

ТРАНСФОРМАТОРНЫЕ ДРАЙВЕРЫ СИСТЕМ СБРОСА ЭНЕРГИИ В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ПЕРЕМЕННОГО НАПЯЖЕНИЯ

В.В. Голубев, канд. техн. наук, **В.А. Новский**, докт. техн. наук

Институт электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Предложены схемы трансформаторных драйверов для упрощения, удешевления и повышения надежности систем сброса реактивной энергии нагрузки одно- и многофазных преобразователей переменного напряжения с непосредственной связью с сетью. Приведены требования к трансформаторным драйверам, результаты исследования на имитационных моделях и способы их применения. Упрощение заключается в совмещении в драйверах функций источника питания, электрической развязки, синхронизации с сетью и формирования двухполярных импульсов управления силовыми транзисторами. Описанные в статье драйверы испытаны на действующих образцах преобразователей переменного напряжения и показали свою эффективность при работе на низких и средних частотах коммутации. Библ. 2, рис. 8.

Ключевые слова: драйвер, преобразователь, переменное напряжение, транзистор, трансформатор, сброс энергии.

Большинство транзисторных преобразователей переменного напряжения (регуляторы напряжения, преобразователи частоты и т.д.) должны иметь в явном или неявном виде системы сброса (СС) энергии, выполняющие роль «систем спасения» от перенапряжений на зажимах активно-индуктивной нагрузки во время разомкнутого состояния силовых ключей. Отсюда требования к СС, строящимся на основе одно- и многофазных реверсивных выпрямителей, и к их системам управления: простота, надежность, независимость от алгоритма и схемы системы управления и при необходимости от источника питания преобразователя.

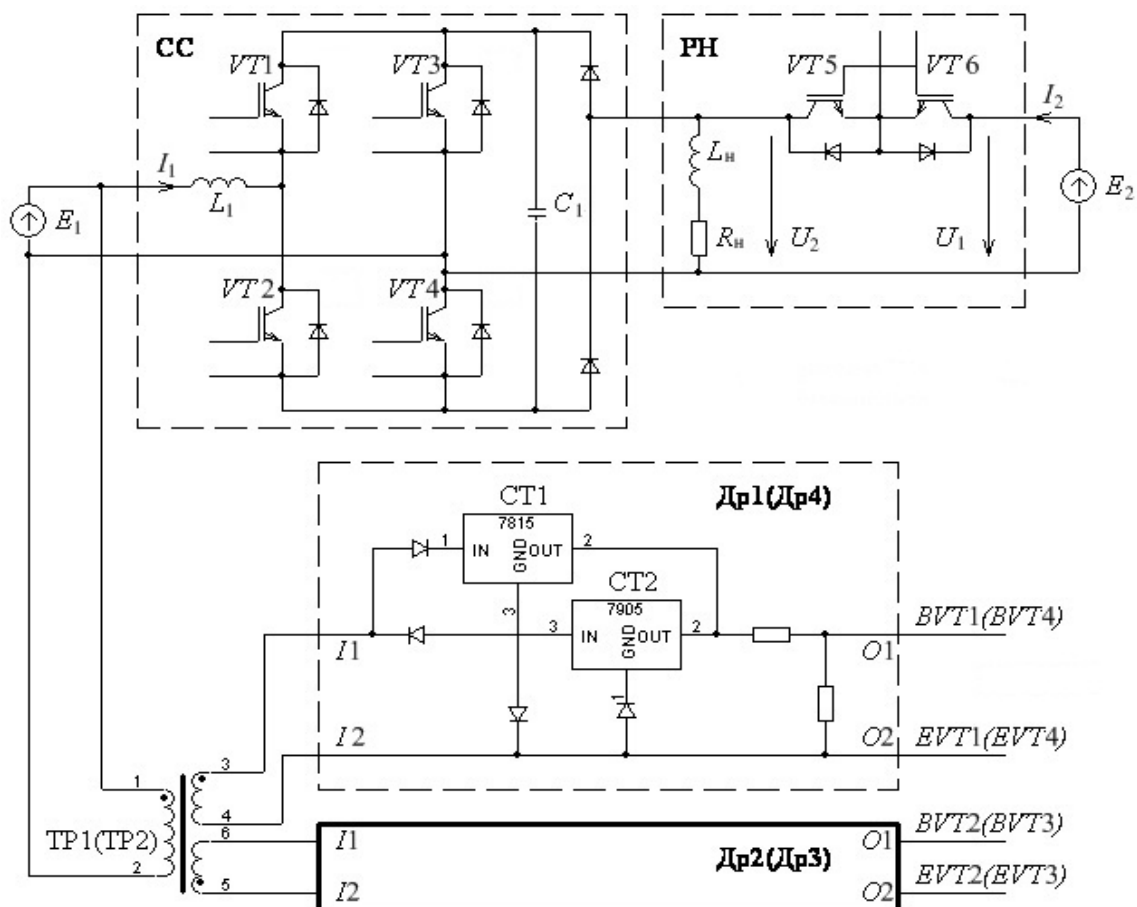


Рис. 1

Обычно системы управления реверсивными выпрямителями имеют в своем составе датчики напряжения с электрической развязкой от сети, источники питания, логическую часть и драйверы управления силовыми транзисторами СС также с развязкой. Такие системы сложны, дороги и ненадежны. Предлагаются простые и надежные трансформаторные драйверы СС, выполняющие все функции традиционных систем управления с промышленными драйверами кроме некоторых жестких требований к последним.

На рис. 1 показана принципиальная схема однофазного импульсного преобразователя переменного напряжения со сбросом, содержащего регулятор напряжения РН, систему сброса СС и трансформаторные драйверы Др1 (Др4) и Др2 (Др3), являющиеся составной частью СС.

Силовые блоки СС и РН могут питаться от общей сети или двух независимых источников переменного напряжения E_1 и E_2 . В последнем случае должны выполняться условия их синхронности и синфазности. Кроме того, во избежание возникновения уравнивающих токов, напряжение E_1 должно быть больше или равно максимальному напряжению на нагрузке, например, в схемах с вольтодобавкой.

Трансформаторы ТР1 (ТР2) согласуют напряжения и осуществляют электрическую развязку и синхронизацию драйверов с сетью. Выходные зажимы O_1 и O_2 драйверов, например, Др1 и Др4, подсоединены к базам BVT_1 , BVT_4 и эмиттерам EVT_1 , EVT_4 соответствующих транзисторов выпрямителя. Стабилизаторы СТ1 и СТ2 служат для ограничения и стабилизации напряжений управления транзисторами.

На рис. 2 показаны диаграммы входного U_1 и выходного U_2 напряжений драйвера. Пологие восходящие и нисходящие фронты положительных (отпирающих) и отрицательных (запирающих) импульсов управления не влияют на потери коммутации вследствие низкой частоты коммутации (частоты сети).

На рис. 3 представлены результаты компьютерного моделирования регулятора со сбросом: эюры пульсирующего напряжения U_{C1} на промежуточном конденсаторе C_1 ($E_1=E_2=100$ В); выходного напряжения U_2 ; входного тока I_1 СС; выходного тока I_2 (тока нагрузки) РН; токов I_{VT3} , I_{VT4} в транзисторах VT_3 , VT_4 и входных токов I_{VT5} , I_{VT6} РН в транзисторах VT_5 , VT_6 соответственно.

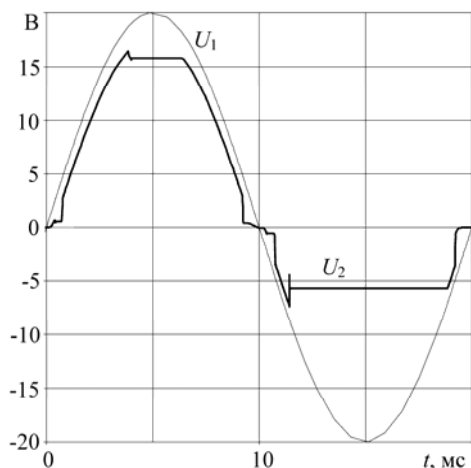


Рис. 2

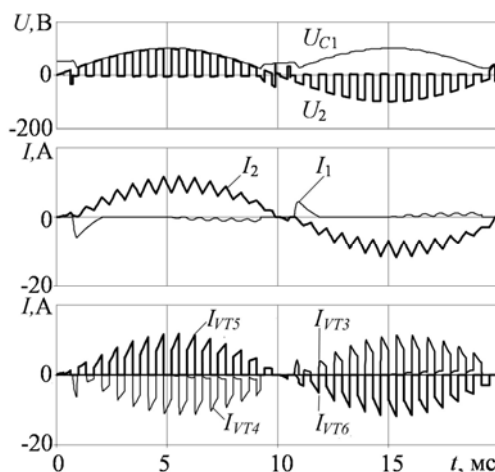


Рис. 3

Из анализа кривых следует, что перенапряжения на зажимах нагрузки и элементах схемы отсутствуют, броски тока I_1 разряда и заряда конденсатора находятся в допустимых и регулируемых пределах, токи сброса по сравнению с током нагрузки незначительны. Более позднее относительно нуля напряжения сети включение и более раннее выключение транзисторов выпрямителя сброса практически не влияют на работу преобразователя в целом.

При высоких напряжениях сети и мощностях нагрузки с целью повышения надежности выключения транзисторов выпрямителя в схеме драйвера на рис. 4 добавлены накопительный конденсатор C и распределительные транзисторы VT_2 , VT_3 . На рис. 5 показаны

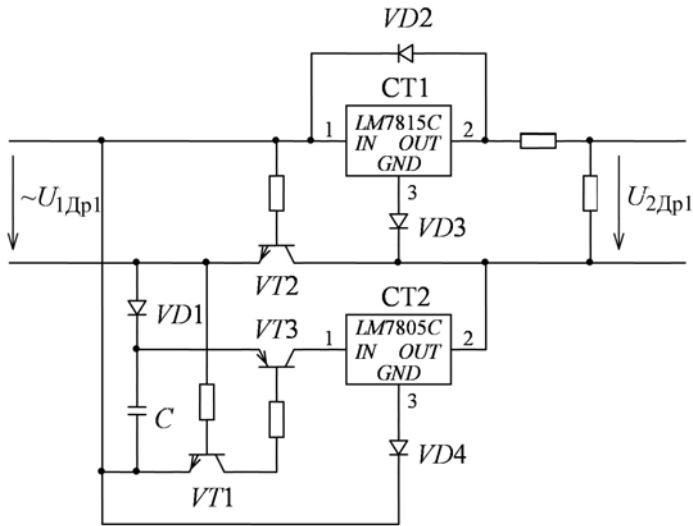


Рис. 4

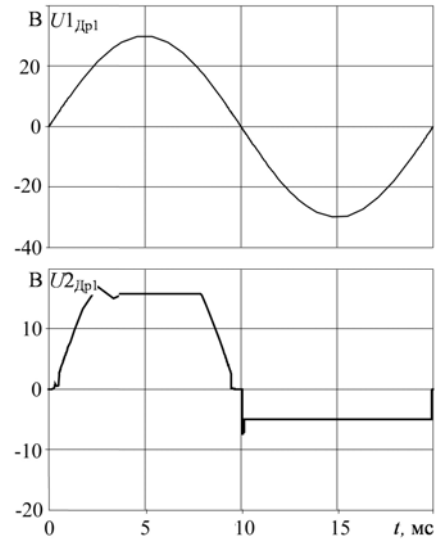
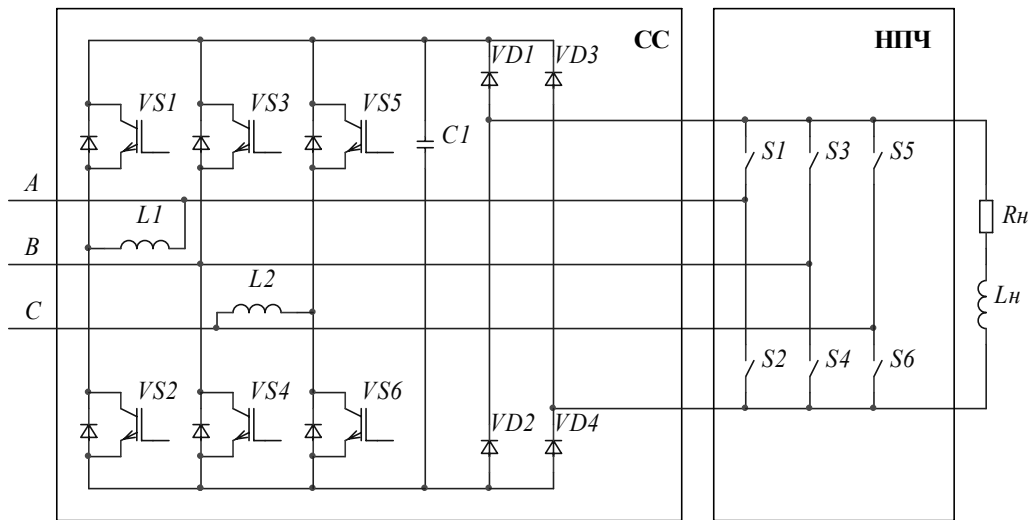


Рис. 5

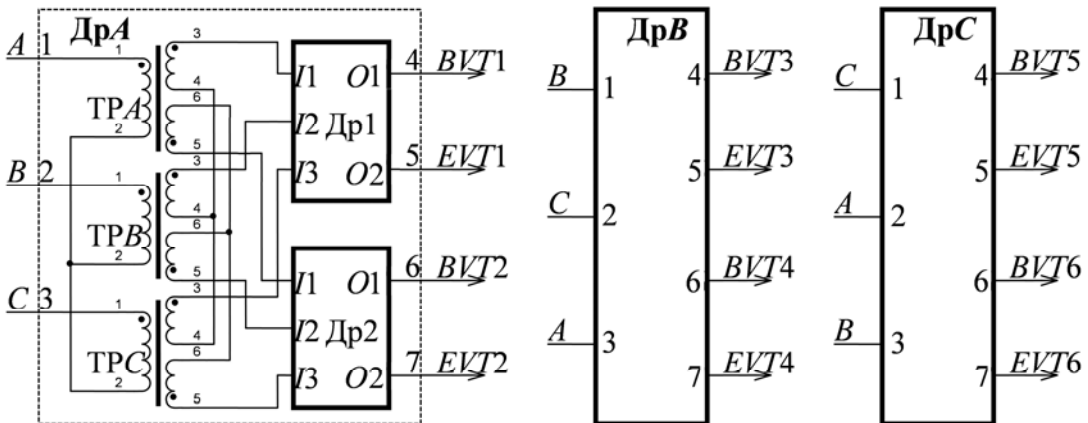
эпюры входного U_1 и выходного U_2 напряжений драйвера, из которых видно, что импульс запирающего напряжения имеет крутые фронты, совпадающие с нулями сетевого напряжения.

В трех- и многофазных преобразователях матричного типа со сбросом также возможно построение трансформаторных драйверов, удовлетворяющих перечисленным требованиям.

На рис. 6 в качестве примера показаны принципиальные схемы трехфазно-однофазного непосредственного преобразователя частоты (рис. 6 а) и его системы управления сбросом



а



б

Рис. 6

(рис. 6 б). Последняя содержит три по числу фаз полностью идентичных блока драйверов ДрА, ДрВ и ДрС, внешние соединения входных и выходных зажимов которых выполнены по-разному, в соответствии с фазовой принадлежностью. Трансформаторы ТРА, ТРВ и ТРС служат для электрической развязки, согласования напряжений, питания драйверов и синхронизации.

В реверсивном выпрямителе $VS1...VS6$ в любой момент времени включены два транзистора: один в верхней (катодной) группе от самой положительной фазы, другой в нижней (анодной) – от самой отрицательной фазы сети [1]. При таком алгоритме управления на промежуточном конденсаторе $C1$ формируется и постоянно поддерживается пульсирующее выпрямленное напряжение, не превышающее линейного напряжения сети.

Трансформаторные драйверы Др1...Др6 имеют идентичную структуру. Принципиальная схема одного из них (Др1) показана на рис. 7. Драйвер Др1 обеспечивает включенное состояние транзистора ключа $VS1$ на интервале времени, в течение которого выполняются одновременно два условия: $U_A > U_B$ и $U_A > U_C$ и выключенное – в остальную часть периода, когда неравенства обратны. Функции компараторов, контролирующих эти условия, выполняют соответственно транзисторы $VT1$ и $VT3$.

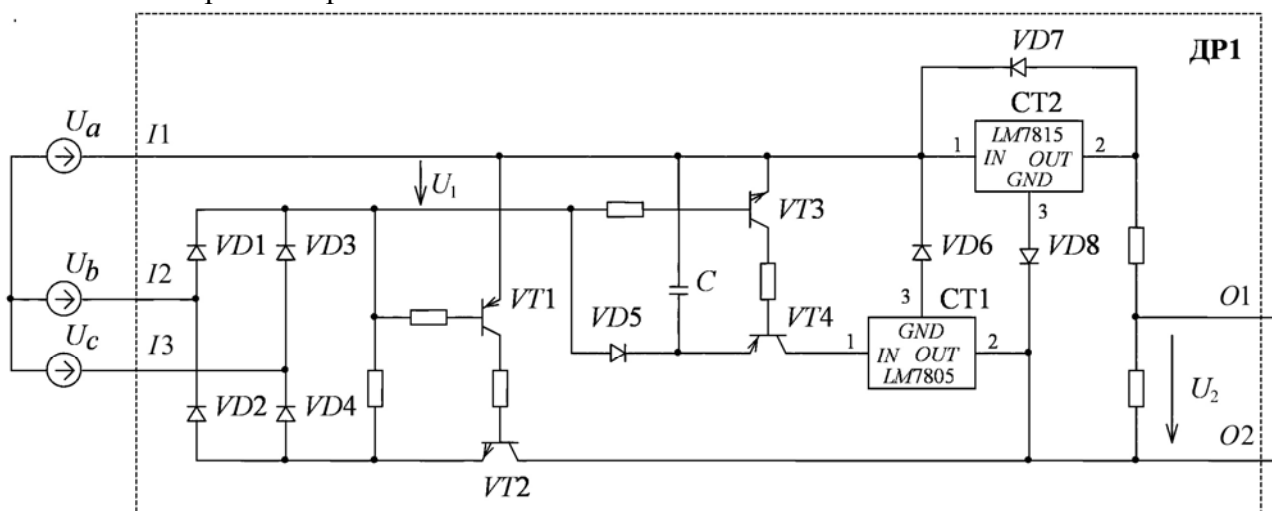


Рис. 7

На рис. 8 представлены временные диаграммы входных фазных U_a, U_b, U_c и линейных U_{ab}, U_{ac} напряжений; напряжения синхронизации U_1 и выходного напряжения U_2 драйвера Др1.

Схема драйвера на рис. 7 универсальна, так как не зависит от числа фаз на входе преобразователя. К первому входному зажиму $I1$ всегда подключается та фаза сети, транзисторами сброса которой управляет драйвер, на два других зажима $I2$ и $I3$ подаются напряжения ближайших по времени перехода через нуль опережающей и отстающей фаз сети в любой последовательности. Они формируют запирающий импульс.

Описанные выше схемы трансформаторных драйверов исследованы на имитационных моделях, апробированы на действующих образцах преобразователей и показали свою эффективность не только в системах сброса накопленной в нагрузке энергии, но и в системах управления низко- и среднечастотными силовыми

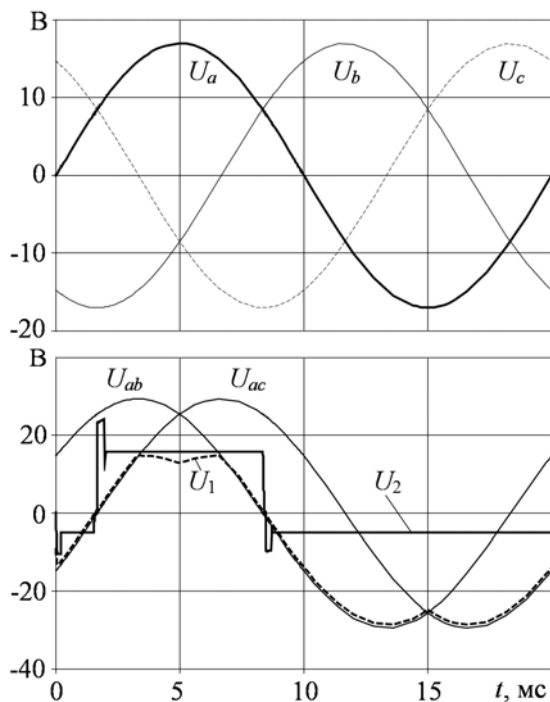


Рис. 8

ключами преобразователей переменного напряжения и частоты [2].

1. Голубев В.В. Имитационное моделирование и анализ импульсных преобразователей переменного напряжения с непосредственной связью // Пр. Ін-ту електродинаміки НАН України: Зб. наук. пр. – К.: ІЕД НАН України. – 2005. – № 1(10). – С. 117–127.
2. Hirane Yoshihisa, Shepherd William. Theoretical Assessment of a Variable-Frequency Envelope Cycloconverter // IEEE Trans. on Ind. Electron. and Contr. Instrum. – 1978. – Vol. 24, № 3. – P. 238–246.

УДК 621.314

В.В. Голубев, канд. техн. наук, **В.О. Новський**, докт. техн. наук

Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Трансформаторні драйвери систем скидання енергії в перетворювачах змінної напруги

Запропоновано схеми трансформаторних драйверів для спрощення, здешевлення й підвищення надійності систем скидання реактивної енергії навантаження одно- і багатофазних перетворювачів змінної напруги з безпосереднім зв'язком з мережею. Наведено вимоги до трансформаторних драйверів, результати дослідження на імітаційних моделях і способи їх застосування. Спрощення полягає в сполученні у драйверах функцій джерела живлення, електричного розв'язання, синхронізації з мережею й формування двополярних імпульсів керування силовими транзисторами. Драйвери, що описані в статті, випробувані на діючих зразках перетворювачів змінної напруги й показали свою ефективність при роботі на низьких і середніх частотах комутації. Бібл. 2, рис. 8.

Ключові слова: драйвер, перетворювач, змінна напруга, транзистор, трансформатор, скидання енергії.

V.V. Golubev, V.A. Novskyi

Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,

Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Transformer drivers of the systems of throw down of energy in converters of alternating voltage

The diagrams of transformer drivers are offered for simplification, reduction of prices and increase of reliability of the systems of throw down of reactive energy of loading of single-phase and multiphase converters of alternating voltage with direct connection with a network. Requirements to the transformer drivers, research results on simulation models and methods of their application are resulted. Simplification consists in combination of functions of source of feed, electric upshot, synchronization with a network and forming of bipolar impulses of control power transistors drivers. The drivers described in the article are tested on the operating standards of transformers of alternating voltage and rotined the efficiency during work on low and middle frequencies of commutation. References 2, figures 8.

Key words: driver, converter, alternating voltage, transistor, transformer, throw down of energy.

Надійшла 9.07.2013

Received 9.07.2013