

Методические указания по написанию Контрольной работы по курсу "Силовая электроника"

Практическая часть курса "Силовая электроника" заключается в выполнении контрольной работы, основные аспекты решения которой изложены в настоящих методических указаниях.

При написании контрольной работы необходимо выполнение следующих требований:

- контрольная работа на проверку преподавателю отправляется в формате Word с титульным листом, образец оформления которого прилагается (Приложение 1);

- перед решением контрольной работы необходимо привести индивидуальные исходные данные, определенные по индивидуальному номеру студента (ИНС);

- решение контрольной работы следует излагать подробно и аккуратно, записывая сначала формулу, а затем подстановку значений, объясняя и мотивируя все расчетные действия;

- после проведения всех необходимых расчетных операций необходимо выписать все искомые величины в ответ и сделать вывод.

Контрольная работа, выполненная не по своему варианту или с нарушением представленных требований, проверке не подлежит.

Задача 1

Изобразить схемы трёхфазных выпрямителей: с выводом нулевой точки и мостовую, работающие на активно-индуктивную нагрузку. Трансформаторы, дроссели, вентили считать идеальными, выпрямленный ток полностью сглаженный. Описать принцип работы трансформаторов.

При заданных одинаковых для обеих схем токах нагрузки I_a и средних значениях выпрямленных напряжений U_a (табл. 1.1) рассчитать схемы. При этом для каждой из них определить:

- 1) амплитудные значения линейных напряжений, максимальные величины обратных напряжений в вентилях;

- 2) средние значения токов через вентили;

- 3) тип вентиляей;

- 4) расчётные мощности трансформаторов, для схемы с выводом нулевой точки $P_{тр} = 1,35 P_a$, для мостовой схемы $P_{тр} = 1,05 P_a$, где $P_a = I_a U_a$;

- 5) индуктивность дросселя, $L_{др}$, необходимую для полного сглаживания тока (считая, что оно достигается при $\omega L_{др} \geq 5R_n$, где ω – частота пульсации, R_n – сопротивление нагрузки).

- 6). Провести краткий сравнительный анализ рассчитанных схем.

Выбор исходных данных для расчетов необходимо произвести согласно рекомендациям в таблице 1.1.

Выбор исходных данных

Вариант	Расчет значений тока и напряжения
$U_a, В$	Две последние цифры шифра +1, умножить на 10, например, при ИНС студента 001-00733, получим $(33+1)*10=340В$
$I_a, А$	Последняя цифра шифра +1, умноженная на 3,8, например, $(3+1)*3,8=15,2$
R_H	Три последние цифры шифра +1, умножить на 1000, например, $(733+1)*1000=734кОма$

Методические указания к решению задачи 1

1. Рисуем схему трехфазного выпрямителя с нулевой точкой (рисунок 1.1).

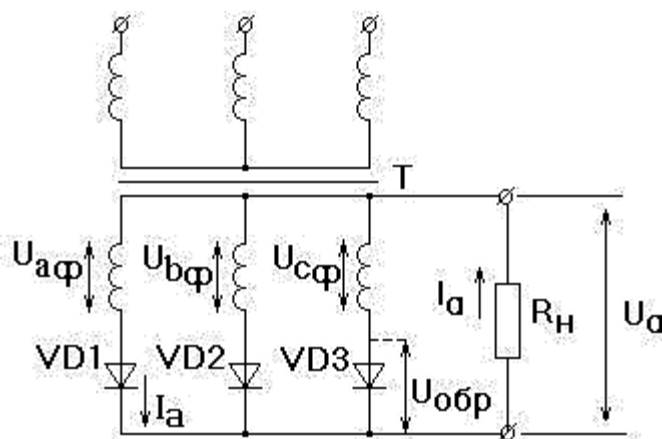


Рис. 1.1. Трехфазный выпрямитель с нулевой точкой

2. Анализируем графики токов и напряжений выпрямителя (рисунок 1.2).

3. Рассчитываем амплитудные значения линейных напряжений, максимальные величины обратных напряжений в вентилях (диодах).

Действующее значение фазового напряжения на вторичной обмотке трансформатора:

$$U_2 = 0.85 U_a$$

Амплитудное значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора:

$$U = 1.4 U_2$$

Максимально допустимое обратное напряжение на диоде:

$$U_{обр.макс} = 2.09 U_a$$

4. Рассчитываем средние значения токов через вентили:

$$I_d = I_a/3$$

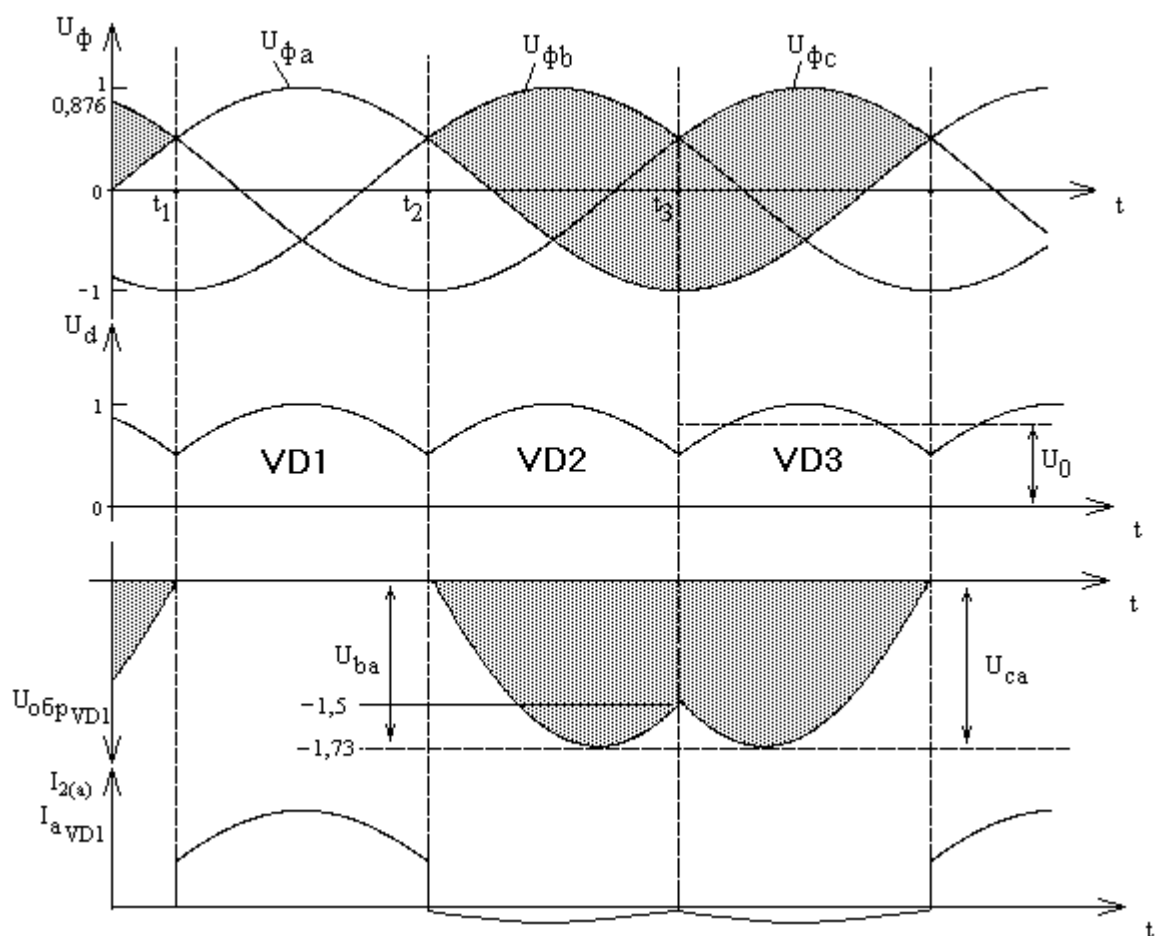


Рис. 1.2. Графики зависимостей для токов и напряжений различных цепей схемы выпрямления трехфазного выпрямителя с нулевой точкой.

5. Выбираем типы вентиляей.

По вычисленным значениям $U_{обр.макс}$ и I_d по таблице в приложении 2 выбираем марку диодов.

Например:

$$U_{обр.макс} = 138В, I_d = 92мА$$

Выбираем ближайшие большие параметры, получаем диод марки 2А509Б с параметрами: $U_{обр.макс} = 150В, I_d = 100мА$.

6. Рассчитываем мощности трансформаторов.

Для схемы с выводом нулевой точки

$$P_{тр} = 1,35 P_a,$$

для мостовой схемы

$$P_{тр} = 1,05 P_a, \text{ где } P_a = I_a U_a$$

7. Рассчитываем индуктивность дросселя, $L_{др}$, необходимую для полного сглаживания тока.

Частота пульсации:

$\omega n = 3f$, где f – частота питающей сети

$$L \delta p \geq 5R_n \omega n$$

Из приложения 3 выбираем ближайшее большее значение индуктивности из стандартного ряда.

Задача 2

Задан мостовой выпрямитель, изображенный на рисунке 2.1, для которого заданы:

- напряжение холостого хода U_{xx} ;
- напряжение при максимальной нагрузке не менее U_n ;
- максимальная мощность P_{max} ;
- предельно допустимый коэффициент пульсаций $p_{доп}$.

Емкость конденсаторов и индуктивность катушек ограничена $C_{max} = 1000 \text{ мкФ}$, $L_{max} = 1 \text{ Гн}$.

Требуется:

- Построить схему фильтра и найти параметры его элементов;
- Определить требования к трансформатору и катушкам фильтра.
- построить внешнюю характеристику.

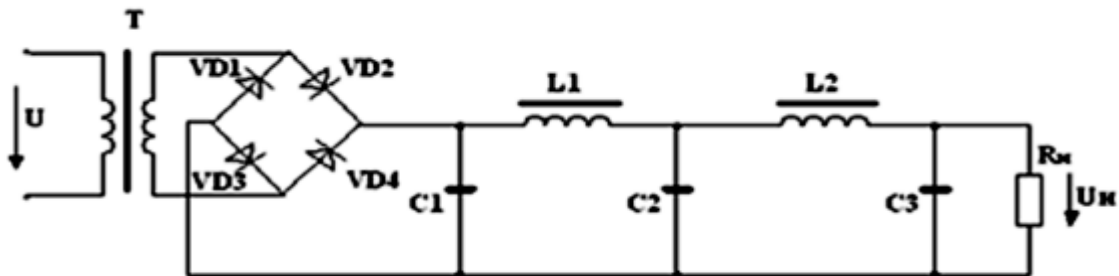


Рис. 2.1. Схема мостового выпрямителя

Исходные данные для расчета сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1

Выбор исходных данных

Вариант	Расчет значений тока и напряжения
U_{xx} , В	Две последние цифры шифра +1, умноженные на 10, например, при ИНС студента 001-00733, получим $(33+1)*10=340 \text{ В}$
U_n , В	Две последние цифры шифра +1, умножить на 10 минус 7, например, $(33+1)*10-7=333 \text{ В}$
P_{max} , Вт	Две последние цифры шифра +1, умножить на 50, например, $(33+1)*50=1700 \text{ Вт}$

$P_{\text{доп}}$	Последнюю цифру шифра +1 делить на 10000, например, (3+1)/10000=0,0004
------------------	--

Методические указания к решению задачи 2

1. Рассмотрим ВАХ диода, представленную на рисунке 2.2:

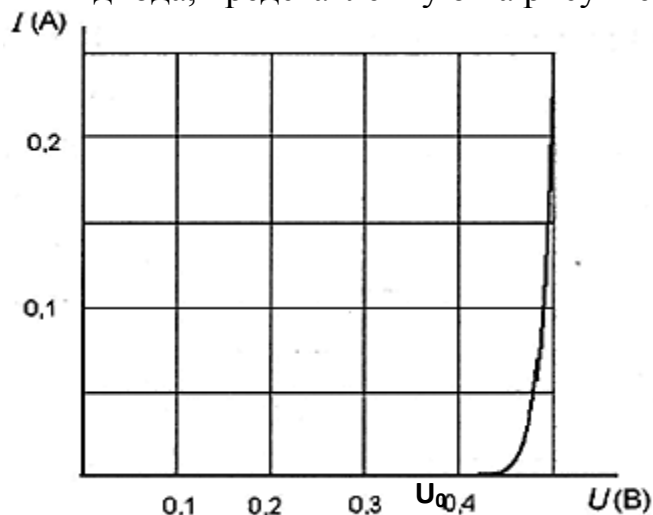


Рис. 2.2. ВАХ диода $U_{\text{обр}}=50\text{В}$, $I_{\text{пр}}=1,5\text{А}$.

Выпрямитель питается от сети с напряжением 220 В, частотой 50 Гц. Внутреннее сопротивление сети принять равным нулю.

Изменением параметров диодов от температуры пренебречь. Считать, что обратное сопротивление диода равно 500 - 1000 кОм.

Выполним расчет для следующих параметров:

- Напряжение холостого хода $U_{\text{хх}}=36\text{ В}$;
- Напряжение при максимальной нагрузке $U_{\text{н}}=30\text{ В}$;
- Максимальная мощность $P_{\text{max}}=40\text{ Вт}$;
- Максимально-допустимый коэффициент пульсаций $p_{\text{доп}}=0,0001$.

2. Определим максимальное значение постоянной составляющей тока нагрузки:

$$I_0 = \frac{P_{\text{max}}}{U_{\text{н}}} = \frac{40}{30} = 1,33\text{ А.}$$

3. Минимальное сопротивление нагрузки:

$$R_{\text{н}} = \frac{U_{\text{н}}}{I_0} = \frac{30}{1,33} = 22,5\text{ Ом.}$$

4. Выпрямитель мостовой схемы с С-фильтром имеет коэффициент пульсаций:

$$p = \frac{1}{2 \cdot \omega \cdot C \cdot R_{\text{н}}};$$

5. Емкость конденсатора фильтра;

$$C = \frac{1}{2 \cdot 314 \cdot 0,0001 \cdot 22,5} = 0,7 \text{ Ф.}$$

По условию задания емкость фильтра не должна превышать значения 1000 мкФ, поэтому применяем многозвенный С-LC-фильтр.

6. Находим среднее значение напряжения:

$$U_{\phi} = \frac{U_{\text{xx}} + U_{\text{н}}}{2} = \frac{36 + 30}{2} = 33 \text{ В,}$$

т.е. на входе фильтра напряжение равно 33 В.

7. Потеря напряжения на активных элементах фильтра будет составлять:

$$\Delta U = U_{\phi} - U_{\text{н}} = 33 - 30 = 3 \text{ В.}$$

8. Активное сопротивление катушек:

$$n \cdot R_k = \frac{\Delta U}{I_0} = \frac{3}{1,33} = 2,3 \text{ Ом.}$$

9. Амплитуда напряжения вторичной обмотки и постоянное напряжение на входе фильтра связаны между собой через косинус угла отсечки:

$$U_{\phi} = U_m \cdot \cos \theta.$$

При холостом ходе напряжение на выходе выпрямителя становится равным амплитуде напряжения вторичной обмотки трансформатора, т.е. $U_m = U_{\text{xx}}$. Зная напряжение на входе фильтра, можно найти угол отсечки из равенства:

$$\cos \theta = \frac{U_{\phi}}{U_{\text{xx}}} = \frac{33}{36} = 0,917$$

что соответствует углу отсечки $\theta \approx 23,5^\circ$ или 0,41 радиана.

10. Для такого угла отсечки найдем функции $\gamma_0(\theta)$ и $\gamma_2(\theta)$:

$$\gamma_0(\theta) = \frac{1}{\pi} (\sin \theta - \theta \cdot \cos \theta) = \frac{1}{\pi} (\sin 0,41 - 0,41 \cdot \cos 0,41) = 0,0072;$$

$$\gamma_2(\theta) = \frac{2}{3 \cdot \pi} \cdot \sin^3 \theta = \frac{2}{3 \cdot \pi} \cdot \sin^3 0,41 = 0,013.$$

11. Зная угол отсечки, можно найти сумму сопротивлений диода и вторичной обмотки трансформатора, для этого воспользуемся формулой:

$$R + 2R_d = \frac{2}{\pi} (\operatorname{tg} \theta - \theta)(R_{\text{н}} + n \cdot R_k);$$

т.е.

$$R + 2R_d = \frac{2}{\pi} (\operatorname{tg} 0,41 - 0,41)(22,5 + 2,3) = 0,4 \text{ Ом.}$$

12. Количество звеньев фильтра можно найти из формулы для определения коэффициента пульсаций на выходе фильтра:

$$n = \frac{\lg \left(\frac{p[(R + 2R_d) \cos \theta - 2nR_k \gamma_0(\theta)]}{2X_{C1} \gamma_{\text{осн}}(\theta)} \right)}{\lg \left(\frac{X_C}{X_L} \right)};$$

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi \cdot 50 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6}} = 3,2 \text{ Ом};$$

$$X_L = \omega L = 2\pi \cdot 50 \cdot 1 = 314 \text{ Ом};$$

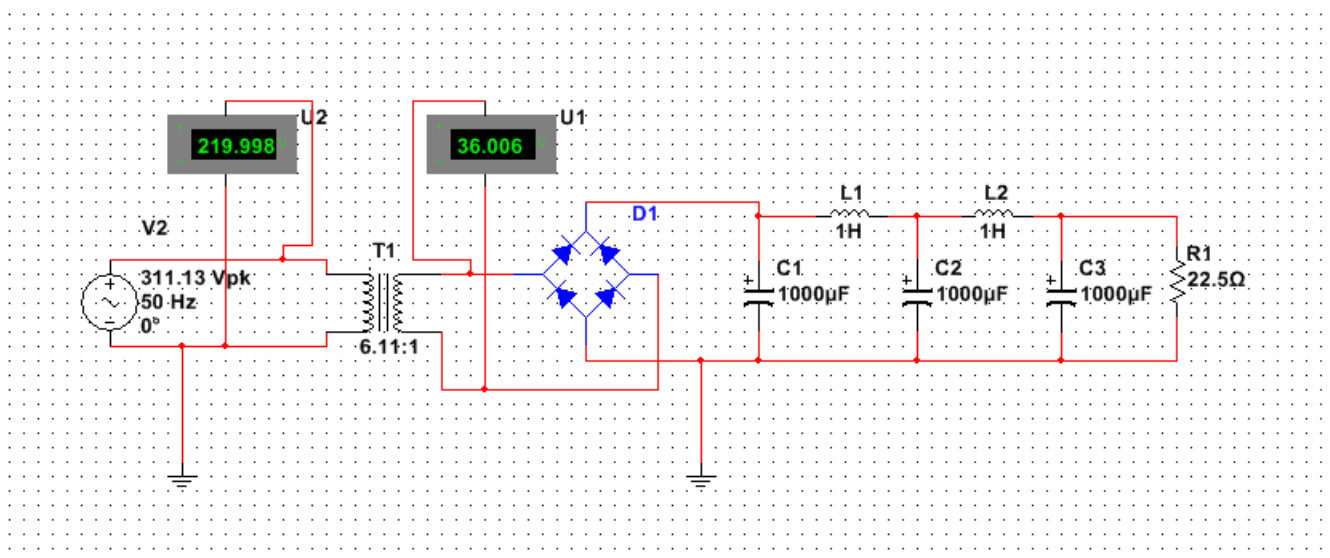
$$n = 1,705.$$

Округляем до целого в большую сторону $n = 2$ звена LC.

13. Двухзвенный фильтр позволяет создать выпрямитель с необходимым коэффициентом пульсаций:

$$p = \frac{2 \cdot \left(\frac{X_C}{X_L} \right)^2 \cdot X_{C1} \cdot \gamma_{\text{осн}}(\theta)}{(R + 2R_d) \cdot \cos \theta - 2nR_k \gamma_0(\theta)} = \frac{2 \cdot \left(\frac{3,2}{314} \right)^2 \cdot 3,2 \cdot 0,013}{0,4 \cdot 0,917 - 2 \cdot 2,3 \cdot 0,0072} = 0,000026$$

По вольтамперной характеристике диода найдем $U_0 \approx 0,47 \text{ В}$ и $R_d \approx 0,03/0,25 \approx 0,12 \text{ Ом}$. Ранее найдена величина суммы $R + 2R_d = 0,4 \text{ Ом}$, где R – активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

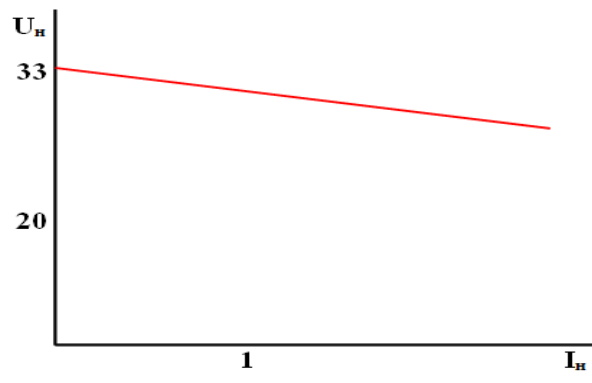


Отсюда следует, что активное сопротивление вторичной обмотки трансформатора не должно превышать $R = 0,4 - 0,12 \cdot 2 = 0,16 \text{ Ом}$.

14. Необходимый коэффициент трансформации, как отношение действующих значений напряжения на выходе и входе трансформатора:

$$K = \frac{U_{T1}}{U_{xx}} = \frac{220}{36} = 6.11$$

Внешняя характеристика выпрямителя $U_H = f(I_H)$



Задача № 3

Дано: напряжение в выпрямителе на вторичной обмотке трансформатора U_2 ; частота сети $f = 50$ Гц; сопротивление диода в прямом направлении $R_{пр} = 0$.

Требуется:

- определить:
 - средние значения выпрямленного напряжения и тока на нагрузочном резисторе, R_n ;
 - среднее значение тока в диоде;
 - максимальное обратное напряжение на диоде;
- выбрать тип диода;
- представить схему выпрямителя.

Исходные данные для расчёта представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1

Выбор исходных данных

Вариант	Расчет значений тока и напряжения
$U_2, В$	Последняя цифра шифра +1, ИНС, умноженная на 10, например, $(3+1)*10=40В$
$R_n, Ом$	Последняя цифра шифра +1, ИНС, умноженная на 120, например, $(3+1)*120=480$
Схема	Если последняя цифра шифра – простое число, то тип схемы – однополупериодная. Если последняя цифра кратна 3, то схема – двухполупериодная. Если последняя цифра кратна 4 – двухполупериодная нулевая. Если последняя цифра кратна 5 – двухполупериодная мостовая. Если последняя цифра 0, то тип схемы – однополупериодная.

Примечание: В случае двухполупериодной схемы с выводом от нулевой точки принять напряжение U_2 как напряжение каждой части обмотки трансформатора.

Методические указания к решению задачи 3

Рассмотрим пример решения следующей задачи:

В однополупериодном выпрямителе напряжение на вторичной обмотке трансформатора $U_2 = 20$ В, частота сети $f = 50$ Гц, сопротивление диода в прямом направлении $R_{пр} = 0$.

Для нагрузочного резистора $R_H = 200$ Ом определить:

1. средние значения выпрямленного напряжения и тока на нагрузочном резисторе,
2. среднее значение тока в диоде,
3. максимальное обратное напряжение на диоде.
4. выбрать тип диода.

1. Среднее выпрямленное напряжение на нагрузочном резисторе определяется по формуле:

$$U_{ср} = \frac{\sqrt{2}U_2}{\pi} = \frac{\sqrt{2}20}{3.1415} = 9 \text{ В}$$

2. Среднее значение выпрямленного тока и среднее значение тока в диоде:

$$I_{ср} = I_{ПР} = \frac{U_{ср}}{R_H} = \frac{9}{200} = 45 \text{ мА}$$

3. Максимальное обратное напряжение на диоде:

$$U_{обр \max} = U_{2m} = \sqrt{2}U_2 = \sqrt{2}20 = 28.2 \text{ В}$$

Для выбора диода берем 30% запас по прямому току и обратному напряжению диода, т.е.

$$I_D \geq 1,3 I_{ПР} = 1,3 \cdot 0,045 = 58,8 \text{ мА}$$

$$U_{max} \geq 1,3 U_{обр \max} = 1,3 \cdot 28,2 = 36,7 \text{ В}$$

Выбираем диод 2Д103А с $I_{пр \max} = 0,1$ А и $U_{обр \max} = 75$ В

Задача № 4

Дано: напряжение на нагрузке, сопротивление нагрузки и коридор изменения входного напряжения. Требуется определить в параметрическом стабилизаторе (рис. 4.1):

1. сопротивление резистора, R_b ;
2. коэффициент стабилизации, $K_{стU}$;
3. максимальный ток стабилизатора, I_{max} .

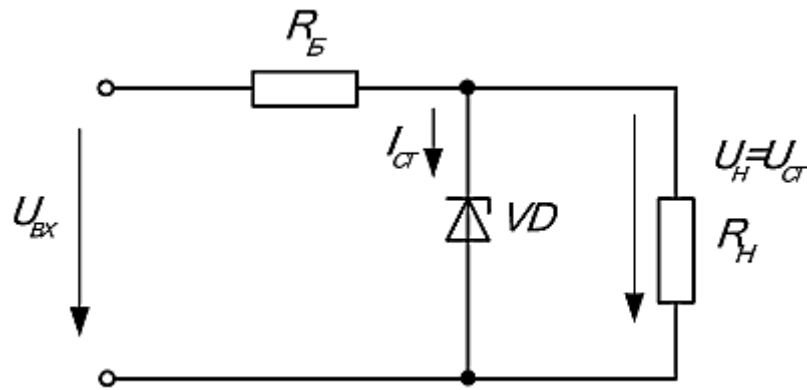


Рис. 4.1.

Исходные данные для расчёта представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1

Выбор исходных данных

Вариант	Расчет значений тока и напряжения
$U_n, В$	Две последние цифры шифра +1, например, при ИНС 001-00733 получим $33+1 = 34 В$
$R_n, Ом$	Две последние цифры шифра +1, умножить на 100, например, $(33+1)*100=3400 Ом$
$U_{ст\ max}, В$	Две последние цифры шифра +1, умножить на 2, например, $(33+1)*2=68 В$
$U_{ст\ min}, В$	Предыдущее число (значение $U_{ст\ max}, В$) уменьшить на 10, например, $68-10=58 В$

Методические указания к решению задачи 4

Рассмотрим пример решения следующей задачи:

В параметрическом стабилизаторе на стабилитроне КС508А определить сопротивление резистора, $R_б$, коэффициент стабилизации, $K_{стU}$, и максимальный ток стабилитрона, I_{max} , если $11 U_n = В$, $1,5 R_n = кОм$ и $U_{вх}$ изменяется от 17 до 27 В.

1. Параметры стабилитрона КС508А:

$$U_{cm} = 11 В; R_{оуф} = 11,5 Ом; I_{cm\ min} = 0.25 мА; I_{cm\ max} = 23 мА.$$

2. Определяем сопротивление балластного резистора

$$U_{ст} = \frac{U_{вх\ min} - U_n}{U_{ст\ min} - U_{н/R_n}} = \frac{17 - 11}{0,00025 - 11/1800} = 792 Ом$$

3. Коэффициент стабилизации

$$k_{стU} = \frac{R_6 U_H}{R_{диф} U_{вх ном}} = \frac{792 \cdot 11}{11,5 \cdot 22} = 34,4$$

Где $U_{вх ном} = 0,5(U_{вх max} + U_{вх min}) = 0,5(27 + 17) = 22 \text{ В}$

4. Максимальный ток стабилизатора

$$I_{max} = \frac{U_{вх max} - U_H}{R_H} - \frac{U_H}{R_H} = \frac{27 - 11}{792} - \frac{11}{1500} = 12,9 \text{ мА}$$

Делаем выводы, что стабилитрон КС508А по максимальному току не перегружается, так как $I_{max} < I_{ст max}$



Факультет Техники и современных технологий
Кафедра Энергетики
Уровень образования _____
Направление Электроэнергетика и электротехника
Профиль _____

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА
по дисциплине: «Силовая электроника»

Выполнил:

Студент ___ курса
_____ формы обучения

ИНС: _____

(ФИО)

Проверил

(ФИО)

Параметры полупроводниковых диодов

Тип	Ипр.сс,А	Ипр.п,А	Уобр,В	Упр,В
МД217	0,1	8	800	1,0
МД218	0,1	8	1000	1,0
МД218А	0,1	8	1200	1,1
МД226	0,3	2,5	300	1,0
МД226А	0,3	2,5	200	1,0
МД226Е	0,3	2,5	150	1,0
Д237А	0,3	5	200	1,0
Д237Б	0,3	5	400	1,0
Д237В	0,1	5	600	1,0
Д237Е	0,4	5	200	1,0
Д237Ж	0,4	5	400	1,0
Д242	10	30	100	1,25
Д242А	10	30	100	1,0
Д242Б	5	15	100	1,5
Д243	10	30	200	1,25
Д243А	10	30	200	1,0
Д243Б	5	15	200	1,5
Д245	10	30	300	1,25
Д245А	10	30	300	1,0
Д245Б	5	15	300	1,5
Д246	10	30	400	1,25
Д246А	10	30	400	1,0
Д246Б	5	15	400	1,5
Д247	10	30	500	1,25
Д247Б	10	30	500	1,5
Д248Б	5	15	600	1,5
КД102А	0,1	2	250	1
КД102Б	0,1	2	300	1
КД105Б	0,3	15	400	1
КД105В	0,3	15	600	1
КД105Г	0,3	15	800	1
КД202А	5	9	50	0,9
КД202В	5	9	100	0,9
КД202Д	5	9	200	0,9
КД202Ж	5	9	300	0,9
КД202К	5	9	400	0,9
КД202М	5	9	500	0,9
КД202Р	5	9	600	0,9
КД208А	1,5	6	100	1,0
КД209А	0,7	6	400	1,0
КД209Б	0,5	6	600	1,0
КД209В	0,5	6	800	1,0

Приложение 3

Ряды номинальных значений сопротивлений, емкостей и индуктивностей с допуском менее $\pm 5\%$

E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192	E48	E96	E192
100	100	100	147	147	147	215	215	215	316	316	316
		101			149			218			320
	102	102		150	150		221	221		324	324
		104			152			223			328
105	105	105	154	154	154	226	226	226	332	332	332
		106			156			229			336
	107	107		158	158		232	232		340	340
		109			160			234			344
110	110	110	162	162	162	237	237	237	348	348	348
		111			164			240			352
	113	113		165	165		243	243		357	357
		114			167			246			361
115	115	115	169	169	169	249	249	249	365	365	365
		117			172			252			370
	118	118		174	174		255	255		374	374
		120			176			258			379
121	121	121	178	178	178	261	261	261	383	383	383
		123			180			264			388
	124	124		182	182		267	267		392	392
		126			184			271			397
127	127	127	187	187	187	274	274	274	402	402	402
		129			189			277			407
	130	130		191	191		280	280		412	412
		132			193			284			417
133	133	133	196	196	196	287	287	287	422	422	422
		135			198			291			427
	137	137		200	200		294	294		432	432
		138			203			298			437
140	140	140	205	205	205	301	301	301	442	442	442
		142			208			305			448
	143	143		210	210		309	309		453	453
		145			213			312			459
464	464	464			556		665	665			796
		470	562	562	562			673		806	806
	475	475			569	681	681	681			816
		481		576	576			690	825	825	825
487	487	487			583		698	698			835
		493	590	590	590			706		845	845
	499	499			597	715	715	715			856
		505		604	604			723	866	866	866
511	511	511			612		732	732			876
		517	619	619	619			741		887	887
	523	523			626	750	750	750			898
		530		634	634			759	909	909	909
536	536	536			642		768	768			920
		542	649	649	649			777		931	931
	549	549			657	787	787	787			942
									953	953	953
											965
										976	976
											988

Номиналы соответствуют числам, приведенным в таблице и числам, полученным умножением на 10^n , где n - целое положительное или отрицательное число.

Ряд E48 соответствует отклонению от номинального значения $\pm 2\%$

Ряд E96 соответствует отклонению от номинального значения $\pm 1\%$

Ряд E192 соответствует отклонению от номинального значения $\pm 0,5\%$