

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«УЛЬЯНОВСКОЕ ВЫСШЕЕ АВИАЦИОННОЕ УЧИЛИЩЕ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ (ИНСТИТУТ)»**

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА

**Методические указания
по выполнению контрольной работы**

*Рекомендовано
редакционно-издательским советом института*

Ульяновск 2015

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Выполнение контрольных работ является одним из основных видов самостоятельных занятий студентов. Контрольная работа содержит решение нескольких заданий, которые охватывают значительную часть изучаемой дисциплины. Каждый обучающийся должен выполнить один из вариантов работы в сроки, предусмотренные учебным графиком.

Рецензирование контрольных работ производит преподаватель. В случае, если контрольная работа не зачтена, все исправления, которые выполняются обучающимся, приводятся в той же контрольной работе после подписи рецензента без исправления первоначального текста и вновь представляются на проверку.

В каждом задании приведена таблица с вариантами. Номер варианта определяется предпоследними и последними цифрами шифра обучающегося в зачетной книжке.

К представленным на проверку контрольным работам предъявляются следующие требования:

- все основные пункты на проверку решения задачи должны быть подробно объяснены;
- работы выполняются от руки чернилами в тетради или набираются с применением ЭВМ на листах белой бумаги формата А4;
- в работе оставляются поля не менее 4 см для замечаний рецензента;
- рисунки, графики, схемы, в том числе и заданные условием задачи, должны быть выполнены аккуратно и в удобном для чтения масштабе;
- вычисления должны производиться с точностью до второго десятичного знака;
- расчет каждой исходной величины следует выполнить сначала в общем виде, а затем в полученную формулу подставить числовые значения;
- при построении графиков оси координат следует обозначать символами, общепринятыми для соответствующих величин, на осях наносятся масштабы выбранных единиц.

Контрольная работа засчитывается, если решения всех заданий не содержат ошибок принципиального характера, и отвечают всем вышеперечисленным требованиям.

ЗАДАНИЕ 6

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Для трехфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором серии 4А напряжение питающей сети 220/380 В, частота сети 50 Гц по данным табл. 6.1 определить номинальную частоту вращения ротора n_2 , число пар полюсов двигателя p , мощность P_1 , потребляемую двигателем из сети, номинальный вращающий момент на валу M_n , максимальный момент M_{max} , пусковой момент M_p , номинальные и пусковые токи при соединении обмоток статора в звезду и треугольник.

Таблица 6.1

Варианты заданий

№ варианта	P_n , кВт	S , %	η , %	$\cos\varphi$	λ_m	λ_p	λ_i	n_1 , об/мин	r_1 , Ом
1	0,55	8,7	70,5	0,70	2,2	2	4,5	1500	6,1
2	0,75	8,7	72	0,73	2,2	2	4,5	1500	5,84
3	1,5	6,7	77	0,83	2,2	2	5	1500	5,72
4	4	5,3	84	0,84	2,2	2	6	1500	2,14
5	7,5	3	87,5	0,86	2,2	2	7,5	1500	1,56
6	15	2,7	89	0,88	2,2	1,4	7	1500	0,316
7	37	1,7	91	0,9	0,9	2,2	1	1500	0,08
8	1,1	8	74	0,74	2,2	2	4	1000	5,92
9	1,5	6,4	75	0,74	2,2	2	5,5	1000	5,98

Окончание табл. 6.1

№ варианта	P_H , кВт	S , %	η , %	$\cos\varphi$	λ_m	λ_n	λ_i	n_1 , об/мин	r_1 , Ом
10	3	5,5	81	0,76	2,2	2	6	1000	1,7
11	4	5,1	82	0,81	2,2	2	6	1000	2,1
12	7,5	3,2	85,5	0,81	2,2	2	7	1000	1,04
13	22	2,5	90	0,9	2	1,2	6,5	1000	0,205
14	1,1	7	70	0,68	1,7	1,6	3,5	750	5,94
15	15	2,6	87	0,82	2	1,2	6	750	0,323
16	30	2	90	0,81	2	1,2	6	750	0,197
17	1,1	6,3	77,5	0,87	2,2	2	5,5	3000	5,9
18	1,5	5	81	0,85	2,2	2	6,5	3000	5,78
19	3	5,4	84,5	0,88	2,2	2	6,5	3000	2,62
20	4	4	86,5	0,89	2,2	2	7,5	3000	2,15
21	7,5	2,6	87,5	0,88	2,2	2	7,5	3000	0,9
22	11	3,1	88	0,9	2,2	1,6	7,5	3000	0,42
23	15	2,3	88	0,91	2,2	1,4	7,5	3000	0,271
24	1,1	7	70	0,68	1,7	1,6	3,5	750	5,9
25	1,5	7	74	0,65	1,7	1,6	5,5	750	5,68
26	11	2,7	87	0,75	2,2	1,4	6	750	0,43
27	45	2,5	90,5	0,75	1,8	1	6	500	0,08
28	37	2,1	90,5	0,89	2,2	1,2	6,5	1500	0,1
29	18,5	2,5	87	0,85	2	1,2	6	1000	0,327
30	22	2,4	88,5	0,87	2	1,2	6	1000	0,205
31	30	2,3	90	0,88	2	1,2	6	1000	0,141
32	55	1,4	92,5	0,86	2	1,2	6,5	1000	0,214
33	30	1,9	88	0,81	1,9	1,2	6	600	0,125
34	55	2	92	0,79	1,8	1	0,9 6	600	0,2
35	30	1,9	88	0,81	1,9	1,2	6	600	0,15
36	37	1,8	89	0,81	1,9	1,2	6	600	0,11
37	37	2	91	0,78	1,8	1	6	600	0,12
38	22	2,8	88	0,88	2,2	1,3	7	3000	0,207
39	30	2,9	90	0,91	2,2	1,3	7	3000	0,115
40	22	2,9	90	0,88	2,1	1,3	6,5	3000	0,205

Решение

Скорость вращения магнитного поля статора n_1 асинхронного электродвигателя зависит от частоты тока f и числа пар полюсов p (числа пар катушек статора, приходящихся на каждую фазу) и может быть определена по формуле

$$n_1 = \frac{60f}{p}. \quad (6.1)$$

Скорость вращения ротора асинхронного электродвигателя n_2 (асинхронная скорость) всегда меньше скорости вращения магнитного поля, то есть ротор всегда отстает от поля статора.

Разность между скоростью поля статора и скоростью ротора ($n_1 - n_2$) называется скоростью скольжения n_s . Эта та скорость, с которой поле пересекает проводники обмотки ротора.

Отношение скорости скольжения к скорости поля называется скольжением:

$$S = \frac{n_1 - n_2}{n_2}. \quad (6.2)$$

Отдавая мощность на валу P_n , трехфазные асинхронные электродвигатели потребляют из сети электрическую мощность P_1 :

$$P_1 = \sqrt{3} U_n \cdot I_n \cdot \cos\varphi, \quad (6.3)$$

при этом $I_n = I_n$ для каждой фазной обмотки электродвигателя.

При этом только часть потребляемой электрической мощности преобразуется в механическую мощность на валу из-за потерь в обмотках, в стали и механических потерь. Таким образом, двигатель имеет КПД, который можно определить по формуле

$$\eta = (P_n / P_1) \cdot 100 \%. \quad (6.4)$$

Асинхронные электродвигатели имеют электромагнитную мощность $P_э$ – мощность, которая поступает путем электромагнитной индукции в ротор с учетом потерь в статоре. Она может быть получена следующим образом:

$$P_э = P_1 - (P_{обм1} + P_{ст1}), \quad (6.5)$$

где $P_{\text{обм}_1} = 3 \cdot I_{\text{н}}^2 \cdot r_1$ – потери в первичной обмотке статора (r_1 – активное сопротивление фазы статора при 75°C), $P_{\text{ст}_1}$ – потери в стали сердечника статора, при номинальном скольжении очень малы, поэтому ими можно пренебречь.

Электромагнитная мощность P_3 связана с моментом $M_{\text{н}}$ асинхронной машины соотношением:

$$M_{\text{н}} = 9,55 \cdot P_3 / n_1. \quad (6.6)$$

Перегрузочная способность электродвигателя λ_m равна отношению максимально допустимого момента M_{max} на валу к номинальному $M_{\text{н}}$:

$$\lambda_m = M_{\text{max}} / M_{\text{н}}. \quad (6.7)$$

Кратность пускового момента $\lambda_{\text{п}}$ равна отношению пускового момента $M_{\text{п}}$ к номинальному $M_{\text{н}}$:

$$\lambda_{\text{п}} = M_{\text{п}} / M_{\text{н}}. \quad (6.8)$$

Кратность пускового тока λ_i равна отношению пускового тока $I_{\text{п}}$ к номинальному $I_{\text{н}}$:

$$\lambda_i = I_{\text{п}} / I_{\text{н}}. \quad (6.9)$$

Как правило, асинхронный трехфазный двигатель рассчитан на два номинальных напряжения трехфазной сети 380/220 В или 220/127 В. Наиболее часто встречаются двигатели 380/220 В. Переключение двигателя с одного напряжения на другое производится подключением обмоток «на звезду» – для 380 В или на «треугольник» – для 220 В.

ЗАДАНИЕ 7 ГРАФИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ ТЕРМОРЕЗИСТОРНОГО КОМПЕНСАТОРА

Два терморезисторов T_1 , T_2 , имеющих вольтамперные характеристики, заданные в табл. 7.1, соединённых последовательно (рис. 7.1) построить графическую зависимость сопротивлений r_{T_1} и r_{T_2} от тока I при изменении тока от 1 до 10 мА. Определить в каком диапазоне токов схему можно использовать в качестве стабилизатора напряжения при включении в цепь добавочного

сопротивления $R_{\text{доб}}$, если к зажимам цепи приложено напряжение U (табл. 7.1). Рассчитать величину $R_{\text{доб}}$.

Решение

Для определения зависимости сопротивления от тока необходимо построить вольтамперные характеристики терморезисторов Т1 и Т2, используя данные табл. 7.1 и табл. 7.2.

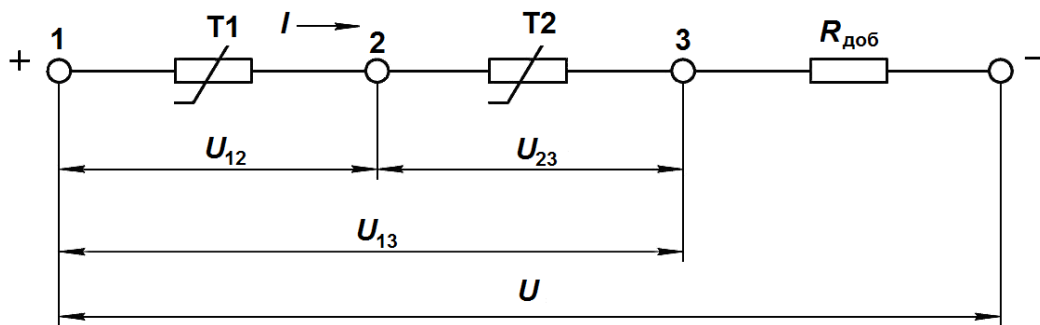


Рис. 7.1. Схема соединения терморезисторов

Вольтамперные характеристики Т1 и Т2 имеют линейный участок, на котором сопротивление терморезисторов r_{T1} и r_{T2} постоянно и может быть определено по напряжению в точке в соответствии с законом Ома для участка цепи. Однако при дальнейшем увеличении тока вольтамперная характеристика отклоняется от прямой и с ростом тока I сопротивление r_T уменьшается. Расчетом получаем для различных значений токов и напряжений значения r_{T1} , r_{T2} и записываем их в табл. 7.3, по которой строим графики зависимости сопротивления от тока $r_{T1} = f(I)$ и $r_{T2} = f(I)$.

Таблица 7.1

Вольтамперные характеристики терморезисторов Т1, Т2

I , мА	Номер вольтамперной характеристики													
	1		2		3		4		5		6		7	
	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В	U_{12} , В	U_{23} , В
1	1,7	2,46	1,75	2,5	1,72	2,47	1,77	2,52	1,66	2,43	1,74	2,49	1,73	2,48
2	1,85	2,50	1,9	2,55	1,87	2,52	1,92	2,57	1,93	2,43	1,89	2,54	1,88	2,53
4	1,8	2,2	1,85	2,25	1,82	2,22	1,87	2,27	1,78	2,18	1,84	2,24	1,82	2,22

I, мА	Номер вольтамперной характеристики													
	1		2		3		4		5		6		7	
	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В	$U_{12},$ В	$U_{23},$ В
6	1,9	2,05	1,95	2,1	1,92	2,07	1,97	2,12	1,88	2,03	1,94	2,09	1,93	2,08
8	2,1	1,95	2,15	2,0	2,12	1,93	2,17	2,02	2,08	1,93	2,14	1,99	2,12	1,98
10	2,15	1,95	2,2	2,0	2,17	1,93	2,22	2,02	2,13	1,93	2,19	1,99	2,17	1,98

Примерный вид вольтамперных характеристик терморезисторов Т1 и Т2 приведен на рис. 7.2.

При последовательном соединении терморезисторов напряжение между токами 1 и 3 (рис. 7.1) определяется суммой напряжений на участках 1–2 и 2–3. Суммированием абсцисс вольтамперной характеристики Т1 и Т2 получаем результирующую характеристику Т1+Т2 (рис. 7.1), на которой выделяем участок, параллельный оси токов (отмечаем знаками * на рис. 7.2). На этом участке колебания тока в цепи очень мало скажутся на величине напряжения U_{13} , что позволяет использовать цепочку терморезисторов Т1, Т2 в качестве стабилизатора напряжения. Подобные схемы применяются для компенсации температурных погрешностей в устройствах (например, в вольтметрах при последовательном соединении с добавочным сопротивлением вольтметра), в радиоустройствах и др.

Таблица 7.2

Варианты заданий

Предпоследняя цифра шифра	Последняя цифра шифра																			
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		0	
	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки	U, B	№ х-ки
0	19	4	21	3	23	2	19	3	20	4	23	4	17	2	14	2	12	1	10	6
1	10	1	12	2	14	3	10	2	18	1	14	7	22	2	24	1	21	2	19	3
2	11	2	13	3	15	4	11	4	19	2	15	1	23	1	22	7	20	1	18	2
3	12	3	14	4	16	5	12	4	20	7	16	3	24	7	21	6	19	1	17	1
4	13	4	15	5	17	5	13	5	21	6	17	3	23	6	20	2	18	7	16	2
5	14	5	16	6	18	7	14	6	22	5	18	6	22	5	19	4	17	6	15	3
6	15	6	17	7	19	6	15	7	23	6	19	7	21	4	18	3	16	5	14	4
7	16	7	18	6	20	5	16	6	24	3	20	6	20	3	17	1	15	7	13	5
8	17	6	19	5	21	4	17	5	22	6	21	7	19	2	16	1	14	1	12	6
9	18	5	20	4	22	3	18	4	21	5	22	1	18	1	15	2	13	2	11	7

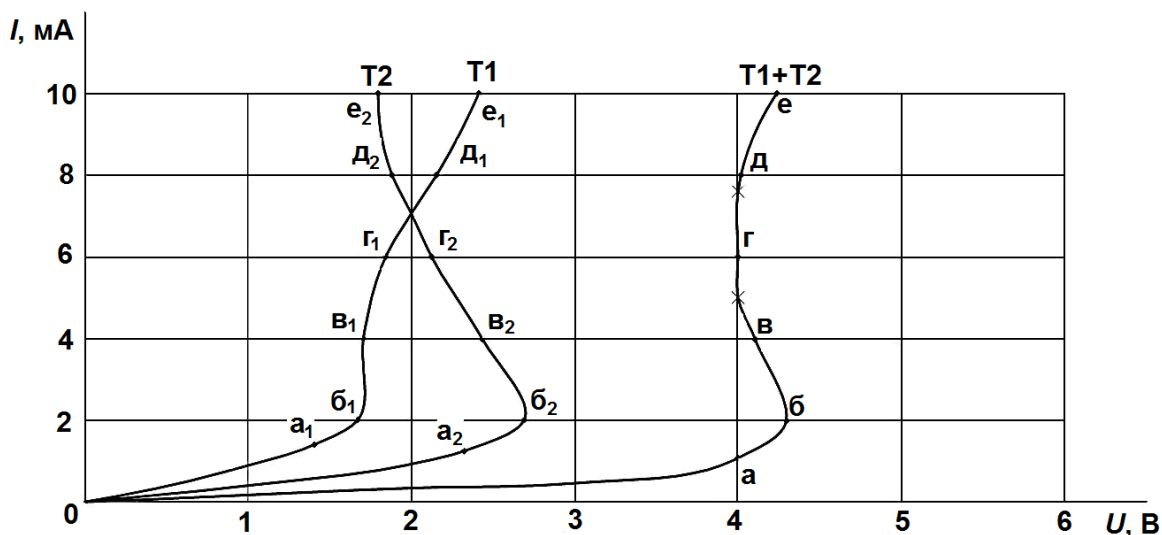


Рис. 7.2. Вольтамперные характеристики терморезисторов Т1 и Т2

Определяем по результирующей характеристике Т1+Т2 (рис. 7.1) диапазон изменения тока для участка $U = \text{const}$ (для характеристики на рис. 7.1 $U_{\text{const}} = 4 \text{ В}$) и, задаваясь средней величиной тока I_{cp} (для характеристики на рис. 7.1 $I_{\text{cp}} = (4,5+7,5) / 2 = 6 \text{ А}$) для этого участка, определяем величину суммарного сопротивления $r_{T_1} + r_{T_2}$

$$r_{T_1} + r_{T_2} = r_T = \frac{U_{\text{const}}}{I_{\text{cp}}}, \quad (7.1)$$

которое должно совпадать с величиной r_T , определяемой по результирующей вольтамперной характеристике.

Величина добавочного сопротивления $R_{\text{доб}}$ может быть рассчитана в соответствии с законом Ома для участка цепи по заданному напряжению U (табл. 7.2), полученному току I_{cp} и сопротивлению r_T :

$$R_{\text{доб}} = \frac{U - I_{\text{cp}} \cdot r_T}{I_{\text{cp}}}. \quad (7.2)$$

Полученные данные заносятся в табл. 7.3.

Точки вольтамперной характеристики		$I, \text{мА}$	$U_{12}, \text{В}$ (табл. 1)	$U_{23}, \text{В}$ (табл. 1)	$r_{T1} = \frac{U_{12}}{I},$ кОм	$r_{T2} = \frac{U_{23}}{I},$ кОм	$r_{T1} + r_{T2},$ кОм
T1	T2						
а ₁	а ₂	1					
б ₁	б ₂	2					
в ₁	в ₂	4					
г ₁	г ₂	6					
д ₁	д ₂	8					
е ₁	е ₂	10					

ЗАДАНИЕ 8 РАСЧЕТ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ

Для выпрямителей на рис. 8.1–8.3 по данным табл. 8.1 определить: напряжение и ток вторичных обмоток трансформатора U_2 и I_2 , расчетную мощность трансформатора S_T ; параметры для выбора диодов (вентилей): среднее значение тока диода I_D и обратное напряжение $U_{обр}$. Потерями в вентильях выпрямителя пренебречь.

Решение

Схема однофазного однополупериодного выпрямителя с трансформатором приведена на рис. 8.1, а.

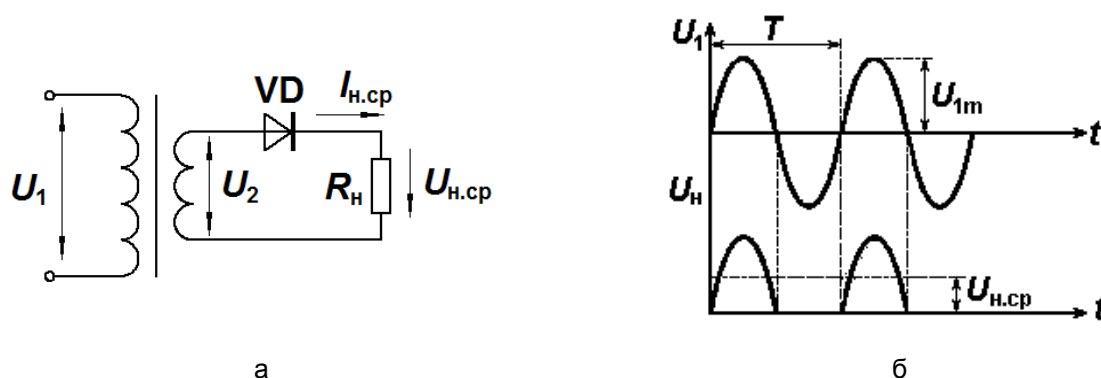


Рис. 8.1. Схема однофазного однополупериодного выпрямителя (а) и временные диаграммы напряжений (б)

Пренебрегая потерями в вентиле выпрямителя постоянная составляющая выпрямленного напряжения или его среднее значение $U_{н.ср}$ равняется

интегралу функции изменения этого напряжения во времени в течение периода 2π (рис. 8.1, б), деленному на этот период. Так как на половине периода мгновенное значение выпрямленного напряжения в данной схеме равно нулю, то интегрирование следует проводить в пределах полупериода, когда диод VD проводит ток:

$$U_{н.ср} = \frac{1}{2\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} \cdot U \cdot \sin\omega t d\omega t = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2}{2\pi} (-\cos\pi - (-\cos 0)) = \\ = \frac{\sqrt{2} \cdot U_2}{\pi} = 0,45 \cdot U_2. \quad (8.1)$$

где U_2 – действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора.

Выражая U_2 из (8.1), получим действующее значение напряжения на вторичной обмотке трансформатора

$$U_2 = \frac{\pi \cdot U_{н.ср}}{\sqrt{2}} \approx 2,22 U_{н.ср}. \quad (8.2)$$

Учитывая, что нагрузка активная и поэтому форма тока нагрузки повторяет форму напряжения, действующее значение тока I_2 во вторичной обмотке трансформатора определяется из выражения

$$I_2 = \sqrt{\int_0^{\pi} i_2^2 d\omega t} = \frac{\pi}{2} I_{н.ср} = 1,57 \cdot I_{н.ср}. \quad (8.3)$$

Так как диод VD включен последовательно с приемником R_n , то средний ток диода I_d будет равен среднему току приемника $I_{н.ср}$

$$I_d = I_{н.ср}. \quad (8.4)$$

Обратное максимальное напряжение выпрямителя $U_{обр}$ равно амплитудному значению напряжения на вторичной обмотке трансформатора U_{2m}

$$U_{обр} = U_{2m} = \sqrt{2} \cdot U_2. \quad (8.5)$$

Мощность однофазного однополупериодного выпрямителя можно определить по формуле

$$P_n = U_{н.ср} \cdot I_{н.ср}. \quad (8.6)$$

Расчетная мощность трансформатора S_T

$$S_T = 3,5 \cdot P_{н.ср}. \quad (8.7)$$

Качество выпрямленного напряжения определяется коэффициентом пульсации $K_{п}$, т. е. отношением амплитуды первой (основной) гармоники $U_{н.м}$ к среднему выпрямленному напряжению $U_{н.ср}$:

$$K_{п} = \frac{U_{н.м}}{U_{н.ср}} = \frac{\pi}{2} = 1,57. \quad (8.8)$$

К достоинствам схемы можно отнести простоту конструкции. Недостатки – большие пульсации, малые значения выпрямленного тока и напряжения, низкий КПД. Применяется такая схема для питания низкоомных нагрузок, некритичных к высоким пульсациям.

Схема однофазного мостового выпрямителя с трансформатором приведена на рис. 8.2, а, содержит трансформатор и выпрямительный мост из четырех вентилей, которые попарно включаются в работу. Временная диаграмма напряжений мостового выпрямителя изображена на рис. 8.2, б.

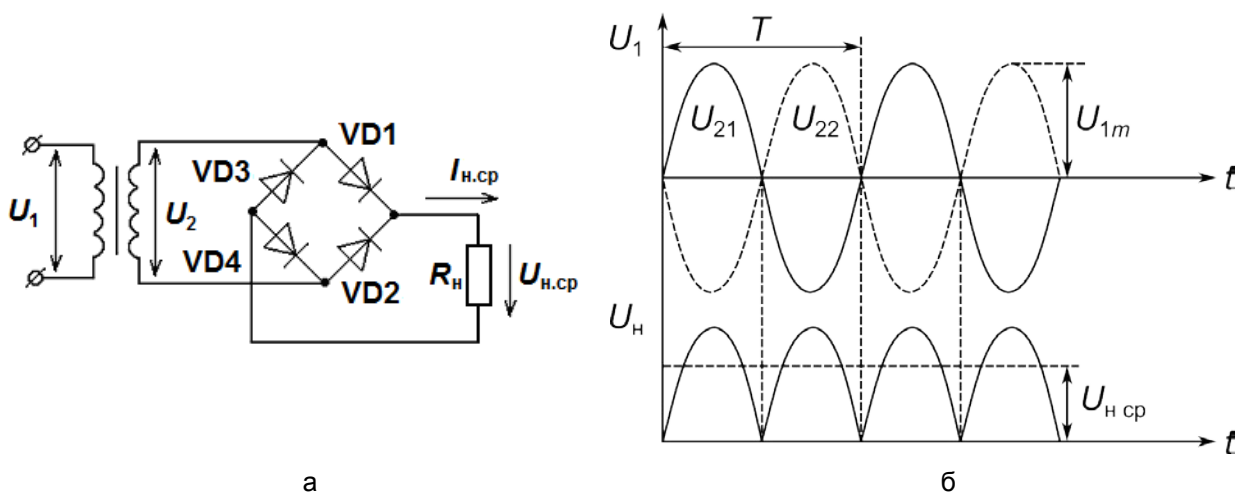


Рис. 8.2. Схема однофазного двухполупериодного выпрямителя (а) и временные диаграммы напряжений (б)

Среднее значение выпрямленного напряжения $U_{н.ср}$ за период будет в 2 раза больше, чем у однополупериодного выпрямителя:

$$U_{н.ср} = \frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} \sqrt{2} \cdot U_2 \cdot \sin \omega t d\omega t = \frac{2\sqrt{2} \cdot U_2}{\pi} = 0,9U_2. \quad (8.9)$$

Действующее значение напряжения U_2 на вторичной обмотке трансформатора

$$U_2 \approx 1,11 \cdot U_{н.ср}. \quad (8.10)$$

Действующее значение тока I_2 во вторичной обмотке трансформатора

$$I_2 \approx 1,11 \cdot I_{н.ср}. \quad (8.11)$$

Так как одновременно включены в работу попарно два диода, то средний ток диода I_d будет равен половине среднего тока приемника $I_{н.ср}$:

$$I_d = I_{н.ср} / 2. \quad (8.12)$$

Обратное напряжение выпрямителя $U_{обр}$ равно

$$U_{обр} = \sqrt{2} \cdot U_2. \quad (8.13)$$

Мощности однофазного мостового выпрямителя P_n и трансформатора S_T можно определить по формулам:

$$P_n = U_{н.ср} \cdot I_{н.ср}; \quad (8.14)$$

$$S_T = 1,23 \cdot P_n. \quad (8.15)$$

Коэффициент пульсации мостового выпрямителя $K_n = 0,67$.

Достоинства данной схемы – удвоенные значения $U_{н.ср}$ и $I_{н.ср}$, вдвое меньший коэффициент пульсаций по сравнению с однополупериодной схемой. Недостатком считается большее число диодов.

Схема трехфазного мостового выпрямителя – «схема Ларионова» приведена на рис. 8.3, а, содержит трехфазный трансформатор и шесть вентилей, три из которых образуют катодную группу, а три других анодную. Из шести вентилей схемы в любой момент времени включены только два. При этом ток в нагрузке протекает под действием линейного напряжения трансформатора. Временная диаграмма напряжений мостового выпрямителя изображена на рис. 8.2, б.

Среднее значение выпрямленного напряжения $U_{н.ср}$

$$U_{н.ср} = \frac{3\sqrt{6} \cdot U_{2\phi}}{\pi} = 2,34 \cdot U_{2\phi}, \quad (8.16)$$

где $U_{2\phi}$ – фазное действующее значение напряжения на вторичных обмотках трансформатора.

Среднее значение тока нагрузки $I_{н.ср}$

$$I_{н.ср} = \frac{2,34 \cdot U_{2\phi}}{R_H} \quad (8.17)$$

Действующее значение фазного тока $I_{2\phi}$ во вторичной обмотке трансформатора

$$I_{2\phi} \approx 0,815 \cdot I_{н.ср} \quad (8.18)$$

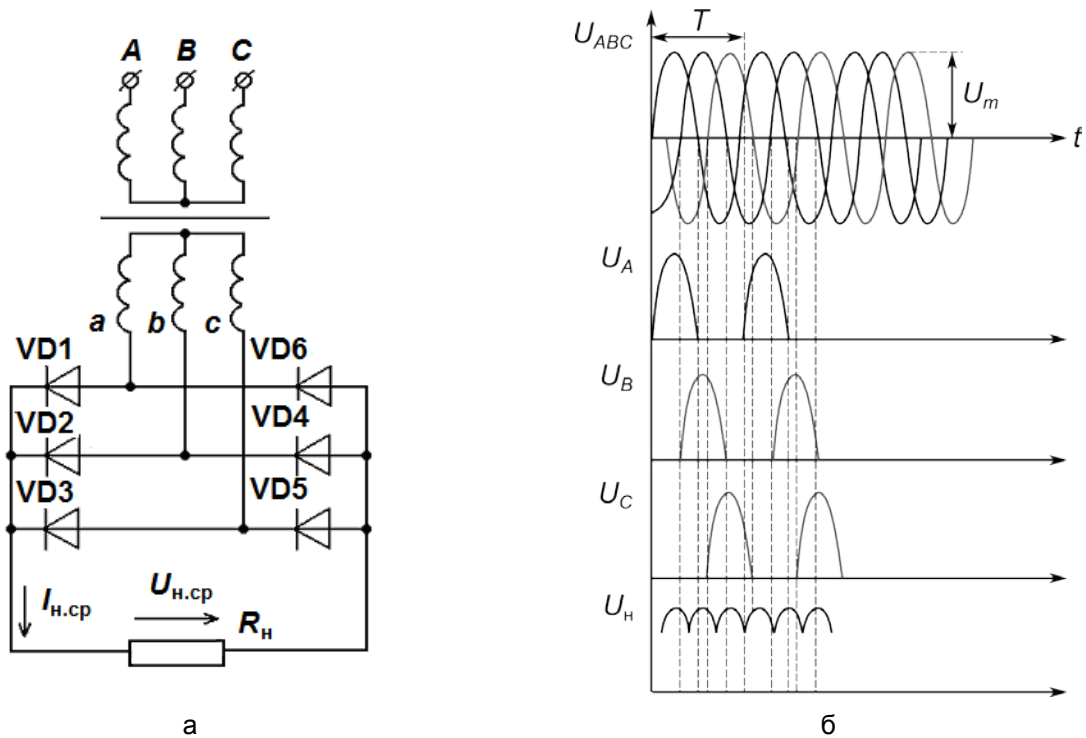


Рис. 8.3. Схема трехфазного выпрямителя «схема Ларионова» (а) и временные диаграммы напряжений (б)

Средний ток диода I_D будет равен

$$I_D = 0,33 \cdot I_{н.ср} \quad (8.19)$$

Обратное напряжение выпрямителя $U_{обр}$

$$U_{обр} = \sqrt{6} \cdot U_{2\phi} \quad (8.20)$$

Мощности трехфазного мостового выпрямителя P_H и трехфазного трансформатора S_T можно определить по формулам:

$$P_H = U_{н.ср} \cdot I_{н.ср}; \quad (8.21)$$

$$S_T = 1,045 \cdot P_H \quad (8.22)$$

Коэффициент пульсации мостового выпрямителя $K_{\Pi} = 0,057$.

Данная схема выпрямителя находит применение при различных величинах входного напряжения и токах нагрузки в сотни ампер. Схема экономична, имеет низкие пульсации и лучший коэффициент использования трансформатора.

Таблица 8.1

Варианты заданий

Последняя цифра шифра слушателя	Предпоследняя цифра шифра слушателя			
	0		1	
	$U_{н.ср}, В$	$I_{н.ср}, А$	$U_{н.ср}, В$	$I_{н.ср}, А$
0	-	-	36	7
1	14	2,5	35	7,5
2	16	3	34	8
3	18	3,5	33	8,5
4	19	4	32	9
5	20	4,5	31	9,5
6	21	5	30	10
7	22	5,5	29	10,5
8	23	6	28	11
9	24	6,5	27	11,5
Последняя цифра шифра слушателя	Предпоследняя цифра шифра слушателя			
	2		3	
	$U_{н.ср}, В$	$I_{н.ср}, А$	$U_{н.ср}, В$	$I_{н.ср}, А$
0	36	16,5	12	6,5
1	35	16	14	6
2	34	15,5	16	5,5
3	33	15	18	5
4	32	14,5	19	4,5
5	31	14	20	4
6	30	13,5	21	3,5
7	29	13	22	3
8	28	12,5	23	2,5
9	27	12	24	2

ЗАДАНИЕ 9

ГРАФИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ

Для обеспечения стабильного напряжения на сопротивления нагрузки R_H его присоединили к полупроводниковому стабилизатору напряжения VD (рис. 9.1) и подключили через резистор R к источнику питания. При протекании через стабилитрон VD обратного тока $I_{обр}$ напряжение на его зажимах в некотором диапазоне токов сохраняется неизменным.

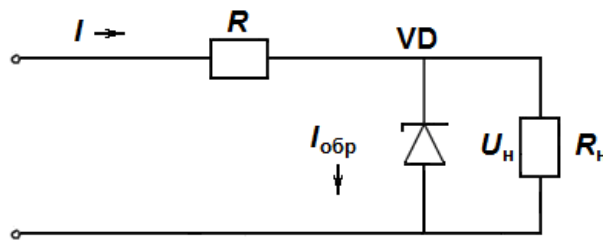


Рис. 9.1. Схема полупроводникового стабилизатора напряжения

Определить пределы изменения напряжения нагрузки U_H , если напряжение источника питания U изменяется в пределах ΔU %, заданных в табл. 9.1. Вольтамперная характеристика стабилизатора VD приведена в табл. 9.1.

Решение

1. Строим вольтамперную характеристику $I_{обр} = f(U)$ нелинейного элемента – стабилитрона, пользуясь данными табл. 9.1 (кривая 1, рис. 9.2).

2. Строим вольтамперную характеристику $I = f(U)$ линейного элемента – сопротивления нагрузки R_H , для чего по заданной в табл. 9.2 величине сопротивления R_H при напряжении, не превышающем напряжения питания U , определяем по закону Ома величину тока для R_H .

Например, для напряжения $U = 10$ В при сопротивлении $R_H = 10$ кОм ток равен

$$I = U / R_H = 10 / 10\,000 = 1 \text{ мА.} \quad (9.1)$$

Проведя из начала координат прямую через точку с координатами 10 В, 1 мА, получаем вольтамперную характеристику $I = f(U)$ линейного элемента (прямая 2, рис. 9.2).

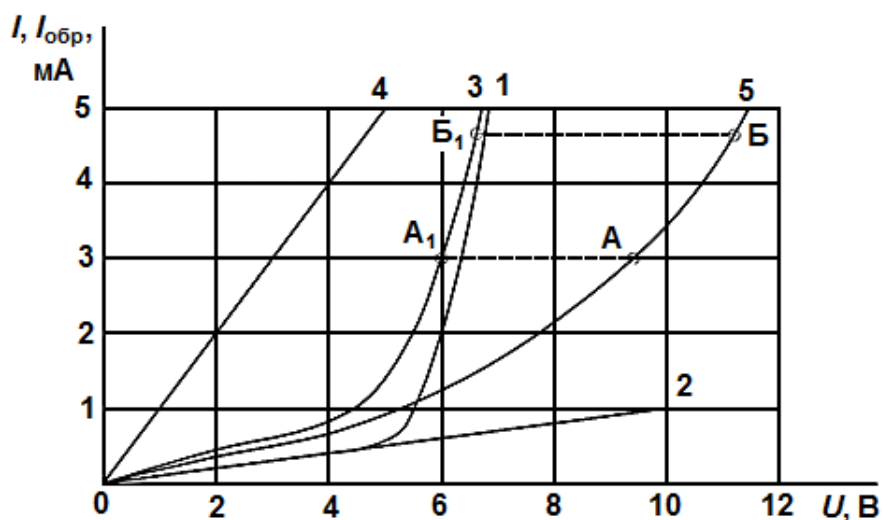


Рис. 9.2. Вольтамперные характеристики элементов

3. Суммированием ординат кривой 1 и прямой 2 получаем вольтамперную характеристику $I = f(U_n)$ параллельного соединения стабилитрона VD и сопротивления R_n (кривая 3, рис. 9.2).

Последовательное соединение добавочного сопротивления R с параллельной цепью VD и R_n характеризуется вольтамперной характеристикой $I = f(U)$ всей схемы. Чтобы построить эту характеристику, необходимо графически изобразить вольтамперную характеристику для добавочного сопротивления R аналогично тому, как это сделано в пункте 2.

4. Например, для добавочного сопротивления $R = 1\text{кОм}$ и напряжения $U = 4\text{ В}$ имеем $I = 4\text{ мА}$ (прямая 4, рис. 9.2). При последовательном соединении элементов суммируются абсциссы вольтамперных характеристик, поэтому, суммируя характеристики 3 и 4, получаем вольтамперную характеристику $I = f(U)$ всей схемы (кривая 5, рис. 9.2).

5. По условию задачи напряжение U на входе схемы изменяется в пределах, заданных в табл. 9.2. Например, при изменении напряжения на $\pm 10\%$ колебания напряжения $U = 10\text{ В}$ составляют 9–11 В. При напряжении питания $U = 9\text{ В}$ ток I определяется ординатой точки A и составит 3 мА. При напряжении $U = 11\text{ В}$ ток I будет равен 4,6 мА, что определяется ординатой точки B. При этом напряжение на нагрузке U_n , равное напряжению на зажимах стабилитрона VD, определяется абсциссами A_1 и B_1 , полученных пересечением горизонталей, проведенных из точек A и B, с кривой 3. Для рассматриваемого

случая колебания напряжения на нагрузке составит 6,0–6,6 В (рис. 9.2), среднее значение напряжения $U_{н.ср} = 6,3$ В.

6. Изменение напряжения на нагрузке ΔU_n можно определить как разность напряжений точек А и Б

$$\Delta U_n = U_{нБ} - U_{нА} = 6,6 - 6,0 = 0,6 \text{ В.} \quad (9.2)$$

Относительное изменение напряжения на нагрузке $\Delta U \%$ можно определить как

$$\Delta U \% = (\Delta U_n / \Delta U_{ср}) \cdot 100 \% = 0,6 / 6,3 \cdot 100 \approx 9,52 \%. \quad (9.3)$$

7. Вывод. В разобранный примере при колебаниях напряжения источника в пределах $\pm 10\%$ напряжение на нагрузке изменяется на 9,52 %.

Таблица 9.1

Вольтамперные характеристики стабилизаторов

$I_{обр},$ мА	Номер вольтамперной характеристики									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$	$U, \text{В}$
0,2	2	2	2,6	2,6	2,6	2,7	2,8	2,1	2,7	3,5
0,3	3	4,3	3,3	3,3	3,3	3,6	3,5	3,0	3,6	5
0,4	4,8	6	4,3	5,0	4,3	5,0	4,5	3,5	4,2	6,2
0,5	5,7	7	5,0	5,5	4,6	6,0	5,5	5,0	5,0	7
0,6	6,8	8,2	6,0	6,0	5,3	7,0	6,0	5,3	6,0	7,6
0,8	7,9	8,5	6,3	6,6	6,0	7,3	6,8	6,7	7,5	7,8
1,0	8,1	8,55	7,4	7,8	6,3	7,8	7,2	7,0	8,1	8,0
1,2	8,2	8,6	7,6	8,2	6,7	8,1	7,5	7,3	8,15	8,05
2	8,3	8,8	7,7	8,7	7,4	8,2	7,6	7,5	8,2	8,1
3	8,4	8,9	7,75	9,2	7,8	8,25	7,7	7,8	8,3	8,25
4	8,5	8,9	7,9	9,2	8,1	8,3	7,8	7,9	8,35	8,3

Таблица 9.2

Варианты заданий

Последняя цифра шифра слушателя	Пред-последняя цифра шифра слушателя																			
	1				2				3				4				5			
	$U = 10 \text{ В}$				$U = 12 \text{ В}$				$U = 10 \text{ В}$				$U = 12 \text{ В}$				$U = 12 \text{ В}$			
	№ х-ки	R_H кОм	R , кОм	$\pm\Delta U$	№ х-ки	R_H кОм	R , кОм	$\pm\Delta U$	№ х-ки	R_H кОм	R , кОм	$\pm\Delta U$	№ х-ки	R_H кОм	R , кОм	$\pm\Delta U$	№ х-ки	R_H кОм	R , кОм	$\pm\Delta U$
1	10	12	1,2	10	2	11	1,1	9	3	11,5	0,9	10	4	12,5	1,16	9	5	12	1,1	8
2	9	11,5	1,2	9	3	11,5	1,1	10	4	12,5	1,1	8	3	11,5	1,14	10	4	11,5	1,1	9
3	8	12,5	1,1	10	4	12	1,2	8	5	12	1,16	9	2	12,2	1,2	8	3	11,5	1,16	10
4	7	11	1,2	10	5	12,5	1,2	10	6	11	1,16	10	1	13	1,3	10	2	14	1,2	10
5	6	13,1	1,25	9	6	13,2	1,3	8	7	13,3	1,16	9	5	23,4	1,2	9	1	13,5	1,3	8
6	5	11,8	1,2	10	7	11,6	1,2	9	8	11,6	1,16	10	6	11,7	1,2	8	6	11,4	1,4	9
7	4	12	2,6	8	8	12	1,3	10	9	12,2	1,2	8	8	22,2	1,16	10	7	12,2	1,3	8
8	3	12,4	1,3	9	9	12,4	1,1	8	10	12,5	1,2	9	7	13,2	1,12	9	8	13,2	1,4	10
9	2	12,1	1,0	10	10	12,1	1,4	8	2	16,0	1,0	10	10	12	1,22	8	9	13,4	1,4	9
0	1	13,2	1,42	10	1	13	1,4	8	1	13	1,25	8	9	14	1,4	10	10	14	1,2	8