

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСКОНДЕНСАТОРНОГО ЗАПУСКА ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

С. Ю. Еремочкин, Т. Н. Пивкина, А. Г. Квитко

В статье рассмотрен вопрос разработки полупроводникового устройства, позволяющего осуществлять запуск и работу трехфазных асинхронных короткозамкнутых электродвигателей сельскохозяйственных электрифицированных машин от однофазной сети. Приведена разработанная система автоматического управления устройством бесконденсаторного запуска, а также сформулировано назначение основных элементов САУ.

Ключевые слова: трехфазный асинхронный электродвигатель, система автоматического управления, электропривод.

Трёхфазный асинхронный короткозамкнутый электродвигатель, благодаря простоте конструкции и сравнительно небольшой стоимости по сравнению с электродвигателями других типов, является самым распространенным из электрических двигателей и применяется для комплектации электроприводов различных механизмов в сельскохозяйственной промышленности. Однако зачастую, например, в сельской местности, присутствует только однофазная сеть переменного тока, что делает невозможным пуск и работу с номинальной нагрузкой сельскохозяйственных машин, механизмов и агрегатов, оснащенных этими двигателями, без усложнения схемы питания [1]. Таким образом, возникают проблемы выбора наиболее рациональной схемы запуска и работы трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети.

Среди существующих способов запуска трехфазных электродвигателей с короткозамкнутым ротором, наибольшее распространение получил конденсаторный метод, при котором в качестве фазосдвигающего элемента используется конденсатор [2]. У данного метода запуска трехфазного двигателя от однофазной сети имеются следующие недостатки:

- полезная мощность, развиваемая электродвигателем, составляет 30 - 40% от номинальной мощности,
- для каждого значения нагрузки необходимы конденсаторы различной емкости;
- низкая надежность, повышенная стоимость и большие габариты ввиду необходимости использования в схеме бумажных конденсаторов.

Вследствие серьезности перечисленных недостатков возникает задача нахождения более простого, стабильного и малогабаритного способа включения трехфазного короткозамкнутого электродвигателя в однофазную сеть. В этом случае целесообразно использовать разработанные [3, 4] устройства бесконденсаторного запуска трехфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора по схеме «звезда» (рисунок 1, а) и «треугольник» (рисунок 1, б).

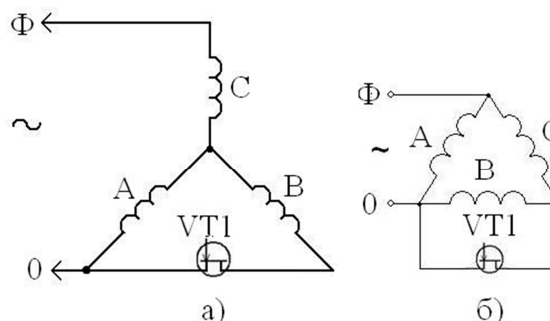


Рисунок 1 - Принципиальные электрические схемы бесконденсаторного запуска трёхфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора по схеме «звезда» (а) и «треугольник» (б)

На рисунке 1 используются следующие обозначения:

- VT1 – полевой транзистор;
- Φ – фаза сети;
- 0 – ноль сети;
- А, В, С – статорные обмотки электродвигателя.

Работа устройства бесконденсаторного запуска трёхфазного электродвигателя от однофазной сети осуществляется следующим образом. Первоначально, на затвор транзистора VT1 подано напряжение, создающее электрическое поле для его закрытия. Управление осуществляется снятием напряжения с затвора транзистора в определенной последовательности.

При соединении обмоток статора по схеме «звезда» и при прохождении положительной полуволны питающего напряжения $U_{\text{сети}}$ сначала ток проходит по двум обмоткам А и С электродвигателя (рисунок 2), при этом образуется I положение вектора магнитного поля статора (рисунок 3). На рисунке 3 представлена векторная диаграмма вращающегося магнитного поля статора трехфазного электродвигателя, при питании от однофазной сети посредством разработанного преобразователя.

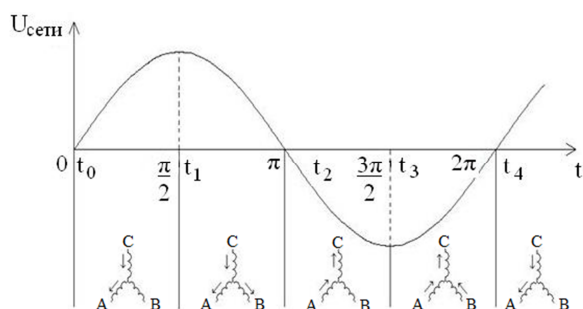


Рисунок 2 - Осциллограмма напряжения сети, а также пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора в соответствии с векторной диаграммой, изображённой на рисунке 3

На рисунке 2 используются следующие обозначения:

- t_0-t_4 – моменты времени;
- $U_{\text{сети}}=f(t)$ – изменение питающего напряжения во времени;
- линии со стрелкой вдоль обмоток статора - направления тока, протекающего в обмотках электродвигателя.

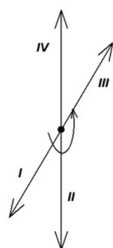


Рисунок 3 - Векторная диаграмма поля статора, состоящего из четырех фиксированных положений магнитного потока поля статора

На рисунке 3 используются следующие обозначения:

- дугообразная линия со стрелкой – направление вращения магнитного поля статора;
- I, II, III, IV – последовательные фиксированные положения вектора магнитного потока кругового вращающегося поля статора трехфазного электродвигателя.

В момент времени t_1 осуществляется снятие напряжения с затвора транзистора VT1, происходит его открытие. Ток проходит по всем трём обмоткам А, В, С электродвигателя и образуется II положение вектора магнитного поля статора. В момент времени t_2 , при прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения, подается напряжение на затвор транзистора VT1 и он закрывается, ток проходит по двум обмоткам А и С электродвигателя. Образуется III положение вектора магнитного поля статора. В момент времени t_3 транзистор VT1 открывается, вследствие снятия напряжения с его затвора. Ток проходит по всем трём обмоткам А, В, С электродвигателя и образуется IV положение вектора магнитного поля статора. Поле статора получается эллиптическим, изменяющимся во времени. С момента времени t_4 алгоритм работы полупроводникового устройства бесконденсаторного запуска трёхфазного электродвигателя от однофазной сети повторяется.

При соединении обмоток статора по схеме «треугольник» в начальный момент времени при прохождении положительной полуволны питающего напряжения подается напряжение на затвор транзистора VT1 для его запираения и ток проходит по всем трём обмоткам А, В, С электродвигателя (рисунок 4). При этом образуется I положение вектора магнитного поля статора (рисунок 3).

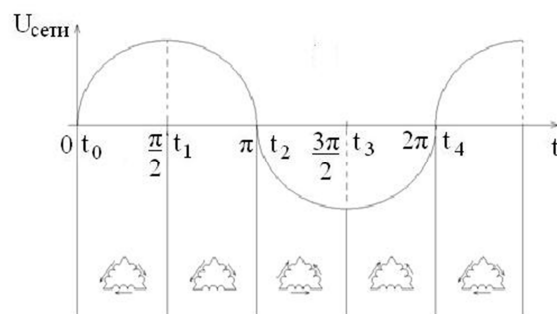


Рисунок 4 - Осциллограмма напряжения сети, а также пофазное изменение магнитного потока в обмотках статора в соответствии с векторной диаграммой, изображённой на рисунке 3

ПОЛУПРОВОДНИКОВОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ БЕСКОНДЕНСАТОРНОГО ЗАПУСКА ТРЕХФАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

В момент времени t_1 осуществляется снятие напряжения с затвора транзистора VT1, происходит его открытие - образуется II положение вектора магнитного поля статора (рисунок 2). При прохождении отрицательной полуволны питающего напряжения в момент времени t_2 алгоритм работы аналогичным образом повторяется.

Для управления полупроводниковым устройством бесконденсаторного запуска трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети разработана система автоматического управления (САУ), которая представлена на рисунке 5.

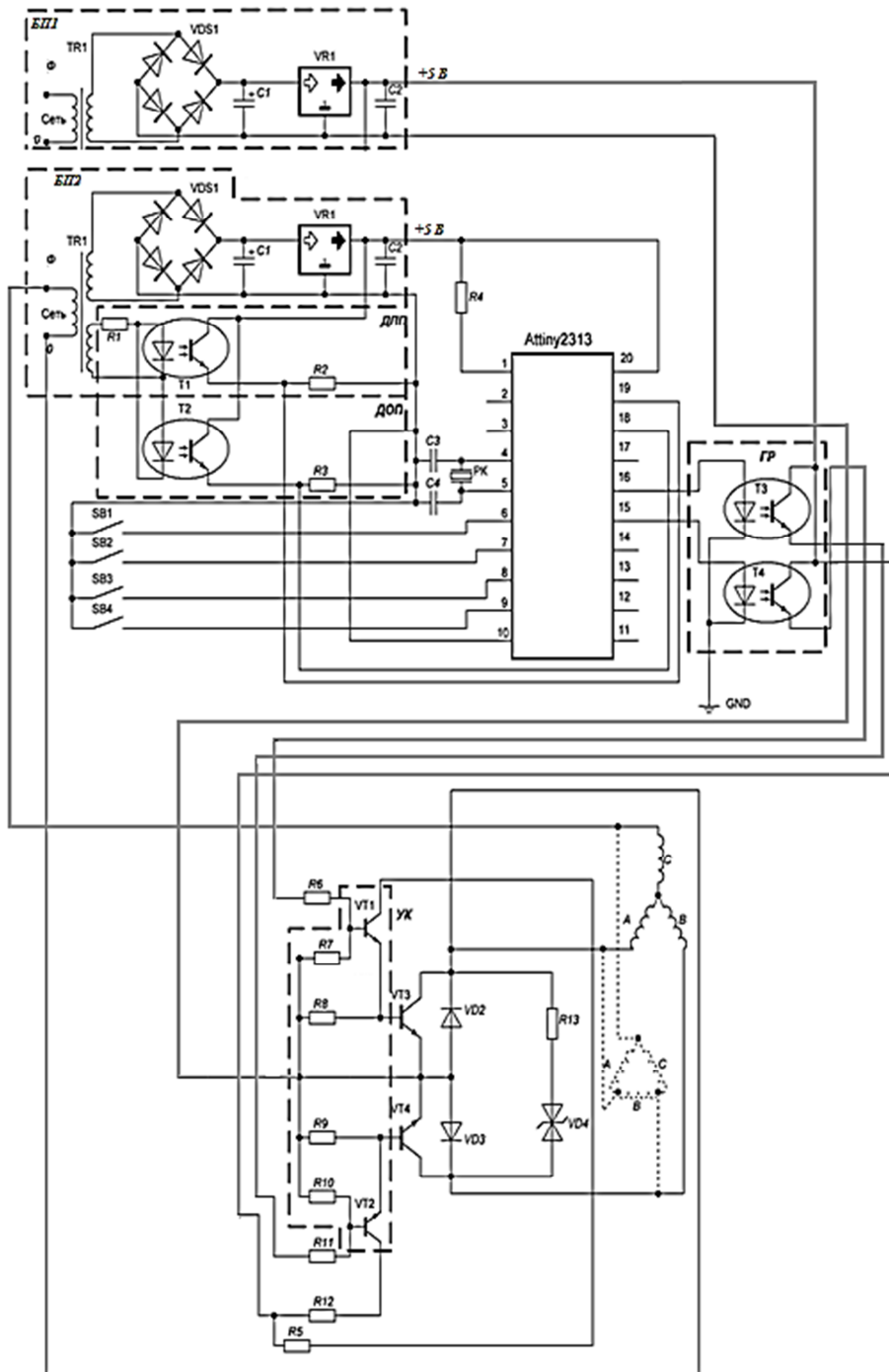


Рисунок 5 - Принципиальная электрическая схема САУ полупроводниковым устройством бесконденсаторного запуска трёхфазного двигателя от однофазной сети

Здесь в качестве логического устройства, обеспечивающего открытие транзисторов в определенные моменты времени, используется микроконтроллер ATtiny2313. В схеме полупроводникового устройства произведена замена полевого транзистора VT1 (рисунок 1) на два биполярных транзистора VT3 и VT4 структуры NPN. Входными сигналами для работы САУ являются: кнопки пуск SB1, стоп SB2, выбор соединения статорных обмоток по схемам «звезда» SB3 или «треугольник» SB4, сигналы с датчиков положительной и отрицательной полуволн. Выходными сигналами являются сигналы на открытие транзисторов VT3 и VT4. Таким образом, разработанная система автоматического управления (САУ) содержит 6 входных и 2 выходных сигнала. При этом в САУ полупроводниковым устройством используются следующие порты для входных и выходных сигналов:

- 6 и 7 порты – сигналы ПУСК и СТОП;
- 8 и 9 порты – сигналы о соединении статорных обмоток в звезду и треугольник;
- 15 порт – сигнал на открытие транзистора VT4;
- 16 порт – сигнал на открытие транзистора VT3;
- 18 и 19 порты – сигнал с датчика положительной и отрицательной полуволн;

Для питания микроконтроллера разработан блок питания (БП1) постоянного тока с напряжением 5 вольт, состоящий из трансформатора TR с двумя вторичными обмотками, диодного моста VDS1, конденсаторов C1 и C2, а также микросхемы VR1 – стабилизатора напряжения. Аналогичным образом выполнен блок питания БП2. Датчики положительной (ДПП) и отрицательной (ДОП) полуволн выполнены на оптопарах T1 и T2, ограничивающих ток резисторах R1-R3. Резистор R4 предназначен для сброса цикла работы микроконтроллера.

Для задания тактовой частоты работы микроконтроллера в схеме присутствует кварцевый резонатор РК, а также конденсаторы C3 и C4. Для обеспечения гальванической развязки (ГР) между САУ и силовой частью полупроводникового устройства применяются оптопары T3 и T4. Ток с выхода микроконтроллера недостаточен для открытия транзисторов VT3, VT4. Для решения этой проблемы используется усилительный каскад (УК), состоящий из транзисторов VT1, VT2 и резисторов R7-R10. Резисторы R5, R12 необходимы для ограничения токов, протекающих через коллектор-эмиттер транзисторов VT1-VT2. Резисторы R6, R11 необходимы для ограничения токов, протекающих по оптопа-

рам T3 и T4 схемы управления. Для защиты силовой схемы и в частности транзисторов от перенапряжений, применяется защитный диод VD4 и резистор R13.

Таким образом, при помощи описанного устройства, возможно осуществить бесконденсаторный пуск трёхфазных короткозамкнутых электродвигателей от однофазной сети, обмотки статора которых соединены по схеме «треугольник» или «звезда». Кроме того, устройство обладает повышенной надежностью, более имеет меньшие габариты по сравнению с конденсаторным запуском трехфазного асинхронного электродвигателя от однофазной сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еремочкин, С. Ю. Однофазно-трехфазный электропривод для сельскохозяйственных электрифицированных машин [Текст] / С. Ю. Еремочкин // Аграрный вестник Урала. – 2012. – №7 (99). – С. 49-52.
2. Копылов, И. П. Справочник по электрическим машинам: в 2 т. [Текст] / И. П. Копылов, Б. К. Клоков. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1. – 456 с.
3. Полупроводниковое устройство бесконденсаторного запуска трехфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора в звезду: пат. 124091 Российская Федерация, № 2012124179/07; заявл. 09.06.12; опубл. 10.01.13.
4. Полупроводниковое устройство бесконденсаторного запуска трехфазного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети, при соединении обмоток статора в звезду: пат. 121972 Российская Федерация, № 2012124178/07; заявл. 09.06.12; опубл. 10.11.12.

Еремочкин С. Ю. – ассистент, АлтГТУ им. И. И. Ползунова», кафедра «Электротехника и автоматизированный электропривод»,

тел. (385-2)29-08-64,
E-mail: S.Eremochkin@ya.ru.

Пивкина Т. Н. – студент, АлтГТУ им. И. И. Ползунова», кафедра «Системы автоматизированного проектирования»,

тел. (385-2)29-08-61,
E-mail: sapr@mail.altstu.ru

Квитко А. Г. – студент, АлтГТУ им. И. И. Ползунова», кафедра «Электротехника и автоматизированный электропривод»,

тел. (385-2)29-07-78,
E-mail: temf@yandex.ru