

# Лабораторная работа №3

## Тиристорный регулятор переменного тока

### 1. Описание работы

В лабораторной работе исследуется схема регулятора тока на основе встречноключенных тиристоров при различных типах нагрузки.

В работе исследуются схемы тиристорных регуляторов при активной, индуктивной и активно-индуктивной нагрузке (рис. 1). Рассматриваются процессы при подключении нагрузки к источнику переменного синусоидального напряжения  $u(t) = U_m \sin(2\pi \cdot f \cdot t)$  с частотой  $f = 50$  Гц. Амплитуда напряжения  $U_m = 300$  В.

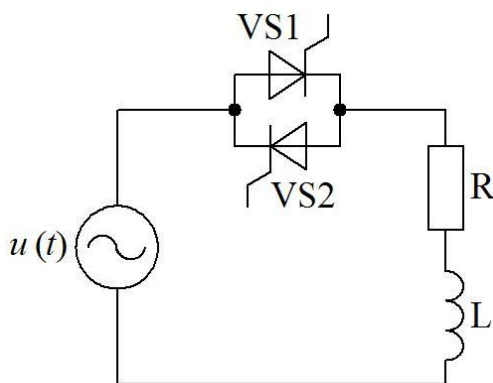


Рис. 1. Исследуемая схема тиристорного регулятора

Алгоритм расчета схем регуляторов основан на использовании эквивалентных схем, в которых тиристоры в открытом состоянии заменяются проводником с нулевым сопротивлением, а в закрытом состоянии имеют бесконечно большое сопротивление.

### 2. Задание на работу

#### 2.1. Исследование работы тиристорного регулятора на активную нагрузку

Для проведения исследования необходимо открыть в программе *Matlab/Simulink* файл «*Regulator.mdl*» и собрать схему регулятора, используя представленные в модели блоки. Для создания узлов используются элементы *Bus*. В блоках *Pulse1* и *Pulse2* следует задать величину задержки сигналов управления тиристорами (*phase delay*), выразив ее через угол управления  $A$  (в градусах). Угол управления  $A$  и параметры нагрузки ( $R, L$ ) задаются в командном окне программы *Matlab*. Также задается шаг расчета (в секундах)  $T_s = 5e-6$ . На блоках *Display* требуется отобразить результаты вычислений действующих значений напряжения и тока нагрузки и их средних значений за полупериод (показания блоков *RMS* и *Mean*). На осциллограф необходимо вывести 4 диаграммы:

- напряжение источника;
- импульсы управления тиристорами (объединить сигналы блоком *Mux*);
- ток нагрузки и его основную гармонику (выход блока *Garmonika*);
- напряжение на нагрузке.

Моделирование производится при нулевом значении индуктивности ( $L = 0$ ), сопротивлении нагрузки  $R = 20 \cdot N$  (Ом) и угле управления  $A = (10 + 10 \cdot N)^\circ$ , где  $N$  – номер бригады. Полученные осциллограммы требуется сохранить в виде графических файлов, предварительно изменив масштаб отображения кнопкой *Autoscale* на панели инструментов в окне осциллографа.

Затем необходимо произвести расчет при изменении угла управления в диапазоне от 0 до 180°. Полученные действующие и средние значения напряжения и тока нагрузки заносятся в табл. 1.

Табл. 1. Регулировочные характеристики регулятора при  $R$ -нагрузке

$A, ^\circ$	0	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$U_d, A$													
$U_{cp}, A$													
$I_d, A$													
$I_{cp}, A$													

По данным табл. 1 требуется построить соответствующие графические зависимости и сопоставить их с теоретическими характеристиками регулятора.

## 2.2. Исследование работы тиристорного регулятора при $RL$ -нагрузке

Для проведения исследования необходимо вычислить значения индуктивности и сопротивления при условии, что полное сопротивление  $Z = 20 \cdot N$  (Ом), для двух значений угла нагрузки  $\varphi_1 = 5 \cdot N$  (град.),  $\varphi_2 = 1,4 \varphi_1$ .

Моделирование проводится при двух значениях угла управления:  $A_1 = \varphi_1 + 10^\circ$  и  $A_2 = \varphi_2 + 10^\circ$ . Полученные осциллограммы необходимо сохранить.

Затем, изменяя значение угла управления в диапазоне от  $A_1$  до 180° с шагом 15°, произвести расчет схемы и заполнить табл. 2.

Табл. 2. Регулировочные характеристики регулятора при  $RL$ -нагрузке

$A, ^\circ$	$A_1$	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
$U_d, A$												
$U_{cp}, A$												
$I_d, A$												
$I_{cp}, A$												

По данным табл. 2 необходимо построить графики регулировочных характеристик и сравнить их с зависимостями, полученными в п. 2.1, а также с теоретическими характеристиками регулятора.

## 2.3. Исследование работы схемы при индуктивной нагрузке

Для проведения исследования необходимо вычислить значение индуктивности при условии, что реактивное сопротивление  $X_L = 20 \cdot N$  (Ом). Моделирование выполняется при значении угла управления  $A = (90 + 6 \cdot N)^\circ$ . На дополнительном блоке *Display* требуется отобразить результат вычисления амплитуды основной гармоники тока нагрузки (показание блока *Fourier*). Полученные осциллограммы необходимо сохранить.

Затем необходимо произвести расчет при изменении угла управления в диапазоне от  $90^\circ$  до  $180^\circ$ . Полученные действующее и среднее значения тока, а также амплитуда его основной гармоники заносятся в табл. 3.

Используя измеренные значения основной гармоники тока, требуется рассчитать эквивалентное индуктивное сопротивление схемы и реактивную мощность, результаты расчета внести в табл. 3.

Табл. 3. Регулировочные характеристики при  $L$ -нагрузке

$A, ^\circ$	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180
$I_d, A$										
$I_{cp}, A$										
$I_{1m}, A$										
$X_{эKB}, Ом$										
$Q, вар$										

По данным табл. 3 необходимо построить графики зависимостей измеренных значений тока от угла управления, а также характеристики  $X_{эKB} = f(A)$  и  $Q = f(A)$ . Сравнить полученные зависимости с теоретическими.

#### 2.4. Исследование процесса компенсации реактивной мощности

Для проведения исследования необходимо подключить к схеме  $RC$ -нагрузку, сохранив файл модели с другим названием. Параметры нагрузки ( $RN, CN$ ) задаются в командном окне программы *Matlab*. Помимо тока дросселя необходимо измерить ток нагрузки и ток источника. На блоке *Display3* требуется отобразить результаты вычислений фазовых углов основных гармоник токов дросселя, нагрузки и источника. На осциллограф необходимо вывести 5 диаграмм:

- напряжение источника;
- импульсы управления тиристорами;
- ток дросселя и его основную гармонику (объединить сигналы блоком *Mux*);
- ток нагрузки;
- ток источника и его основную гармонику (объединить сигналы блоком *Mux*).

Для проведения исследования необходимо вычислить значения емкости и сопротивления нагрузки при условии, что полное сопротивление нагрузки  $Z_H = 20 \cdot N$  (Ом), а угол нагрузки  $\varphi_H = 7,5 \cdot N$  (град.).

После задания параметров нагрузки необходимо выполнить моделирование при угле управления  $A = 90^\circ$  и сохранить осциллограммы. Далее, увеличивая угол управления, нужно добиться того, чтобы фаза основной гармоники тока источника (показание блока *Display3*) не отклонялась от 0 более, чем на  $\pm 1^\circ$ . Сохранить осциллограммы для этого случая.

### 3. Контрольные вопросы

1. Объясните принцип действия тиристорного регулятора переменного тока при различном характере нагрузки.
2. Объясните полученные осциллограммы.
3. Объясните полученные характеристики.