

**М.В. МЕЖЕРИЦКИЙ, В.В. ЗАМАРУЕВ**, канд. техн. наук, профессор

### Двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией

В двухзвенных преобразователях постоянного напряжения с высоким входным (более 1 кВ) и низким выходным (до 500 В) напряжениями для снижения коммутационных потерь предлагается, наряду с применением модифицированного алгоритма, реализующего разделенную коммутацию, в первичном звене применить инвертор тока на IGBT с последовательным диодом, а во вторичном – ключи без «хвоста тока», например, MOSFET. Ключи первичного звена выключаются в нулях тока, а ключи вторичного звена включаются в нулях напряжения. На рис. 1 представлена схема двухзвенного преобразователя постоянного напряжения.

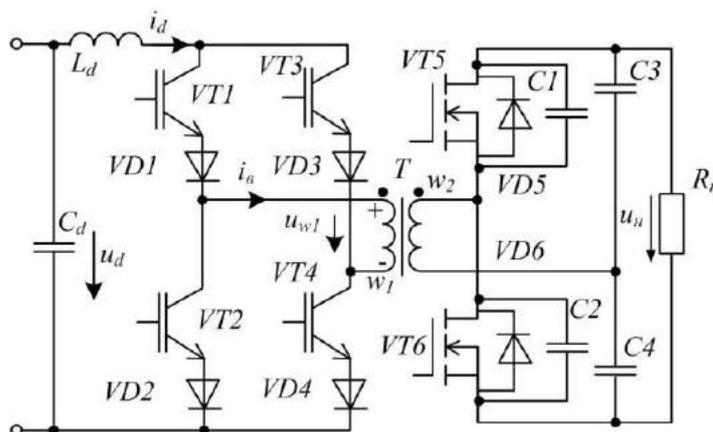


Рис. 1 – Двухзвенный преобразователь постоянного напряжения с разделенной коммутацией

Целью работы является исследование возможности снижения динамических потерь в предлагаемом двухзвенном преобразователе постоянного напряжения с разделенной коммутацией.

За счет применения различных снабберов и модифицированного алгоритма управления ключами обеспечивают режимы переключения силовых ключей в нулях напряжения на ключе (zero voltage switching, ZVS) либо в нулях тока ключа (zero-current switching, ZCS) [1] и, следовательно, существенно уменьшают коммутационные потери в силовых ключах в сравнении с режимом жесткой коммутации.

Принцип работы данной схемы напоминает принцип работы схемы повышающего преобразователя (имеются интервалы накопления энергии во входном дросселе  $L_d$  и интервалы передачи энергии в нагрузку). Во вторичном звене используется синхронный выпрямитель – удвоитель напряжения.

Процессы на полупериоде преобразования происходят следующим образом. Пусть включены  $VT1$ ,  $VT4$ , а также  $VT5$  и  $VD5$ , при этом  $u_d < u_{w_1}$ ,  $C1$  разряжен,  $C2$  заряжен до  $u_H$ , ток  $i_d$  спадает (передача энергии в нагрузку). При включении  $VT2$  и снятии управления с  $VT4$  диод  $VD4$  закрывается, ток  $i_d$  нарастает, а  $i_b$  прекращается (начинается накопление энергии в дросселе;  $VT4$  выключается естественно, в режиме ZCS). При этом напряжение  $u_{w_1}$  не меняется, т.к. включен  $VT5$ . Сквозные токи в контуре коммутации диода  $VD4$  ограничиваются индуктивностью рассеяния трансформатора  $T$ . По окончании интервала накопления снимают управление с  $VT1$  и включают  $VT3$ . Диод  $VD1$  закрывается, токи в контуре его коммутации ограничиваются индуктивностью рассеяния трансформатора  $T$  (снабберная коммутация);  $VT1$  выключается естественно, в режиме ZCS. Ток  $i_b$ , как и ток обмотки  $w_2$ , меняет знак; т.к.  $VT5$  включен, напряжение  $u_{w_1}$  прежнее (при этом  $VD5$  выключается). Начинается возврат энергии в источник питания. Длительность интервала возврата энергии составляет небольшую часть полупериода. Далее производят выключение  $VT5$ , током обмотки  $w_2$  конденсатор  $C1$  заряжается до  $u_H$ , а  $C2$  разряжается до нуля, т.е. производится снабберная коммутация. По достижении напряжением транзистора  $VT5$  величины  $u_H$ , а напряжением на  $VT6$  нуля включается диод  $VD6$ , и производят включение  $VT6$  (в режиме ZVS); при этом напряжение  $u_{w_1}$  поменяло знак на противоположный. На следующем полупериоде работы преобразования процессы происходят аналогично.

Модифицированный алгоритм управления обеспечивает, с одной стороны, режимы ZVS для ключей инвертора напряжения (ИН) и ZCS для ключей инвертора тока (ИТ) и, с другой стороны, создание контура холостого хода при одновременном проводящем состоянии двух ключей инверторной стойки ИТ. При этом возврат энергии производится лишь на относительно небольшом интервале полупериода от момента выключения транзистора ИН до момента включения ключа ИТ, формирующего совместно с ранее проводившим ключом ИТ контур холостого хода [2].

Увеличением емкости конденсаторов  $C1$ ,  $C2$  можно добиться достаточно малой величины мощности потерь при выключении MOSFET, в том числе существенно меньшей, чем мощность статических потерь.

Имитационное моделирование процессов в преобразователе подтвердило теоретические положения работы.

#### **Список литературы:**

1. *Erickson R.W., Maksimovic D.* Fundamentals of Power Electronics, Second Edition. Springer, 2001. - 912 p.
2. *Ivakhno V.V., Zamaruev V.V., Lastovka A.P., Blinov A.B., Vinnikov D.V.* About possibility of improvement of energetic characteristics of two-stage DC/DC converter with separated commutation // Технічна електродинаміка Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Ч. 2. - К.: Інститут електродинаміки НАН України, 2011. С. 88-92