СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОДНОФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ ДВИГАТЕЛЕМ

SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS MOTOR CONTROL SYSTEM

УДК 621

Исаргакова Эльвина Вилюровна, Магистрант, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия

Ишемгужин Александр Измайлович, Доцент, канд. техн. Наук, Уфимский государственный нефтяной технический университет, г.Уфа, Россия

Isargakova Elvina Vilyurovna, Master student, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Ishemguzhin Alexander Izmailovich, Associate Professor, Cand. tech. Sciences, Ufa State Petroleum Technical University, Ufa, Russia

Аннотация: В статье рассматривается однофазный асинхронный двигатель и его система управления. Основной метод управления таким двигателем в настоящее время – частотный метод. Метод реализуется с помощью силовых устройств, называемых инверторами. Схема инверторов изображена в статье, также, описаны особенности их работы. В статье показаны как достоинства данного метода, так и основной недостаток. Устранить данный недостаток можно применив двухфазную систему регулирования с двумя силовыми инверторами.

Abstract: The article deals with a single-phase asynchronous motor and its control system. The main method of controlling such a motor at the present time is the frequency method. The method is implemented using power devices called inverters. The inverter circuit is shown in the article, and the features of their operation are also described. The article shows both the advantages of this method and the main

disadvantage. This drawback can be eliminated by applying a two-phase control system with two power inverters.

Ключевые слова: однофазный асинхронный двигатель, электродвигатель, частотный метод, инверторы, конденсатор

Key words: single-phase asynchronous motor, electric motor, frequency method, inverters, capacitor

Для приводов небольшой мощности широко применяются однофазные асинхронные двигатели. Обычно асинхронный однофазный электродвигатель имеет две статорные обмотки, размещенные на расстояние в четверть окружности одна от другой, то есть под углом 90° друг к другу. Последовательно с одной из обмоток (вспомогательной) включают конденсатор. Конденсатор обеспечивает сдвиг фаз токов в обмотках примерно 90°. Такая конструкция необходима для образования вращающегося магнитного поля статора [1].

Основной метод управления таким двигателем в настоящее время – частотный метод. Метод реализуется с помощью специальных силовых устройств, называемых инверторами. Инверторы, в свою очередь, бывают выполненными по мостовой схеме на четырех силовых транзисторах или по полумостовой схеме – на двух силовых транзисторах. Для двигателей большей мощности предпочтение отдается мостовой схеме, для двигателей меньшей мощности предпочтение отдается полумостовой схеме, как более простой. На драйверы силовых транзисторов подаются ШИМ сигналы, которые вырабатывает система регулирования числа оборотов двигателя. Одна обмотка двигателя подключена к выходу инвертора непосредственно, вторая – через фазосдвигающий конденсатор. Инвертор формирует напряжение на обмотках двигателя с варьируемой частотой и с линейной зависимостью от управляющего напряжения. Регулировать частоту можно как в сторону уменьшения, так и в сторону увеличения относительно 50 Гц. Диапазон регулировки обычно не большой, так как сопротивление конденсатора переменному току и фазовый сдвиг токов в обмотках напрямую зависит от частоты [2].

Основное достоинство этого метода – простота реализации и применения, так как вся система управления двигателем состоит из одного инвертора и одной системы регулирования, что обеспечивает высокую надежность устройства в целом.

Основной недостаток – изменяющийся фазовый сдвиг токов в обмотках, который напрямую зависит от частоты управляющего сигнала.

Устранить данный недостаток можно применив двухфазную систему регулирования с двумя силовыми инверторами. Сдвиг по фазе между двумя сигналами управления составляет точно 90°. За счет этого вращающее поле статора всегда круговое, двигатель работает в оптимальном режиме, характеристики двигателя не изменяются при изменении частоты управления.

Структурная схема такого устройства представлена на рисунке 1.

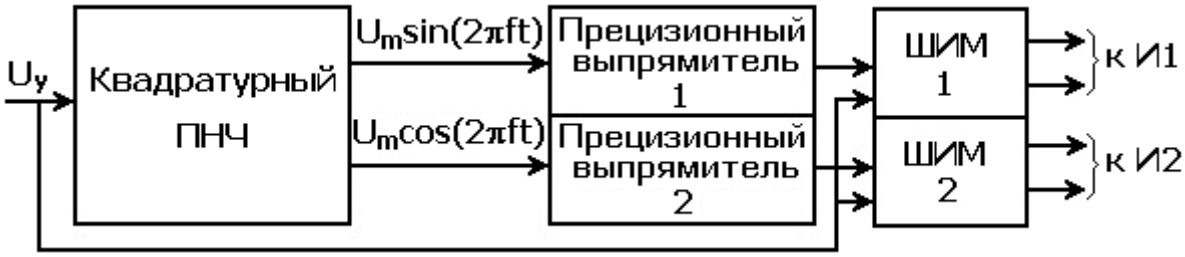

Рисунок 1 – Структурная схема системы управления

Квадратурный преобразователь «напряжение – частота» (ПНЧ) формирует два гармонических сигнала (синусоидальный и косинусоидальный), которые одинаковы по амплитуде и частоте, но отличаются по фазе на 90° [3], рисунок 2. Частота гармонического сигнала линено зависит от управляющего напряжения U_y [4].

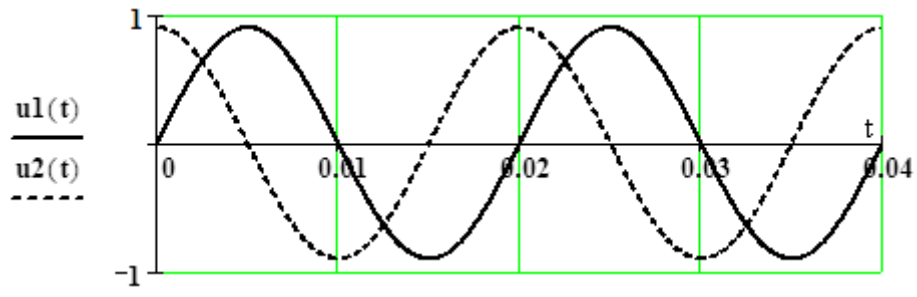

Рисунок 2 – Сигналы на выходе ПНЧ

Гармонические сигналы обеих фаз выпрямляются прецизионными выпрямителями 1 и 2, рисунок 3а и рисунок 4а.

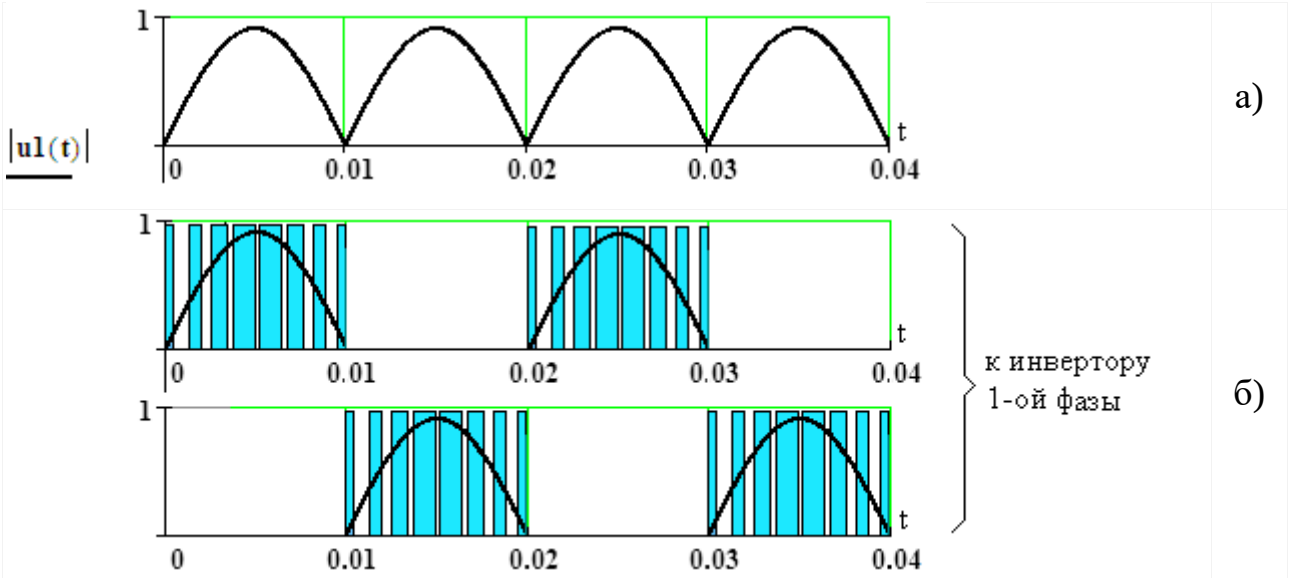

Рисунок 3 – Сигналы первой фазы ШИМ

Выпрямленные сигналы каждой фазы поступают на широтноимпульсные модуляторы ШИМ 1 и ШИМ 2, которые имеют общий задающий генератор, работающий на высокой ($f_г \gg 50$ Гц) частоте.

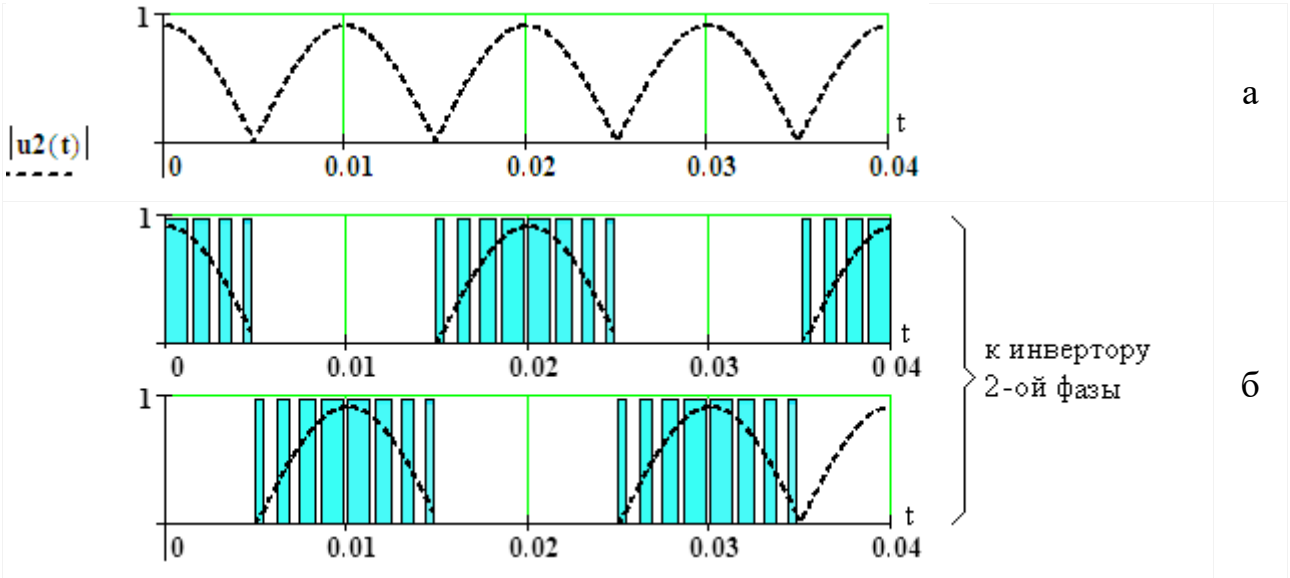

Рисунок 4 – Сигналы второй фазы ШИМ

ШИМ 1 и ШИМ 2 вырабатывают широтно-модулированные сигналы на каждую пару силовых тразисторов инверторов 1-й и 2-й фазы (рисунки 3 б и 4 б) . Ширина импульсов пропорциональна значениям синусоидального сигнала. Индуктивность обмоток двигателя сглаживает импульсные сигналы, таким образом, что ток в обмотках двигателя становится практически синусоидальным.

ШИМ 1 и ШИМ 2 работают под управлением 3-х сигнналов:

1) Сигнала генератора тактовой частоты, который входит в состав ШИМ и является общим для ШИМ 1 и ШИМ 2.

2) Выпрямленного синусоидального напряжения. Каждая фаза работает со своим ШИМ.

3) Сигнала от источника управляющего напряжения, поступающего на ШИМ 1 и ШИМ 2.

Схема инверторов в упрощенном варианте изображена на рисунке 5. Здесь асинхронный однофазный двигатель М, имеющий две обмотки В1-В2 и С1-С2, включенные в диагонали полумостов. В диагональ полумостового инвертора на JGBT транзисторах VT1 и VT2 включена основная обмотка В1-В2. В диагональ полумостового инвертора на JGBT транзисторах VT3 и VT4 включена дополнительная обмотка С1-С2. Предполагается, что защитные, обратные диоды, которые шунтируют переход коллектор – эмиттер входят в состав транзисторов VT1…VT4. Делитель на конденсаторах С2, С3 образует недостающие плечи обоих полумостовых инверторов.

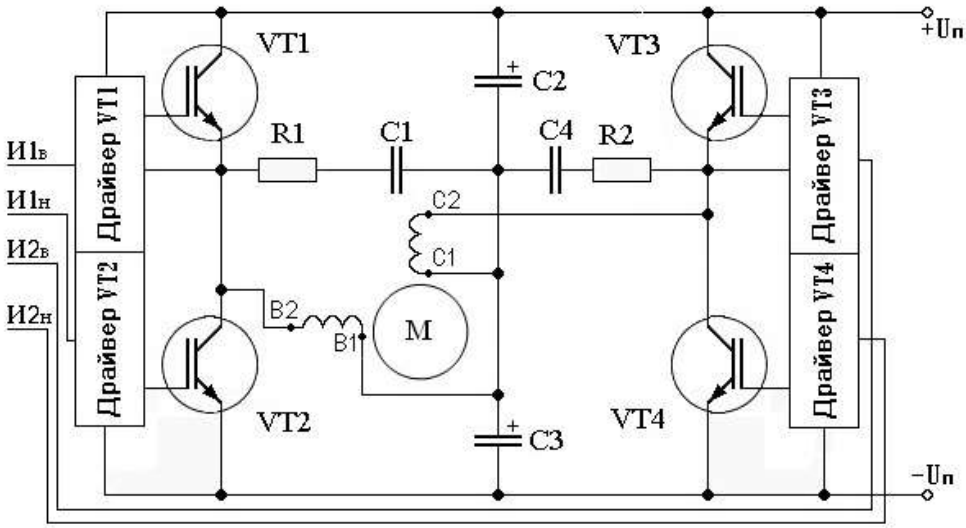

Рисунок 5 – Схема инверторов

Сигналы от схемы управления поступают на транзисторы VT1…VT4 через согласующие устройства – драйверы, которые обеспечивают формирование импульсов отпирания и запирания транзисторов VT1…VT4, а также гальваническую развязку схемы управления с высоковольтной частью инвертора.

Сигналы на первый и второй инверторы от схемы управления поступают со сдвигом по фазе на 90°.

Если открыт транзистор VT1, то к обмотке B1-B2 прикладывается напряжение на конденсаторе C1. Транзистор VT2 при этом заперт. Если открыт транзистор VT2, то к обмотке B1-B2 прикладывается напряжение на конденсаторе C2. Транзистор VT1 при этом заперт. Таким образом, к обмотке B1-B2 поочередно прикладывается напряжение разной полярности, с амплитудой, равной половине напряжения Uп. Аналогичные процессы происходят при работе полумостового инвертора на транзисторах VT3 и VT4.

Цепочки R1, C1 и R2, C4 сглаживают помехи, возникающие при переключении транзисторов VT1…VT4 на высокой частоте ШИМ.

Определенные проблемы возникают при выборе конденсаторов C2 и C3. Эти конденсаторы должны работать одновременно на высокой частоте ШИМ и на низкой частоте работы электродвигателя. Кроме того, конденсаторы должны иметь большие емкости, равные между собой и малые токи утечки. Получается, что при питании выпрямленным 220 В вместо 2-х электролитических конденсаторов для делителя могут быть необходимыми шесть элементов, как показано на рисунке 6.

При питании от сети 220 В возможно также получение сразу двух одинаковых напряжений, каждое из которых соответствует выпрямленному напряжению 220 В [5]. Достигается это с помощью удвоителя напряжения (рисунок 7).

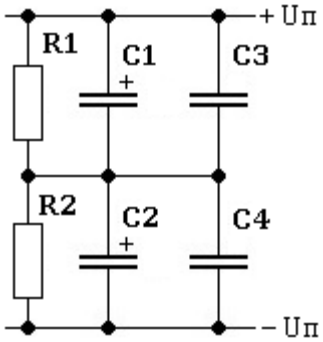

Рисунок 6

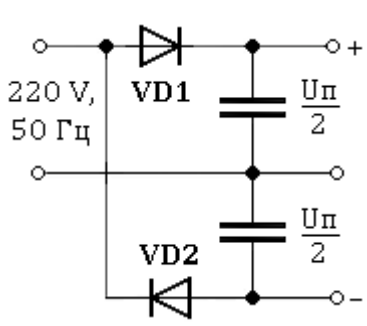

Рисунок 7

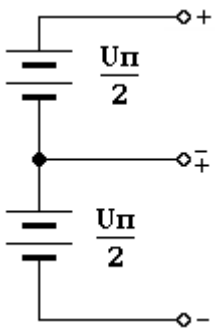

Рисунок 8

Данная схема (рисунок 7) наилучшим образом подходит для электропитания полумостовых инверторов. Однако при выборе транзисторов необходимо учитывать, что на них при закрытом состоянии напряжение будет достигать 700 В.

При питании от постоянного тока желательно использовать два одинаковых источника с выводом от средней точки [5] (рисунок 8).

Напряжение, подаваемое на обмотки двигателя, может содержать высшие гармонические составляющие. Влияние каждой из них можно исследовать отдельно. Модель двигателя в этом случае представляет собой ряд двигателей, соединённых общим валом, в которых на обмотки подаются напряжения разной частоты. Высшие гармонические составляющие тока ротора, взаимодействуя с магнитными полями статора, создают вращающие моменты, действующие согласно или встречно по отношению к основному моменту.

Величины магнитных потоков полей высших гармонических составляющих обратно пропорциональны квадратам их номеров, поэтому вращающий момент даже самой большой гармонической составляющей во много раз меньше момента основной частоты. Отсюда следует, что влияние высших гармонических составляющих на механическую характеристику двигателя пренебрежимо мало [1].

Наличие высших гармонических составляющих оказывает влияние на КПД двигателя. В обмотках двигателя протекают токи всех гармонических составляющих. Двигатель по отношению к высшим гармоническим составляющим работает в режиме, близком к короткому замыканию (скольжение примерно равно единице). Поэтому, при значительной величине этих составляющих, заметно повышается электрические потери, которые могут увеличиваться до 25% относительно потерь при чисто синусоидальном напряжении. В этом случае для сохранения нормального теплового режима приходится уменьшать долю высших гармонических составляющих или уменьшать мощность нагрузки на валу двигателя [1]. Широтно-импульсная модуляция синусоидальным сигналом напряжений, подаваемых на обмотки

двигателя, резко уменьшает наличие дополнительных гармонических составляющих и повышает КПД всего устройства.

Литература:

1. Усольцев А.А. Электрические машины/Учебное пособие. СПб: НИУ ИТМО, 2013, – 416 с.
2. Томашевский, Д. Н. Автономные инверторы: учебное пособие / Д. Н. Томашевский. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. – 120 с.
3. Дьяконов В. П. Генерация и генераторы сигналов / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 384 с.
4. Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника. 12е изд. Том II: Пер. с нем. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 942 с.
5. Семенов Б. Ю. Силовая электроника: от простого к сложному, М: Солон – Пресс, 2005. – 416 с.

Literature:

1. Usoltsev A.A. Electrical Machines / Study Guide. SPb: NIU ITMO, 2013, - 416 p.
2. Tomashevsky, DN Autonomous inverters: a tutorial / DN Tomashevsky. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. un-ta, 2019. - 120 p.
3. Dyakonov VP Generation and signal generators / VP Dyakonov. - M.: DMK Press, 2009.- 384 p.
4. Titze U., Schenk K. Semiconductor circuitry. 12th ed. Volume II: Per. with him. - M.: DMK Press, 2007.- 942 p.
5. Semenov B. Yu. Power electronics: from simple to complex, M: Solon - Press, 2005. - 416 p.