

ДВИГАТЕЛИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

УДК 621.314.12

© Д.Р. МАНБЕКОВ, 2010

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИММЕТРИЧНОГО ПЕРЕМАГНИЧИВАНИЯ СЕРДЕЧНИКА ДВУХТАКТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ В РЕЖИМЕ CURRENT MODE

МАНБЕКОВ Дмитрий Рауфович — Государственный научно-исследовательский институт приборостроения, инженер-электроник;
Московский авиационный институт (государственный технический университет), аспирант
Тел.: 8(910)438-35-79; e-mail: demon.84@mail.ru

Dmitry R. MANBEKOV — GosNIIP, engineer;
Moscow Aviation Institute (State Technical University), postgraduate
Phone: 8(910)438-35-79; e-mail: demon.84@mail.ru

Показана возможность обеспечения симметричного перемагничивания сердечника силового трансформатора в двухтактном преобразователе в режиме Current mode. При этом обеспечивается работоспособность преобразователя как в номинальном, так и в аварийном режимах.

The author showed the possibility of guaranteeing the symmetrical reversal of polarity of the core of power transformer in the full-bridge converter with Current control mode. At the same time is ensured the functionality of converter both in the nominal and in emergency working conditions.

Ключевые слова: преобразователь, двухтактный, перемагничивание, симметричный, сердечник, Current mode.

Key words: converter, full bridge, reversal of polarity, symmetrical, core, Current mode.

Одной из важнейших проблем при проектировании двухтактных преобразователей постоянного напряжения с ШИМ-регулированием является обеспечение симметричного перемагничивания сердечника силового трансформатора. В противном случае возможно возникновение режима несимметричного перемагничивания, что может привести к магнитному насыщению сердечника и, как результат, к следующим нежелательным последствиям:

- ненормированным броскам тока и, как следствие, к уменьшению надежности;
- увеличению потерь и, следовательно, к снижению КПД;

- возрастанию помех и ухудшению электромагнитной совместимости.

Причины появления режима несимметричного перемагничивания могут быть самые разные, однако все их можно свести к эквивалентной неодинаковости длительностей смежных управляющих импульсов [1]. Особенно остро проблема несимметрии проявляется при повышенном напряжении питания и повышенных частотах преобразования. Как уже отмечалось в [2], несимметрия может возникнуть при различных способах управления, если не применять специальных симметрирующих кон- туров.

В [3] был предложен новый метод симметрирования двухтактных преобразователей. Однако результаты компьютерного моделирования показали, что ему свойственны следующие недостатки:

- наличие незначительной постоянной составляющей тока первичной цепи, что приводит к подмагниченности сердечника силового трансформатора [3];
- возможно нарушение работы симметрирующего контура в аварийных и переходных режимах при срабатывании токовой защиты, что приводит к одностороннему магнитному насыщению [3];
- наиболее точная работа формирователя ВСИ обеспечивается только при измерении напряжения на первичной обмотке [3].

Первый из рассмотренных недостатков является принципиально неустранимым, однако постоянную составляющую тока можно уменьшить, максимально точно рассчитав и подобрав элементы интегрирующей цепочки формирователя ВСИ [3].

Нарушение работы симметрирующего контура в аварийных режимах является устранимым недостатком. Для этого требуется согласовать работу токовой защиты с работой формирователя ВСИ с помощью специальных схемотехнических решений.

Последний из отмеченных недостатков обусловлен тем, что трансформатор не передает постоянную составляющую напряжения во вторичную цепь, и, следовательно, она не может быть учтена при измерении напряжения на вторичных обмотках.

Таким образом, этот метод симметрирования [3] хотя и является достаточно эффективным при использовании управления по напряжению (Voltage mode), но требует соблюдения определенных требований, а также введение узла, согласующего ра-

боту формирователя ВСИ и токовой защиты, что усложняет схему устройства.

Автором предложен новый метод симметрирования, основанный на управлении в режиме Current mode. Его особенностью является организация обратной связи по току таким образом, что происходит автоматическое симметрирование (автосимметрирование) процесса перемагничивания сердечника силового трансформатора. Таким образом, отпадает необходимость в дополнительных контурах симметрирования, что упрощает конструкцию преобразователя. На рис. 1 и 2 соответственно представлена функциональная схема ШИМ-контроллера UC 1825 [4] и схема его подключения в составе мостового преобразователя с управлением в режиме Current mode. Несомненным достоинством этого ШИМ-контроллера является возможность реализовывать управление как по току (режим Current mode), так и по напряжению (режим Voltage mode).

Для эффективного применения предложенного метода симметрирования необходимо учесть следующие особенности режима Current mode:

- устойчивая работа преобразователя в режиме безразрывных токов обеспечивается только при коэффициенте заполнения от 0 до 0,5;
- для обеспечения работы преобразователя во всем диапазоне регулирования необходимо использовать специальные схемы выпрямителей, например с удвоением тока [5];
- при использовании режима Current mode и выпрямителей с удвоением тока коэффициент передачи силового трансформатора должен быть в два раза больше, чем в режиме Voltage mode с традиционными схемами выпрямления.

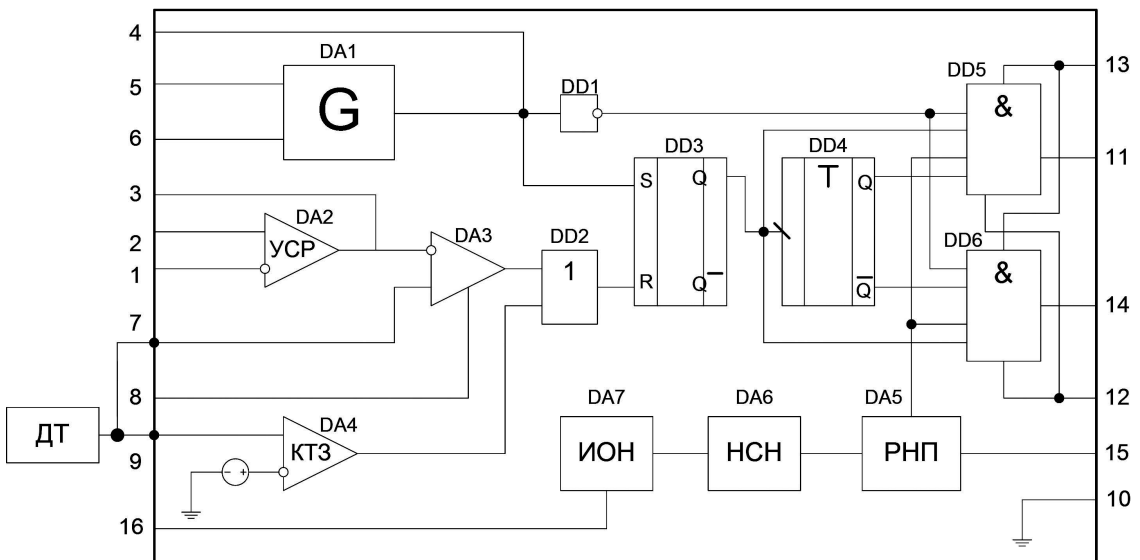


Рис. 1. Функциональная схема ШИМ-контроллера UC 1825

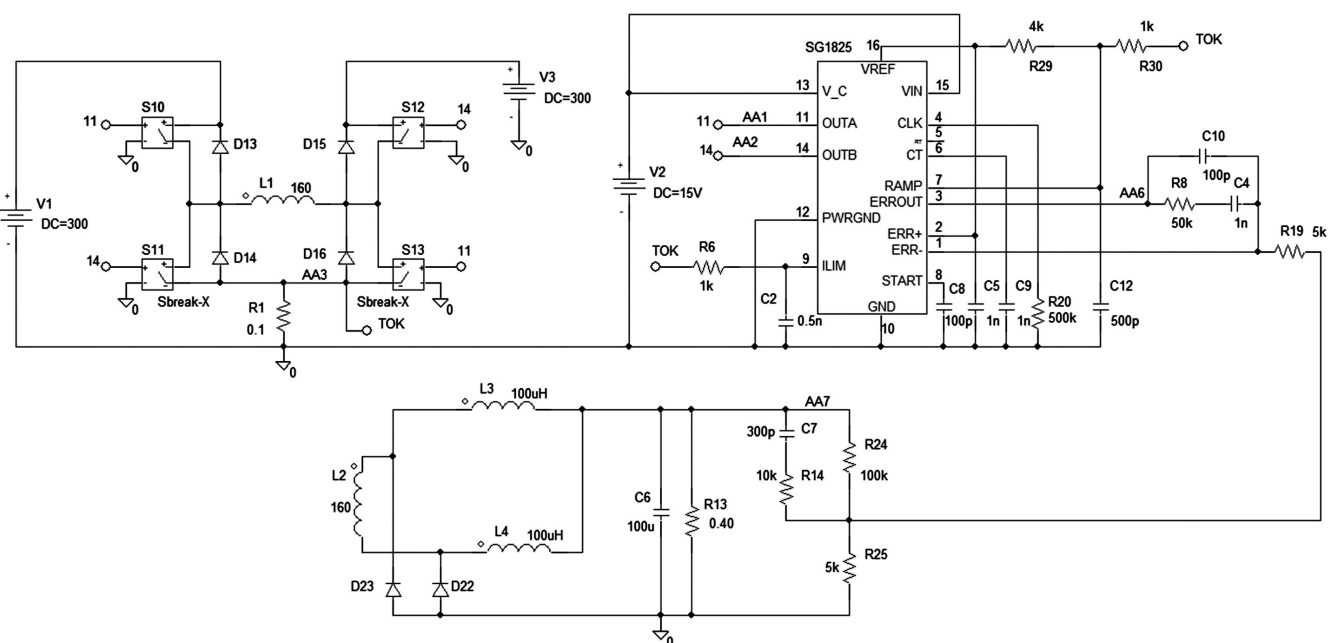


Рис. 2. Схема мостового преобразователя, управляемого ШИМ-контроллером UC 1825 в режиме Current mode

Поэтому для получения требуемого выходного напряжения и обеспечения работы преобразователя во всем диапазоне КЗ в схему были внесены следующие изменения:

- количество витков вторичной обмотки увеличено в два раза;
- в качестве выпрямителя применена схема с удвоением тока.

Моделирование преобразователя проводилось в системе OrCAD 9.2 в двух режимах работы:

- 1) при отсутствии ассиметрии, т.е. при отсутствии факторов, вызывающих несимметричное перемещение;

- 2) при наличии ассиметрии, т.е. при наличии факторов, вызывающих несимметричное перемещение.

Для введения ассиметрии в моделируемую структуру используются два источника, работающие в разные полупериоды: в один полупериод первичным источником служит V_1 , а в другой — V_3 (рис. 2). При моделировании преобразователя в ассиметричном режиме напряжения на источниках соответственно равны:

- $V_1 = 293 \text{ В}$;
- $V_2 = 307 \text{ В}$.

На рис. 3 и 4 приведены результаты моделирования преобразователя с подчиненным регулирова-

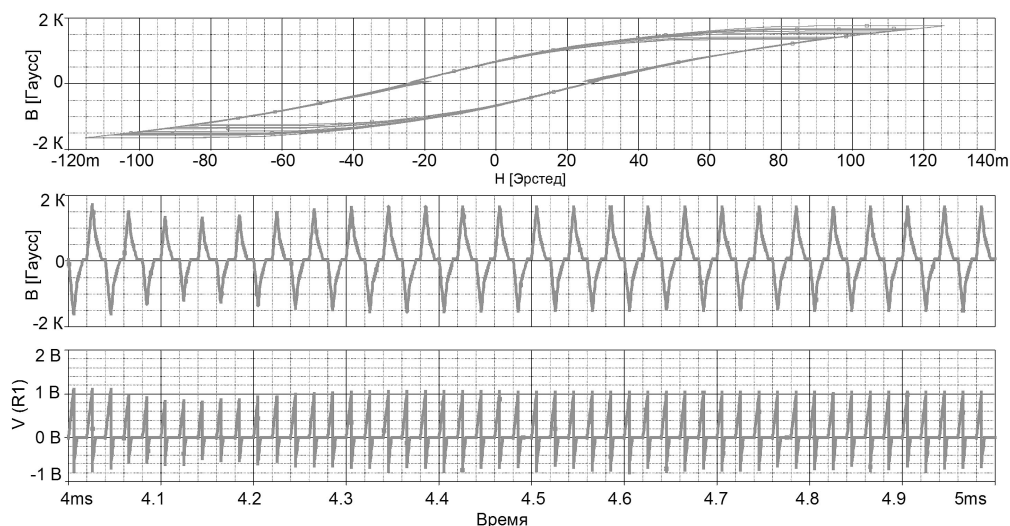


Рис. 3. Результаты моделирования при отсутствии ассиметрии

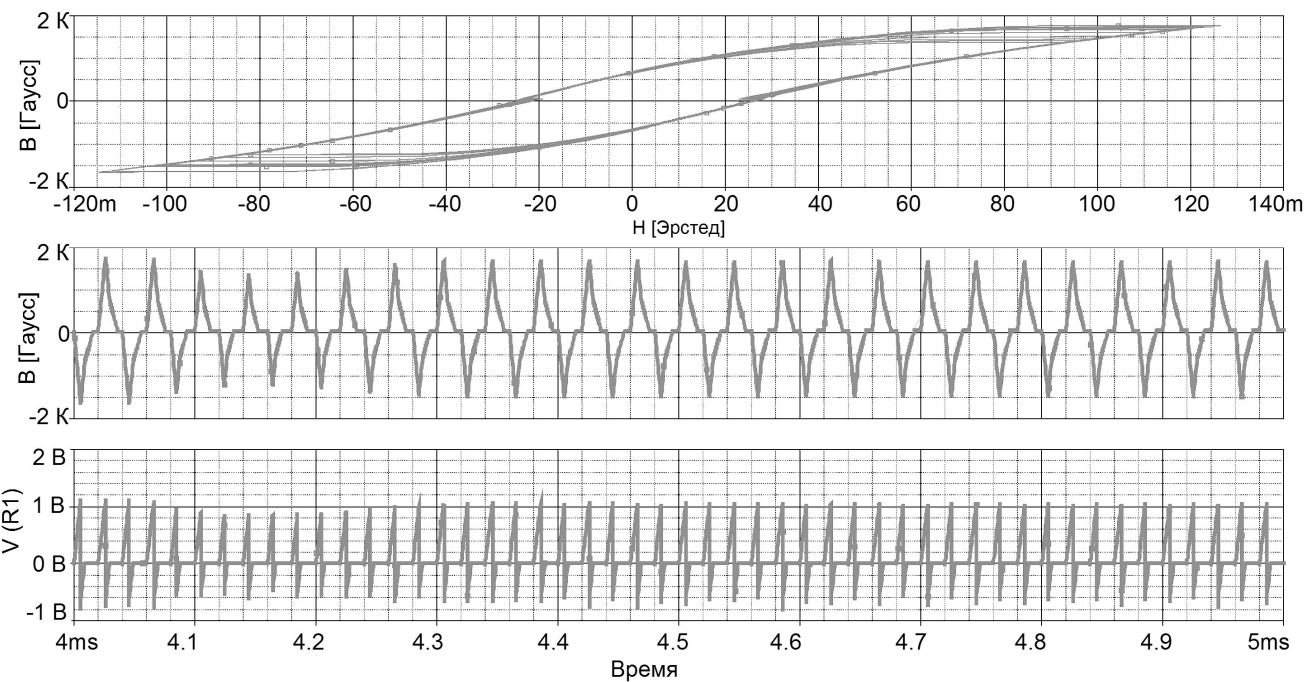


Рис. 4. Результаты моделирования при наличии асимметрии

нием при отсутствии асимметрии и при наличии асимметрии.

Из графиков видно, что в обоих случаях имеет место симметричный режим перемагничивания сердечника силового трансформатора. Таким образом, можно сделать вывод, что в номинальном режиме рассматриваемый метод достаточно эффективен.

Теперь необходимо оценить работоспособность схемы при коротком замыкании в нагрузке, так как срабатывание токовой защиты может привести к

нарушению алгоритма симметрирования. Результаты моделирования представлены на рис. 5, из которых видно, что срабатывание токовой защиты не привело к одностороннему магнитному насыщению, что выгодно отличает этот метод управления от ранее рассмотренного [3].

Таким образом, моделирование показало, что предложенный метод симметрирования, использующий подчиненное регулирование, обеспечивает симметричный режим перемагничивания сердечника силового трансформатора не только в номиналь-

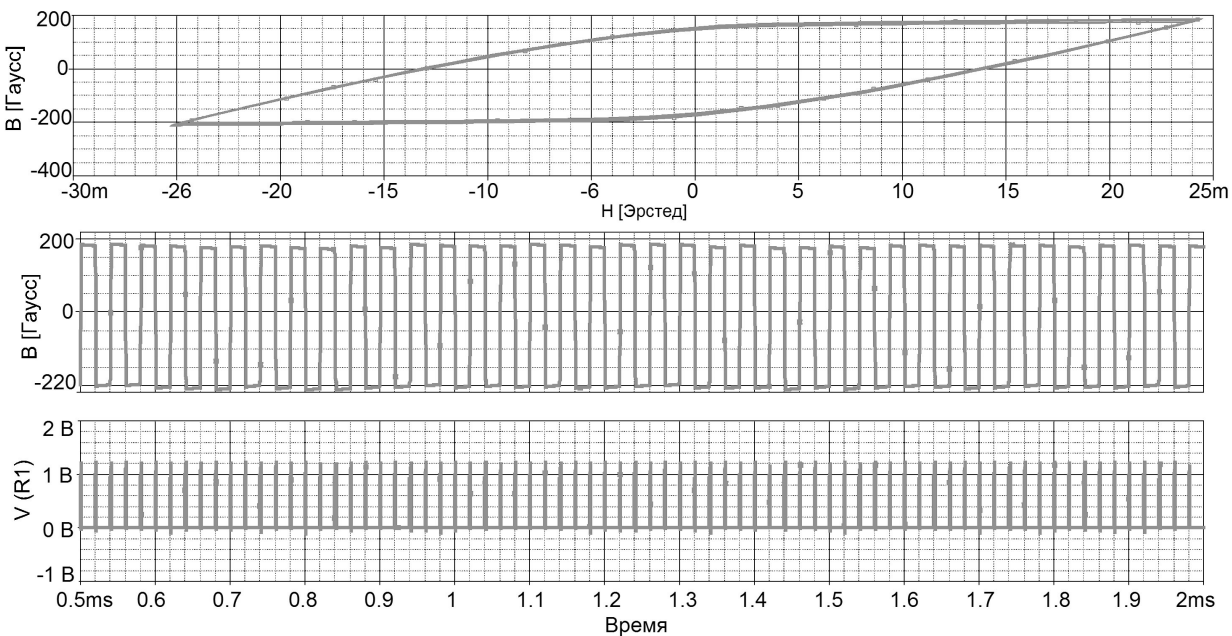


Рис. 5. Результаты моделирования при наличии короткого замыкания нагрузки

ном режиме, но и в аварийном, причем без использования дополнительных симметрирующих и согласующих контуров.

В заключение отметим, что предложенный метод симметрирования обладает существенными преимуществами по сравнению с [3]:

- для реализации данного метода симметрирования не требуется введения дополнительных контуров не только в номинальном, но и в аварийном режимах;

- симметрирование процесса перемагничивания сердечника силового трансформатора двухтактного преобразователя обеспечивается как в номинальном, так и в аварийном режимах;

- рассмотренный метод имеет наименьшее запаздывание из всех рассмотренных.

Однако нельзя не отметить и недостатки этого метода:

- необходимость двукратного увеличения витков вторичной обмотки при использовании выпрямителей с удвоением тока для обеспечения устойчивой работы преобразователя во всем диапазоне регулирования;

- ограниченный диапазон регулирования ($0 < K_3 < 0,5$) в режиме безразрывных токов при использовании обычных схем выпрямления, при котором обеспечивается устойчивая работа;

- для многоканальных преобразователей выходные дроссели должны быть многообмоточными, что усложняет технологию.

Библиографический список

1. Шевцов Д.А., Манбеков Д.Р. Моделирование процессов несимметричного перемагничивания двухтактных ИВЭП // Практическая силовая электроника. 2008. Вып. 30. С. 41-45.

2. Шевцов Д.А., Манбеков Д.Р. Сравнительный анализ различных типов транзисторных преобразователей постоянного напряжения при несимметричном режиме перемагничивания // Практическая силовая электроника. 2009. Вып. 33. С. 45-47.

3. Манбеков Д.Р., Шевцов Д.А. Обеспечение симметричного перемагничивания сердечника трансформатора в двухтактных преобразователях напряжения с управлением по вольт-секундному интегралу // Практическая силовая электроника. 2009. Вып. 35. С. 41-44.

4. Интегральные микросхемы: Микросхемы для импульсных источников питания и их применение. — М.: ДОДЭКА, 1996.

5. Овчинников Д.А., Костров М.Ю., Корзов Б.Н., Исаков М.С. Выпрямители со средней точкой и выпрямители с удвоением тока // Практическая силовая электроника. — М.: Типография АРЕС, 2002.