

ТИРИСТОРНЫЙ ДВУХТАКТНЫЙ СТАБИЛИЗАТОР ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ

Л. А. ВОЛЫНСКАЯ, В. М. РАЗИН

(Представлена научным семинаром кафедры ВТ ТПИ)

Компенсационные стабилизаторы переменного напряжения состоят из трех основных элементов: измерительного, управляющего и регулирующего. В качестве регулирующих элементов широко используются два встречно-параллельно включенных тиристора, образующих быстродействующий выключатель с управляемым импедансом, при помощи которого можно коммутировать однофазную цепь переменного тока и изменять средние величины тока в цепи и напряжения на нагрузке. Ключевой режим работы регулирующего элемента является наиболее экономичным, однако ведет к изменению формы выходного напряжения. Для улучшения формы выходного напряжения применяются схемы с двухтактной коммутацией, выходное напряжение которых имеет ступенчато-синусоидальную форму [1]. Общим недостатком, присущим большинству тиристорных стабилизаторов, является то, что номинальная мощность управляемых вентилях регулирующих элементов должна быть выше половины мощности двухтактного стабилизатора [2].

Данная работа посвящена вопросам разработки автотрансформаторных двухтактных стабилизаторов переменного напряжения у которых суммарная номинальная мощность тиристоров в $2 \div 2,5$ раза меньше выходной мощности стабилизатора. Блок-схема такого стабилизатора приведена на рис. 1, где 1 — автотрансформатор; 2 — тиристорный регулирующий элемент, управляемый цепью обратной связи; 3 — тиристорный исполнительный элемент, управляемый схемой синхронизации; 4 — цепь обратной связи; 5 — схема синхронизации; 6 — добавочное сопротивление.

Если добавочное сопротивление равно нулю, то, пренебрегая током холостого хода, при коммутации отвода автотрансформатора d можно принять [3], что для повышающего автотрансформатора справедливы следующие соотношения между мощностями, токами, напряжениями и числами витков частей обмотки:

$$U_1 \cdot I_1 = U_2 \cdot I_2; \quad \frac{U_2}{U_1} = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{W_2 + W_3} = K_1; \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{K_1}. \quad (1)$$

При коммутации отвода c имеют место следующие соотношения:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{W_1 + W_2}{W_2} = K_2; \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{1}{K_2}. \quad (2)$$

В первом случае ток, протекающий по общей части обмотки с числом витков $W_1 + W_2$, будет равен

$$I_{01} = I_2(K_1 - 1) = I_2 \frac{W_1}{W_2 + W_3}. \quad (3)$$

Во втором случае ток, протекающий по общей части обмотки, равен

$$I_{02} = I_2(K_2 - 1) = I_2 \frac{W_1}{W_2}. \quad (4)$$

Таким образом, если коэффициенты передачи K_1 и K_2 будут меньше 2, то токи, протекающие по общей части обмотки автотрансформатора, будут меньше тока, протекающего по нагрузке.

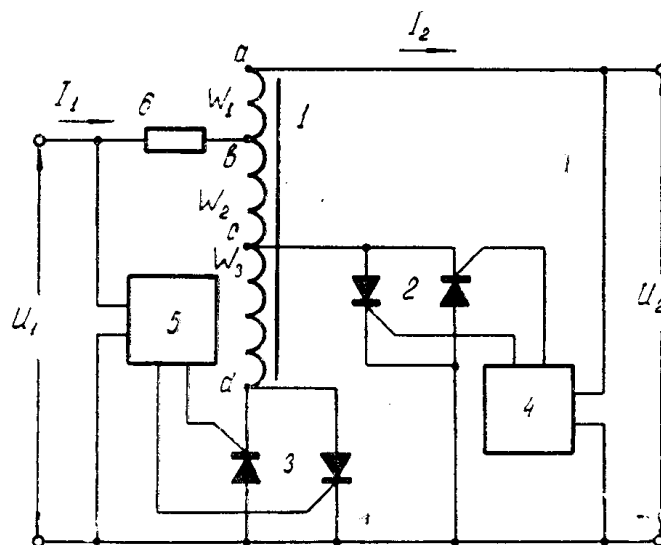


Рис. 1. Блок-схема двухтактного тиристорного стабилизатора

Рассмотрим принцип действия стабилизатора с двухтактной коммутацией для случая, когда сопротивление R_1 равно нулю. В начале каждого полупериода сетевого напряжения схема синхронизации 5 включает регулирующий элемент 3, коммутирующий отвод автотрансформатора d . При этом во вторичную цепь трансформируется входное напряжение с коэффициентом передачи K_1 . При угле α , величина которого задается цепью обратной связи 4 с измерительным элементом среднего значения, включается регулирующий элемент 2, коммутирующий отвод автотрансформатора c и обеспечивающий увеличение мгновенного значения выходного напряжения скачкообразно в K_2/K_1 раза. В момент открытия регулирующего элемента 2 регулирующий элемент 3 запирается обратным напряжением, возникающим в секции обмотки автотрансформатора.

Если выбрать $K_1 = 1,05$ и $K_2 = 1,4$, то, согласно выражениям (3) и (4), при изменении входного напряжения в 1,33 раза и стабилизации среднего значения выходного напряжения ток в цепи, коммутируемой элементом 3, не будет превышать 5% от тока нагрузки, а в цепи, коммутируемой элементом 2, — 40% от тока нагрузки. Непосредственное подключение отвода автотрансформатора b к источнику переменного напряжения может иметь место лишь в том случае, если U_1 меньше величины выходного напряжения стабилизатора. Подключение отвода b к источнику переменного напряжения через сопротивление R_1 позволяет

осуществлять стабилизацию выходного напряжения и в том случае, когда U_1 больше U_2 . При активной нагрузке R_2 связь между выходным и входным напряжением стабилизатора может быть описана следующим выражением:

$$U_{\text{ср2}} = \frac{U_1}{2} [(S_2 - S_1) \cos \alpha + S_1 + S_2], \quad (5)$$

где

$$S_1 = \frac{K_1 \cdot R_2}{K_1^2 R_1 + R_2}, \quad S_2 = \frac{K_2 \cdot R_2}{K_2^2 R_1 + R_2}.$$

Ток через регулирующий элемент 3 будет максимален при наибольшем входном напряжении

$$I_{01} = I_2 (S_1 - 1). \quad (6)$$

Ток через регулирующий элемент будет максимален при наименьшем входном напряжении

$$I_{02} = I_2 (S_2 - 1). \quad (7)$$

По допустимому напряжению тиристоры регулирующего элемента 3 необходимо выбирать из условия:

$$U_{\text{доп1}} > U_{1\text{max}} \cdot S_2 \frac{W_3}{W_1 + W_2}, \quad (8)$$

а тиристоры регулирующего элемента 2 — из условия:

$$U_{\text{доп2}} > U_{1\text{max}} \cdot S_1 \frac{W_3}{W_1 + W_2 + W_3}, \quad (9)$$

где

$U_{1\text{max}}$ — максимальное амплитудное значение входного напряжения.

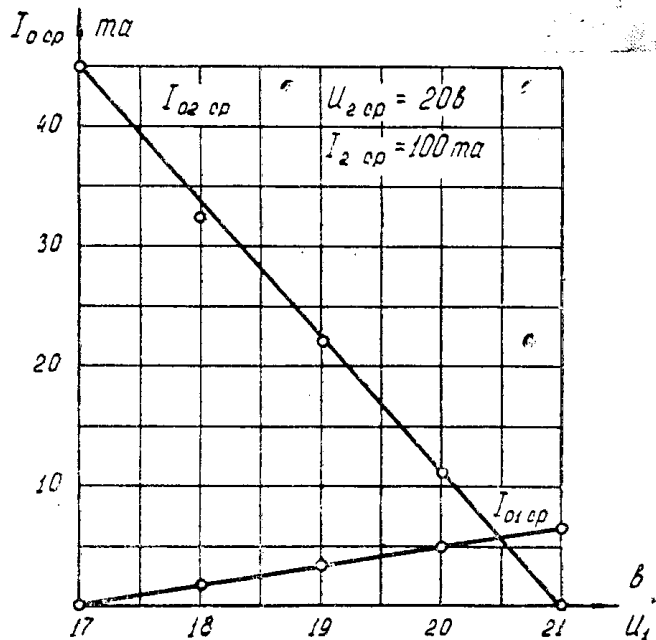


Рис. 2. Зависимости коммутируемых токов от величины входного напряжения

Экспериментальная проверка проводилась на макете тиристорного двухтактного автотрансформаторного стабилизатора среднего значения переменного напряжения, у которого в качестве регулирующих элементов 2 и 3 были использованы герметизированные контакты МКВ-1.

Обмотка автотрансформатора состояла из трех секций с числом витков $W_1 = 65$, $W_2 = 185$, $W_3 = 500$. Сопротивление нагрузки $R_2 = 100 \text{ см.}$ сопротивление $R_1 = 10 \text{ ом.}$ В результате экспериментальной проверки было установлено, что при стабилизации среднего значения выходного напряжения на уровне 20 вольт и кратности изменения выходного напряжения 1,25 расхождения между опытными и теоретическими результатами не превышали для напряжения 5,0%, а для токов 20%. Зависимости токов I_{01} и I_{02} от величины входного напряжения при $U_{\text{ср2}} = 20$ вольт приведены на рис. 2. Кривая выходного напряжения при $U_1 = 18,3$ вольт приведена на рис. 3.

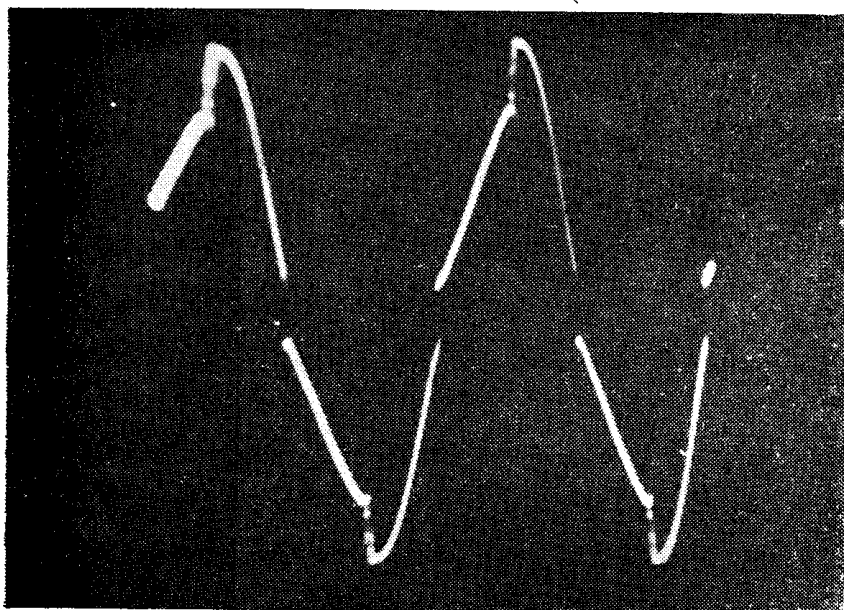


Рис. 3. Кривая выходного напряжения стабилизатора

Проведенный анализ показал, что при рассмотренном способе коммутации отводов автотрансформатора номинальная мощность тиристорных регулирующих элементов не должна превышать 20 ÷ 30% от выходной мощности стабилизатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Б. Н. Иванчук и др. Тиристорные и магнитные стабилизаторы напряжения, М., «Энергия», 1968.
2. С. Д. Додик и др. Источники электропитания на полупроводниковых приборах. М., «Советское радио», 1969.
3. А. С. Касаткин и др. Электротехника, М., Госэнергоиздат, 1952.