

Г.В. Малинин¹, А.Г. Сергеев²

(г. Чебоксары, ¹Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова,

²ОАО Всероссийский научно-исследовательский институт
релестроения с опытным производством («ВНИИР»))

G.V. Malinin¹, A.G. Sergeev² (Cheboksary, ¹Chuvash State University named after I.N. Ulyanov, ²All-Russian Research Institute of Relocation with Pilot Production (VNIIR))

СИФУ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИЕЙ

PULSE-PHASE CONTROL SYSTEM WITH AUTOMATIC SYNCHRONIZATION

Представлено имитационное моделирование системы импульсно-фазового управления с автоматической синхронизацией. Приведены результаты моделирования.

The simulation of a pulse-phase control system with automatic synchronization is presented. The simulation results are given.

Ключевые слова: система импульсно-фазового управления, тиристоры, импульсы управления, синхронизация.

Keywords: pulse-phase control system, thyristors, control pulses, synchronization.

Система импульсно-фазового управления (СИФУ) широко применяется в системах автоматического управления различными объектами [1], например, в трехфазном тиристорном управляемом выпрямителе (УВ) (рис. 1). Для правильной работы УВ необходимо, чтобы фазы силовой сети (A, B, C) совпадали с фазами синхронизации в СИФУ (a, b, c). От ошибочного подключения фаз сети и СИФУ применяются защиты от неправильного чередования фаз и от несовпадения силовых фаз и фаз синхронизации. В [2] показано, что с применением микропроцессорной техники возможна автосинхронизация УВ и его работа при любом сочетании силовых фаз и фаз синхронизации.

На рис. 1 приняты следующие обозначения: A, B, C - клеммы УВ для

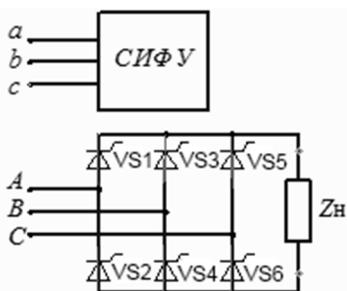


Рис. 1. Управляемый выпрямитель с СИФУ

подключения соответствующих фаз силовой сети; a, b, c - клеммы для подключения синхронизирующих напряжений к СИФУ. Учитывая, что сочетания ABC, BCA и CAB являются прямой последовательностью фаз, а ACB, BAC, CBA - обратной, всевозможное количество комбинаций фаз силовой сети и

фаз синхронизации равно 12 [2]. Импульсы управления тиристорами привязаны к синхронизирующим напряжениям. Так, после перехода через ноль фазы a отсчитывается угол управления для тиристора VS1, после v – для VS3, после c – для VS5. При правильном подключении фаз силовых и синхронизирующих напряжений (комбинация $ABC-abc$) СИФУ будет функционировать штатно, и импульсы управления будут выдаваться на соответствующие тиристоры таким образом, что на выходе УВ сформируется напряжение с заданным уровнем среднего значения. Обычно синхронизирующее напряжение $U_{\text{синх}}$ фаз a, b, c , отстает на 30 эл. град. относительно соответствующих силовых фаз. При использовании согласующих трансформаторов этот угол может быть другим в зависимости от групп обмоток трансформатора.

При неправильной последовательности силовых фаз и (или) фаз синхронизации (любая другая комбинация кроме $ABC-abc$) могут возникнуть аварийные ситуации, так как СИФУ будет выдавать импульсы по внутренним (a, v, c) напряжениям синхронизации. В качестве примера рассмотрим работу УВ при работе на активную нагрузку с углом управления 45 эл. град. и подключении силовых фаз к клеммам A, B, C в последовательности ACB , а фаз синхронизации - к клеммам a, v, c в последовательности vsa . Для исследования СИФУ была разработана имитационная модель в среде Simulink-Matlab (рис. 2). Модель СИФУ реализована с помощью блока S-функция.

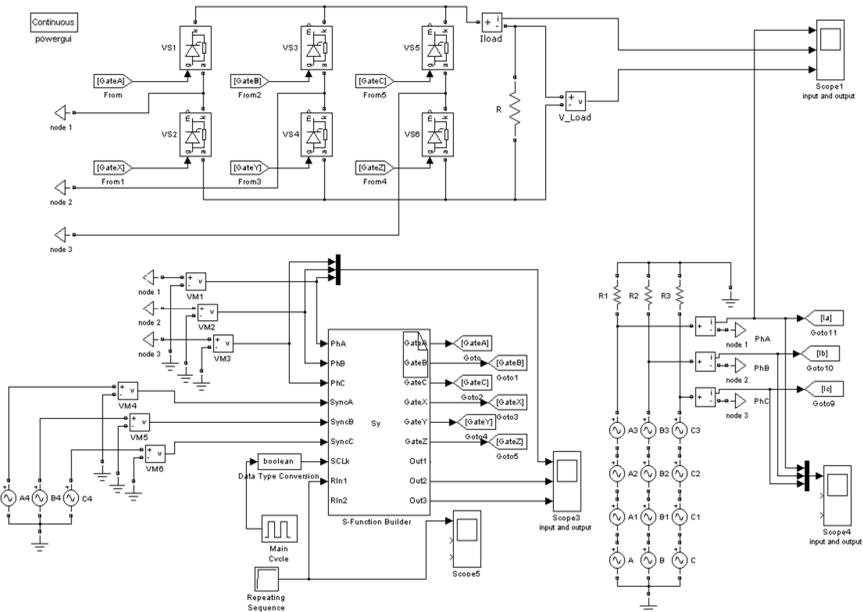


Рис. 2. Модель управляемого выпрямителя с СИФУ в Simulink-Matlab

На рис. 3 приведены результаты моделирования УВ с СИФУ без автосинхронизации при правильном подключении фаз (комбинация $ABC-abc$) и неправильном подключении ($ACB-bca$) с углом управления 45° эл. град. Из рис. 2, б видно, что выходное напряжение не равно заданному. Это связано с тем, что импульсы управления привязаны к внутренним клеммам a, b, c .

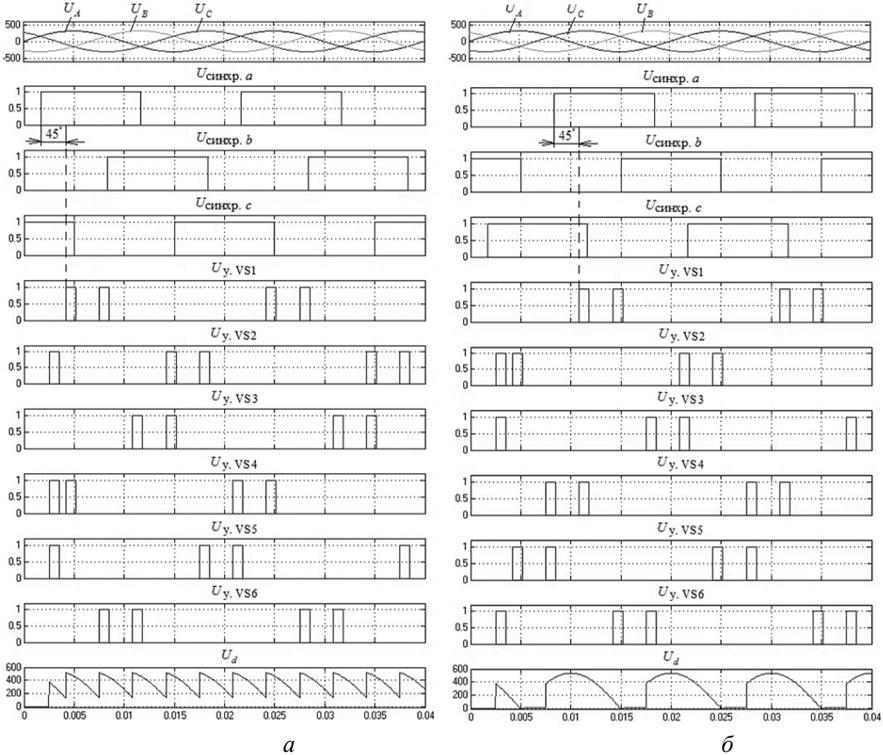


Рис. 3. Временные диаграммы работы УВ с СИФУ без автосинхронизации при правильном подключении фаз (а) и неправильном подключении фаз (б)

Если в СИФУ последовательность импульсов управления изменить, как предложено в табл.2 [2], то даже при неправильной комбинации можно получить заданное значение среднего напряжения УВ. Последовательность выдачи импульсов при комбинациях фаз $ABC-abc$ и $ACB-bca$ приведена в табл. 1.

Таблица 1. Последовательность выдачи импульсов при разных комбинациях фаз

фаза синхронизации внутр. комбинации фаз на входе	a	z	b	x	c	y
$ABC - abc$	VS1/VS4	VS1/VS6	VS3/VS6	VS3/VS2	VS5/VS2	VS5/VS4
$ACB - bca$	VS5/VS4	VS5/VS2	VS3/VS2	VS3/VS6	VS1/VS6	VS1/VS4

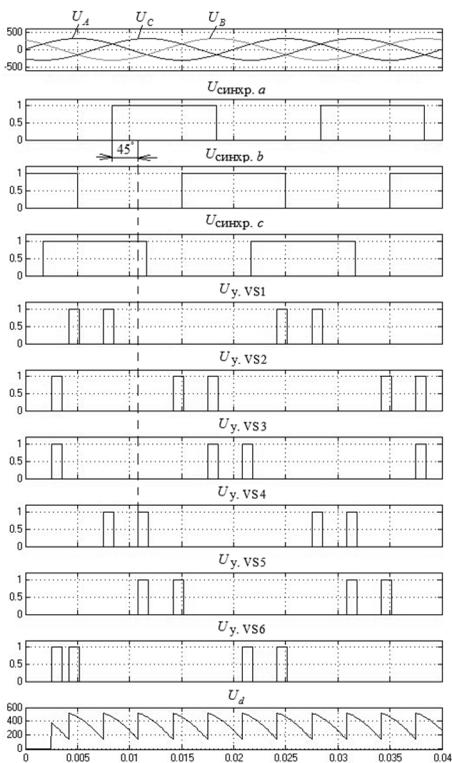


Рис. 4. Временные диаграммы работы УВ с СИФУ с автосинхронизацией при неправильном подключении фаз (комбинация АСВ-вса)

На рис. 4 приведены результаты моделирования УВ с СИФУ с автосинхронизацией для комбинации фаз АСВ-вса с углом управления 45 эл. град. Последовательность выдачи импульсов управления на тиристоры соответствует второй строке табл. 1. Алгоритм автосинхронизации СИФУ реализован в блоке S-функция на рис. 2.

Как видно из временных диаграмм, если импульсы управления на тиристоры подавать в другой последовательности, то даже при неправильном подключении фаз синхронизации и силовых фаз на выходе УВ будет заданное среднее значение напряжения. Предложенный алгоритм автосинхронизации можно применить в СИФУ и для других типов УВ, построенных по трехфазной нулевой схеме, однофазной, а также в СИФУ для устройств плавного пуска электродвигателей и многопульсных преобразователей.

Список литературы

1. Иванов, А.Г. Системы управления полупроводниковыми преобразователями / А.Г. Иванов, Г.А. Белов, А.Г. Сергеев. – Чебоксары: Изд-во Чуваш.ун-та, 2010. – 448 с.
2. Сергеев, А.Г. Автосинхронизация управляемого выпрямителя / А.Г. Сергеев, В.Л. Арзамасов, Г.В. Малинин // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы 10-й Всерос. науч.-техн. конф. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016. – С. 113-117.

Материал поступил в редколлегию 12.10.19.