

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Т.М. Халина, А. И. Тищенко, С.Ю. Еремочкин, Т.Н. Пивкина

*В статье рассмотрен вопрос о разработке нового метода управления трехфазным асинхронным электродвигателем при питании от однофазной сети. Приведены обоснования, требования и алгоритм работы трехфазных асинхронных электродвигателей от однофазной сети путем векторно-алгоритмического управления коммутационной аппаратуры без применения дополнительных выпрямительных устройств.*

*Ключевые слова: трехфазный асинхронный электродвигатель, векторно-алгоритмическое управление, электропривод.*

В настоящее время однофазный ток остается наиболее простым из экономических решений по распределению электроэнергии в сельской местности, которая получила широкое распространение у малых фермерских хозяйств с различной специализацией. Автоматизация и электрификация фермерского труда в сельском хозяйстве ведет к повышению производительности сельскохозяйственных технологических процессов и экономическому росту, что в свою очередь приводит к необходимости увеличения количества мощных электрифицированных машин и инструментов, использующих трехфазные электродвигатели.

Проведенные исследования существующих способов запуска трехфазных электродвигателей от однофазной сети [1] показали, что они имеют ряд серьезных недостатков. В связи с этим возникает задача разработки нового наиболее рационального способа запуска и работы трехфазных электродвигателей от однофазной сети.

Однофазный ток создаёт пульсирующее магнитное поле, изменяющееся во времени. Пульсирующее магнитное поле можно рассматривать как состоящее из двух вращающихся навстречу друг другу равных по величине полей. Каждое поле взаимодействует с обмоткой ротора и образует вращающий момент. Их суммарное действие создает пульсирующий момент на валу электродвигателя, поэтому при пуске электродвигателя в однофазном режиме он не может раскрутиться даже при отсутствии нагрузки на валу.

Известно большое количество способов преобразования однофазного тока в многофазный, но все они, как правило, имеют ряд недостатков:

Во-первых, при емкостном запуске электродвигателя с использованием фазосдвигающего конденсатора для обеспечения работы электродвигателя, емкость пускового конденсатора должна быть в 1,5 раза больше емкости рабочего конденсатора, что ведет к снижению надежности за счет использования бумажных конденсаторов.

Во-вторых, при частотном запуске электродвигателя необходимо использовать выпрямители для преобразования переменного тока в постоянный ток, а затем постоянного тока в трехфазный переменный ток, при этом высока стоимость частотного преобразователя. Кроме того электродвигатели при питании от частотных преобразователей снижают до 20% своей мощности.

Таким образом, для устранения существующих недостатков возникает необходимость в разработке нового способа запуска и работы трехфазных электродвигателей от однофазной сети. Этот способ должен обеспечивать вращение вектора магнитного поля статора при непосредственном питании от однофазной сети и номинальную скорость (скорость близкую к номинальной) электродвигателя. Для этого необходимо использовать специальный алгоритм коммутации обмоток электродвигателя в определенные моменты времени.

При этом должны выполняться следующие требования:

Устройство коммутации должно быть выполнено без открытых контактов из-за присутствия опасных и вредных факторов в сельском хозяйстве.

Коммутационная аппаратура должна быть выполнена на полупроводниковых устройствах, в качестве которых могут быть использованы транзисторы или тиристоры.

# ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Система управления коммутационной аппаратуры должна быть простой и надежной.

Система управления должна быть выполнена на современных электрических элементах с применением микроконтроллерной техники.

Устройство должно иметь невысокую стоимость.

Кафедрой «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ, был разработан однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью для запуска и работы трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети переменного тока [2].

Данное устройство удовлетворяет вышеперечисленным требованиям и может быть использовано для питания асинхронных электродвигателей от однофазной сети с возможностью обеспечения реверса.

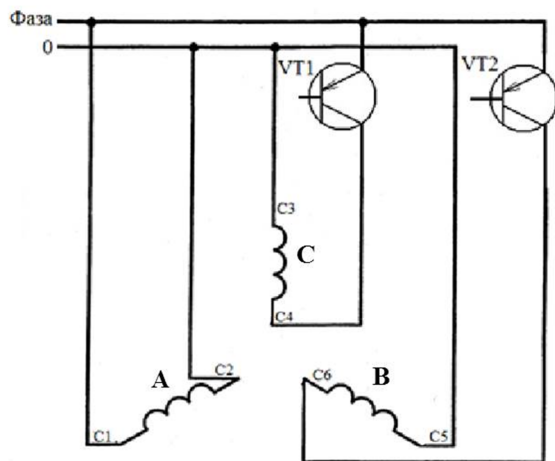


Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью

Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор содержит полупроводниковые ключи, выполненные на транзисторах (рисунок 1) причем один конец первого полупроводникового ключа VT1 подключен к выводу C4 обмотки «С» статора электродвигателя, а другой конец полупроводникового ключа подключен к фазе питающей сети. Второй полупроводниковый ключ VT2 подключен к выводу C6 обмотки «В» статора электродвигателя, другой конец полупроводникового ключа – к фазе питающей сети. Выводы обмоток статора электродвигателя C2, C3 и C5 подключены к нулю питающей сети,

вывод C1 обмотки статора «А» электродвигателя подключены к фазе питающей сети.

Векторно-алгоритмическое управление обеспечивается за счет коммутации полупроводниковых ключей, использующих свойство биполярных транзисторов пропускать ток в ключевом режиме в обоих направлениях.

Алгоритм работы устройства заключается в подаче и снятии управляющего напряжения с базы транзисторов в определенной последовательности, что обеспечивает протекание тока по обмоткам статора электродвигателя, как показано на рисунке 2.

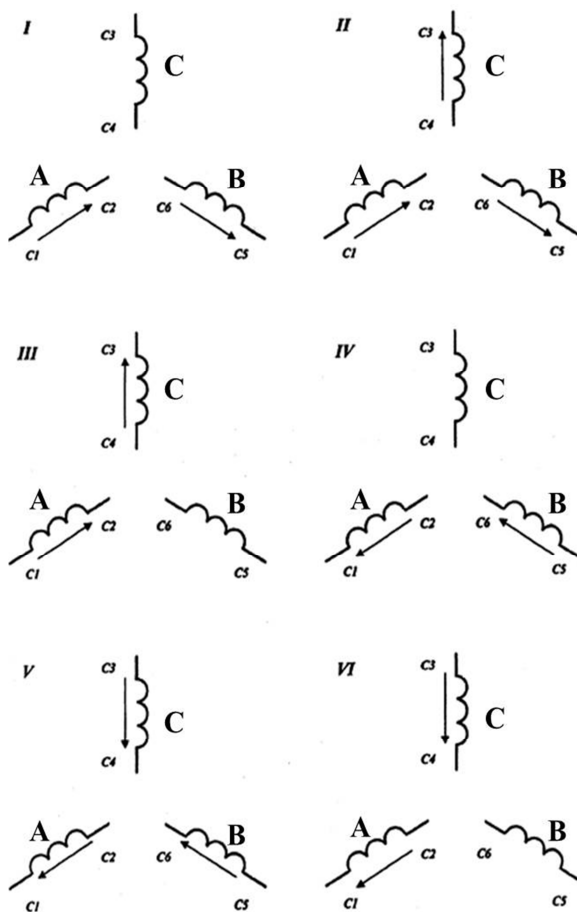


Рисунок 2 – Направления магнитного потока и протекающего тока по статорным обмоткам электродвигателя

В соответствии с алгоритмом, описанным ниже, подача однофазного переменного напряжения на статорные обмотки электродвигателя (в определенные моменты времени с помощью полупроводниковых ключей) обеспечивает вращение вектора магнитного потока эллиптического вращающегося поля статора, векторная диаграмма которого представлена на рисунке 3.

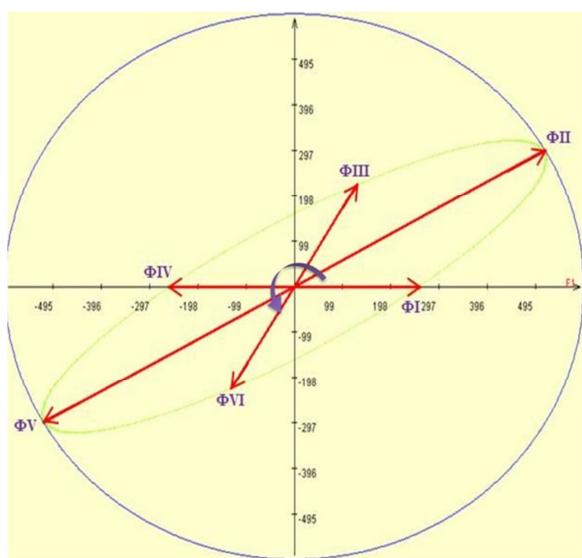


Рисунок 3 – Векторная диаграмма магнитного поля статора электродвигателя, состоящая из шести положений магнитного потока.

На рисунке 4 представлена диаграмма изменения напряжений на обмотках статора электродвигателя «А», «В», «С» в моменты времени  $t_0$  –  $t_5$ , за период регулирования в соответствии с векторной диаграммой.

Алгоритм работы устройства, представленного на рисунке 1, в моменты времени  $t_0$  –  $t_5$  может быть описан следующим образом:

В момент времени  $t_0$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу транзистора VT2, что образует I положение магнитного потока, представленного на рисунке 3. Ток протекает по обмоткам «А» и «В» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2(I).

В момент времени  $t_1$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу транзистора VT1, что образует II положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А», «В» и «С» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2(II).

В момент времени  $t_2$  обеспечивается снятие управляющего напряжения с базы транзистора VT2, что образует III положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А» и «С» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2(III).

В момент времени  $t_3$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу VT2 и снятие напряжения с базы VT1, что образует IV положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А», «В» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2(IV).

В момент времени  $t_4$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу транзистора VT1, что образует V положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А», «В» и «С» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2(V).

В момент времени  $t_5$  обеспечивается снятие управляющего напряжения с базы VT2, что образует VI положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А» и «С» статора электродвигателя, как показано на рисунке 2, (VI).

Далее алгоритм работы устройства повторяется.

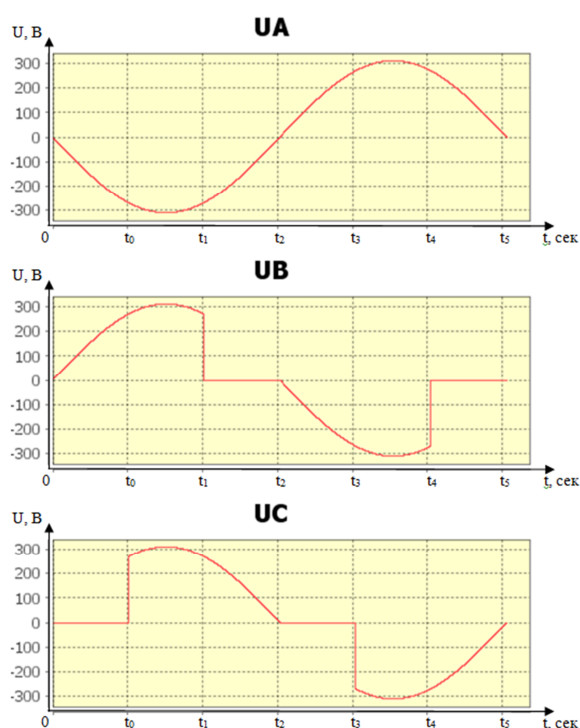


Рисунок 4 - Диаграмма изменения напряжений на обмотках статора электродвигателя

Реверс электродвигателя возможно осуществить за счет использования алгоритма, обеспечивающего коммутацию полупроводниковых ключей для получения обратного вращающегося поля статора электродвигателя, векторная диаграмма которого представлена на рисунке 5.

Здесь в момент времени  $t_0$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу VT1, что образует I положение магнитного потока. Ток протекает по обмоткам «А» и «С» статора электродвигателя. В момент времени  $t_1$  обеспечивается подача управляющего напряжения на базу VT2, что образует

## ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ НОВОГО МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПИТАНИИ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

II положение магнитного потока в направлении «назад» и так далее.

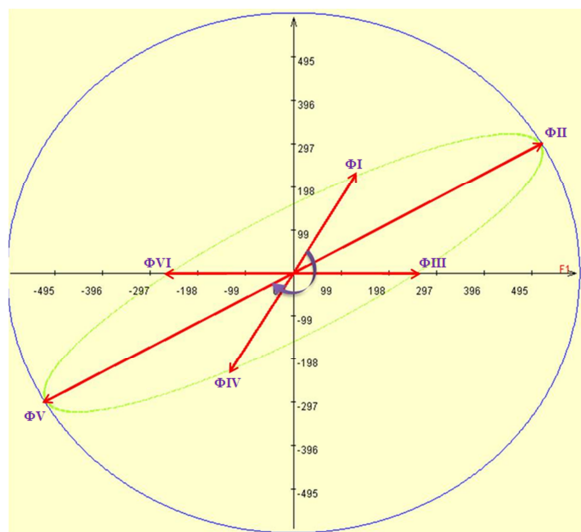


Рисунок 5 – Векторная диаграмма магнитного поля статора электродвигателя, состоящая из шести положений магнитного потока

С помощью однофазно-трехфазного реверсивного коммутатора, ведомого сетью возможно осуществить векторное управление трехфазным асинхронным электродвигателем, создавая разные типы вращающихся полей статора, состоящих из 3, 4, 6 последовательных фиксированных положений вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора электродвигателя.

Таким образом, сформулирован новый подход рационального способа запуска и работы трехфазных асинхронных электродвигателей от однофазной сети путем векторно-алгоритмического управления коммутацион-

ной аппаратуры без применения дополнительных выпрямительных устройств.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вольдек, А. И. Электрические машины / А.И. Вольдек. – Л.: Энергия, 1978. – с. 832.
2. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью: пат. 121976 Рос. Федерация. № 2012124138/07; заявл. 08.06.2012; опубл. 10.11.2012.

**Халина Т.М.** - д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Электротехника и автоматизированный электропривод» ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», тел. (385-2)29-07-88;

E-mail: temf@yandex.ru

**Тищенко А.И.** - д.т.н., проф., заведующий кафедрой «Общая электротехника» ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», тел. (385-2)29-07-78;

E-mail: tischenko2004@inbox.ru.

**Еремочкин С.Ю.** - ассистент. Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», кафедра «Электротехника и автоматизированный электропривод»,

E-mail: S.Eremochkin@ya.ru.,

тел. (385-2)29-08-64,

**Пивкина Т. Н.** - студент. Россия, Алтайский край, г. Барнаул, ФГБОУВПО «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», кафедра «Системы автоматизированного проектирования», E-mail: temf@yandex.ru, тел. (385-2)29-08-61.