

Лабораторная работа №2

Способы коммутации тиристоров

1. Описание работы

В лабораторной работе изучаются принципы управления тиристорными ключами на примере работы трех схем коммутации тиристоров, используемых в силовых электронных регуляторах и преобразователях электрической энергии.

Для выполнения работы необходимо открыть файл «Лабораторные работы по ЭЭА» и в разделе «Лабораторные работы» выбрать «Исследование способов коммутации тиристоров».

В работе исследуются три схемы коммутации тиристоров (рис. 1). В разделе «Схема 1» изучается способ коммутации тиристора посредством подключения конденсатора. Коммутация с использованием колебательного LC -контура исследуется в разделе «Схема 2». В разделе «Схема 3» рассматривается выключение тиристора в случае колебательного характера переходного процесса при коммутации RLC -нагрузки.

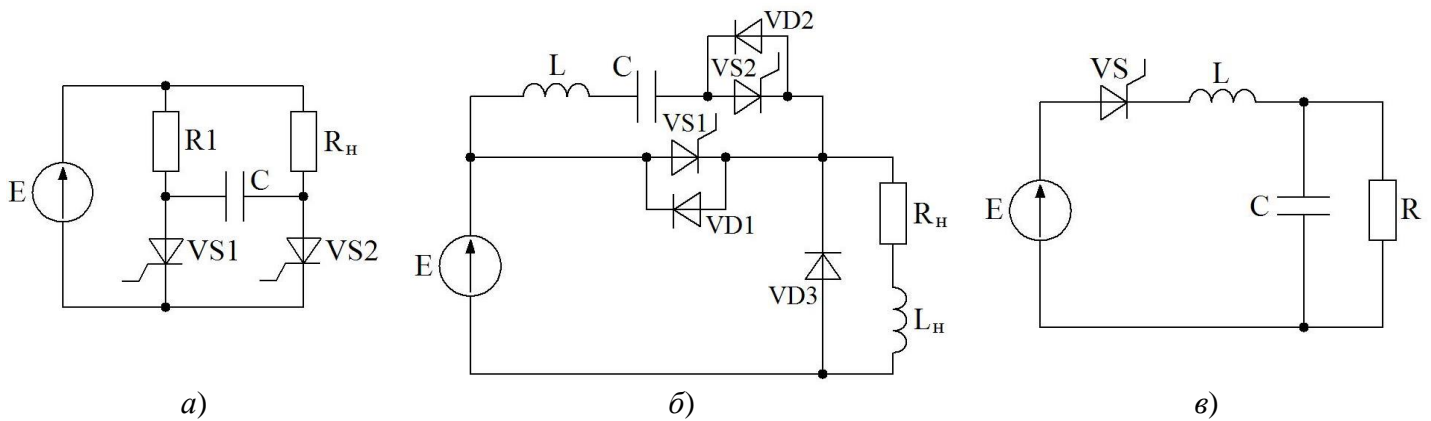


Рис. 1. Схемы коммутации тиристоров: а – схема 1; б – схема 2; в – схема 3

Параметры исследуемых схем приведены в табл. 1.

Табл. 1. Параметры схем

Схема 1	Схема 2	Схема 3
$E = 50 \text{ В}$	$E = 50 \text{ В}$	$E = 50 \text{ В}$
$C = 10 \text{ мкФ}$	$C = 1 \dots 50 \text{ нФ}$	$C = 0,5 \dots 1,5 \text{ мкФ}$
$R_{\text{н}} = 100 \dots 1100 \text{ Ом}$	$L = 0,18 \text{ мГн}$	$L = 1 \text{ мГн}$
	$R_{\text{н}} = 50 \dots 200 \text{ Ом}$	$R_{\text{н}} = 10 \dots 1000 \text{ Ом}$
	$L_{\text{н}} = 0,6 \text{ мГн}$	

Алгоритм расчета схем коммутации основан на использовании эквивалентных схем замещения полупроводниковых приборов, работающих в ключевом режиме. Ключевые элементы в открытом состоянии представляются проводником с нулевым сопротивлением, а в закрытом состоянии – разрывом цепи. В отдельных случаях, для облегчения понимания работы схем, при расчете учитывается падение напряжения на ключевых элементах.

2. Задание на работу

Пункты 2.1–2.3 являются теоретическими.

2.1. Для схемы коммутации тиристора подключением конденсатора (схема 1) построить зависимость времени, в течение которого к тиристорам VS2 приложено отрицательное напряжение (интервала выключения) от сопротивления нагрузки. Параметры элементов схемы указаны в табл. 1.

2.2. Для схемы коммутации тиристора при помощи колебательного контура (схема 2) составить схемы замещения, соответствующие интервалам проводимости тиристорам и диодов. Для каждой схемы замещения необходимо записать уравнения и качественно определить характер их решения.

2.3. Для схемы выключения тиристора при колебательном характере нагрузки (схема 3) вывести формулу для расчета критического сопротивления нагрузки, соответствующего условию перехода аperiodического процесса в колебательный.

2.4. Исследование процесса коммутации тиристора посредством подключения конденсатора

Для проведения исследования необходимо открыть раздел «Схема 1» и указать имя и путь для сохранения текстового файла-протокола. Расчет производится при значении сопротивления нагрузки $R_H = (400 + 100 \cdot N) \text{ Ом}$, где N – номер бригады. После ввода исходных данных необходимо нажать кнопку «Начать опыт». Результаты необходимо сохранить в файле-протоколе, нажав кнопку «Сохранить осциллограммы», а также полученные осциллограммы требуется сохранить в виде графических файлов (с помощью программы *Paint*).

По полученным осциллограммам необходимо определить сопротивление резистора R_1 .

Также требуется снять зависимость времени $t_{\text{выкл}}$, в течение которого тиристор VS2 находится под отрицательным напряжением, от сопротивления нагрузки. Время $t_{\text{выкл}}$ приближенно определяется по осциллограмме $U_{\text{VS2}}(t)$. Результаты заносятся в табл. 2.

Табл. 2. Зависимость $t_{\text{выкл}}$ от R_H

$R_H, \text{ Ом}$	100	400	700	1000
$t_{\text{выкл}}, \text{ мс}$				

2.5. Исследование процесса коммутации тиристора с помощью колебательного LC-контура

Для проведения исследования необходимо открыть раздел «Схема 2» и произвести расчет процессов при $R_H = (70 + 10 \cdot N) \text{ Ом}$, $C = 10 \text{ нФ}$ и 20 нФ . Полученные осциллограммы необходимо сохранить в текстовом файле-протоколе и в виде графических файлов.

Затем, изменяя значение емкости в допустимом диапазоне, добиться срыва коммутации. Срыв коммутации – режим работы схемы, при котором не происходит выключение основного тиристора (ток тиристора VS1 не спадает до нуля). Полученные осциллограммы сохранить в протоколе и в виде графических файлов.

При значении емкости $C = 20 \text{ нФ}$, изменяя значение R_H в допустимом диапазоне, добиться срыва коммутации. Сохранить полученные осциллограммы.

2.6. Исследование процесса коммутации тиристора в схеме с RLC-нагрузкой

Для проведения исследования необходимо открыть раздел «Схема 3» и произвести расчет при $C = 0,7 \text{ мкФ}$, $R_{\text{н}} = (60 - 5 \cdot N) \text{ Ом}$, 60 Ом и $(60 + 5 \cdot N) \text{ Ом}$. Полученные осциллограммы необходимо сохранить в текстовом файле-протоколе и в виде графических файлов. По осциллограммам определить случаи нормальной работы и срыва коммутации. Если одного из режимов получить не удалось, необходимо добиться работы схемы в требуемом режиме, изменяя значение сопротивления $R_{\text{н}}$.

Произвести расчет при $R_{\text{н}} = (80 + 10 \cdot N) \text{ Ом}$, $C = 0,6 \text{ мкФ}$ и $1,2 \text{ мкФ}$. Сохранить полученные осциллограммы. Определить случаи нормальной работы и срыва коммутации. Если одного из режимов получить не удалось, необходимо добиться работы схемы в требуемом режиме, изменяя значение емкости.

3. Подготовка отчета

По результатам выполнения лабораторной работы каждая бригада должна подготовить отчет. После проверки отчета преподавателем бригада допускается к защите работы. На титульном листе отчета должны быть указаны: название выполненной работы; номер бригады; фамилии студентов и преподавателя. Отчет должен содержать: цель работы; краткое содержание работы и описание исследуемых схем; выполненные теоретические пункты задания и результаты проведенных опытов; выводы по работе.

Результаты опытов необходимо представить в виде осциллограмм. Для этого сохраненные в текстовом файле-протоколе числовые данные необходимо графически обработать в любой из подходящих программ. Например, для построения осциллограмм в программе *Microsoft Excel* следует выбрать и скопировать необходимые данные из txt-файла в *Excel* и воспользоваться функцией построения диаграмм (рекомендуется выбрать «точечную» диаграмму). Диаграммы, представленные в отчете, должны иметь размер, соответствующий ширине страницы. Числовые значения на диаграммах должны быть читаемы, а каждая осциллограмма подписана.

Зависимости времени отключения тиристора от сопротивления нагрузки, полученные в п. 2.1 и 2.4, необходимо построить на одной и той же диаграмме. При этом масштаб по оси времени должен быть не меньше 2 мс.

Осциллограммы, полученные в п. 2.5 для нормального режима работы схемы при двух значениях емкости и при срыве коммутации, требуется обработать следующим образом:

- осциллограммы тока колебательного контура, тока нагрузки и тока тиристора должны быть построены на одной диаграмме (координатной плоскости);
- напряжения на тиристорах необходимо совместить на одной диаграмме, при этом цена основного деления должна быть не менее 2 В;

Осциллограммы токов и напряжений, полученные в п. 2.6 при трех значениях сопротивления, необходимо построить на одних и тех же координатных плоскостях (диаграммах). Аналогично – для осциллограмм, полученных при двух значениях емкости. При этом совмещать на одной диаграмме можно только осциллограммы токов либо осциллограммы напряжений. Масштаб на диаграммах напряжений должен быть не менее 5 В на деление.

Отчеты, оформленные без учета указанных требований, не принимаются.

4. Контрольные вопросы

1. Что такое естественная и искусственная коммутация тиристоров?
2. Объясните принцип выключения тиристоров в схеме №1. Как часто можно совершать коммутации? Как влияет величина сопротивления R_1 на работу схемы?
3. Объясните осциллограммы, полученные при коммутации тиристора с помощью колебательного контура. Как влияют параметры нагрузки и коммутационного контура на работу схемы №2?
4. Объясните принцип выключения тиристора в схеме №3. Какова будет форма тока тиристора в двух крайних случаях: при очень большом и очень малом R_H ?
5. Что такое срыв коммутации, и в каких случаях он может произойти?