

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА (МИИТ)»
(РУТ (МИИТ))**

Одобрено кафедрой
«ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ»

Протокол № ____ от _____ 201__ г.
Автор: _____

**ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ С МЕТОДИЧЕСКИМИ
УКАЗАНИЯМИ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Коммутационные и электрические аппараты

Уровень ВО: *Специалитет*

Форма обучения: *Заочная*

Курс: *5*

Специальность/Направление: *23.05.05 Системы обеспечения движения поездов (СДс)*

Специализация/Профиль/Магистерская программа: *(СЭ)
Электроснабжение железных дорог*

Москва

ЗАДАНИЕ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЕЕ ВЫПОЛНЕНИЮ

Контрольная работа является важнейшей составной частью освоения дисциплины «Коммутационные и электрические аппараты», поскольку в процессе ее выполнения закрепляются основные положения теории и приобретаются практические навыки в расчетах.

Контрольная работа включает в себя решения четырех задач, которые заключаются в расчете различных устройств. Параметры этих устройств различны и зависят от номера шифра студента. Пояснения даны в соответствующих таблицах, которые приведены в условии каждой задачи.

К контрольной работе, сдаваемой (присылаемой) на проверку, предъявляются следующие требования: на титульном листе контрольной работы указываются фамилия, имя и отчество студента (в именительном падеже), специальность, шифр, наименование предмета.

- условие задачи должно быть представлено в контрольной работе и должно предшествовать решению;

- буквенные обозначения электрических и магнитных величин должны быть написаны в соответствии с ГОСТ 1494-77. Условные графические обозначения элементов схемы должны соответствовать ЕСКД;

- общий план решения и все математические действия должны иметь достаточно полные пояснения, однако не следует перегружать решение приведением подробных промежуточных преобразований.

Задача 1

Изготовлен дроссель без воздушного зазора. Кривая намагничивания и общий вид магнитопровода дросселя представлены на рис. 1 а,б; число витков w обмотки, частота приложенного напряжения и геометрические размеры a , b , h , l магнитопровода указаны в табл. 1.

Требуется определить, на сколько изменится индуктивное сопротивление дросселя при переходе рабочей точки на кривой намагничивания с линейного крутого участка 1 на линейный пологий участок 2.

Таблица 1*

Последняя, пред- последняя или третья от конца цифра студента	цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
a , см	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
b , см	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2	1,8	1,6	1,4	1,2
Значения a и b выбираются по последней цифре шифра										
h , см	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
l , см	20	24	28	32	36	40	44	48	52	56
Значения h и l выбираются по предпоследней цифре шифра										
f , Гц	50	400	50	400	50	400	50	400	50	400
w , вит.	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Значения f и w выбираются по третьей от конца цифре шифра										

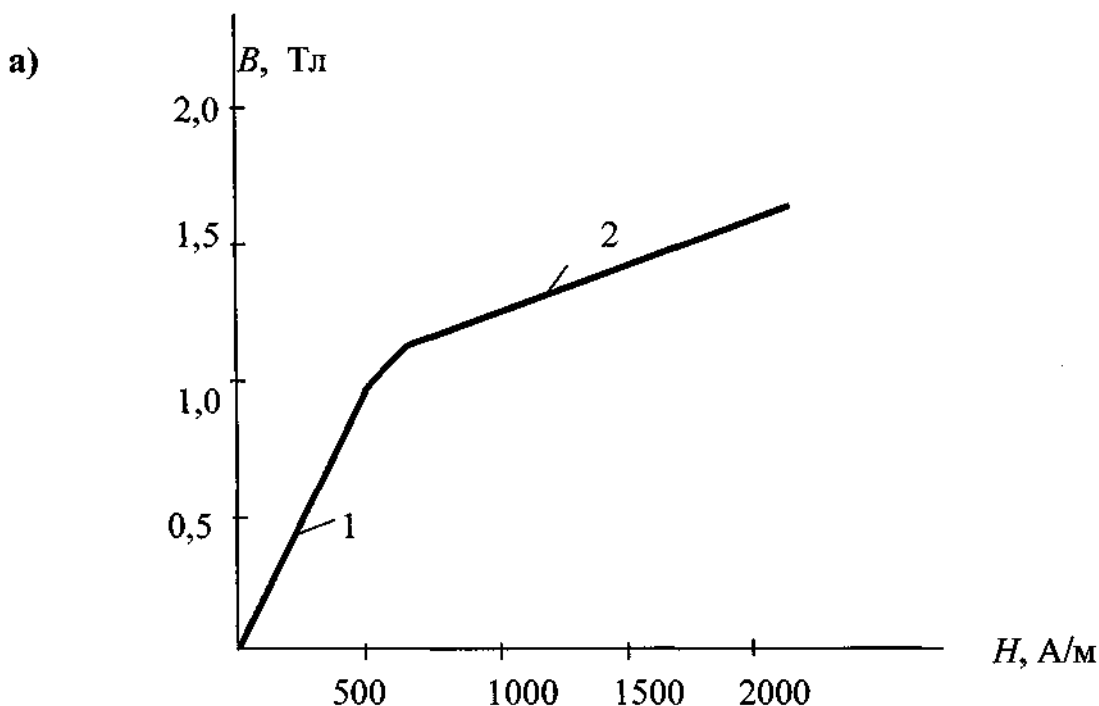
* Например, если последняя цифра 0, то $a = 2,8$; $b = 1,2$. Если предпоследняя цифра 9, то $h = 13$; $l = 52$. Если третья от конца цифра 1, то $f = 50$; $w = 200$.

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал, изложенный в [1], с.14...18.

При расположении рабочей точки в координатах (B, H) на линейных участках кривой намагничивания (участки 1 и 2 на рис. 1, а) магнитопровода дросселя его индуктивность L может быть определена из соотношения

$$L = \frac{\psi}{I} = \frac{\Phi w}{I} = \frac{BSw}{I} = \frac{\mu_a HS w}{I} = \frac{\mu_a IS w^2}{l} = G_M w^2,$$



б)

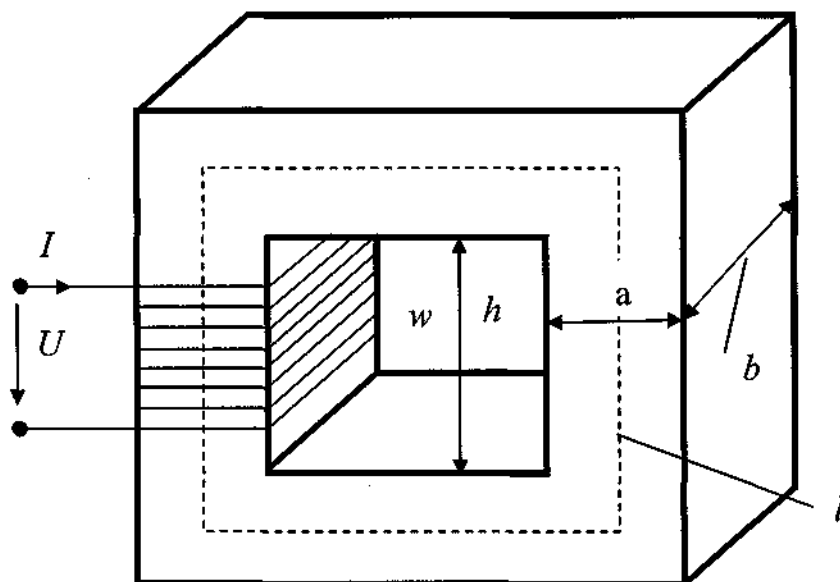


Рис. 1

где $G_M = \mu S/l$ – магнитная проводимость; μ – абсолютная магнитная прони-

цаемость, определяемая из кривой намагничивания для участков 1 и 2; l – средняя линия магнитопровода.

Индуктивное сопротивление соответственно равно $x_L = \omega L = 2\pi fL$.

Задача 2

Магнитный усилитель (МУ) состоит из двух катушек с сердечниками (рис. 2). В рабочей управляемой цепи, подключенной к промышленной сети с действующим значением напряжения U , протекает ток I . В управляющей цепи, подключенной к постоянному напряжению U_0 , протекает постоянный ток I_0 . Опытные зависимости напряжения на катушках от тока в них $U_L = f(I)$ при различных значениях тока управления I_0 приведены в табл. 2. Сопротивление нагрузки R_H и сопротивление R_0 управляющей цепи постоянному току приведены в табл. 3.

Требуется:

1) объяснить принцип действия МУ, выполненного из двух сердечников с подмагничиванием, и его преимущество по сравнению с МУ, изготовленного на одном сердечнике с подмагничиванием;

2) рассчитать и построить зависимости коэффициента усиления мощности $K_M = P_H / P_0 = I^2 R_H / I_0^2 R_0$ от тока управления I_0 при двух значениях сети U_1 и U_2 , указанных в табл. 3;

3) рассчитать коэффициент усиления напряжения $K_U = \Delta I R_H / \Delta I_0 R_0$ при напряжении сети U_2 и изменении тока управления на величину $\Delta I_0 = I_{02} - I_{01} = 2 - 1 = 1$, А.

Таблица 2

I, A	$I_0 = 0$	$I_0 = 1, A$	$I_0 = 2, A$	$I_0 = 3, A$	$I_0 = 4, A$	$I_0 = 5, A$
	U_L, B	U_L, B	U_L, B	U_L, B	U_L, B	U_L, B
0	0	0	0	0	0	0
0,2	30	5	2	1	0	0
0,5	58	13	6	2	0	0
0,8	80	35	11	6	4	1
1,0	90	45	15	7	6	3
1,5	100	86	30	14	9	5
2	104	97	55	23	16	10
3	112	110	103	60	32	20
4	116	115	112	106	60	35
5	122	122	121	119	103	62

Таблица 3

Последняя, пред- последняя или третья от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
R_H , Ом	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2	2,2	2,4	2,6	2,8
Значение R_H выбирается по последней цифре шифра										
R_0 , Ом	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Значение R_0 выбирается по предпоследней цифре шифра										
U_1 , В	50	400	50	400	50	400	50	400	50	400
U_2 , В	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650
Значения U_1 и U_2 выбираются по третьей от конца цифре шифра										

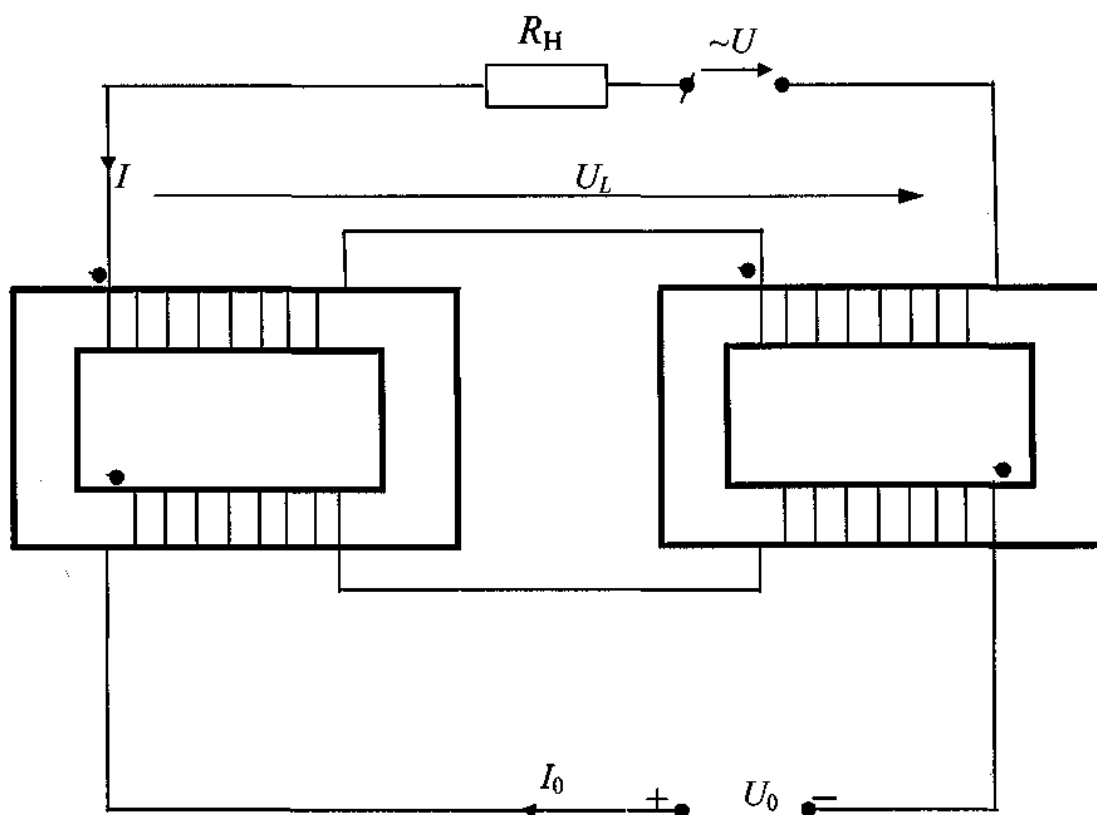


Рис. 2

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал, изложенный в [1], с. 114...134 или [2], с. 178...184.

Рекомендуется в прямоугольных координатах (U, I) изобразить семейство характеристик магнитного усилителя $U_L(I)$ при различных значениях тока I_0 в управляющей обмотке, используя данные табл. 2. При этом по оси токов (I) лучше откладывать величину $R_H \cdot I$, равную напряжению на нагрузке и пропорциональную току I . Это позволит решить задачу простым графическим способом.

Для этого на основании того, что напряжение на индуктивности и резистивном элементе находится в квадратуре, составляется уравнение

$$U_L^2 + (R_H I)^2 = U^2.$$

Здесь U – напряжение промышленной сети, подключенной к входу МУ (рис. 2). При этом высшими гармониками пренебрегаем. Полученное уравнение является уравнением окружности с центром в начале координат $(U, R_H I)$ и с радиусом, равным U . Точки пересечения этой окружности семейством характеристик дают возможность найти при заданном напряжении U зависимость $K_p = F(I_0)$.

Для этого в каждой точке пересечения подсчитываются значения $I_0^2 R_0$ и $I^2 R_H$. При этом величина $I^2 R_H = I \cdot IR_H$ определяется как расстояние от начала координат до проекции соответствующей точки на ось IR_H , умноженное на ток I , соответствующий данной точке.

Значение K_U находят следующим образом: определяют величину ΔIR_H как отрезок на оси IR_H , заключенный между проекциями точек, полученных пересечением двух заданных характеристик $U_{L2} = F(I_0 = 2)$ и $U_{L1} = F(I_0 = 1)$ окружностью радиусом U_1 (U_2); делят найденную величину ΔIR_H на заданную величину $\Delta I_0 R_0$, т. е. $K_U = \Delta IR_H / (\Delta I_0 R_0)$.

Задача 3

На рис. 3 представлена схема бесконтактного полупроводникового реле, выполненного в виде двухкаскадного усилителя. Заданными являются напряжение U_H и ток I_H в нагрузке R_H для состояния "включено" (табл. 4).

Требуется:

- 1) дать подробное описание работы усилителя в ключевом режиме;
- 2) обосновать приведенные ниже соотношения (1)-(3);

3) рассчитать напряжение источника E_K , сопротивления R_{K1} и R_{K2} , выбрать тип используемых транзисторов VT1, VT2 и диода VD.

Таблица 4

Последняя или предпоследняя от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$U_H, В$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
Значение U_H выбирается по последней цифре шифра										
I_H, mA	10	14	18	22	26	30	34	38	42	46
Значение I_H выбирается по предпоследней цифре шифра										

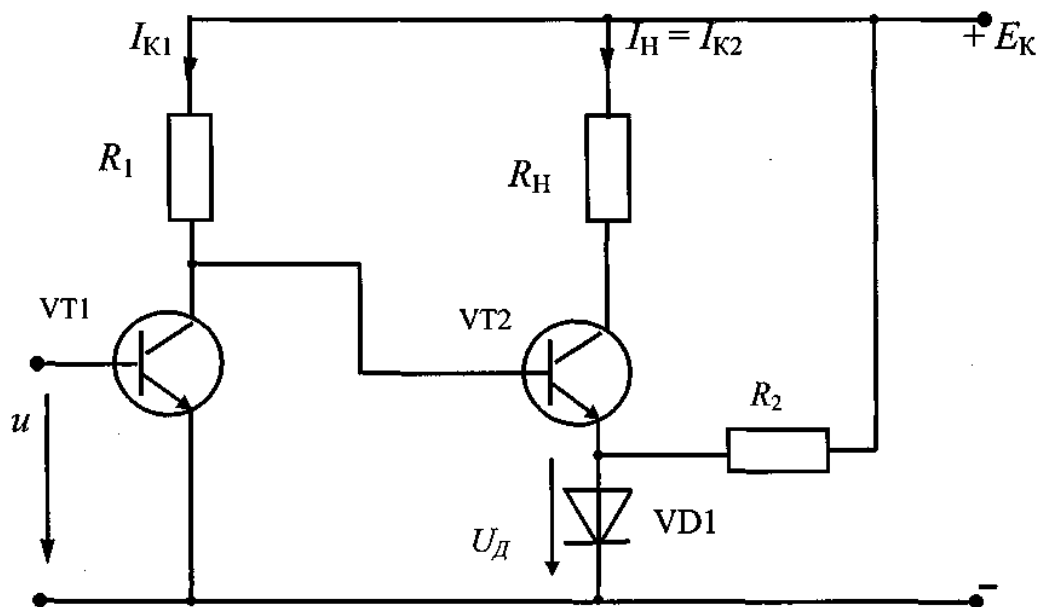


Рис. 3

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал курса, относящийся к расчету бесконтактных полупроводниковых реле, изложенный в [1], с. 291...325 или [2], с. 197...201.

Как видно из схемы, напряжение источника E_K должно быть больше напряжения U_H на величину напряжения насыщения U_{KH2} транзистора VT2.

Ориентировочно можно принять $U_{KH}=(1,5\div 2)$ В или определить более точно по справочнику [2].

Для выбора транзистора VT2 необходимо рассчитать допустимые значения тока через коллектор $I_{K2\text{доп}}$ и напряжения на коллекторе $U_{K2\text{доп}}$. Для этого вначале определяются максимальные значения коллекторного тока $I_{K2\text{МАХ}} = E_K/R_H$ и напряжения $U_{K\text{МАХ}} \cong E_K$. Затем с учетом надежной работы принимают, чтобы

$$I_{K\text{доп}} = (1,2\div 1,5)I_{K2\text{МАХ}}; \quad U_{K\text{доп}} = (1,5\div 2) U_{K2\text{МАХ}}. \quad (1)$$

По приложению 1 с учетом (1) выбирают транзистор VT2.

Для выбора входного транзистора VT1 рассчитывают максимальный ток:

$$I_{K1\text{max}} \cong \frac{E_K}{R_1}, \quad R_1 = \frac{(E_K - U_D)\beta}{K_H I_{K2\text{max}}}, \quad (2)$$

где β – коэффициент усиления транзистора (можно принять равным 30);

K_H – коэффициент насыщения, выбираемый обычно равным 2.

Сопротивление смещения R_2 выбирается из условия, чтобы ток через диод VD в режиме отсечки транзистора VT2 создавал напряжение на диоде

$$U_D \cong (1\div 1,5), \text{ В}; \quad I_D \approx 0,05\div 0,1 \text{ А}.$$

Диод выбирается из условия, чтобы максимальный ток $I_{D\text{МАХ}}$, протекающий через него в режиме насыщения транзистора VT2, не превышал допустимого значения тока $I_{D\text{доп}}$, указанного в приложении 2, т. е.

$$I_{D\text{МАХ}} < I_{D\text{доп}} \quad (3)$$

где $I_{D\text{МАХ}} = I_H + E_K / R_2$.

Максимальное напряжение на диоде $U_{D\text{МАХ}} = E_K$ должно быть меньше допустимого напряжения на диоде $U_{D\text{доп}}$ (приложение 2): $U_{D\text{МАХ}} < U_{D\text{доп}}$.

Задача 4

На рис. 4 представлен тиристорный выключатель постоянного напряжения. Сопротивление нагрузки R_H и напряжение U источника заданы (табл. 5).

Требуется:

- 1) рассчитать параметры схемы (R , C);
- 2) выбрать типы тиристоров VS1 и VS2;
- 3) дать подробное описание работы выключателя;

4) указать достоинства и недостатки данного выключателя по сравнению с контактным выключателем постоянного тока.

Таблица 5

Последняя или предпоследняя от конца цифра шифра студента	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	R_H , Ом	5	6	7	9	11	13	14	16	18
Значение R_H выбирается по последней цифре шифра										
U , В	400	500	600	700	800	850	900	950	1000	1100
Значение U выбирается по предпоследней цифре шифра										

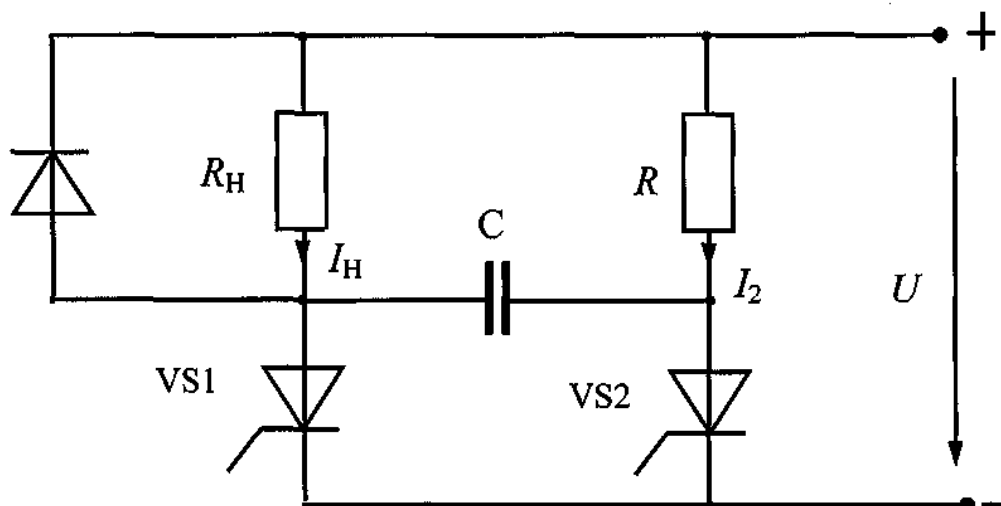


Рис. 4

Методические указания

Перед решением задачи следует изучить материал, относящийся к расчету тиристорных переключающих устройств постоянного тока [1], с. 378...386, 416...418.

Рекомендуется следующий порядок расчета схемы.

1. Определяется ток I_1 через силовой тиристор VS1:

$$I_1 = I_H = U / R_H.$$

2. Выбирается тип силового тиристора VS1 (приложение 3) из условий

$$I_{НОМ} \geq (1,2 \div 1,5) I_1, \quad U_{НОМ} \geq (1,1 \div 1,2) U,$$

где $I_{\text{НОМ}}$ и $U_{\text{НОМ}}$ – наибольшие допустимые значения тока и напряжения тиристора (эти значения определяются из справочной литературы, в данном случае из приложения 3).

3. Рассчитывается емкость коммутирующего конденсатора по соотношению (1):

$$C \geq (1 \div 1,4) \frac{I t_{\text{ВЫК}}}{U_C},$$

где $I_{\text{Н}}$ – ток нагрузки (тиристора VS1); $t_{\text{ВЫК}}$ – время выключения тиристора VS1 (приложение 3); U_C – напряжение на конденсаторе, равное

$$U_C = U.$$

4. Выбирается тип вспомогательного тиристора VS2. При этом следует учесть, что ток разряда конденсатора через тиристор VS2 протекает только в течение времени $t = t_{\text{ВЫК}}$, т.е. тиристор в этом случае работает в режиме ударных токов. Величина тока разряда может превышать ток нагрузки в 2-3 раза. Поэтому тиристор выбирается по величине ударного тока $I_{\text{УД}}$ (приложение 3):

$$I_{\text{УД}} > (2 \div 3) I_{\text{Н}}$$

и по напряжению U_{T2} , которое, как видно из схемы, равно

$$U_{\text{T2}} \cong U.$$

5. Рассчитывается сопротивление R из условия, чтобы при кратковременной подаче управляющего напряжения на тиристор VS2 произошло его включение и это состояние оставалось после отсутствия управляющего напряжения. Для этого необходимо, чтобы

$$I_2 = \frac{U}{R} > I_{\text{ВЫК2}},$$

где $I_{\text{ВЫК2}}$ – ток выключения тиристора VS2, ориентировочное значение которого можно принять равным

$$I_{\text{ВЫК2}} \cong 0,1 I_{\text{НОМ}}.$$

Библиографический список

Основной:

1. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.1./ под общ. ред. В.Г. Герасимова [и др.]. - М.: Изд. дом МЭИ, - 2009..
2. Электротехнический справочник: в 4 т. Т.2./ под общ. ред. В.Г. Герасимова [и др.] - М.: Изд. дом МЭИ. - 2009.
3. Попков, О.З. Основы преобразовательной техники: учеб. пособие для вузов / О.З. Попков - М.: Изд-во МЭИ, 2005.
4. Касаткин, А.С. Электротехника: учебник для вузов / А.С. Касаткин, М.В. Немцов. - М.: Академия, 2008.

Дополнительный:

5. Хернитер, М.Е. Multisim 7. Современная система компьютерного моделирования и анализа схем электронных устройств / М.Е. Хернитер; пер.с англ. А.И. Осипов - М.: Изд. дом ДМК-Пресс, 2006.
6. Шопен, Л.В. Бесконтактные электрические аппараты автоматики: учеб. пособие для вузов / Л.В. Шопен. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
7. Могилевский, Г.М. Гибридные электрические аппараты низкого напряжения / Г.М. Могилевский. - М.: Энергоатомиздат, 1986.