

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО
ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

МГУПС (МИИТ)

**Одобрено кафедрой «Электрификация и
электрообеспечение»**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БЛОКА ПИТАНИЯ

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ

**по дисциплине
ЭЛЕКТРОНИКА
с методическими указаниями
для студентов II курса**

направления подготовки: 210700.62 Инфокоммуникационные технологии
и системы связи (ИСБ)

Профиль: Оптические системы и сети связи (ИТ)
(ускоренный цикл обучения)

Москва 2012

Составитель: д.т.н., профессор Легкий Н.М.

Контрольная работа завершает изучение курса «Электроника».

Контрольная работа посвящена вопросам проектирования блоков питания.

Оформленная контрольная работа должна содержать пояснительно расчетную записку с приложением необходимых схем и рисунков. В пояснительно расчетной записке необходимо привести данные задания, обзорную и расчетную части, описание работы блока питания, перечень использованной литературы.

В процессе расчета параметров элементов и режимов необходимо сначала привести расчетную формулу, затем привести численные значения и полученный результат в принятых единицах измерения (СИ) округлить до практически необходимого номинального значения.

При возникновении затруднений в процессе выполнения задания можно лично или письменно - через факультет или кафедру - обратиться к преподавателю за консультацией.

Контрольная работа должна быть подписана исполнителем. Работа, выполненная по варианту, не соответствующему шифру студента, не проверяется и зачету не подлежит.

По исходным данным, приведенным в табл. 1-2, требуется:

1. Нарисовать структурная схема блока питания.
2. Рассчитать стабилизатор напряжения.
3. Рассчитать сглаживающий фильтр.
4. Рассчитать силовой трансформатор.
5. Нарисовать полную схему блока питания, описать его работу.

Таблица 1

Последняя цифра шифра $U_{вых}, В$	Напряжение питания на выходе блока питания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	5,0	7,0	9,0	11,0	13,0	4,0	6,0	8,0	10,0	12,0

Таблица 2

Предпоследняя цифра шифра $R_n, кОм$	Сопротивление нагрузки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	10,0	8,0	6,0	4,0	2,0	9,0	7,0	5,0	3,0	1,0

Структурная схема блока питания приведена на рис.1

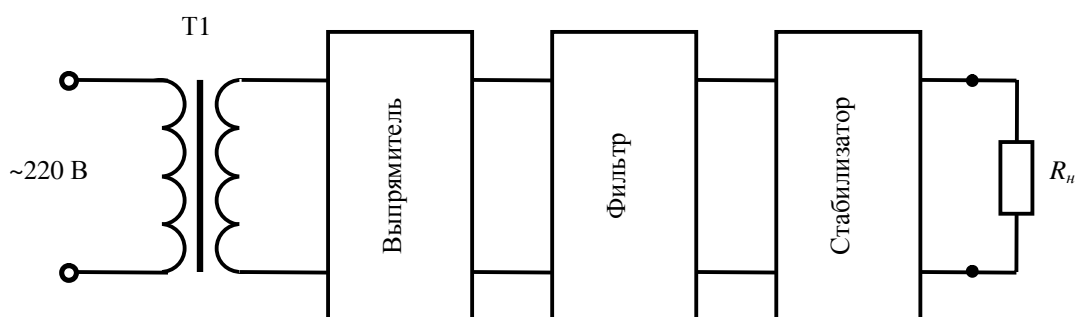


Рисунок 1 – Структурная схема блока питания

1. Расчет и выбор элементов стабилизатора напряжения

Схема стабилизатора напряжения показана на рис.2.

Исходными данными для расчёта стабилизатора напряжения являются ток I_H в нагрузке R_H и напряжение U_H на ней.

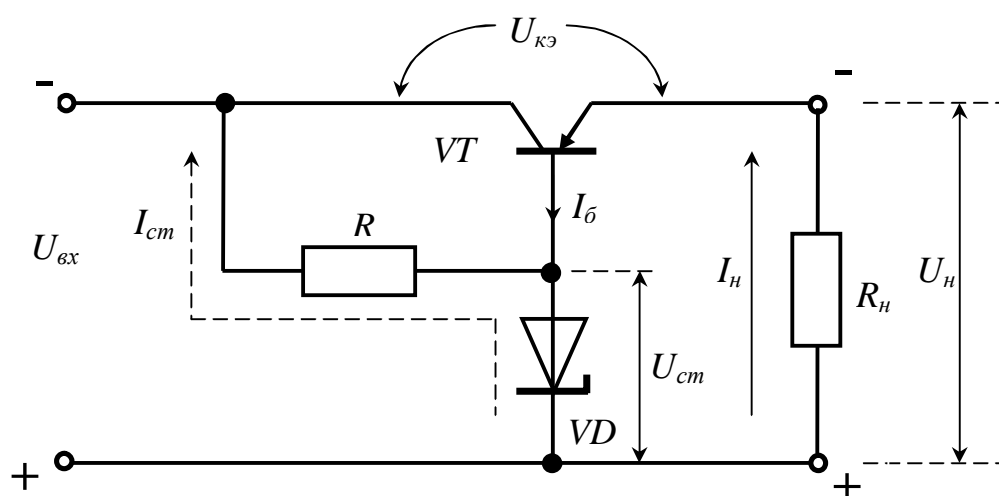


Рисунок 2 – Схема стабилизатора напряжения

1.1. Определить выходное напряжение выпрямителя $U_в$

$$U_в = U_H + U_{кэ\ мин}, \text{ где } U_{кэ\ мин} \approx 3 \text{ В.}$$

1.2. Расчёт максимальной мощности рассеяния регулирующего транзистора VT

$$P_{к\ макс} = 1,3 \cdot (U_в - U_H) \cdot I_H.$$

1.3. Выбор регулирующего транзистора VT из условий (Приложение 1):

$$P_{к\ доп} > P_{к\ макс},$$

$$U_{кэ\ доп} > U_в,$$

$$I_{к доп} > I_H,$$

где $P_{к max}$ – максимально допустимая мощность рассеяния на коллекторе;

$U_{кэ max}$ – максимально допустимое напряжение коллектор-эмиттер;

$I_{к max}$ – максимально допустимый ток коллектора.

1.4. Расчёт максимально допустимого тока базы I_b регулирующего транзистора VT

$$I_{b.max} = \frac{I_H}{h_{21 min}}$$

где $h_{21 min}$ – минимальный коэффициент передачи тока выбранного из таблицы транзистора.

1.5. Выбор подходящего стабилитрона VD . Его напряжение стабилизации U_{cm} должно быть равно выходному напряжению стабилизатора U_H , а значение максимального тока стабилизации I_{cm} макс должно превышать

максимальный ток базы $I_{b max}$

$$\begin{aligned} U_{cm} &= U_H \\ I_{cm max} &> I_{b max} \cdot \end{aligned}$$

По справочнику найти значение r_{cm} для выбранного стабилитрона (Приложение 2).

1.6. Расчёт величины сопротивления R параметрического стабилизатора напряжения, состоящего из резистора R и стабилитрона VD

$$R = \frac{U_v - U_{cm}}{I_{b max} + I_{cm min}},$$

обычно $I_{cm min} = (3...5)$ мА.

1.7. Расчёт мощности рассеяния резистора R

$$P_R = \frac{(U_v - U_{cm})^2}{R}.$$

1.8. Выбор по справочнику типа резистора R (Приложение 3).

Номинал резистора получается умножением значения из таблицы на коэффициент 10^n .

1.9. Расчёт коэффициента стабилизации $K_{ст}$ стабилизатора напряжения

$$K_{cm} \approx \frac{R \cdot U_H}{r_{cm} \cdot U_v},$$

где r_{cm} – дифференциальное сопротивление стабилитрона (Приложение 2)

$$r_{cm} = \frac{\Delta U_{cm}}{\Delta I_{cm}},$$

где ΔU_{cm} – изменение напряжения стабилизации U_{cm} при изменении тока через стабилитрон на величину ΔI_{cm} .

1.10. Расчёт выходного сопротивления стабилизатора напряжения

$$R_{вых} \approx \frac{r_{cm} + h_{21э}}{h_{21э}}.$$

2. Выбор и расчёт элементов сглаживающих фильтров

Схема сглаживающего фильтра приведена на рис. 3.

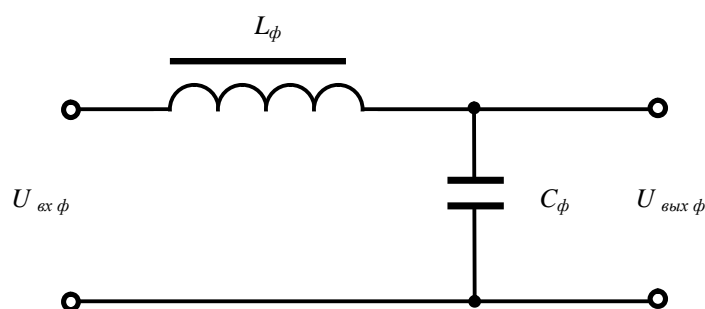


Рисунок 3 – Схема сглаживающего фильтра

2.1. Конденсатор в схемах фильтров

$$C_{\phi} \geq \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot q \cdot R_n} [\Phi\Phi]$$

где $f = 50$ Гц – частота питающего напряжения 220 В;

$q = 0,05-0,5$ – коэффициент пульсаций сглаживающего фильтра;

$R_n = \frac{U_n}{I_n}$ – сопротивление нагрузки в Омах.

В качестве конденсаторов фильтра C_{ϕ} выбираются электролитические полярные конденсаторы, например, К50-6...К50-35 и др. (Приложение 4).

2.2. Индуктивность фильтра L_{ϕ}

$$L_{\phi} \geq \frac{R_n}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot q} [\Gamma H].$$

3. Выбор диодов выпрямителей.

Использовать мостовую схему выпрямителя.

Нарисовать мостовую схему выпрямителя

Диоды выпрямителей выбираются по двум параметрам:

- $U_{обр. макс.}$ – максимально допустимое обратное напряжение;

- $I_{пр. макс.}$ – максимально допустимый прямой ток.

$U_{обр. макс.}$ Определяется:

Для мостовой схемы

$$U_{обр. макс.} = U_{2m},$$

где U_{2m} – амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

По прямому току диоды выбираются из условия

$$I_{пр} \geq \frac{\pi}{2} \cdot I_n \approx 1,5 I_n.$$

Из справочника выбрать подходящий диод.

4. Расчет силовых трансформаторов.

Исходными данными для расчёта трансформатора являются напряжение U_n на нагрузке R_n , ток I_n через нее, напряжение питания U_n и частота сети f .

4.1. Нахождение габаритной мощности трансформатора P_2 .

Она равна в общем случае сумме мощностей всех вторичных обмоток трансформатора

$$P_2 = U_2 \cdot I_2 + U_3 \cdot I_3 + \dots + U_n \cdot I_n.$$

При наличии только одной вторичной обмотки габаритная мощность P_2 вычисляется по формуле

$$P_2 = U_n \cdot I_n$$

4.2. Мощность первичной обмотки при КПД трансформатора 90%, что характерно для трансформаторов небольших мощностей, вычисляется по формуле

$$P_1 = \frac{P_2}{0,9} = 1,111 \cdot P_2.$$

4.3. Определение площади поперечного сечения магнитопровода трансформатора S .

Мощность из первичной обмотки во вторичную передается через магнитный поток в магнитопроводе. Площадь поперечного сечения магнитопровода сердечника трансформатора зависит от мощности и возрастает при её увеличении. Для сердечника из нормальной

трансформаторной стали площадь поперечного сечения S рассчитывается по эмпирической формуле

$$S = \sqrt{P_2},$$

где S – см², P_2 – Вт.

4.4. Определение числа витков w_1 , приходящихся на 1 В первичной обмотки

$$w_1 = \frac{K}{S} = \frac{48}{S} [\text{ВТ}].$$

4.5. Определение числа витков w_2 , приходящихся на 1 В вторичной обмотки

$$w_2 = \frac{K}{S} [\text{ВТ}],$$

где K находится по таблице:

P_2 , Вт	5...15	16...25	26...35	36...50	51...75	>75
K	60	56	55	54	52	50

4.6. Определение общего числа витков вторичной обмотки трансформатора

$$W_2 = w_2 \cdot U_n.$$

4.7. Определение общего числа витков первичной обмотки трансформатора

$$W_1 = w_1 \cdot U_1.$$

4.8. Определение диаметров проводов первичной d_1 и вторичной d_2 обмоток трансформатора.

Диаметры проводов обмоток определяются по токам, исходя из допустимой плотности тока

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot I}{\pi \cdot j}}.$$

Плотность тока j для трансформаторов принимается в среднем $j=2$ А/мм². При такой плотности диаметр провода (по меди) любой обмотки d в миллиметрах вычисляется по формуле

$$d = 0,7 \sqrt{I}.$$

где d измеряется в мм, I – в А.

Диаметр провода вторичной обмотки d_2 вычисляется

$$d_2 = 0,7 \sqrt{I_n}.$$

Диаметр провода первичной обмотки d_1 вычисляется

$$d_1 = 0,7\sqrt{I_1}.$$

Величину тока I_1 определяем по формуле

$$I_1 = \frac{P_1}{U_n}.$$

4.9. Результаты расчетов свести в таблицу:

Результат расчета трансформатора		Таблица
Характеристика		Значение
Мощность первичной обмотки, Вт		
Мощность вторичной обмотки, Вт		
Площадь сердечника, см ²		
Ток первичной обмотки, А		
Ток вторичной обмотки, А		
Число витков первичной обмотки		
Число витков вторичной обмотки		
Диаметр провода первичной обмотки, мм		
Диаметр провода вторичной обмотки, мм		

5. Нарисовать полную схему блока питания по ГОСТ.

Приложение 1

Тип транзистора	Структура	Характеристики транзисторов					$h_{121э}$	$I_{КБ0}$, мкА	f_{rp} , МГц
		$U_{КБ}$, В	$U_{КЭ}$, В	I_K , мА	P_{Kmax} , Вт	I_K , мА			
КТ201А	n-p-n	20	20	20	0.15	20÷ 60	≤1	≥10	
КТ201Б	n-p-n	20	20	20	0.15	30÷ 90	≤1	≥10	
КТ201В	n-p-n	10	10	20	0.15	30÷ 90	≤1	≥10	
КТ201Г	n-p-n	10	10	20	0.15	70÷ 210	≤1	≥10	
КТ201Д	n-p-n	10	10	20	0.15	30÷ 90	≤1	≥10	
КТ203А	p-n-p	60	60	10	0.15	≥9	≤1	≥5	
КТ203Б	p-n-p	30	30	10	0.15	30÷ 150	≤1	≥5	
КТ203В	p-n-p	15	15	10	0.15	30÷ 200	≤1	≥5	
КТ209А	p-n-p	15	15	300	0.2	20÷ 60	≤1	≥5	
КТ209Б	p-n-p	15	15	300	0.2	40÷ 120	≤1	≥5	
КТ209В	p-n-p	15	15	300	0.2	80÷ 240	≤1	≥5	
КТ209Г	p-n-p	30	30	300	0.2	20÷ 60	≤1	≥5	
КТ209Д	p-n-p	30	30	300	0.2	40÷ 120	≤1	≥5	
КТ209Е	p-n-p	30	30	300	0.2	80÷ 240	≤1	≥5	
КТ209Ж	p-n-p	45	45	300	0.2	20÷ 60	≤1	≥5	
КТ209И	p-n-p	45	45	300	0.2	40÷ 120	≤1	≥5	
КТ209К	p-n-p	45	45	300	0.2	80÷ 160	≤1	≥5	
КТ209Л	p-n-p	60	60	300	0.2	20÷ 60	≤1	≥5	
КТ209М	p-n-p	60	60	300	0.2	40÷ 120	≤1	≥5	
КТ312А	n-p-n	20	20	30	0.225	10÷ 100	≤10	≥280	
КТ312Б	n-p-n	35	35	30	0.225	25÷ 100	≤10	≥120	
КТ312В	n-p-n	20	20	30	0.225	50÷ 280	≤10	≥120	

Приложение 2

Параметры стабилитронов

Тип стабилитрона	U_{cm} В	при I_{cm} , мА	I_{cm} , мА при $T=25^{\circ}C$		ТКН $\times 10^{-2}$, %/ $^{\circ}C$ (мВ/ $^{\circ}C$)	r_{cm} , Ом
			min	max		
2С107	0,63- 0,77	10	1	100	2	10
2С118	1,17- 1,43	10	1	100	-3	12
2С119	1,7-2,1	10	-	-	-4	15
КС133	3-3,7	10	1	100	(-5)	65
КС139	3,5-4,3	10	3	70	-10	60
КС147	4,1-5,2	10	3	58	-9	56
КС156	5,1-6,1	10	3	55	-5	46
КС162	5,8-6,6	10	3	22	-6	35
КС168	6,3-7,1	10	3	20	+5	28
КС170	6,7-7,4	10	3	20	+1	20
Д808	7-8,5	5	3	33	+7	6
Д809	8-9,5	5	3	29	+8	10
Д810	9-10,5	5	3	26	+9	12
Д811	10-12	5	3	23	+9,5	15
Д813	11,5-14	5	3	20	+9,5	18
Д814А	7-8,5	5	3	40	+7	6
Д814Б	8-9,5	5	3	36	+8	10
Д814В	9-10,5	5	3	32	+9	12
Д814Г	10-12	5	3	29	+9,5	15
Д814Д	11,5-14	5	3	24	+9,5	18
Д818А	9-11,5	10	3	33	+2,3	25
Д818Б	7,5-9	10	3	33	-2,3	25
Д818В	7,5-11	10	3	33	+1,1	25
Д818Г	7,5-10,5	10	3	33	+0,6	25
Д818Д	8,5-9,5	10	3	33	+0,2	25
Д818Е	8,5-9,5	10	3	33	+0,1	25
2С213	12,3- 13,7	4	-	-	+9,5	40
2С215	14,2- 15,8	2	-	-	+10	70
2С216	15,1- 19,9	2	-	-	+10	70
2С218	17-18	2	-	-	+10	70
2С220	19-20	2	-	-	+10	70

2C222	20,9- 23,1	2	-	-	+10	70
2C224	22,8- 25,2	2	-	-	+10	70
2C291	86-96	1	-	-	+10	70

Приложение 3

Ряд E24 номиналов сопротивлений

1,0 1,1 1,2 1,3 1,5 1,6 1,8 2,0 2,2 2,4 2,7 3,0
3,3 3,6 3,9 4,3 4,7 5,1 5,6 6,2 6,8 7,5 8,2 9,1

Приложение 4

Конденсаторы с оксидным диэлектриком

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальная емкость, мкФ	Допустимая амплитуда напряжения переменной составляющей, %
K50 - 6	6,3	5; 10; 20; 50; 100; 200; 500	20...25
	10	5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	16	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	25	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	50	1; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 4000	5...25
	100	1; 5; 10; 20	10...15
	160	1; 5; 10; 20	10
	160	20; 30; 50; 100; 200; 500	5...15
K50 - 7	250	10; 20; 30; 50; 100; 200	5...15
	300	5;10; 20; 30; 50; 100; 200	3...10
	350	5;10; 20; 30; 50; 100	3...10
	450	5;10; 20; 30; 50; 100	3...10
	6,3	100000; 220000	13...15
	10	100000	11...15
K50 - 18	16	22000; 68000; 100000	6...9
	25	15000; 33000; 100000	6...8
	50	4700; 10000; 15000; 22000	5...6
	80	4700; 10000; 15000	4...5
	100	2200; 4700; 10000	4...5
	6,3	10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000; 5000	10...16
K50 - 20	16	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	10...16
	25	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	10...16
	50	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200; 500; 1000; 2000	3...16
	100	1; 2; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10
	160	2; 5; 10; 20; 50; 100; 200	10
	250	20; 50	10
	300	2; 5; 10; 20; 50	10

350	2; 5; 10; 20	10
450	2; 5; 10; 20	10