

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 ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО КУРСУ ЭПУ СТ

для студентов направления подготовки 210700 – Инфокоммуникационные
технологии и системы связи

Составил: доцент Гейтенко Е.Н.

Самара

2013

УДК 621.311.6:621.328

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

Методическое пособие к выполнению контрольной работы по курсу ЭПУ СТ для студентов направления подготовки 210700 – Инфокоммуникационные технологии и системы связи.

Рассматриваются устройства электропитания телекоммуникационной аппаратуры. Приведены методики решения задач по расчету устройств электропитания систем телекоммуникаций. Методические указания включают 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, 2013

Содержание

Введение	4
1 Перечень тем практических занятий	5
2 Список рекомендуемой литературы	6
3 Задачи для практических занятий и контрольной работы	7
Раздел 3.1 «Трансформаторы»	7
Раздел 3.2 «Выпрямители»	11
Раздел 3.3 «Фильтры»	14
Раздел 3.4 «Линейные стабилизаторы»	16
Раздел 3.5 «Импульсные стабилизаторы и преобразователи»	21
Раздел 3.6 «Электроустановки предприятий связи»	25

Введение

Практические занятия предназначены для усвоения материала теоретических занятий, изучения особенностей основных схем источников питания, получения навыков в расчетах параметров источников питания и освоение методов проектирования систем электропитания.

Пособие содержит 6 разделов с задачами. Контрольная работа, которую выполняет студент, должна содержать по одной задаче из каждого раздела (общее количество задач контрольной работы – 6). В разделе выбирается первая задача с исходными данными, указанными в таблице текста задачи. Вариант исходных данных выбирается в соответствии с последней цифрой в зачетной книжке студента.

Отчет по контрольной работе оформляется индивидуально каждым студентом в электронной форме с помощью программы Microsoft Word на листах формата А4. Отчет должен включать разделы:

- 1) Титульный лист:
 - Название контрольной работы;
 - Факультет и группа;
 - Фамилия, имя и отчество студента;
 - Номер зачетной книжки;
 - Дата.
- 2) № задачи
- 3) Условие задачи и исходные данные.
- 4) Решение (упорядоченное изложение);
- 5) Результаты в виде таблицы.

1 Перечень тем практических занятий

___ семестра ___ учебного года

Таблица 1.1 – План занятий

№ занятия	Тема занятия	МУ, литература	Примечания
1	Раздел 3.1. Трансформаторы Задачи 3.1.1 – 3.1.5	2.1 – 2.2	Возможны 2 занятия
2,3	Раздел 3.2. Выпрямители Задачи 3.2.1 – 3.2.3	2.1 – 2.2	
4	Раздел 3.3. Фильтры Задачи 3.3.1 – 3.3.2	2.1 – 2.2	Возможно объединение с 3 занятием
5,6	Раздел 3.4. Линейные стабилизаторы Задачи 3.4.1 – 3.4.4	2.1 – 2.2	
7	Раздел 3.5. Импульсные стабилизаторы и преобразователи Задачи 3.5.1 – 3.5.5	2.1, 2.2	
8	Раздел 3.6. Электроустановки предприятий связи Задачи 3.6.1 – 3.6.3	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 и контрольной работы

Раздел 3.1 «Трансформаторы»

Задача 3.1.1

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 характеристики 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 3.1.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$Z_{01}, \text{ КОм}$	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 3.1.2

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:

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

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

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

Таблица 3.1.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
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 3.1.3

Трансформатор с двумя вторичными обмотками питается от промышленной электросети, напряжение которой $U_{ЭС} = 220 B$ (действующее значение). ЭДС этих обмоток (вторичных) $U_{21} = 10 B$ и $U_{22} = 5 B$, а токи одинаковы. Ток первичной обмотки составляет $I_{ЭС} = 3 A$. 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 3.1.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{ЭС}, B$	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 3.1.4

Изобразить кривые зависимости потерь в стали P_{cm} и потерь в меди трансформатора P_m 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) $P_{cm} = f(\beta)$, и потерь в меди (обмотках) $P_m = f(\beta)$, где $\beta = I_2 / I_{2ном}$ приведены на рисунке 3.1.1.

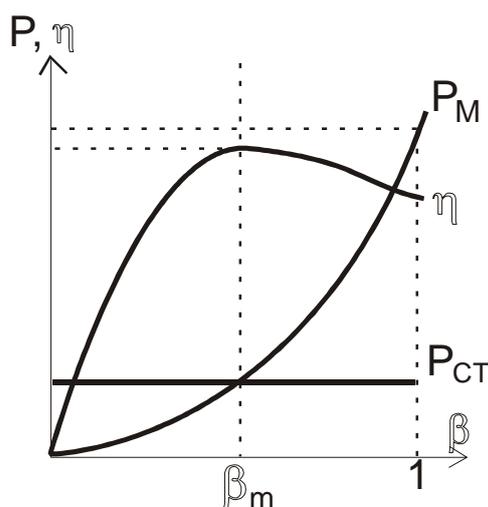


Рисунок 3.1.1 Внешние характеристики трансформатора

Из рисунка видно, что максимальному значению КПД соответствует равенство потерь мощности в стали и в меди. Поэтому точка пересечения графиков $P_{cm} = f(\beta)$ и $P_m = f(\beta)$ 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 3.1.5

Определите габаритный параметр трансформатора (произведение сечения S_C стержня сердечника на сечение S_O его окна). Известно, что расчетная мощность трансформатора $P_{рас} = 25 \text{ Вт}$, частота преобразования $f_{Пр} = 20000 \text{ Гц}$, максимальная индукция в сердечнике с симметричным режимом работы трансформатора $B_m = 0,25 \text{ Тл}$, коэффициент полезного действия трансформатора $\eta_{ТР} = 0,98$, 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:

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

Таблица 3.1.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи (все неуказанные параметры остаются равными использованным в примере решения)

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_{рас}, \text{ Вт}$	50	100	200	150	200	75	120	300	250	220
$f_{Пр}, \text{ кГц}$	5	30	10	4	8	16	18	50	25	10

Раздел 3.2 «Выпрямители»

Задача 3.2.1

Используя упрощенную методику, определите основные параметры элементов выпрямителя, изображенного на рисунке 3.2.1. Напряжение на первичной обмотке трансформатора $U_1 = U_{ЭС} = 220 \text{ В}$, а на нагрузке $U_H = 12 \text{ В}$. Ток нагрузки $I_H = 1 \text{ А}$, а амплитуда пульсаций напряжения на нагрузке $U_{H\sim} = 0,1 \text{ В}$.

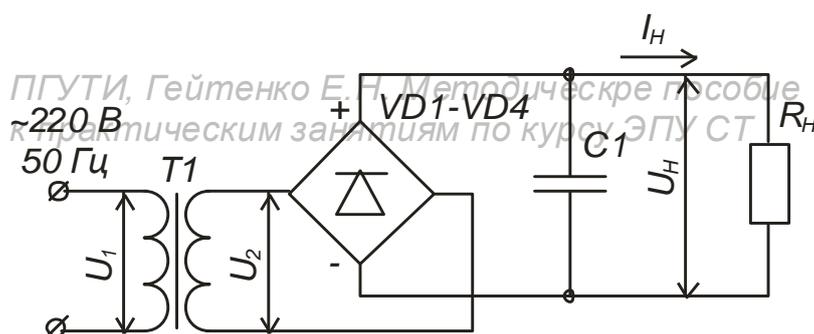


Рисунок 3.2.1

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 приближенно равен:

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

Здесь параметры α и β выбираются из таблицы 3.2.1.

Таблица 3.2.1

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 $C1$ приближенно определяют по формуле:

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

Таблица 3.2.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи.

№ варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_H, \text{ В}$	24	48	60	24	48	60	18	36	25	22
$I_H, \text{ А}$	0,5	0,1	0,5	0,1	0,2	0,6	1	0,4	0,6	1

Задача 3.2.2

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 А (смотри рисунок 3.2.2). Ток основной нагрузки схемы 4 А. 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 $R_{н1}$, а через вентили $VD3, VD2$ - ток нагрузки $R_{н2}$. Здесь созданы две двухфазных схемы выпрямления: схема Грца (вся обмотка + диоды $VD1, VD4$) и простая двухфазная (полуобмотки + диоды $VD3, VD2$). Таким образом, через вентили $VD1$ и $VD4$ протекает ток:

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

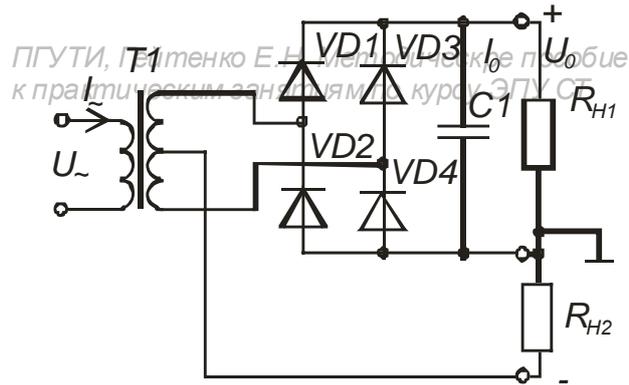


Рисунок 3.2.2 Мостовая схема выпрямления

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

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

Таблица 3.2.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

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

Задача 3.2.3

Для шестифазной схемы (Ларионова) выпрямления трехфазного напряжения при нагрузке индуктивного характера найдите значение КПД (η), если известны; сопротивление вентиля $r_v = 0,3 \text{ Ом}$, 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:

$$\eta = P_0 / P = P_0 / (P_0 + P_{\text{вент}} + P_{\text{стали}} + P_{\text{дрос}})$$

$$\text{Здесь: } P_0 = (I_0)^2 R_n; \quad P_{\text{дрос}} = (I_0)^2 R_\phi; \quad P_{\text{стали}} = P_{\text{обм}}$$

В любой момент времени через последовательно соединенные две обмотки и два вентиля протекает ток величины I_0 . Следовательно:

$$P_{\text{обм}} + P_{\text{вент}} = (I_0)^2 \cdot (r_{\text{мп}} + r_{\text{мп1}} / n^2) + 2I_0^2 \cdot r_\epsilon = I_0^2 \cdot (r_{\text{мп2}} + r_\epsilon + r_{\text{мп1}} / n^2).$$

После подстановки в исходную формулу для КПД и сокращения на $(I_0)^2$ с учётом $P_{\text{ст}} = P_{\text{обм}}$, получаем:

$$\eta = R_n / [R_n + R_\phi + 2r_\epsilon + 4(r_{\text{мп2}} + r_{\text{мп1}} / n^2)] = 10 / [10 + 2 + 2 \cdot 0,3 + 4(0,5 + 0,5)] = 10 / 16,6 = 0,6.$$

Таблица 3.2.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$R_n, \text{ Ом}$	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 3.3 «Фильтры»

Задача 3.3.1

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

$$C_{\phi} = (K_{c2} + 1) / m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_{\phi} = 10^5 \cdot (100 + 1) / 3^2 \cdot 314^2 \cdot 6 \approx 20 \text{ мкФ.}$$

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: $K_{c2.3} = \sqrt{\bar{K}_{c2}} = \sqrt{100} = 10$

В этом случае емкость в каждом звене фильтра

$$C_{\phi3} = (K_{c2.3} + 1) 10^5 / m^2 \cdot \omega^2 \cdot L_{\phi} = (10 + 1) 10^5 / 3^2 \cdot 314^2 \cdot 3 = 4 \text{ мкФ.}$$

Тогда общее число конденсаторов по 10 мкФ, необходимое для изготовления фильтра $n_2 = 2 \cdot (C_{\phi3} / 2) = 2 \cdot (4 / 2) = 4 \text{ шт.}$

Таблица 3.3.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

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

Задача 3.3.2 На какое напряжение срабатывания должен быть рассчитан варистор (разрядник) сетевого фильтра, если напряжение электросети равно $U_{ЭС} = 220 \text{ В}$, 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:

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

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

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

Таблица 3.3.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{ЭС}, \text{ В}$	220	36	1000	110	110	36	220	1000	220	36
$\alpha, \%$	10	10	10	10	15	20	15	5	5	20

Раздел 3.4 «Линейные стабилизаторы»

Задача 3.4.1

Определить коэффициент стабилизации K_{cm} по напряжению и коэффициент полезного действия η параметрического стабилизатора, приведённого на рис. 3.3.1 если известно:

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

$U_{вх} = 12 \text{ В}$ - входное напряжение;

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

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

$I_{nmax} = 1 \text{ мА}$ - максимальный ток нагрузки;

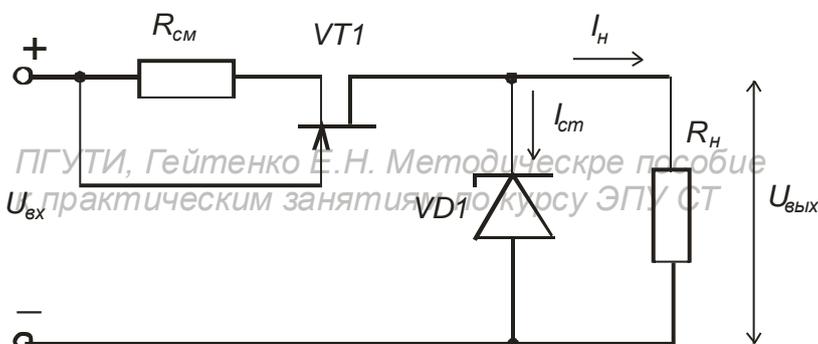


Рисунок 3.4.1 Стабилизатор напряжения параметрического типа

Решение

Общий коэффициент стабилизации по напряжению можно найти из выражения:

$$\kappa_{cm} \approx U_{вых} r_{ДПП} / (U_{Вх} r_{Cm}) = 4,7 \cdot 3000 / (12 \cdot 12) = 98$$

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

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

Таблица 3.4.1 – 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 3.4.2

Определить приблизительное значение коэффициента стабилизации напряжения κ_{cm} по изменению входного напряжения компенсационного стабилизатора, приведённого на рис. 3.4.2 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).

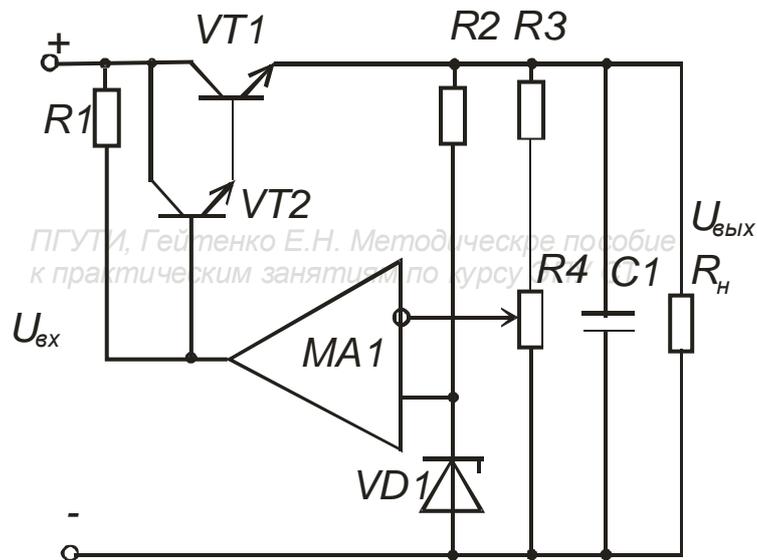


Рисунок 3.4.2 Стабилизатор напряжения компенсационного типа

Решение

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

Таблица 3.4.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{Вых}, B$	3,9	4,7	5	6	3,3	9	12	15	18	5
$U_{Вх}, B$	10	10	12	15	10	15	18	25	32	10
K_{OY}	2000	1000	1500	1000	2000	2500	1000	2000	3000	500

Задача 3.4.3

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:

$$U_0 = U_{0И} (1 + R_2/R_1) + I_{И} R_2$$

Задаемся током делителя R_1 и R_2 равным $I_D = 5 \text{ мА} \gg I_{И}$.

Отсюда $R_{\Sigma} = R_1 + R_2 = U_0 / I_D = 6 / 5 = 1,2 \text{ кОм}$

Затем находим значение одного из резисторов:

$$R_2 = [U_0 \pm (\{U_0\}^2 - 4U_{0И} I_{И} R_{\Sigma})^{0,5}] / I_{И} = [6 \pm (6^2 - 4 \cdot 0,5 \cdot 1,2)^{0,5}] / 0,5 = [6 \pm (36 - 2,4)^{0,5}] / 0,5 = [6 \pm 5,79] / 0,5 = 0,42 \text{ кОм}$$

Сопротивление другого резистора равно

$$R_1 = R_{\Sigma} - R_2 = 1,2 - 0,42 = 0,78 \text{ кОм}$$

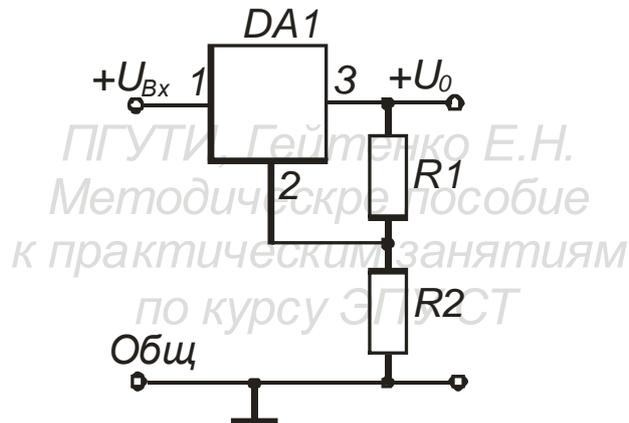


Рисунок 3.4.3 Интегральный стабилизатор напряжения компенсационного типа

Таблица 3.4.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{0И}, \text{ В}$	3,3	4,7	5	6	3	3,9	4,5	6	3	4,5
$U_0, \text{ В}$	5	10	12	15	6	4,5	6	9	4,5	9
$I_{И}, \text{ А}$	0,2	0,3	0,5	0,6	0,1	0,3	0,1	0,5	0,05	0,1

Задача 3.4.4

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

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:

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

где: $U_{Вх\sim}$, $U_{Вых\sim}$ - 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 3.4.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\Delta U_{Выхном}$, mB	3,5	4	4,5	6	3	15	10	12	30	20
$U_{Выхном}$, B	5	10	12	15	6	4,5	6	9	14	8

Раздел 3.5 «Импульсные стабилизаторы и преобразователи»

Задача 3.5.1

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

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

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

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

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

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

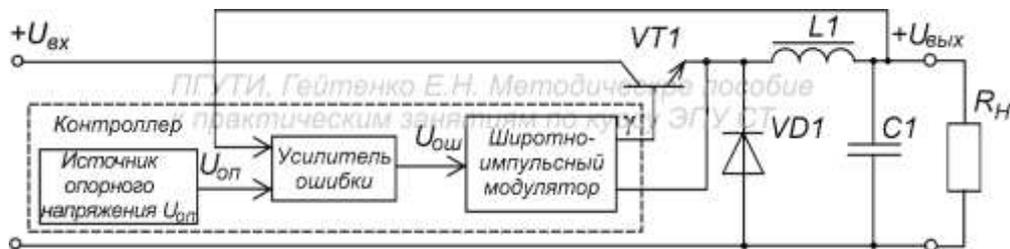


Рисунок 3.5.1 Импульсный стабилизатор понижающего типа

Решение

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

Таблица 3.5.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

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

Задача 3.5.2

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

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

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 $B_s = 0,3 Тл$.

Будем считать приближённо коэффициент заполнения сердечника материалом сердечника $k_3 = 1$, а напряжение насыщения транзистора КТ605 $U_{кэ} = 2,5 В$, тогда собственная частота автогенерации преобразователя равна:

$$f_2 = (U_n - U_{кэ \text{ нас}}) \cdot 10^4 / 4 B_s \cdot w_1 \cdot S_{сер} \cdot k_3 \text{ сер} = (24 - 2,5) \cdot 10^4 / 4 \cdot 0,3 \cdot 64 \cdot 4 \cdot 10^{-2} \cdot 1 = 7,2 \text{ кГц}$$

Таблица 3.5.2– Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_0, В$	12	15	18	20	22	24	27	24	18	15
W_1	45	50	55	60	64	70	75	60	64	55

Задача 3.5.3

В импульсном стабилизаторе понижающего типа при установившейся нагрузке входное напряжение равно $U_{вх} = 14 В$, а выходное $U_{вых} = 9 В$. 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 $k_{зан} \approx U_{Вых} / U_{Вх} = 9/14 = 0,64$.

Таблица 3.5.3 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{Вх}, B$	12	15	18	20	22	24	27	24	18	15
$U_{Вых}, B$	4,5	5	5,5	6	12	15	7,5	8	9	5,5

Задача 3.5.4

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

Решение

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

Таблица 3.5.4 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{Вх}, B$	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 3.5.5

В импульсном стабилизированном преобразователе с прямым включением диода входное напряжение постоянного тока составляет величину $U_{Bx} = 450 \text{ В}$, а на выходе необходимо получить $U_{Bвых} = 5 \text{ В}$ 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.

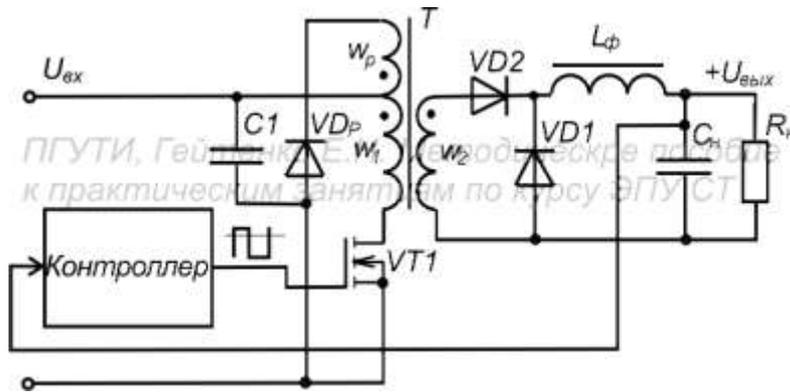


Рисунок 3.5.2 Стабилизированный импульсный преобразователь с прямым включением диода

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 3.5.5 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$U_{Bx}, \text{ В}$	400	420	450	380	350	360	440	400	420	450
$U_{Bвых}, \text{ В}$	5	9	12	15	18	24	32	4,5	15	18

Раздел 3.6 «Электроустановки предприятий связи»

Задача 3.6.1

Минимально допустимое напряжение свинцово – кислотного аккумулятора составляет величину $U_{Amin} = 1,75 \text{ В}$. 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 $U_{GB} = n_1 \cdot U_A = 24 \cdot 2 = 48 \text{ В}$. А минимально допустимое напряжение батареи свинцово – кислотных аккумуляторов будет равно $U_{GBmin} = n_1 \cdot U_{Amin} = 24 \cdot 1,75 = 42 \text{ В}$. Отсюда можно сделать вывод о том, что отключение батареи следует производить при напряжении $U_{GBOmk} > 42 \text{ В}$, например $U_{GBOmk} = 43 \text{ В}$.

Таблица 3.6.1 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
n	24	12	18	60	24	12	18	60	24	12

Задача 3.6.2

Электропитающая установка аппаратуры связи содержит следующее оборудование: 4 выпрямителя с выходным напряжением $U = 24 \text{ В}$ мощностью $P_4 = 1000 \text{ Вт}$ и 2 выпрямителя с выходным напряжением $U = 48 \text{ В}$ мощностью $P_2 = 1500 \text{ Вт}$. 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 $P_{\text{Вых}B} = 4P_4 + 2P_4 = 4 \cdot 1000 + 2 \cdot 1500 = 7000 \text{ ВА}$. Входная мощность выпрямителей с учетом потерь $P_{\text{Вх}B} = P_{\text{Вых}B} / \eta = 7000 / 0,7 = 10000 \text{ ВА}$, а полная мощность $S_{\text{Вых}B} = P_{\text{Вых}B} / \cos \varphi_B = 10000 / 0,7 = 14285 \text{ ВА}$.

Полная мощность светильников и вспомогательного оборудования равна:

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

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

Фазный ток в питающей трехфазной сети 380 В равен:

$$I_\varphi = (S_{\text{Вых}B} + S_{\text{Вых}O}) / (3 \times 220) = (14285 + 16667) / (3 \times 220) = 46,9 \text{ А}.$$

Таблица 3.6.2 – Варианты исходных данных для самостоятельного решения задачи

№ Варианта	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$P_2, \text{ Вт}$	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 3.6.3 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 $\Delta U_{\text{TPC}} \approx$

$0,04U_H$, а коэффициент отдачи аккумуляторных элементов $\eta_Q = 0,85$. Допустимое отклонение выходного напряжения ЭПУ (аккумуляторной батареи) принять равным $\Delta U_H = 0,15 U_H$.

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 $U_A = 2 \text{ В}$. 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 $U_{AKP} = 1,75 \text{ В}$.

Минимальное напряжение нагрузки равно:

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

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

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

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

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 - 2 В . Двухгруппная аккумуляторная батарея 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 $C_{10} \geq C_{10}^d$

и номинальному напряжению. Последовательно можно включать только элементы или блоки одинакового типа и емкости.

Таблица 3.6.3 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_{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

Доцент

Гейтенко Е.Н.

Рецензент, доцент ПГУТИ

Артамонова О.М.

Издательство ПГУТИ, Самара, 2013 год