

Исследование однофазных однополупериодных управляемых выпрямителей

Цель работы

Исследование электромагнитных процессов, регулировочных и энергетических характеристик управляемых выпрямителей, выполненных по однофазной однополупериодной схеме выпрямления на обычных и запираемых тиристорах, при работе на активную и активно-индуктивную нагрузку.

Описание лабораторной установки

В лабораторной работе используются следующие модули: «Тиристоры», «Мультиметры», «Измеритель мощности», а также двухканальный осциллограф.

Лицевая панель модуля тиристоров представлена на рис. 1.

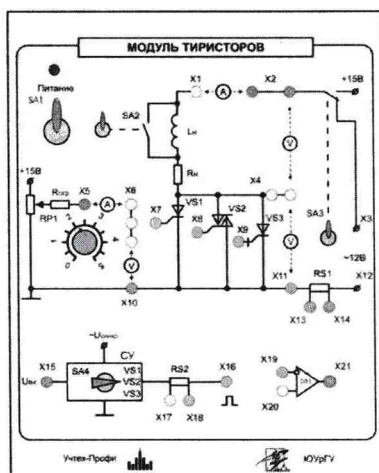


Рис. 1. Лицевая панель модуля «Тиристоры»

На лицевой панели приведена мнемосхема и установлены коммутирующие и регулирующие элементы. На мнемосхеме изображены: тиристор $VS1$, симметричный тиристор $VS2$ (в данной работе не используется), запираемый тиристор $VS3$, активное и индуктивное сопротивления нагрузки однополупериодного выпрямителя ($R_H = 150 \text{ Ом}$ и $L_H = 70 \text{ мГн}$). Потенциометр $RP1$ служит для изменения напряжения управления. Система управления (CY) формирует управляющие импульсы, сдвигаемые по фазе, при изменении входного управляющего напряжения $U_{упр} = 0 \dots 10 \text{ В}$. Шунт $RS1 = 10 \text{ Ом}$ служит для осциллографирования сигнала, пропорционального току через тиристор, а $RS2 = 10 \text{ Ом}$ для осциллографирования тока управления. Усилитель $DA1$ позволяет усилить сигнал тока, снимаемый с шунта $RS1$. Также на передней панели размещены гнезда для осуществления внешних соединений $X1 - X21$, ручка потенциометра $RP1$, переключатель вида нагрузки $SA1$ (активной – положение вверх или активно-индуктивной – положение вниз) и

переключатель каналов подачи управляющих импульсов на соответствующие тиристоры SA3. Переключатель SA2 в данной работе подает на схему переменное напряжение (~12 В). На мнемосхеме не показан понижающий трансформатор, от которого переменное напряжение U_2 подается на схему.

Подача питания выполняется при включении сетевого выключателя, установленного на модуле.

Задание и методические указания

1. Предварительное домашнее задание:

а) изучить темы курса «Тиристоры», «Однофазные выпрямители», «Управляемые выпрямители тока», «Энергетические показатели выпрямителей» и содержание данной работы, быть готовым ответить на все контрольные вопросы;

б) построить в масштабе временные диаграммы переменного синусоидального напряжения u_2 , выпрямленного напряжения (напряжения на нагрузке) u_d , анодного тока i_a и напряжения на вентиле u_a для управляемого выпрямителя на однооперационном (незапираемом) тиристоре для заданного угла управления α и напряжения U_2 ;

в) построить регулировочную характеристику при активной нагрузке и идеальных вентилях, а также при учете падения напряжения на вентиле, для заданных параметров. Уравнение регулировочной характеристики при активной нагрузке и идеальных вентилях

$$U_{d\alpha 0} = U_{d0} \cdot \left[\frac{1 - \sin(\alpha - \pi/2)}{2 \cdot \sin(\pi/2)} \right], \quad (1)$$

где $U_{d0} = 0,45 \cdot U_2$ – среднее выпрямленное напряжение на нагрузке в неуправляемом выпрямителе.

Падение напряжения на вентиле приближенно можно учесть, вычтя пороговое напряжение U_0 , тогда уравнение регулировочной характеристики

$$U_{d\alpha} = U_{d\alpha 0} - U_0. \quad (2)$$

г) построить в масштабе временные диаграммы переменного синусоидального напряжения u_2 , выпрямленного напряжения (напряжения на нагрузке) u_d , анодного тока i_a и напряжения на вентиле u_a для управляемого выпрямителя на запираемом тиристоре для заданных углов управления α и напряжения U_2 .

2. Экспериментальное исследование однофазного однополупериодного управляемого выпрямителя на незапираемом тиристоре:

а) собрать схему однополупериодного управляемого выпрямителя на незапираемом тиристоре в соответствии с рис. 2. Дополнительные перемычки и измерительные приборы, подключаемые в схему, показаны штриховой линией.

В табл. 1 приведены измерительные приборы, используемые в лабораторной работе, в соответствии с принятыми обозначениями на схеме (см. рис. 2).

Переключить тумблер SA1 (см. рис. 1) в верхнее положение, соответствующее активной нагрузке, а SA2 – в нижнее положение, подключив в цепь нагрузки тиристора VS1 переменное напряжение (~12 В). Переключатель SA3 установить в

верхнее положение, соответствующее управлению тиристором VS1. Установить требуемые пределы измерений на измерительных приборах согласно табл. 1;

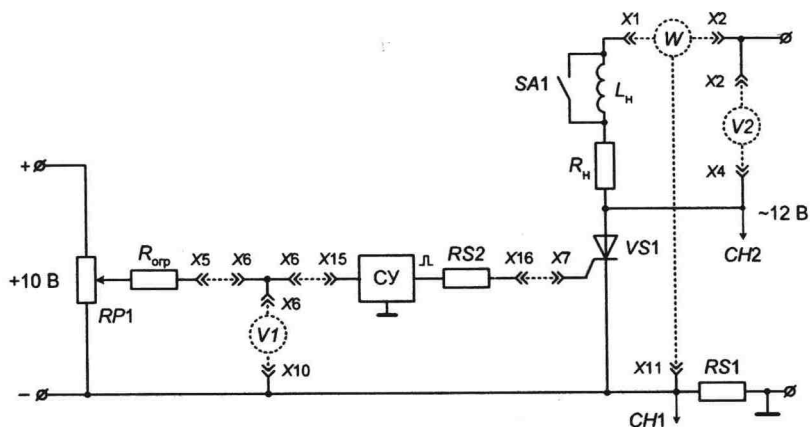


Рис. 2. Схема для исследования однополупериодного управляемого выпрямителя на незапираемом тиристоре

Таблица 1

Измеряемые величины	Обозначение прибора	Предел измерения	Месторасположение прибора (название модуля)
Действующие значения напряжения U_2 , тока I_2 и мощности на входе	W	$U_2 \sim 30 \text{ В};$ $I_2 \sim 0,2 \text{ А}$	Измеритель мощности
Среднее значение выпрямленного напряжения U_d	$V2$	$= 20 \text{ В}$	Мультиметры
Напряжение управления $U_{\text{упр}}$	$V1$	$= 20 \text{ В}$	Мультиметры

б) изучить влияние угла управления на выпрямленное напряжение u_d и определить возможный диапазон изменения угла управления α . Для этого подключить вход CH2 осциллографа к гнезду X4, а корпус (\perp) – к гнезду X14 (напряжение на тиристоре u_d). Включить питание модуля «Тиристоры» и тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности». Регулировать угол управления α , изменяя напряжение управления $U_{\text{упр}}$. Снять зависимость угла управления от напряжения управления $\alpha = F(U_{\text{упр}})$.

Угол управления α определять при помощи осциллографа

$$\alpha = \frac{\alpha_{\text{дел.}}}{T_{\text{дел.}}} \cdot 360, \text{ град.} \quad (3)$$

где α – угол управления тиристора (град.); $\alpha_{\text{дел.}}$ – угол управления на экране в делениях; $T_{\text{дел.}}$ – длительность периода на экране в делениях.

В дальнейшем, пользуясь этой характеристикой, можно определять угол управления α , не пользуясь осциллографом;

в) при активной нагрузке и заданном угле управления α снять осциллограммы напряжения на тиристоре u_a (вход CH2 осциллографа подключить к гнезду X4, а корпус (\perp) – к гнезду X14) и анодного тока i_a (снимается с шунта RS1 – вход CH1 осциллографа к гнезду X13). Затем снять отдельно осциллограмму выпрямленного напряжения u_d (вход CH2 осциллографа подключить к гнезду X2, а корпус (\perp) – к гнезду X4, временно отключив вольтметр V2 от измеряемой цепи). Определить коэффициент мощности в этой точке $\chi = P/S$. Активную P и полную S мощности измерить «Измерителем мощности»;

г) переключить тумблер SA1 в нижнее положение, разомкнув индуктивность нагрузки L_n . Снять те же осциллограммы при заданном по варианту угле управления α и активно-индуктивной нагрузке, сравнить осциллограммы;

д) снять регулировочную $U_d = F(\alpha)$ и энергетические характеристики $P = F(\alpha)$, $S = F(\alpha)$, $\chi = F(\alpha)$ при активной нагрузке. Для этого переключить тумблер SA1 в верхнее положение, соответствующее активной нагрузке. Изменяя напряжение управления $U_{упр}$ ручкой потенциометра RP1, фиксировать по измерительным приборам требуемые величины. Экспериментальные данные занести в таблицу. Построить характеристики;

е) снять регулировочную характеристику $U_d = F(\alpha)$ при активно-индуктивной нагрузке, для чего переключить тумблер SA1 в нижнее положение. Сравнить снятые регулировочные характеристики и, пользуясь осциллограммами, объяснить причины их отличий. Выключить питание модуля «Тиристоры» и тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности».

3. Экспериментальное исследование однополупериодного управляемого выпрямителя на запираемом тиристоре:

а) собрать схему в соответствии с рис. 2, а вместо тиристора VS1 включить запираемый тиристор VS3. Для этого подать на управляющий электрод VS3 импульсы от системы управления (СУ), переключив переключатель SA3 в крайне нижнее положение и соединив перемычкой гнезда X9 – X16. Переключить тумблер SA1 в верхнее положение, замкнув индуктивность нагрузки L_n ;

б) повторить пункты 2 в, г для запираемого тиристора VS3. Сравнить осциллограммы п. 2 и 3. Объяснить наличие перенапряжений в схеме с запираемым тиристором;

в) для активной нагрузки найти угол α , при котором коэффициент мощности χ и $\cos\phi$ преобразователя максимальны. Энергетические показатели преобразователя замерять модулем «Измеритель мощности». Объяснить результат. Выключить питание модуля «Тиристоры» и тумблер «Сеть» модуля «Измеритель мощности».

Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие пункты:

- наименование и цель работы;
- временные диаграммы и характеристики, построенные предварительно;

- в) результаты экспериментальных исследований и проведенных по ним расчетов, помещенные в соответствующие таблицы;
- г) экспериментально снятые и построенные характеристики;
- д) обработанные осциллограммы;
- е) выводы по работе. Обязательно ответить на контрольные вопросы 3, 4, 9.

Контрольные вопросы

1. Как работает однополупериодный управляемый выпрямитель?
2. Что такое угол управления? По какой осциллограмме его можно определить?
3. На что влияет угол управления?
4. От чего зависит форма напряжения на нагрузке?
5. Можно ли выполнить управляемый выпрямитель на транзисторе? Если нет, то почему, если да, то как?
6. Как влияет вид нагрузки на осциллограммы напряжения и тока?
7. Что такое угол проводимости вентиля?
8. Что такое регулировочная характеристика?
9. От чего зависит вид регулировочной характеристики?
10. Можно ли снять регулировочную характеристику на холостом ходу? Обоснуйте ответ.
11. Чем определяется диапазон изменения угла управления, необходимый для полного регулирования выпрямленного напряжения?