

УДК 53.083.3

**ДВУХСКОРОСТНОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
С ОДНОФАЗНЫМ АСИНХРОННЫМ
ДВИГАТЕЛЕМ***Лаврентьев А. А., Шифрин В. Г.,**Сычева М. А., Косенко С. В.*

Донской государственной технической
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

alavrentyev@spark-mail.ruvshifrin39@yandex.rusycheva1412@gmail.comymberti@mail.ru

Рассмотрено устройство, позволяющее экономически эффективно осуществлять двухскоростное регулирование скорости однофазного асинхронного двигателя. Для решения поставленной задачи использован эффект удвоения частоты тока после выпрямления синусоидального сигнала двухполупериодным выпрямителем и зависимость скорости вращения вала двигателя от указанной частоты.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, однофазный, частота вращения ротора, двухполупериодный выпрямитель, холодильник.

Введение. На практике приходится сталкиваться с ситуациями, когда для решения достаточно узкой проблемы приходится применять методы, для которых данная задача является частным случаем и их использование оказывается экономически неэффективным.

Например, в электроприводах двигатель постоянного тока обеспечивает широкий диапазон реагирования скорости простыми и экономически обоснованными средствами. В ряде случаев достаточно регулировать ток в цепи обмотки возбуждения. В более ответственных задачах используется система генератор-двигатель. Но наличие в двигателях постоянного тока щеточно-коллекторной пары существенно ограничивает сферу их применимости. Двигатели холодильных установок, например, работают в жидкой активной охлаждающей среде и подвод электроэнергии с помощью коллекторного механизма здесь недопустим [1].

Асинхронный двигатель осуществляет бесконтактное преобразование электрической энергии в механическую. Отсутствие щеток и коллектора не вызывает контактного искрения, нет необходимости менять щетки при их износе. Такой двигатель может быть применим в пожароопасных электроприводах и приводах, работающих в агрессивной среде. В то же время сложность регулирования частоты вращения вала асинхронного двигателя и стоимость пуско-

UDC 53.083.3

**TWO-SPEED ELECTRIC DRIVE WITH
SINGLE-PHASE ASYNCHRONOUS
MOTOR***Lavrentev A. A., Shifrin V. G.,**Sycheva M. A., Kosenko S. V.*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

alavrentyev@spark-mail.ruvshifrin39@yandex.rusycheva1412@gmail.comymberti@mail.ru

The article considers a device that allows cost-effective two-speed speed control of a single-phase asynchronous motor. To solve this problem, the effect of doubling the frequency of the current after rectification of the sinusoidal signal by a double-wave rectifier, and the dependence of the motor shaft speed on the specified frequency is used.

Keywords: asynchronous motor, single-phase, rotor speed, double-wave rectifier, refrigerator.

регулирующей аппаратуры, которая в ряде случаев сопоставима со стоимостью двигателя, делают его применение неэкономичным [2].

Основная часть. Особые трудности вызывает регулирование частоты вращения вала однофазного асинхронного двигателя, который во многих случаях применяется в холодильных установках. Применение однофазного асинхронного двигателя оправдывается относительной простотой преобразования постоянного напряжения бортовой сети автомобиля в однофазное синусоидальное напряжение. Магнитное поле однофазного асинхронного двигателя образуется за счет синусоидального тока обмотки статора. Это поле, синусоидальное во времени, в пространстве является пульсирующим и, в свою очередь, может быть представлено в виде двух одинаковых магнитных потоков, вращающихся с одинаковой скоростью в разные стороны. Скорости вращения этих магнитных полей определяются зависимостью $n1 = \frac{60f}{p}$, где p — число пар полюсов; f — частота тока обмотки статора. В неподвижном роторе указанные поля наводят одинаковые электродвижущие силы, которые вызывают одинаковые токи и, соответственно, образуются одинаковые крутящие моменты, направленные в разные стороны. Ротор такой машины после ее включения остаётся неподвижным. Специальными средствами создается пусковой момент, приводящий ротор в движение. При этом скольжение от потока, совпадающего с направлением движения ротора $S_{пр}$ и скольжения от потока, направленного встречно этому направлению $S_{обр}$, разные.

$$S_{пр} = \frac{n1 - n2}{n1}, S_{обр} = \frac{n1 + n2}{n1},$$

где $S_{пр}$ — скольжение, соответствующее прямому магнитному потоку; $S_{обр}$ — скольжение, соответствующие обратному магнитному потоку; $n2$ — частота вращения ротора, об/мин.

Указанные магнитные потоки наводят в обмотке ротора ЭДС, которые соответственно создают в роторе токи $I_{2пр}$ и $I_{2обр}$. При этом частота тока в роторе пропорциональна скольжению. Следовательно:

$$f_{пр} = f_1 S_{пр}, \dots, f_{2обр} = f_1 S_{обр},$$

где $f_{2пр}$ — частота тока $I_{2пр}$, наводимого прямым магнитным потоком; где $f_{2обр}$ — частота тока $I_{2обр}$, наводимого обратным магнитным потоком.

В результате, при вращающемся роторе, электрический ток $I_{2обр}$, наводимый обратным магнитным полем в обмотке ротора, имеет частоту $f_{2обр}$, намного превышающую частоту $f_{2пр}$ тока ротора $I_{2пр}$, наведенного прямым полем. Так как токи зависят от сопротивлений, а реактивное сопротивление току от обратного потока значительно больше, чем от прямого, ток, образованный прямым магнитным потоком и, соответственно, крутящий момент оказывается существенно больше тока и момента от обратного потока. Результирующий крутящий момент обеспечивает вращение вала двигателя в ту сторону, в какую он приведен во вращение специальными средствами.

Технические характеристики однофазного асинхронного двигателя показывают, что скорость вращения ротора зависит от частоты тока в цепи статора и от скольжения, которое связано с нагрузкой на его валу [3]. Регулировать обороты нагрузкой нецелесообразно, поэтому некоторые методы связаны с изменением напряжения питания двигателя, что приводит к уменьшению мощности и ухудшению параметров механической характеристики. Наиболее

эффективным методом регулирования частоты вращения ротора двигателя является изменение частоты тока в цепи статора. В то же время аппаратура, позволяющая регулировать частоту напряжения, достаточно сложна и дорога. Например, при стоимости однофазного асинхронного двигателя ML802–2, мощность которого 1кВт, 5 959 руб, стоимость преобразователя частоты Optidrive E2 — 33 000 руб. Стоимость регулировочной аппаратуры в пять с лишним раз больше стоимости двигателя, который она регулирует. В ряде случаев в ответственной аппаратуре такая ситуация оказывается оправданной. В то же время технические требования к приводу не всегда требуют тех возможностей, которыми обладает частотно регулируемый привод.

Представляет интерес проектирование электроприводов, в которых необходимо осуществлять экономически и технически обоснованную узкую задачу двухступенчатого регулирования скорости однофазного асинхронного двигателя.

При этом применение универсальных устройств для решения простой операции двухступенчатого регулирования скорости однофазного асинхронного двигателя оказывается неоправданно дорогой. Целесообразно обратить внимание на устройства, позволяющие удвоить частоту входного напряжения. Наиболее простым является удвоение частоты на выходе двухполупериодного выпрямителя. Как правило, такое напряжение после специальной обработки используется для питания устройств постоянного тока [4].

В то же время пульсирующее напряжение на выходе двухполупериодного выпрямителя имеет частоту вдвое большую, чем напряжение, поданное на вход выпрямителя. Если уйти от традиционного сглаживания выпрямленного напряжения с помощью конденсатора подключённого параллельно, включить конденсатор последовательно с нагрузкой, произойдет, напротив, фильтрация постоянной составляющей выпрямленного напряжения. В нагрузке при этом будет существовать переменный ток, частота которого в два раза больше частоты напряжения, поданного на вход выпрямителя. Естественно, что коэффициент формы выходного напряжения отличается от синусоидального, но пульсирующий характер этого напряжения будет иметь место.

Изложенное определяет структуру устройства, осуществляющего двухскоростное регулирование частоты вращения ротора двигателя, функциональная схема которого приведена на рис.1. Для осуществления работы асинхронного двигателя используется генератор синусоидального напряжения 1. Напряжение на его выходе определяется рабочими параметрами конкретного двигателя, а частота соответствует основной скорости ротора машины. Для удвоения частоты поражения выход генератора 1 соединен с входом двухполупериодного выпрямителя 2. С помощью конденсатора 3 отфильтровывается постоянная составляющая напряжения. Следует учесть, что переменное напряжение в этом случае имеет частоту в два раза большую, чем частота напряжения генератора 1, но величина этого напряжения меньше напряжения, необходимого для работы асинхронного двигателя. Чтобы согласовать величину этого напряжения с напряжением, необходимым для работы двигателя 6, используется трансформатор 4. Выходная обмотка трансформатора через переключатель 5 может соединяться со статором двигателя. В этом случае частота напряжения на статоре в два раза больше частоты напряжения генератора синусоидального напряжения. В другом случае обмотка статора подключается непосредственно к генератору синусоидального напряжения.

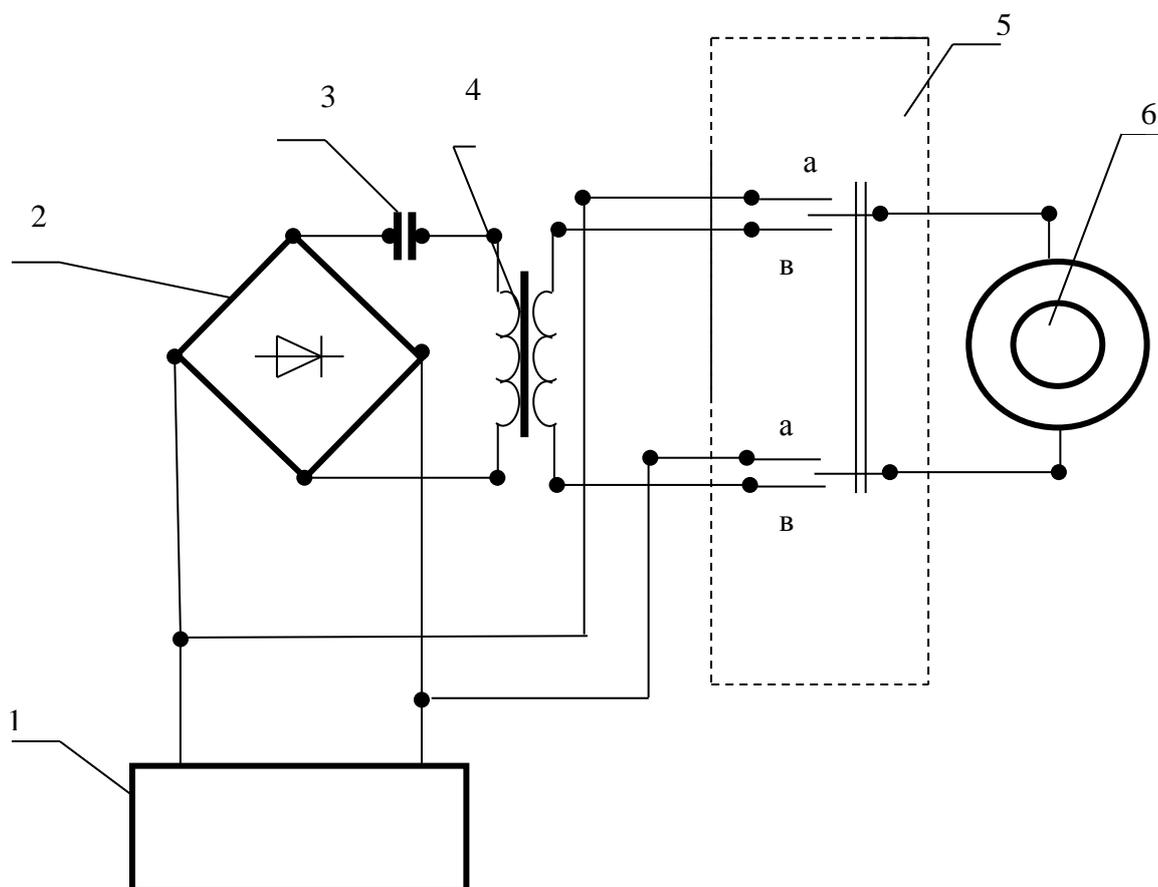


Рис1. Функциональная схема управлением однофазного асинхронного двигателя

Анализ работы двухполупериодного выпрямителя при последовательном включении конденсатора и нагрузки отличается от традиционного анализа в случае, когда выпрямитель работает на активно-индуктивную нагрузку и когда ставится задача сглаживания пульсаций выпрямленного напряжения. В рассматриваемом случае, с учетом параметров трансформатора, нагрузка выпрямителя носит активно-индуктивно-емкостной характер. Это, естественно, накладывает определенные условия на выбор конденсатора и корректировку напряжения, чтобы пульсация магнитного потока обеспечила условия работы однофазного асинхронного двигателя.

Заключение. Эффективность двухскоростной системы управления однофазного асинхронного двигателя обеспечивается простотой схемного решения и малыми затратами на его изготовление. Изложенный материал можно рассматривать как направление исследований процессов при техническом решении изобретения устройства двухскоростного управления однофазного асинхронного двигателя. Материал, изложенный в статье, может найти применение, например, при проектировании электроприводов холодильных установок наземного автомобильного транспорта [5], при управлении вентиляционных установок и других устройств, где требуется двухскоростное управление приводом.

Библиографический список

1. Копылов, И. П. Электрические машины : учебник для электромеханических и электроэнергетических специальностей вузов / И. П. Копылов. — 4-е изд., исправ. — Москва : Высшая школа, 2004. — 607 с.
2. Гольдберг, О. Д. Испытания электрических машин / О. Д. Гольдберг. — Москва : Высшая школа, 2000. — 256 с.
3. Алиев, И. И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах / И. И. Алиев. — Москва : ИП РадиоСофт, 2004. — 128 с.
4. Павлов, В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств: учебник для вузов / В. Н. Павлов, В. Н. Ногин. — 2-е изд., исправ. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2001. — 320 с.
5. Горностаева, С. С. Серия синхронизированных асинхронных двигателей // Радиоэлектроника, электротехника и энергетика: тез. докл. десятой межд. науч.-техн. конф. студ. и аспирантов. — Москва, 2004г. — Т.2. — С.8–9.