

Теленков Евгений Анатольевич,

студент магистратуры;

Научный руководитель – Пищухин Александр Михайлович,

д-р техн. наук, профессор,

ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,

г. Оренбург, Россия

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ТРЕХФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

Асинхронные двигатели характеризуются тем, что управление ими требует формирования меняющегося электромагнитного поля на статоре двигателя. Для обеспечения круговой формы поля необходимо обеспечить равенство амплитуд на обмотках статора и равномерный фазовый сдвиг синусоидальных напряжений, подводимых к этим обмоткам. Для трехфазного двигателя фазные напряжения сдвинуты на 120 градусов друг относительно друга. Для двухфазного двигателя круговое поле обеспечивается сдвигом напряжений обмоток на 90 градусов. Скорость изменения этого поля определяется частотой подаваемого на обмотки двигателя электрического сигнала, что и определяет основной способ управления асинхронным двигателем – частотный.

Ключевые слова: оптимальное управление, асинхронный двигатель, частотное управление двигателя, модернизация, оптимизация.

Evgenij A. Telenkov,

master's student;

Scientific adviser – Aleksandr M. Pishchukhin,

doctor of technical Sciences, Professor,

FSBEI HE "Orenburg state University",

Orenburg, Russia

OPTIMAL CONTROL OF THREE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR

Asynchronous motors are characterized by the fact that their management requires the formation of a changing electromagnetic field on the motor stator. To ensure a circular field shape, it is necessary to ensure equal amplitudes on the stator windings and a uniform phase shift of the sinusoidal voltages supplied to these windings. For a three-phase motor, the phase voltages are

shifted 120 degrees relative to each other. For a two-phase motor, a circular field is provided by a shift of the voltage of the windings by 90 degrees. The rate of change of this field is determined by the frequency of the electric signal supplied to the motor windings, which determines the main way of controlling an induction motor – frequency.

Keywords: optimal control, asynchronous motor, frequency control of the motor, modernization, optimization.

Рассмотрим вариант формирования ступенчатого синусоидального управления на обмотках трехфазного асинхронного двигателя. Структурная схема такого формирователя представлена на рисунке 1.

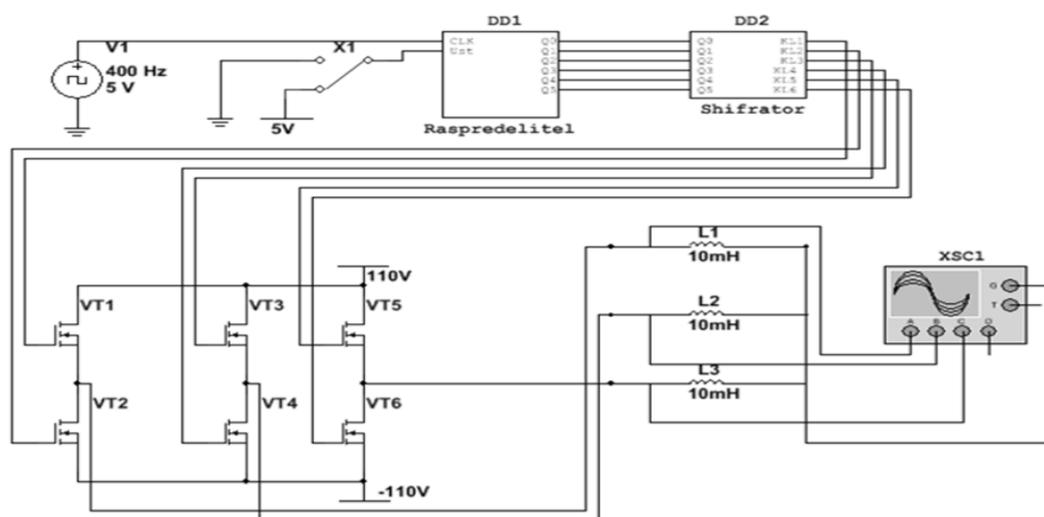


Рисунок 1 – Формирователь напряжения на обмотках двигателя

Разработанное устройство состоит из генератора тактовых импульсов V1, распределителя DD1, шифратора DD2 и инвертора на трех парах транзисторных ключей VT1...VT6, подключенных к статорным обмоткам L1, L2, и L3 трехфазного двигателя.

Генератор тактовых импульсов предназначен для подачи тактовых импульсов с частотой 400 Гц на распределитель, представляющий собой кольцевой счетчик, на шести выходах которого формируются импульсы. Осциллограммы, отображающие происходящие процессы изображены на рисунке 2. Первая осциллограмма соответствует сигналу с тактового генератора, а шесть последующих – импульсам на выходах Q0...Q5.

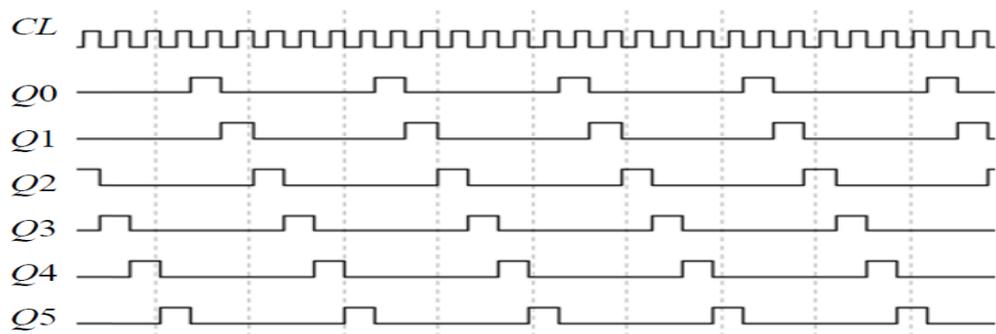


Рисунок 2 – Осциллограммы входного и выходных сигналов распределителя

Эти импульсы поступают на входы шифратора, выходы которого управляют состоянием ключей инвертора.

В каждом из шести следующих друг за другом тактов открываются по три ключа, формируя ступенчатые синусоидальные сигналы на обмотках двигателя. На рисунке 3 представлены осциллограммы полученных напряжений.

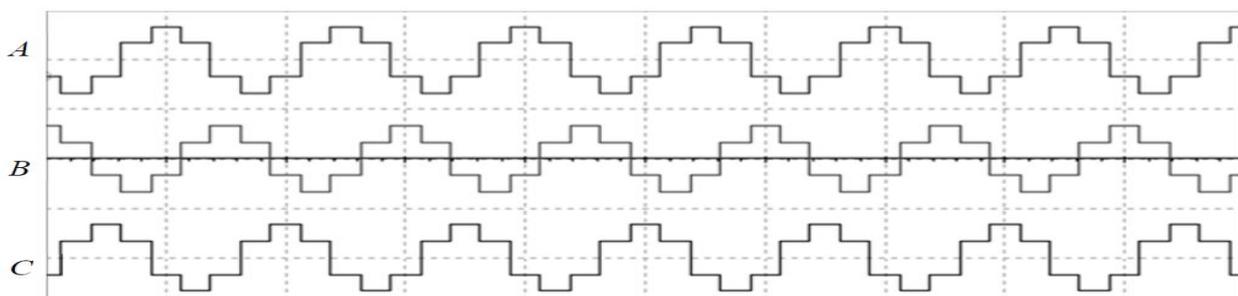


Рисунок 3 – Осциллограммы напряжений на обмотках двигателя при $f = 400$ Гц

На представленной осциллограмме в первом такте открываются ключи VT1, VT4 и VT6, в следующем такте VT1, VT3 и VT6 и так далее. При этом фазовый сдвиг между синусоидальными напряжениями составляет 120 градусов.

Частотное управление двигателем в такой схеме осуществляется достаточно просто путем изменения тактовой частоты генератора.

На рисунке 4 представлены осциллограммы напряжений на обмотках двигателя, полученные при изменении частоты тактового напряжения на 25%, что привело к увеличению частоты сформированного напряжения на обмотках двигателя.

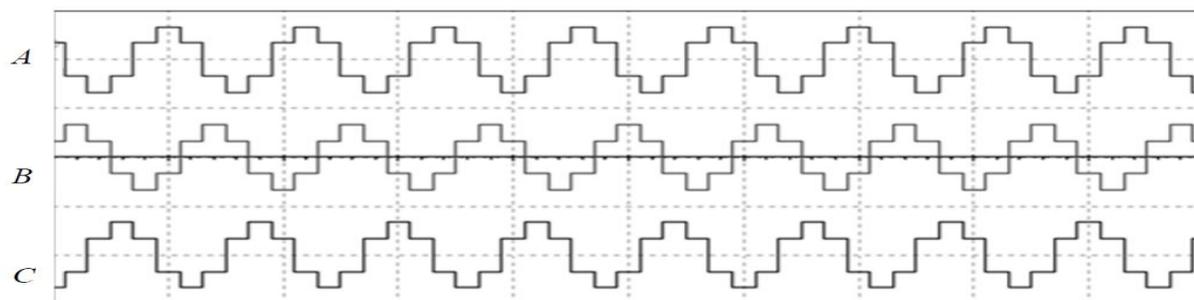


Рисунок 4 – Осциллограммы напряжений на обмотках двигателя при $f > 400$ Гц

Однако при изменении частоты питающего напряжения меняется индуктивное сопротивление обмоток двигателя, что приводит к изменению тока и магнитного потока. Поэтому для обеспечения линейности управления наряду с изменением частоты приходится изменять и амплитуду подводимого к двигателю напряжения, что значительно усложняет схему управления двигателем.

Для управления двухфазным асинхронным двигателем применяют амплитудный и фазовый методы управления. Известно, что при изменении амплитуды или фазового сдвига напряжения на одной из обмоток двухфазного асинхронного двигателя относительно другой обмотки его поле начинает деформироваться, принимая эллиптическую форму. Принято считать, что при этом возникают два круговых поля, вращающиеся в разных направлениях. Направление вращения одного поля совпадает с направлением вращения двигателя, другое поле вращается в противоположном направлении, создавая тормозной момент. Скорость двигателя при этом падает. На этом принципе основано фазовое управление двухфазным двигателем [1].

В отличие от частотного управления при фазовом управлении не возникает проблем, связанных с изменением сопротивления обмоток. Поэтому нет необходимости наряду с изменением фазы менять и амплитуду подводимого напряжения. Для трехфазного двигателя фазовое управление должно дать более сложную картину пульсирующего поля и, в то же время такое управление может дать эффект однокоординатного управления.

С целью исследования возможностей фазового управления трехфазным асинхронным двигателем был проведен анализ разработанной схемы, который показал, что в данном варианте шеститактного формирования синусоидального напряжения осуществить изменение фазового сдвига напряжений между фазными обмотками не представляется возможным. В связи с чем рассмотрен вариант создания фазового управления на основе универсального трехфазного асинхронного двигателя. Такой двигатель включается в однофазную сеть по схеме, представленной на рисунке 5.

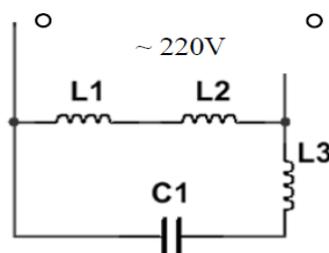


Рисунок 5 – Схема включения трехфазного двигателя в однофазную сеть

Две обмотки включены последовательно, а на третьей обмотке формируется фазовый сдвиг напряжения с помощью конденсатора С1. При частотном управлении в такой схеме одновременно изменяется и индуктивное, и емкостное сопротивление, что приводит к перераспределению токов между обмотками и напряжений между последовательно включенными индуктивностью обмотки и конденсатором. Практически, таким образом включенные двигатели, вследствие указанных недостатков, не используются в качестве управляемых.

Для фазового управления предлагается схема на базе инвертора. Она представлена на рисунке 6.

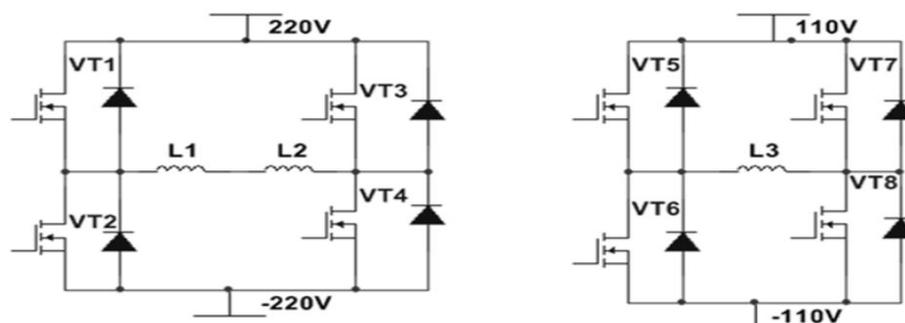


Рисунок 6 – Схемы включения обмоток универсального трехфазного двигателя в инвертор

При этом две обмотки двигателя включены, как и в базовой схеме, последовательно. Они в качестве нагрузки включены в одну мостовую схему, а третья обмотка – в другую.

Попарное включение транзисторных ключей моста в течение периода (VT1 и VT4, затем VT2 и VT3) обеспечивает преобразование постоянного напряжения в знакопеременное. Управление ключами VT5...VT8 может обеспечить задержку или опережение по отношению к включению транзисторов VT1...VT4 первого моста. Таким образом, формируется фазовый сдвиг между выходными напряжениями первого и второго мостов. При изменении фазового сдвига под действием управляющего сигнала деформируется вращающееся электромагнитное поле и, как следствие, меняется скорость вращения двигателя.

Изменение фазового сдвига между напряжениями в первой и во второй мостовых схемах может быть получено с помощью схемы сдвига фаз ССФ, модель которой представлена на рисунке 7.

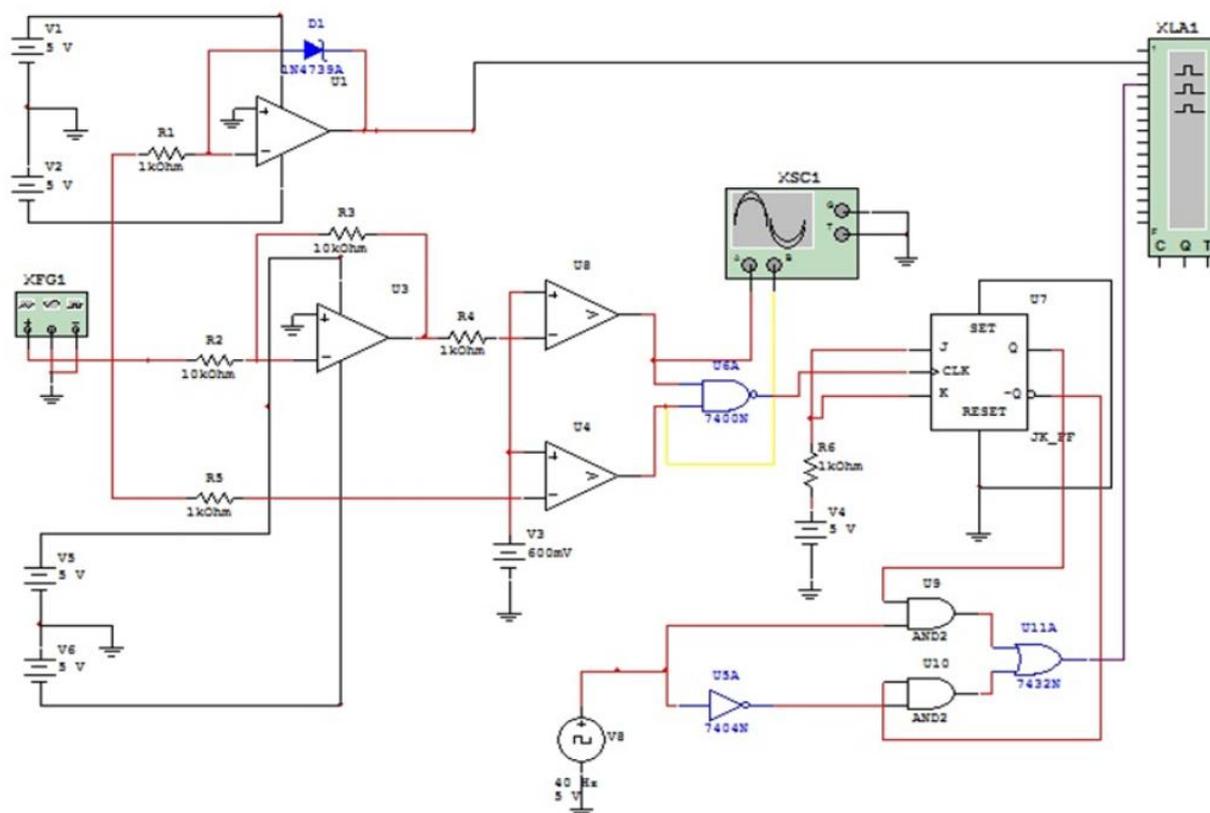


Рисунок 7 – Схема модели ССФ

Осциллограммы выходных сигналов ССФ представлены на рисунке 8.

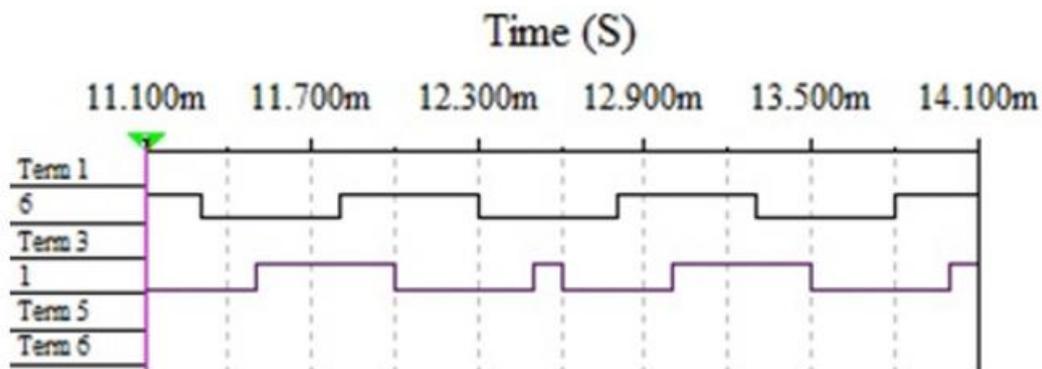


Рисунок 8 – Осциллограммы выходных сигналов ССФ

Генератор треугольных импульсов XFG1 моделирует сигнал необходимой опорной частоты, который подается на два канала. В верхнем канале из этого сигнала с помощью детектора нуля формируются прямоугольные импульсы, используемые для управления ключами моста, нагрузкой которого являются фазы А и В двигателя.

Модуль управляющего сигнала, моделируемого источником V3, поступает на не инвертирующие входы компараторов для создания фазового сдвига во втором канале, работающем на фазу С двигателя. На не инвертирующие входы компараторов поступают взаимноинверсные сигналы генератора треугольных импульсов. Компараторы осуществляют широтно-импульсную модуляцию входного сигнала. Сигналы с выходов компараторов имеют прямоугольную форму и сдвинуты относительно друг друга на 180 градусов. Длительность импульсов этих сигналов зависит от модуля управляющего сигнала. Далее эти сигналы поступают на блок, выполняющий функцию логического умножения с инверсией. Выходной сигнал блока имеет удвоенную частоту по отношению к частоте опорного треугольного сигнала. Далее сигнал поступает на триггер, который делит частоту в два раза. Сигналы с выходов триггера подаются на логику реверса, где, в зависимости от знака входного сигнала от генератора V8, подаваемого в ССФ, осуществляется фазовый сдвиг между сигналами фаз (А + В) и С на опережение или отставание, что позволяет вращаться двигателю в прямую и обратную стороны.

Осциллограммы выходных сигналов ССФ представлены на рисунке 8. Для обеспечения синусоидальной формы напряжения на обмотках двигателя разработана схема, в которой все ключи управляются ШИМ-сигналами [2].

Предлагаемая схема включения универсального двигателя, в которой одна из фаз двигателя не имеет гальванической связи с другими обмотками, позволяет избавиться от названных ранее недостатков, ограничивающих возможности управления двигателем. При этом очевидной становится возможность простого частотного управления при фиксированном фазовом сдвиге. В то же время возникает возможность фазового управления универсальным трехфазным двигателем, при этом нет необходимости в изменении амплитуды инвертора, поскольку изменение фазы не влечет за собой изменение тока, питающего обмотки двигателя.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пащенко В. В. Модель модуля фазового управления электродвигателем переменного тока / В. В. Пащенко, Е. Г. Колесников. – Текст : непосредственный // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : труды Международной научно-технической конференции. Т. 2. – Пенза : ИИЦ ПГУ, 2011. – С. 203–206.
2. Абакумов А. А. Преобразователь фазового управления силовой частью электродвигателя переменного тока / А. А. Абакумов, А. Г. Федосеев, В. В. Пащенко. – Текст : непосредственный // Прикладная информатика и математическое моделирование : межвузовский сборник научных трудов. – Москва : МГУП имени Ивана Федорова, 2012. – С. 6–9.