

УДК 62-83

ОБЗОР МЕТОДОВ БЕЗДАТЧИКОВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Цуканов А.В., студент гр. БЭЭ-18, III курс
Научный руководитель: Лицин К.В., к.т.н., декан
Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»,
филиал в г. Новотроицк

Аннотация: Выполнен сравнительный анализ применения различных бездатчиковых систем в электроприводе на базе асинхронного двигателя. Представлена целесообразность использования наблюдателей в системе электропривода переменного тока.

Определены основные преимущества и недостатки каждого из методов. Сформулированы общие требования к бездатчиковому электроприводе.

Ключевые слова: электропривод, асинхронные двигатели, бездатчиковые системы, наблюдатель, фильтр Калмана, датчик углового положения.

Введение и постановка задачи

В начале 1970-х годов в связи с рядом проблем, возникающих на производстве, началась разработка электропривода без использования каких-либо датчиков на двигателе [1-3].

Под термином «бездатчиковые» подразумевается отсутствие датчиков положения и скорости на валу двигателя или встроенных в него. В преобразователе частоты все же устанавливаются датчики напряжений и токов. Именно благодаря этим наблюдателям имеется возможность определить угловое положение и скорости ротора [4]. Использование бездатчиковой системы имеет ряд преимуществ, таких как:

- снижение стоимости системы;
- повышение надежности электропривода;
- возможность работы при высоких температурах;
- уменьшение массогабаритных показателей системы [5].

Использование бездатчиковых систем просто необходимо там, где установка датчика скорости на вал двигателя невозможна по условиям эксплуатации, технологическим, экономическим и прочим ограничениям.

В основном наблюдатели, используемые при косвенном определении скорости, применяют в электроприводах подъемно-транспортных средств, экструдеров, дробилок, работающих в пожароопасных, химически и радиоактивных средах, а также в условиях повышенных вибраций и ударных механических нагрузок [6,7].

Цель статьи – обзор методов бездатчикового определения скорости вращения асинхронного двигателя. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- выявить преимущества и недостатки известных методов;
- сформулировать общие требования к бездатчиковому электроприводу.

Сравнительный анализ

В [8] предлагается метод, основанный на использовании угловых зависимостей действующих значений напряжения на обмотках двигателя. Используя переменные, определяется в каком из шести секторов находится ротор. Это нужно для того, чтобы знать какие статорные обмотки необходимо подключить для создания максимального двигательного момента. Достоинствами данного метода можно назвать следующее:

- определение начального углового положения с точностью до сектора;
- простая структура вычислителя;
- требуется программируемый контроллер с малыми вычислительными ресурсами;
- шесть датчиков напряжения.

Главный недостаток предлагаемого метода - невозможность использования мгновенных значений, т.к. возникает проблема деления на ноль. Во время работы происходит изменение нагрузки, что приводит к необходимости учета её влияния. Чтобы не было фазовый сдвига мгновенных значений тока и напряжения, необходимо вводить дополнительное оборудование - устройство фазового сдвига.

В [9] представлено математическое имитационное моделирование системы. Простые методы синтеза и простая структура – сильные стороны представленной бездатчиковой системы. Для повышения точности следует использовать параметрическую идентификацию двигателя, что также позволит отслеживать изменения параметров, и в случае необходимости внести корректировку.

Существенным минусом этого метода является наличие большого количества прецизионных элементов, что приводит к высокой чувствительности при вариации параметров, ограничивая область использования представленного метода.

В работе [10] описывается метод идентификации асинхронного двигателя путем оценивания его параметров в реальном времени. Идентификация происходит на основе рекуррентного метода наименьших квадратов с использованием уравнений динамики обобщённой электрической машины. Информация о положении двигателя получается в результате измерения значений фазных токов и напряжений статора в текущий момент времени. Кроме того, необходимо измерять частоту вращения ротора.

Невысокие требования к вычислительным ресурсам – главный плюс данного метода. Для оценки параметров и переменных состояния двигателя необходим минимальный набор информации об измерениях.

Минус способа заключается в необходимости описание предмета идентификации алгебраическими уравнениями.

В [11] описывается способ построения адаптивного скользящего наблюдателя скорости, основанного на прямом методе Ляпунова. Преимуществом этого способа заключается в том, что для его реализации не требуется точная информация о возмущениях и параметров объекта. Недостаток заключается в том, что не существует общего метода построения функций Ляпунова.

Заключение

Несмотря на все разнообразие методов бездатчикового определения углового положения и скорости ротора в асинхронных двигателях, имеются определенные требования к бездатчиковому электроприводу [12]. Самое основное - наличие в структуре наблюдателя или вычислителя, на основе которого будут происходить дальнейшие вычисления. Вопреки всем своим преимуществам бездатчиковые системы не лишены своих недостатков. Так одной из главных проблем применения наблюдателя является повышенная чувствительность электропривода к изменению его внутренних параметров. Кроме того, большинство бездатчиковых систем не способны работать при скоростях, близких к нулю. Представленные методы работают в диапазоне скоростей, выше 10% от номинальной и в объектах, где нет требований высокой статической точности.

Список литературы:

1. Лицин К.В., Цуканов А.В. Разработка автоматизированного электропривода резбонакатного станка // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. 2020. № 9. С. 74-79.
2. Лицин К.В., Гусев А.А., Ковальчук Т.В. Разработка методики бездатчикового определения углового положения ротора синхронного двигателя на основании дополнительного сигнала высокой частоты // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2019. – Т. 19, № 3. – С. 108–114.
3. Baskov S.N., Litsin K.V. Determination of the angular position of the rotor of a synchronous motor by connecting a high-frequency signal in the excitation winding (2015) International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015.
4. Виноградов А.Б. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода // Силовая электроника. – 2006. – №3. – С. 50 – 55.
5. Ключников А.Т., Турпак А.М. Бездатчиковое векторное управление асинхронным двигателем при расчёте в комплексной форме // Вестник ПНИПУ. - 2020. №3. - С. 160-176.

6. Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для машиностроит. спец. Вузов. – 6-е изд., перераб. – М.: Высш. Шк., 1985. – 520 с.
7. Виноградов А., Сибирцев А., Колодин И. Адаптивно-векторная система управления бездатчикового асинхронного электропривода серии ЭПВ //Силовая электроника. – 2006. – № 3. – С. 46–51.
8. Ю. С. Усынин, Т. А. Козина, А. В. Валов, С. П. Лохов Определение начального углового положения ротора в бездатчиковой системе импульсно-векторного управления асинхронным двигателем с фазным ротором// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Энергетика. – 2012. – №17. – С. 111-115.
9. Глазырин А.С. Бездатчиковое управление асинхронным электроприводом с синергетическим регулятором// Известия Томского политехнического университета. – 2012. - Том 321 № 4: Энергетика. – С. 107-111.
10. Каширских В. Г. Динамическая идентификация асинхронных электродвигателей с учетом значимости параметров// Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2005. – №1(45). – С. 73-74.
11. Вишневский В.И., Лазарев С.А., Митюков П.В. Адаптивный скользящий наблюдатель скорости для бездатчикового асинхронного электропривода// Вестник Чувашского университета. – 2010, - С. 213-222.
12. Басков С.Н., Лицин К.В., Радионов А.А. Определение углового положения ротора синхронного двигателя в режиме векторно-импульсного пуска // Вести высших учебных заведений Черноземья. – 2014. – № 4. – С. 3-8.