

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ В МНОГОУРОВНЕВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ

В. С. Максимович, Ю. Н. Тулуп

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель М. Н. Погуляев

Введение. К современным системам электропитания, в составе различных технологий, предъявляется ряд требований, важнейшие из которых определяются статическими, динамическими и массогабаритными показателями.

Определение требований к качеству электроэнергии осуществляется разработчиками аппаратуры и обуславливается точностью устройств. По мере усложнения задач, решаемых электронной аппаратурой, происходит повышение требований к ее точности и, следовательно, к качеству электроэнергии.

Для устройств автоматики и вычислительной техники эти требования сводятся в основном к стабильности напряжения питания в статических и динамических режимах. Обеспечение требуемой стабильности напряжения питания производится за счет разработки соответствующих полупроводниковых преобразователей энергии. Повышение требований к стабильности напряжения приводит к усложнению схем преобразователей, что вызывает ухудшение массогабаритных, энергетических и других показателей. В настоящее время проявляется большой интерес к решению этих задач с помощью импульсного управления потоком электроэнергии на высокой частоте.

В зависимости от числа уровней базовых векторов напряжения трехфазной системы, которое мы можем получить на выходе преобразователя, а также в зависимости от способа их получения можно выделить несколько схем многоуровневых преобразователей с двумя основными топологиями построения силовых цепей: на базе многоуровневого автономного инвертора напряжения (МАИН) с несколькими уров-

ниями источника напряжения постоянного тока и каскадные многоуровневые преобразователи с последовательным соединением нескольких однофазных автономных инверторов напряжения (АИН) в выходных фазах. Многоуровневые преобразователи обеспечивают наилучшие энергетические показатели, однако схемы их содержат большое число ключей, сложны, громоздки и в итоге имеют более высокую стоимость в сравнении с другими типами ПЧ.

Трехфазный инвертор на базе трех однофазных мостовых схем. Возможны два варианта включения нагрузки в такой инвертор. Если у трехфазной нагрузки доступны оба конца каждой фазы, то отдельные ее фазы могут просто подключаться к выходу каждого однофазного моста. Если же доступно только три вывода нагрузки, то они подсоединяются к соответствующим выводам мостов, а оставшиеся свободными выходы инвертора соединяются в общую точку. Возможны различные варианты данной схемы. Так, каждый из однофазных мостов может питаться от общего источника постоянного напряжения (рис. 1, а) либо от отдельных источников (рис. 1, б), которые могут быть созданы, например, путем применения многообмоточного трансформатора. Выходы каждого Н-моста могут непосредственно подключаться к нагрузке (рис. 1, б) либо посредством трансформаторной развязки (рис. 1, а).

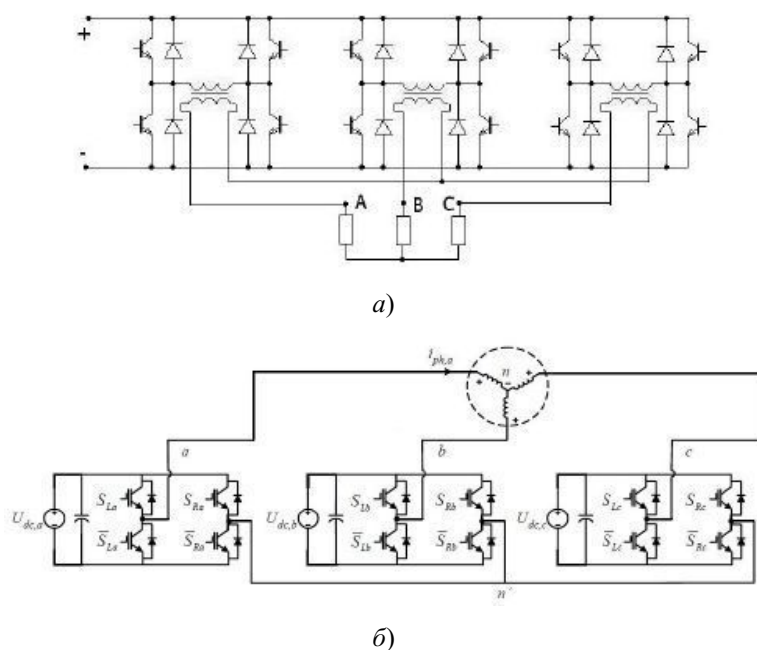


Рис. 1. Трехфазный инвертор на базе трех однофазных мостовых схем: а – с трансформаторной развязкой выхода; б – с непосредственным подключением нагрузки

Трехфазные инверторы на базе однофазных мостовых схем можно назвать одноступенчатыми с ШИМ, так как их выходное напряжение в каждой полувольтне имеет только одну ненулевую ступень напряжения (E), как и модуль базового вектора напряжения.

Трехфазный мостовой инвертор. Самая простая и самая распространенная схема трехфазного инвертора получается простым объединением трех полумостовых однофазных инверторов (рис. 2).

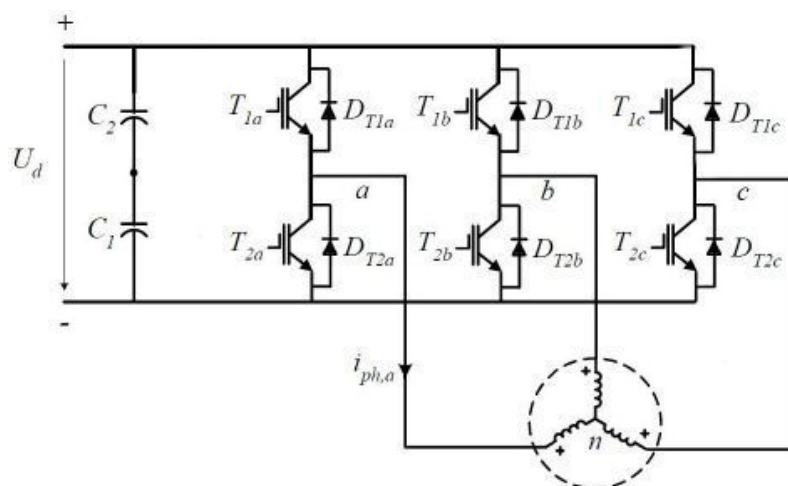


Рис. 2. Трехфазный мостовой инвертор напряжения

Данная схема считается одноуровневым инвертором напряжения (так как позволяет получить на выходе только один уровень базового вектора), но в отличие от однофазной мостовой уже имеет по модулю два ненулевых уровня в кривой фазного напряжения ($E/3$ и $2E/3$ – двухступенчатый инвертор). При этом электромагнитные нагрузки на коммутационные приборы не отличаются от соответствующих нагрузок в рассмотренной ранее схеме. Вид кривой фазного напряжения определяется алгоритмом управления. Силовая схема инвертора может находиться в восьми состояниях (шесть активных, когда включены два транзистора катодной группы и один анодной (и наоборот), и два нулевых, когда включены все три транзистора одной из групп). Синтез алгоритма управления сводится к заданию порядка смены состояний и длительности пребывания в каждом из них. Данные схемы позволяют реализовать одноуровневые алгоритмы управления. Дальнейшее улучшение гармонического состава достигается увеличением числа ступеней в выходном напряжении и увеличением, соответственно, числа уровней модуля базовых векторов напряжения. По этому признаку различают многоуровневые инверторы напряжения (трехуровневые, пятиуровневые, семиуровневые). Технически это достигается, как было изложено выше, добавлением к методу ШИМ еще и метода амплитудной модуляции. Последнее возможно только при наличии нескольких уровней напряжения у входного источника питания.

Трехуровневый трехфазный инвертор. Схема трехуровневого трехфазного инвертора напряжения представлена на рис. 3. Здесь каждое плечо классического трехфазного инвертора состоит из двух последовательно включенных полностью управляемых вентилях, шунтированных обратными диодами. Дополнительные диоды соединяют нулевую точку источника входного напряжения со средними точками плеч инвертора, образованные последовательно соединенными вентилями. С помощью различных комбинаций ключей можно реализовать три варианта схемы замещения инвертора, аналогичные изображенным на рис. 4. На основании схем замещения для данного преобразователя можно выделить четыре ненулевых ступени в кривой фазного напряжения ($U_{вх}/6$, $U_{вх}/3$, $U_{вх}/2$, $2U_{вх}/3$). Модуль базовых векторов в данной схеме может иметь три фиксированных значения ($U_{вх}/3$, $U_{вх}/\sqrt{3}$, $2U_{вх}/3$). Таким образом, трехуровневый инвертор, имея в три раза большее (восемнадцать) число возможных положений обобщенного вектора напряжения, чем одно-

уровневый инвертор, позволяет более качественно сформировать кривую напряжения на нагрузке за счет использования еще и амплитудной модуляции обобщенного вектора напряжения.

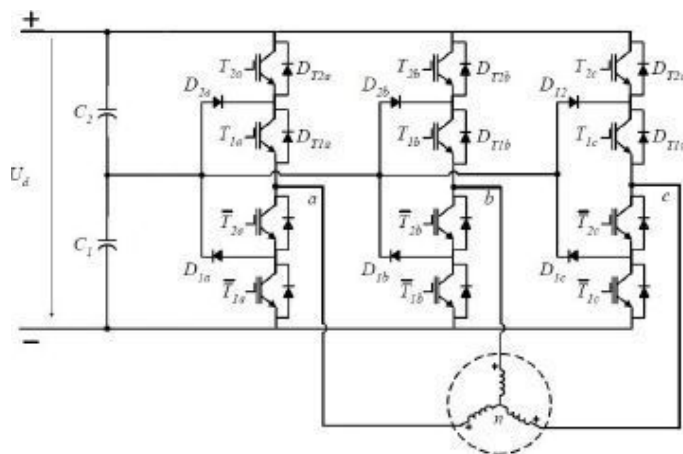


Рис. 3. Трехуровневый трехфазный инвертор

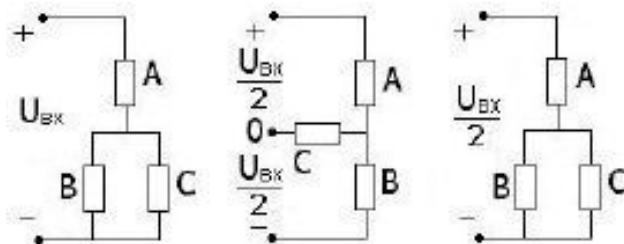


Рис. 4. Схемы замещения трехуровневого трехфазного инвертора

Заключение. Проведенный анализ показывает перспективность импульсно-модуляционных преобразователей, которые с ростом коммутируемой мощности и динамических показателей становятся основным инструментом для реализации практически всех видов преобразования параметров электрической энергии. Существенное снижение динамических потерь в полностью управляемых полупроводниковых приборах позволяет улучшить электромагнитную совместимость, снизить загрузку питающих сетей неактивными составляющими мощности.