батарей, если время аварийного питания нагрузки равно $t_p = 0,5 \text{ часа}$. Напряжение аккумуляторной батареи, используемой в ИБП составляет $U_{AB} = 24 \text{ В}$, а номинальное рабочее напряжение свинцово – кислотного аккумулятора (элемента) равно $U_A = 2 \text{ В}$.

Решение.

Количество аккумуляторных элементов в батарее свинцово – кислотного типа составляет величину:

$$n_A = U_{AB}/U_A = 24/2 = 12 \text{ элементов.}$$

Выходной ток ИБП равен:

$$I_H = P_H / (\psi_H \cdot U_{\text{ВыхИБП}}) = 650 / (0,85 \cdot 220) = 3,48 \text{ А, где выходное напряжение ИБП } U_{\text{ВыхИБП}} = 220 \text{ В.}$$

Этому току соответствует ток разряда I_P аккумуляторных батарей (во время аварийного разряда):

$$I_P = I_H \cdot U_{\text{ВыхИБП}} / U_{AB} \cdot \eta_{\text{ИБП}} = 3,48 \cdot 220 / 24 \cdot 0,9 = 35,4 \text{ А.}$$

Емкость аккумуляторных батарей C_{10} равна:

$$C_{10} = I_p \cdot t_p / \eta_Q [1 + 0,008(t_{cp} - 20^\circ C)] = 35,4 \cdot 0,5 / 0,51 [1 + 0,008(25 - 20)] =$$

$17,7 / 0,53 = 33,4 \text{ А}\cdot\text{ч}$, здесь $\eta_Q = 0,51$ – коэффициент отдачи заряда аккумулятора; $t_{cp} = 25^\circ C$ – температура окружающей среды.

Таблица 6.6 Варианты задания при $\eta_{ИБП} = 0,9$, $U_{AB} = 24 \text{ В}$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_H, \text{ Вт}$	800	820	850	880	900	950	1000	1200	1400	1500
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ψ_H	0,75	0,78	0,8	0,82	0,84	0,83	0,85	0,87	0,9	0,95
$t_p, \text{ ч}$	2,8	2,2	0,5	0,8	0,9	1,8	1,2	1,7	1,3	1,4

Задача № 6.7 Расчет и выбор устройств бесперебойного электропитания постоянного тока

Исходные данные.

Найти количество выпрямительных модулей (с избыточным резервированием $N+1$) установки бесперебойного питания с выходным напряжением – $U_{Вых} = -24 \text{ В}$, если мощность одного модуля равна $P_M = 1000 \text{ Вт}$, а коэффициент учета параллельного включения модулей равен $k_{ПМ} = 0,95$. Максимальный ток нагрузки (ток часа наибольшей нагрузки) составляет величину $I_{ЧНН} = 45 \text{ А}$, а максимальный ток заряда аккумуляторных батарей $I_{ЗAB} = 10 \text{ А}$.

Решение.

Суммарный максимальный ток I_Σ системы бесперебойного электропитания постоянного тока (выпрямительного устройства ВУ) находится с помощью соотношения:

$$I_\Sigma = I_{ЧНН} + I_{ЗAB} = 45 + 10 = 55 \text{ А}.$$

Максимальный выходной ток модуля $I_{ВыхМ}$ системы бесперебойного питания с учетом дальнейшего параллельного включения равен:

$$I_{ВыхМ} = k_{ПМ} \cdot P_M / U_{Вых} = 0,95 \cdot 1000 / 24 = 39,6 \text{ А}.$$

Число модулей $N_{ВУ}$ равно:

$$N_{ВУ} \geq (I_\Sigma / I_{ВыхМ}) + 1 = 55 / 39,6 + 1 = 2,3 \approx 3.$$

Таблица 6.7 Варианты задания при $k_{ПМ} = 0,9$, $U_{AB} = -24 \text{ В}$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_M, Вт$	800	820	850	880	900	950	1000	1200	1400	1500
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$I_{CHH}, А$	40	42	45	48	50	52	55	60	65	70
$I_{ЗAB}, А$	8	8,2	8,5	8,8	8,9	9	9,2	9,7	9,3	9,4

Задача № 6.8 Расчет мощности, потребляемой установкой бесперебойного электропитания постоянного тока

Исходные данные.

Система бесперебойного питания постоянного тока используется для питания нагрузки общей мощностью $P_H = 2400 Вт$. Система включает две свинцово – кислотных аккумуляторных батареи (горячий резерв) каждая емкостью $C_{AB} = 120 А \cdot ч$, напряжением $U_H = 24 В$. Определить максимальную мощность потребления P_B системы бесперебойного питания от трехфазной электросети $U_{ЭС} = 380 В$, $f_{ЭС} = 50 Гц$ переменного тока, если КПД системы бесперебойного электропитания $\eta_B = 0,94$, а максимальный ток заряда $I_{Плз} = 25 А$.

Решение.

Ток нагрузки системы бесперебойного электропитания равен:

$$I_H = P_H / U_H = 2400 / 24 = 100 А.$$

Напряжение заряда $U_{Плз} \approx 2,14 + 0,14 = 2,28 В$, где напряжение свинцово – кислотного аккумуляторного элемента равна $2,14 В$ (холостой ход), избыточное напряжение $0,14 В$, обеспечивающее заданный ток заряда.

Количество аккумуляторных элементов в батарее $n_A = U_H / U_A = 24 / 2 = 12$, где $U_A = 2 В$ – номинальное рабочее напряжение свинцово – кислотного аккумуляторного элемента (при токе разряда $10 А$).

Максимальное значение активной мощности, потребляемой системой бесперебойного электропитания постоянного тока в условиях нормального электроснабжения находится с помощью соотношения:

$$P_B = (I_H + I_{Плз}) \cdot n_A \cdot U_{Плз} / \eta_B = (100 + 25) \cdot 12 \cdot 2,28 / 0,94 = 3638 Вт.$$

Таблица 6.8 Варианты задания при $U_C = 380 В$, $f_C = 50 Гц$, $\eta_B = 0,9$, $U_H = 24 В$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_M, Вт$	2800	2400	2550	2200	2900	2500	3200	1800	1700	1600
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$C_{AB}, Ач$	140	150	160	170	125	130	135	180	190	200
$U_H, В$	48	24	24	24	48	48	48	12	12	12

Задача 6.9 Расчет аккумуляторной батареи электропитающей установки (ЭПУ) постоянного тока

Исходные данные.

Для ЭПУ постоянного тока с выходным напряжением $U_H = -48 В$ определить емкость аккумуляторных свинцово – кислотных элементов и их число в батарее, если ток разряда часа наибольшей нагрузки $I_{CHH} = 35 А$, а максимальное время разряда $t_{Pmax} = 2 часа$, при температуре в аккумуляторном контейнере $t_{Cp} = 22^\circ С$. Считать, что потери в токо – распределительной сети установки постоянного тока составляют $\Delta U_{TPC} \approx 0,04 U_H$, а коэффициент отдачи аккумуляторных элементов $\eta_Q = 0,85$. Допустимое отклонение выходного напряжения ЭПУ (аккумуляторной батареи) принять равным $\Delta U_H = 0,15 U_H$ (в нашем случае $7,5 В$).

Решение.

Определяем число элементов n_A в аккумуляторной батарее с учетом падения напряжения в ТРС:

$n_A = (U_H + \Delta U_{TPC}) / U_A = (48 + 0,04 \cdot 48) / 2 = 24,96 \approx 25$, где номинальное напряжение на элементе принимается равным $U_A = 2 В$. Число n_A округляется до целого числа в большую сторону.

Далее проверяется минимально допустимый уровень напряжения нагрузки при разряде аккумуляторной батареи с учетом минимального допустимого напряжения на одном элементе, которое для свинцово – кислотных аккумуляторов равно $U_{AKp} = 1,75 В$.

Минимальное напряжение нагрузки равно:

$$U_{Hmin} = U_{AKp} \cdot n_A = 1,75 \cdot 25 = 43,75 В.$$

Заданное минимально допустимое напряжение (с учетом потерь в электросети) составляет:

$U_{HDon} = U_H - \Delta U_H = 48 - 7,5 = 40,5$, В, в результате имеем:

$$U_{Hmin} > U_{HDon} = 40,5$$

Находим необходимую расчетную емкость C_{10}^d аккумуляторов ЭПУ постоянного тока

$$C_{10}^d = I_{ptp} / [\eta_Q (1 + 0,008 \{t_{cp} - 20^\circ C\})] = 35 \cdot 2 / [0,85 (1 + 0,008 \{22 - 20\})] = 70 / 0,86 = 81 \text{ Ач.}$$

Значение рассчитанной емкости получено для двухгруппной аккумуляторной батареи. Емкость каждого аккумуляторного элемента (в одной группе $C_{10}^d/2$) выбираем 45 Ач, напряжение - 2В. Двухгруппная аккумуляторная батарея состоит из двух групп (линеек) аккумуляторов по 25 штук каждая. По таблице ПЗ, П4 выбираем соответствующий 10-часовому режиму разряда аккумулятор по ближайшему большему значению номинальной емкости $C_{10} \geq C_{10}^d$ и номинальному напряжению. Последовательно можно включать только элементы или блоки одинакового типа и емкости.

Таблица 6.9 Варианты задания при $k_{ПМ} = 0,9$, $U_{AB} = -24$ В

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
t_{Pmax} , час	4	3,5	3	2,5	2	1,5	1	0,75	0,5	0,25
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I_{CHH} , А	40	42	45	48	50	52	55	60	65	70
$I_{ЗAB}$, А	8	8,2	8,5	8,8	8,9	9	9,2	9,7	9,3	9,4

Задача № 6.10 Расчет общей мощности потребления системы электропитания

Исходные данные.

Мощность потребления часа наибольшей нагрузки для потребителей первой категории имеет следующие значения:

- мощность (активная составляющая) источников бесперебойного питания переменного тока $P_{ИБП} = 12$ кВт, общий коэффициент мощности $\psi = 0,85$;

- мощность (активная составляющая) выпрямительных устройств $P_B = 4,7$ кВт, общий коэффициент мощности $\psi_B = 0,75$;

- мощность (активная составляющая) системы вентиляции и кондиционирования $P_K = 9 \text{ кВт}$, общий коэффициент мощности $\cos \varphi_K = 0,7$ (нагрузка практически линейная);

- мощность (активная составляющая) системы аварийного освещения $P_{Oc} = 3,9 \text{ кВт}$, общий коэффициент мощности $\cos \varphi_{Oc} = 0,8$ (нагрузка практически линейная).

Максимальная мощность потребления нагрузки для потребителей второй категории имеет следующие значения:

- мощность потребления (активная составляющая) зала обслуживания $P_{Ob} = 11 \text{ кВт}$, общий коэффициент мощности $\psi_{Ob} = 0,7$.

Мощность потребления нагрузки для потребителей третьей категории имеет следующие значения:

- мощность (активная составляющая) хозяйственных нужд $P_{XH} = 19 \text{ кВт}$, общий коэффициент мощности $\cos \varphi_{XH} = 0,7$, максимальный коэффициент загрузки $\beta \approx 0,9$.

Найти общую мощность потребления и коэффициент мощности нагрузки.

Решение.

Находим значения реактивных составляющих мощностей потребителей электроэнергии. Мощность (полная и реактивная составляющие) систем бесперебойного питания переменного тока $S_{ИБП} = P_{ИБП} / \psi_{ИБП} = 12 / 0,85 = 14,1 \text{ кВА}$, $Q_{ИБП} = [(S_{ИБП})^2 - (P_{ИБП})^2]^{0,5} = [(14,1)^2 - (12)^2]^{0,5} = 7,4 \text{ кВАР}$.

Мощность (полная и реактивная составляющие) выпрямительных устройств $S_B = P_B / \psi_B = 4,7 / 0,75 = 6,3 \text{ кВА}$, $Q_B = [(S_B)^2 - (P_B)^2]^{0,5} = [(6,3)^2 - (4,7)^2]^{0,5} = 4,1 \text{ кВАР}$

Мощность (полная и реактивная составляющие) системы вентиляции и кондиционирования $S_K = P_K / \cos \varphi_K = 9 / 0,7 = 12,9 \text{ кВА}$, $Q_K = [(S_K)^2 - (P_K)^2]^{0,5} = [(12,9)^2 - (9)^2]^{0,5} = 9,24 \text{ кВАР}$.

Мощность (полная и реактивная составляющие) системы аварийного освещения $S_{Oc} = P_{Oc} / \cos \varphi_{Oc} = 3,9 / 0,8 = 4,9 \text{ кВА}$, $Q_{Oc} = [(S_{Oc})^2 - (P_{Oc})^2]^{0,5} = [(4,9)^2 - (3,9)^2]^{0,5} = 3 \text{ кВАР}$.

Мощность (полная и реактивная составляющие) зала обслуживания $S_{Об} = P_{Об}/\psi_{Об} = 11/0,7 = 15,7 \text{ кВА}$, $Q_{Об} = [(S_{Об})^2 - (P_{Об})^2]^{0,5} = [(15,7)^2 - (11)^2]^{0,5} = 11,2 \text{ кВАР}$.

Мощность (полная и реактивная составляющие) хозяйственных нужд $S_{ХН} = P_{ХН}/\cos\varphi_{ХН} = 19/0,7 = 27,1 \text{ кВА}$, $Q_{ХН} = [(S_{ХН})^2 - (P_{ХН})^2]^{0,5} = [(27,1)^2 - (19)^2]^{0,5} = 19,3 \text{ кВАР}$

Находим суммарную активную мощность всех потребителей переменного тока $\sum P = P_{ИБП} + P_B + P_{АО} + P_K + Q_{Об} + \beta \cdot P_{ХН} = 12 + 4,7 + 9 + 3,9 + 11 + 0,9 \cdot 19 = 57,7 \text{ кВт}$

Находим суммарную реактивную мощность всех потребителей переменного тока $\sum Q = Q_{ИБП} + Q_B + Q_{Ос} + Q_K + Q_{Об} + Q_{ХН} = 7,4 + 4,1 + 9,24 + 3 + 11,2 + 0,9 \cdot 19,3 = 52,3 \text{ кВАР}$.

Полная мощность $S_{Пом}$, потребляемая системой электропитания от сети переменного тока будет равна: $S = [(\sum P)^2 + (\sum Q)^2]^{0,5} = [57,7^2 + 52,3^2]^{0,5} = 77,9 \text{ кВА}$, а коэффициент мощности $\psi = P/S = 57,7/77,9 = 0,74$.

Таблица 6.10 Варианты задания при $\beta \approx 0,9$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{ИБП}$, кВт, $\psi = 0,85$	800	820	850	880	900	950	1000	1200	1400	1500
P_B , кВт, $\psi_B = 0,75$	40	42	45	48	50	52	55	60	65	70
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{Об}$, кВт, $\psi_{Об} = 0,7$	8	8,2	8,5	8,8	8,9	9	9,2	9,7	9,3	9,4
$P_{ХН}$, кВт, $\cos\varphi_{ХН} = 0,7$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Задача № 6.11 Расчет емкости косинусных конденсаторов

Исходные данные.

Мощность нагрузки $P_H = 200 \text{ кВт}$. Сеть трехфазная, трехпроводная, нагрузка, в основном линейная, $U_{Л} = 380 \text{ В}$, 50 Гц , его максимально возможное значение $U_{Лmax} = 440 \text{ В}$. Коэффициент мощности $\psi \approx \cos\varphi_H \approx 0,7$. Необходимо рассчитать емкость конденсаторной батареи, позволяющей достигнуть $\cos\varphi_{НЖ} = 0,95$. Рассмотреть соединение конденсаторов батареи по схеме «звезда» и по схеме «треугольник».

Решение.

Найдем недостающие тригонометрические функции угла φ_H :

$$\sin \varphi_H = (1 - \cos^2 \varphi_H)^{0,5} = (1 - 0,7^2)^{0,5} = 0,714,$$

$$\operatorname{tg} \varphi_H = \sin \varphi_H / \cos \varphi_H = 0,7 / 0,714 = 0,98$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{HЖ} = (1 - \cos^2 \varphi_{HЖ})^{0,5} / \cos \varphi_{HЖ} = (1 - 0,95^2)^{0,5} / 0,95 = 0,329$$

Для снижения реактивной мощности ЭПУ (допустимое значение $\cos \varphi \geq 0,95$) используем установку косинусных конденсаторов. Реактивная мощность Q_K компенсирующих конденсаторов равна:

$$Q_K = P_H (\operatorname{tg} \varphi_H - \operatorname{tg} \varphi_{HЖ}) = 200(0,98 - 0,329) = 130,2 \text{ кВАР},$$

Найдем емкость компенсирующих конденсаторов, соединенных по схеме «звезда»:

$$C_3 = 3Q_K / [(U_{Л})^2 \cdot 2\pi f_C] = 3 \cdot 130,2 \cdot 1000 / [(380)^2 \cdot 2\pi \cdot 50] = 390,6 \cdot 1000 / 907291,96 = 8,61 \cdot 10^{-3} \text{ Ф} = 8610 \text{ мФ}$$

Емкость компенсирующих конденсаторов, соединенных по схеме «треугольник» находится из соотношения:

$$C_T = Q_K / 2\pi f_C \cdot (U_{Л})^2 = 130,2 \cdot 10^3 / 2\pi \cdot 50 \cdot (380)^2 = 2870 \text{ мкФ}.$$

В случае применения схемы «треугольник» емкость батареи оказывается значительно меньше (в 3 раза), а напряжение на конденсаторах больше (в $\sqrt{3}$ раз).

Таблица 6.11 Варианты задания при $U_{Л} = 380 \text{ В}$, 50 Гц , $\cos \varphi_{HЖ} = 0,95$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
P_H , кВт	100	120	150	180	19	250	210	220	205	110
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\cos \varphi_H$	0,65	0,68	0,7	0,71	0,72	0,73	0,75	0,78	0,76	0,77

Задача № 6.12 Расчет заземляющего устройства

Исходные данные.

Заземляющее устройство выполнено на основе стального (с защитным покрытием) уголка с шириной стороны $a = 40 \text{ мм}$. Стержень имеет длину $l = 4500 \text{ мм}$ и углублен на $h = 50 \text{ см}$ в грунт типа суглинок. Найти сопротивление заземлителя. Определить число необходимых заземлителей для обеспечения сопротивления заземления $R_0 = 4 \text{ Ом}$.

Решение.

Для заземлителя из стального уголка с шириной стороны $a=40$ мм эквивалентный диаметр равен $d \approx 0,9a = 0,9 \cdot 40 = 36$ мм. По таблице П15 находим удельное сопротивление грунта типа суглинок: $\rho = 100$ Ом·м. Расстояние от поверхности земли до середины электрода заземлителя:

$$t = h + 0,5l = 0,5 + 2,25 = 2,75 \text{ м.}$$

Величина сопротивления растеканию тока такого заземлителя находится по формуле (3.9):

Рассчитываем сопротивление R_B , Ом одного вертикального электрода:

$$\begin{aligned} R_B &= 0,366(\rho/l) \cdot [\lg(2l/d) + 0,5 \lg\{(4t+l)/(4t-l)\}] = \\ &= 0,366 \cdot (100/4,5) [\lg(2 \cdot 4,5/0,036) + 0,5 \lg\{(4 \cdot 2,75 + 4,5)/(4 \cdot 2,75 - 4,5)\}] = \\ &= 8,13 [\lg 264,71 + 0,5 \lg(15,5/6,5)] = 8,13 [2,42 + 0,19] = 21,22 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Воспользуемся соотношением (3.11) для нескольких идентичных заземлителей $R_O = R_B/n$, из которого следует:

$$n \geq R_B/R_O = 21,22/4 = 5,3.$$

Откуда число заземлителей равно $n=6$.

Таблица 6.12 Варианты задания при $h=50$ см, $R_O=4$ Ом, почва – суглинок.

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
a , мм	32	32	40	40	45	60	60	60	45	60
Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
L , мм	4000	4200	4500	4800	5000	5200	5500	6000	6500	7000

Задача № 6.13 Выбор автомата защиты

Исходные данные.

Суммарная мощность потребления нагрузки составляет $S = 120$ кВА. Схема соединения вторичных обмоток силового трансформатора - «звезда с нулевым выводом». Длина фазного провода (кабель ВБбШв) от трансформатора до места установки автомата $l_\phi \approx 60$ м. Будем считать провод заземления таким же и той же длины. Рассчитать ток короткого замыкания «фаза – ноль» и выбрать соответствующий автомат защиты.

Решение.

При соединении обмоток трансформатора в звезду ток I_ϕ в фазном проводнике равен $I_\phi = S/3U_\phi = 120000/3 \cdot 220 = 181,8 \text{ A}$, где U_ϕ - фазное напряжение.

Определяем номинальный ток для выбора трехфазного автоматического выключателя $I_{\text{авт}} \approx 3I_\phi = 181,8 \cdot 1,5 = 272,7 \text{ A}$. Выбираем по таблице П8 автоматический выключатель DPX-400-3-320 с большим значением (фазного) тока аварийного срабатывания (320 A). Выбираем кабель ВБбШв-4-120 с сопротивлением основной жилы $\rho_K = 0,154 \text{ Ом/км}$ и большим максимальным током 350 A (таблица П10).

Проверяем параметры автоматического выключателя по кратности тока замыкания. Полное сопротивление фазного провода равно: $Z_{\text{л}} \approx R_\phi = 2l_\phi \cdot \rho_K = 0,12 \cdot 0,154 = 0,028 \text{ Ом}$.

Для мощности потребления $S = 120 \text{ кВт}$ выбираем по таблице 3.2 трансформатор мощностью $S_{\text{тр}} = 160 \text{ кВт}$. Полное сопротивление трансформатора мощностью 160 кВА (по таблице 3.1): $Z_{\text{т}} = 0,162 \text{ Ом}$.

Ток короткого замыкания (между фазным проводником и нейтралью) равен $I_{\text{кз}} \approx U_\phi / (Z_{\text{л}} + Z_{\text{т}}) = 220 / (0,028 + 0,162) = 1157 \text{ A}$. Значение $I_{\text{кз}} = 1157 > 320 \text{ A}$ превышает более чем в три раза (смотри таблицу П7) номинальный ток срабатывания автоматического выключателя (320 A). Это подтверждает надежное срабатывание автомата защиты в случае короткого замыкания.

Таблица 6.13 Варианты задания при $U_\phi = 220 \text{ В}$.

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$S, \text{ кВА}$	32	32	40	40	45	60	60	60	45	60
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$l_\phi, \text{ м}$	40	42	45	48	50	52	55	60	65	70

Задача № 6.14 Расчет сечения кабеля токораспределительной сети

Исходные данные.

Мощность потребления группы компьютеров локальной вычислительной сети от общего источника бесперебойного питания $P = 2 \text{ кВт}$ при напряжении $U_{\text{ЭС}} = 220 \text{ В}$. Допустимое падение напряжения $\Delta U = 4 \text{ В}$ в кабеле элек-

тропитания длиной $l=50$ м. Найти сечение кабеля по допустимой потере напряжения.

Решение.

В процентном отношении допустимое падение напряжения составляет $\Delta U\% = 100 \cdot \Delta U / U_{\text{ЭС}} = 100 \cdot 4 / 220 = 1,82\%$

Сечение кабеля для однофазной сети с сосредоточенной нагрузкой в конце линии рассчитываем по формуле:

$$S_P = Pl \cdot 10^5 / [\sigma (U_{\text{ЭС}})^2 \cdot \Delta U\%] = 2 \cdot 50 \cdot 10^5 / 34,5 \cdot 220^2 \cdot 1,82 = 10 \cdot 10^6 / 3,04 \cdot 10^6 = 3,29 \text{ мм}^2,$$

где: σ - удельная проводимость алюминия $34,5 \text{ м}/(\text{Ом} \cdot \text{мм}^2)$.

Выбираем сечение двухжильного кабеля алюминиевого АВВГ по таблице П9 $S=4 \text{ мм}^2$ (должно быть $S > S_P$).

Определим толщину проводника $S_{\text{Э}}$, из условия допустимой экономически оптимальной плотности тока $\delta_{\text{Э}}=2,1 \text{ А}/\text{мм}^2$. Для этого найдем значение расчетного тока:

$$I_P = P / U_{\text{ЭС}} = 2000 / 220 = 9 \text{ А}.$$

$S_{\text{Э}} = I_P / \delta_{\text{Э}} = 9 / 2,1 = 4,5 \text{ мм}^2$, где: $\delta_{\text{Э}} = 2,1 \text{ А}/\text{мм}^2$ - экономическая плотность тока при использовании провода на расчетной нагрузке 3000 – 5000 часов в год. При этом условии принимаем толщину проводника равной $S_{\text{Э1}} = 5 \text{ мм}^2$.

При использовании провода в течение времени более 5000 часов в год рекомендуется принять $I_{\text{Э1}} = 1,1 \text{ А}/\text{мм}^2$. При этом условии принимаем толщину проводника равной $S_{\text{Э1}} = 1 \text{ мм}^2$.

Таблица 6.14 Варианты задания при $U_{\phi}=220 \text{ В}$, $l=50 \text{ м}$, $\delta_{\text{Э}}= 2,1 \text{ А}/\text{мм}^2$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность потребления от ИБП S , кВА	3	4	5	2,5	4,5	3,5	1,5	2,8	3,2	2,2
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Допустимое падение напряжения $\Delta U=4 \text{ В}$	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4,5	5	2,25

Задача № 6.15 Приближенный расчет мощности дизельной электрической станции

Исходные данные.

Устройства – потребители электроэнергии, вырабатываемой автономной дизельной электростанцией, имеют следующие характеристики. Выходная (номинальная) мощность ИБП $P_{ИБП} = 10000 \text{ Вт}$, коэффициент мощности $\psi_{ИБП} = 0,91$; коэффициент полезного действия $\eta_{ИБП} = 0,92$. Номинальная мощность заряда аккумуляторных батарей ИБП $P_{ЗА} = 2000 \text{ Вт}$, коэффициент мощности устройств заряда аккумуляторных батарей $\psi_{ЗА} = 0,91$, коэффициент полезного действия устройств заряда аккумуляторных батарей $\eta_{ЗА} = 0,92$. Мощность других потребителей $P_{ДП} = 28000 \text{ Вт}$, коэффициент мощности $\psi_{ДП} = 0,7$; коэффициент запаса по мощности $m = 1,2$, коэффициент режима работы (резервный) $q = 100$.

Расчет.

Приближенное значение мощности дизельной электростанции:

$$P_{ДЭС} = (100m/q) \cdot (P_{ИБП}/\psi_{ИБП}\eta_{ИБП} + P_{ЗА}/\psi_{ИБП}\eta_{ЗА} + P_{ДП}/\psi_{ДП}) = (100 \cdot 1,2/100) \cdot (10000/0,91 \cdot 0,92 + 2000/0,91 \cdot 0,92 + 28000/0,7) = 1,2 \cdot (11940 + 2390 + 40000) = 65,196 \text{ кВт}.$$

Таблица 6.15 Варианты задания при $P_{ДП} = 28000 \text{ Вт}$, $\psi_{ДП} = 0,7$, $m = 1,2$, $q = 100$

Первая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность ИБП $P_{ИБП}$, кВт, $\psi_{ИБП} = 0,9$, $\eta_{ИБП} = 0,94$	8	8,5	9	9,5	10,5	11	11,5	12	12,5	13
Вторая цифра номера зачетной книжки	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Мощность заряда аккумуляторных батарей $P_{ЗА}$, кВт, $\psi_{ЗА} = 0,9$ $\eta_{ЗА} = 0,94$	1,5	1,7	1,8	2,1	2,2	2,4	2,6	2,8	2,5	2,9

Доцент

Гейтенко Е.Н.

Рецензент, доцент ПГУТИ

Артамонова О.М.

Самара, издательство Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, 2014 г.