

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА ПРОСТРАНСТВЕННО-ВЕКТОРНОЙ МОДУЛЯЦИИ

Васильев С. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Пространственная векторная ШИМ начала внедряться в преобразователях частоты (ПЧ) с 1992 года. Стратегия пространственной векторной ШИМ основана на векторном представлении напряжения переменного тока и ориентирована на микропроцессорную реализацию.

Пространственная векторная широтно-импульсная модуляция напряжения применяется практически во всех современных ПЧ и существенно отличается от известных систем широтно-импульсной модуляции напряжения.

В системах векторного управления АД обычно ПЧ состоит из выпрямителя с выходным напряжением постоянного тока U_d и автономного инвертора напряжения (АИН), формирующего трехфазное напряжение для обмоток статора АД. Трехфазный двухуровневый АИН дает 8 возможных состояний ключей, создающих 6 активных ненулевых векторов $\bar{U}_1 - \bar{U}_6$ и 2 нулевых вектора \bar{U}_7, \bar{U}_8 . При переключении транзисторов АИН через каждые 60° периода выходного напряжения максимальная величина линейного (междуфазного) напряжения будет равна U_d , а максимальная величина фазного напряжения $\frac{2}{3}U_d$.

В течение 60° периода выходного напряжения положение вектора линейного напряжения будет неизменным. Через каждые 60° вектор линейного напряжения \bar{U} скачком изменяет положение при прежнем значении величины, равной U_d .

Желаемый вектор напряжения \bar{U}_m^* , который отличается по величине от шести ненулевых векторов, можно синтезировать с помощью комбинации 8-и состояний ключей АИН[1].

Можно повысить эффективность алгоритма пространственно-векторной модуляции за счет включения основных векторов на модуляционном периоде с симметричным расположением нулевых векторов. Такой алгоритм можно назвать – «симметричный», когда нулевые вектора симметрично размещены в начале, середине и конце модуляционного периода, а при формировании коммутационных функций используется треугольная развертка. Для реализации пространственно-векторной модуляции можно использовать и пилообразную развертку.

Модифицировать алгоритм пространственно-векторной модуляции с целью минимизации переключений транзисторов инвертора и снижения частоты коммутации можно за счет изменения последовательности

активации основных векторов. Например, можно использовать следующие последовательности переключений, состоящих из пяти векторов: $U_0 - U_1 - U_2 - U_1 - U_0$ или $U_2 - U_1 - U_7 - U_1 - U_2$ [2].

Если сигнал нулевой последовательности симметричной пространственно-векторной модуляции имеет гладкую форму, то при пространственно-векторной модуляции с измененным алгоритмом активации основных векторов, сигнал нулевой последовательности имеет точки разрыва. Поэтому, такой алгоритм можно назвать «разрывной» пространственно-векторной модуляцией.

Число переключений транзисторов АИН при использовании разрывной пространственно-векторной модуляции, и, как следствие, частота коммутации, снижается, за счет большей доли действия нулевых векторов на модуляционном периоде. Так, при симметричной пространственно-векторной модуляции с треугольным несущим сигналом на одном модуляционном интервале происходит шесть коммутаций автономного инвертора, а при использовании разрывной пространственно-векторной модуляции – только три. Таким образом, частота коммутаций автономного инвертора снижается на 33 %. На практике это означает, что при использовании такого алгоритма управления транзисторами автономного инвертора будут снижаться коммутационные потери, и можно снизить габариты технических средств, обеспечивающих отвод тепла от транзисторов. С другой стороны, появляется возможность увеличить частоту коммутации на 33 % для обеспечения более высокой электромагнитной совместимости автономного инвертора, например, с приводным электродвигателем, если первый используется в электроприводе переменного тока. В [2] приведены зависимости коэффициента искажения тока и напряжения на выходе автономного инвертора с разрывной пространственно-векторной модуляцией.

Из приведенных зависимостей видно, что при увеличении относительной длительности коммутации, коэффициенты искажений токов и напряжений снижаются, что свидетельствует о том, что форма кривой тока становится близкой к синусоидальной. При этом, алгоритм зубчатой пространственно-векторной модуляции обеспечивает меньшие искажения синусоидальности тока и напряжения, чем пиковая пространственно-векторная модуляция. Так в первом случае суммарный коэффициент гармонических искажения равен 3,12 %, а во втором случае – 7,45 %, при величине модуляционного периода равного 0,001 с.

1. Векторные системы управления электроприводами: учебное пособие / Б.И. Фираго, Д.С. Васильев. – Минск: Вышэйшая школа, 2016. – 158с.
2. Васильев Б.Ю. Электропривод. Энергетика электропривода. - М.: СОЛОН-Пресс, 2015. – 267с.