

Д.В. ДОРОХОВ, аспирант гр. 0ЭлЭ-41 (АлтГТУ)
С.Ю. ЕРЕМОЧКИН, к.т.н., доцент (АлтГТУ)

СИМИСТОРНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗАПУСКА ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время асинхронные электродвигатели занимают значительное место в электроприводах сельскохозяйственного назначения, обеспечивая работу широкого спектра машин и установок малой и средней мощности. Они применяются в системах вентиляции и отопления, установках для подачи и перекачки воды, оборудовании для переработки и транспортировки кормов, а также в приводах различных сельскохозяйственных механизмов [1]. Широкое распространение данного типа двигателей обусловлено простотой их конструкции, высокой надежностью, долговечностью и сравнительно низкой стоимостью. По сравнению с другими типами электродвигателей, в частности коллекторными и синхронными машинами, асинхронные двигатели отличаются меньшими эксплуатационными затратами, отсутствием щеточно-коллекторного узла, простотой обслуживания и устойчивостью к колебаниям напряжения питающей сети. Эти преимущества делают их особенно востребованными в условиях сельскохозяйственных предприятий, где требуется надежная и неприхотливая техника.

В сельской местности, в большинстве случаев, отсутствует трехфазная система электроснабжения, что значительно ограничивает применение стандартных трехфазных электродвигателей [2, 3]. Электроэнергия подается преимущественно по однофазным линиям, рассчитанным на питание бытовых и маломощных потребителей. В таких условиях возникает необходимость использования электрических машин, способных эффективно работать при однофазном питании, что делает актуальным применение в сельскохозяйственном производстве однофазных асинхронных двигателей.

Особенностью работы однофазных электродвигателей является отсутствие вращающегося магнитного поля в статоре, что исключает возможность их самозапуска. Для создания пускового момента применяются различные схемы запуска. Наиболее распространенным и технически простым способом запуска однофазных асинхронных электродвигателей является конденсаторный пуск, обеспечивающий создание сдвига фаз между токами в рабочей и вспомогательной обмотках статора для формирования вращающегося магнитного поля. Однако, несмотря на широкое распространение, традиционные схемы конденсаторного пуска однофазных асинхронных двигателей имеют ряд существенных недостатков, ограничиваю-

щих их эффективность и область применения. Выбор емкости конденсатора представляет собой компромисс между требованиями к пусковому режиму и условиями устойчивой работы двигателя: увеличение емкости улучшает пусковые характеристики, но приводит к возрастанию токов и снижению коэффициента мощности при установившемся режиме. В процессе эксплуатации возможны изменения параметров конденсатора вследствие старения, что вызывает ухудшение энергетических показателей электропривода. Кроме того, использование пускового конденсатора требует дополнительной коммутационной аппаратуры для его отключения после разгона двигателя, что усложняет конструкцию и снижает надежность системы. Все это обуславливает необходимость разработки альтернативных схем запуска, обеспечивающих повышенную надежность при работе в условиях сельскохозяйственного производства [4, 5].

В связи с указанными недостатками конденсаторного способа пуска было разработано симисторное устройство, позволяющее осуществлять запуск однофазного двухобмоточного асинхронного электродвигателя от однофазной сети без применения пусковых конденсаторов (рисунок 1) [5].

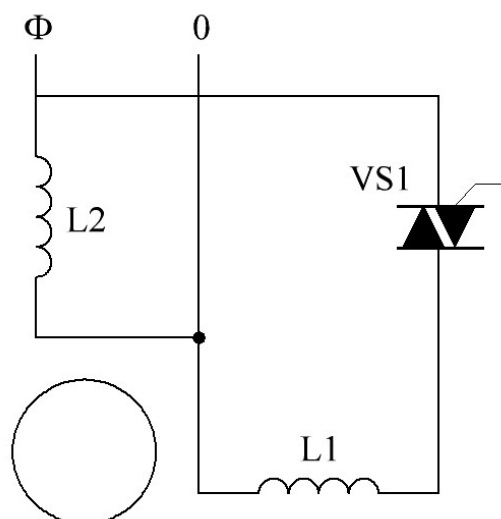


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема симисторного устройства запуска

Симисторное устройство, предназначенное для запуска однофазного двухобмоточного асинхронного электродвигателя от однофазной сети, включает в свой состав один полупроводниковый ключ, выполненный на основе симистора. Один из его выводов соединен с началом второй статорной обмотки и подключен к фазному проводу сети питания. Другой вывод симистора соединен с началом первой статорной обмотки. Концы обеих статорных обмоток объединены между собой и подключены к нулевому проводу питающей сети. Использование симистора в схеме управления

обеспечивает компактность и простоту конструкции, высокую надежность за счет отсутствия механических контактов, а также возможность точного и быстросействующего управления процессами коммутации.

На рисунке 2 приведена векторная диаграмма вращающегося поля статора однофазного двухобмоточного двигателя при работе с симисторным устройством.

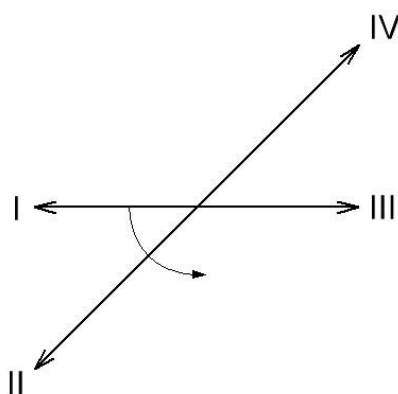


Рис. 2. Векторная диаграмма вращающегося поля статора однофазного двухобмоточного двигателя

На рисунке 3 представлены направления протекания тока по обмоткам статора в течение одного периода питающего напряжения, соответствующие векторной диаграмме, изображенной на рисунке 2.

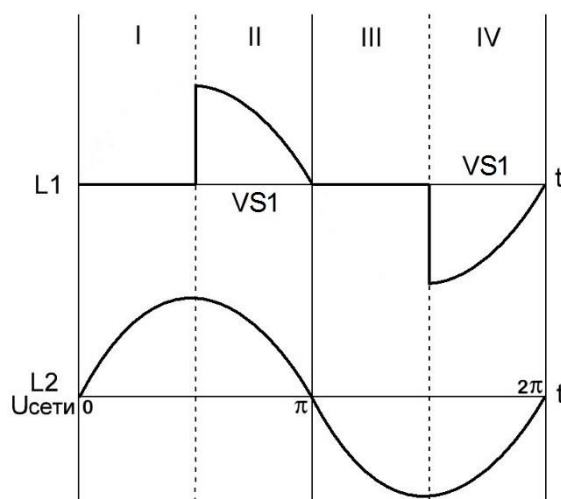


Рис. 3. Протекание тока по обмоткам статора

Работа симисторного устройства для запуска однофазного двухобмоточного асинхронного электродвигателя от однофазной сети реализуется посредством векторно-алгоритмического управления. Управляющий сиг-

нал подается на управляющий электрод симистора в заранее заданной последовательности, что обеспечивает формирование вращающегося магнитного поля статора.

В течение первой положительной четверти периода питающего напряжения симистор остается закрытым, при этом ток протекает только по второй обмотке статора от начала к концу, формируя первое положение вектора магнитной индукции поля статора. Во вторую положительную четверть периода симистор открывается, и ток проходит одновременно по обеим обмоткам статора от начал к концам, формируя второе положение вектора магнитной индукции.

При смене полярности питающего напряжения симистор закрывается. В первую отрицательную четверть периода симистор остается закрытым, ток протекает по второй обмотке от конца к началу, формируя третье положение вектора магнитной индукции. Во вторую отрицательную четверть периода симистор открывается, и ток проходит через обе обмотки от концов к началам, образуя четвертое положение вектора магнитной индукции.

Таким образом, симисторное устройство обеспечивает пуск и дальнейшую работу однофазного двухобмоточного асинхронного двигателя в составе электропривода сельскохозяйственной машины. При этом достигается низкое энергопотребление и простота управления, что обусловлено использованием симистора в качестве полупроводникового коммутатора. Симистор способен пропускать ток в обоих направлениях без учета полярности напряжения и не требует постоянной подачи управляющего сигнала. Управление осуществляется короткими отпирающими импульсами: симистор остается открытым до тех пор, пока ток через него превышает ток удержания, и автоматически закрывается при изменении полярности питающего напряжения.

Список литературы:

1. Дорохов, Д. В. Анализ областей применения асинхронных электродвигателей в сельском хозяйстве / Д. В. Дорохов, С. Ю. Еремочкин // Наука и молодежь : Материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Барнаул, 15–19 апреля 2024 года. – Барнаул: Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2024. – С. 319-322.

2. Еремочкин, С. Ю. Модернизация электропривода аспиратора для очистки зерна с применением полупроводникового устройства запуска / С. Ю. Еремочкин, Д. В. Дорохов, А. А. Жуков // Энергетика и энергосбережение: теория и практика : Сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и техноло-

гий в Российской Федерации, Кемерово, 06 декабря 2023 года – 08 2024 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2024. – С. 309.1-309.6.

3. Еремочкин, С. Ю. Однофазный частотный регулятор скорости для запуска и работы трехфазного электродвигателя от однофазной сети / С. Ю. Еремочкин, Д. В. Дорохов // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности (ИНТЕКС-2021) : Сборник материалов Всероссийской научной конференции молодых исследователей с международным участием, Москва, 12–15 апреля 2021 года. Том Часть 4. – 2021. – С. 181-185.

4. Дорохов, Д. В. Преобразователь частоты для однофазного асинхронного электродвигателя без звена постоянного тока / Д. В. Дорохов, А. А. Жуков, С. Ю. Еремочкин // ЭНЕРГОСТАРТ : Материалы VI Международной молодежной научно-практической конференции в рамках Десятилетия науки и технологий в Российской Федерации , Кемерово, 17–22 ноября 2023 года. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева, 2023. – С. 305-1.

5. Симисторное устройство запуска однофазного двухобмоточного асинхронного электродвигателя от однофазной сети: пат. 236862 Рос. Федерация. № 2025118652; заявл. 06.07.2025; опубл. 26.08.2025, Бюл. №24.

Информация об авторах:

Еремочкин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент, АлтГТУ, 658038, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, S.Eremochkin@yandex.ru

Дорохов Данил Валерьевич, аспирант гр. 0ЭлЭ-41, АлтГТУ, 658038, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, danil.dorokhov.2000@mail.ru