

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

Самар Денис Евгеньевич

**Разработка и исследование векторной системы
управления асинхронным двигателем с
использованием наблюдающего устройства**

Направление подготовки

13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

АВТОРЕФЕРАТ

МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ

| |
|-------------------------------|
| Никитина Елена Николаевна |
| Проверено |
| 21.06.2024 Зачтено Библиотека |

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре
государственный университет»

Научный руководитель

Кандидат технических наук,
доцент кафедры Егоров Владислав
Алексеевич

Рецензент

Кандидат технических наук,
Главный инженер ООО «Одиссей-Т»
Бакаев Виктор Викторович

Защита состоится «20» июня 2024 года в 9 часов 00 мин на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681913, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ауд. 104/3.

Автореферат разослан 10 июня 2024 г.

Секретарь ГЭК

А. В. Бузикаева

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы

При массовом производстве векторных систем управления асинхронной машиной, наличие датчиков усложняет конструкцию и заметно увеличивает стоимость электропривода. Экономически выгоднее применять бездатчиковую систему векторного управления асинхронным электродвигателем. В этом случае необходимые для управления координаты, а именно скорость двигателя, восстанавливаются при помощи наблюдающего устройства.

Цель работы

Целью данной работы является получение устройства восстановления координат электродвигателя на основе линеаризованной модели асинхронной машины. Наблюдающее устройство, реализовано как астатический наблюдатель полного порядка, и предназначено для восстановления скорости ротора и момента нагрузки асинхронного электродвигателя. Его применение позволит реализовать замыкание контура скорости без применения тахогенератора и реализовать бездатчиковое векторное управление асинхронной машиной. Для достижения цели, необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить обзор существующих датчиков, и способов восстановления управляемой координаты.
2. Выполнить линеаризацию на основе полной модели векторной системы управления асинхронным двигателем.
3. Осуществить синтез наблюдающего устройства для восстановления координат.
4. Выполнить моделирование:
 - Линеаризованной модели векторной системы управления асинхронным двигателем с замыканием по датчику, и по наблюдателю;
 - Полной модели векторной системы управления асинхронным двига-

телем с замыканием по наблюдателю.

Методы исследований

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы:

1. Методы синтеза систем автоматического управления.
2. Методы математического моделирования на ЭВМ.

Это позволило исследовать возможности построения и рассчитать систему управления асинхронного электродвигателя, с восстановлением координат.

К защите представляются следующие основные положения

1. Методика расчёта наблюдающего устройства для восстановления координат в векторной системе управления асинхронным двигателем.
2. Результаты расчётов и моделирования векторной системе управления асинхронным двигателем, с наблюдающим устройством.

Научная новизна

При обеспечении условия постоянства потокосцепления ротора асинхронного двигателя модель асинхронной машины линеаризуется и становится аналогичной модели двигателя постоянного тока. Тогда, синтез наблюдателя по модели двигателя может быть выполнен с использованием теории синтеза наблюдающих устройств, для линейных систем управления.

Практическая ценность и реализация

1. Разработанная методика расчёта наблюдающего устройства для восстановления координат, может быть использована при построении векторных бездатчиковых систем управления асинхронным электродвигателем.
2. Результаты моделирования векторной бездатчиковой системы управления асинхронным электродвигателем, с наблюдающим устройством восстановления скорости и момента.

Публикации

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в материалах научно-технических конференций:

VI Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.);

VII Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апреля 2024 г.).

Апробация результатов

Результаты исследований, включённые в работу, докладывались на:

VI Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 10-14 апреля 2023 г.);

VII Всероссийской национальной научной конференции молодых ученых: «Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований», (Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апреля 2024 г.).

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы из 20 наименований. Работа изложена на 73 странице и содержит 59 рисунков.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обосновывается актуальность темы, формируется цель диссертационной работы.

В первой главе рассмотрен обзор технических решений, принцип векторного и скалярного управления, работа датчиков, используемых в векторных системах управления асинхронным двигателем, а также, возможность использования наблюдателя вместо датчиков.

Во второй главе приведено математическое описание электромеханической части системы. Выполнен расчёт контуров тока, скорости, и потокосцепления, расчёт линеаризованной модели, для которой был произведён отдельный расчёт контуров, а также синтез наблюдающего устройства.

Уравнения предлагаемого наблюдающего устройства имеет следующий вид:

$$\begin{cases} \hat{i}_{sq} = \frac{K_p}{T_s^* r} \cdot U_c - \frac{1}{T_s^*} \left(\frac{K_2}{r} + 1 \right) \hat{i}_{sq} - \frac{K_3}{T_s^*} \hat{\omega}_d + g_{11} (i_{sq} - \hat{i}_{sq}) \\ \hat{\omega}'_d = \frac{K_1}{J} \hat{i}_{sq} - \frac{1}{J} \hat{M}_n + g_{21} (i_{sq} - \hat{i}_{sq}) \\ \hat{M}'_n = g_{31} (i_{sq} - \hat{i}_{sq}) \end{cases}, \quad (1)$$

где K_1, K_2, K_3 – коэффициенты модели:

$$K_1 = \frac{3}{2} n K_r \psi_{rd}; \quad K_2 = \frac{L_s^*}{T_r}; \quad K_3 = n K_r \psi_{rd} \left(\frac{L_s^*}{K_r^2 R_r T_r} + 1 \right),$$

\hat{i}_{sq}, i_{sq} – восстановленный и реальный токи статора по координате q ,

$\hat{\omega}_d$ – восстановленная скорость вала двигателя,

\hat{M}_n – восстановленный момент двигателя,

U_c – напряжение на входе силового преобразователя во вращающейся системе координат,

$r, L_s^*, K_r, T_r, T_s^*$ – коэффициенты модели:

$$r = (R_s + K_r \cdot R_r), \quad L_s^* = \left(L_s - \frac{M^2}{L_r} \right), \quad K_r = \frac{M}{L_r}, \quad T_r = \frac{L_r}{R_r}, \quad T_s^* = \frac{L_s^*}{r}$$

где: R_s и R_r – активное сопротивление обмоток статора и ротора,

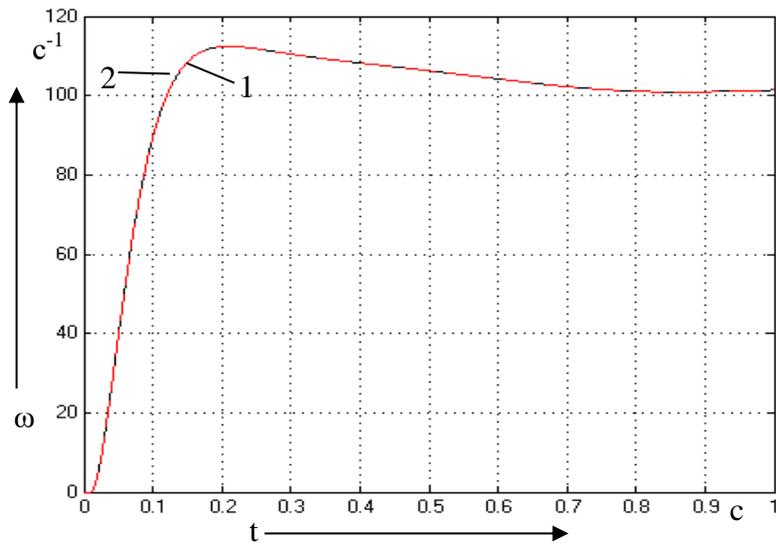
L_s и L_r – собственная индуктивность обмоток статора и ротора,

M – взаимная индуктивность между статором и ротором.

g_{11}, g_{21}, g_{31} – коэффициенты матрицы G наблюдающего устройства

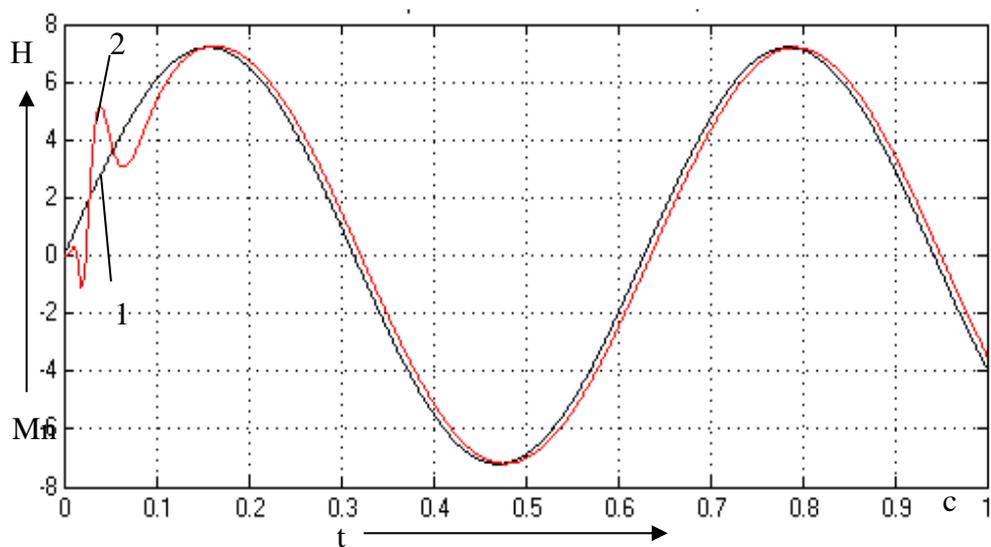
$$\begin{aligned} g_{11} &= 3 \cdot \omega_0 - \frac{1}{T_s^*} \left(\frac{K_2}{r} + 1 \right), \\ g_{21} &= \frac{K_1}{J} - 3 \cdot \omega_0^2 \frac{T_s^* r}{K_3}, \\ g_{31} &= \omega_0^3 \frac{T_s^* J}{K_3}, \end{aligned}$$

В третьей главе представлены результаты моделирования:
векторной системы управления с линеаризованной моделью двигателя и наблюдающим устройством;
векторной системы управления с полной моделью двигателя и наблюдающим устройством.



1 – переходный процесс по скорости в полной модели с датчика, 2 – переходный процесс по скорости в полной модели с наблюдателя

Рисунок 1– Переходный процесс по скорости



1 – Реальный момент нагрузки, 2 – восстановленный момент с наблюдателя

Рисунок 2 – Реальный и восстановленный момент нагрузки

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения диссертационной работы были получены следующие результаты:

1 Выполнена линеаризация полной модели асинхронного двигателя при условии постоянства потокосцепления.

2 Произведён синтез наблюдающего устройства, получены уравнения наблюдателя восстанавливающего скорость и момент векторной системы управления асинхронным двигателем, на основе линеаризованной модели двигателя.

3 Выполнено сравнение результатов восстановления координат векторной системы управления с линеаризованной и полной моделями двигателя, которое показало работоспособность наблюдателя, полученного для линеаризованной модели.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1 Самар, Д. Е. Модальный регулятор скорости для асинхронного электродвигателя / Д. Е. Самар, В. А. Егоров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы VI Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 3-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 10–14 апреля 2023 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 255-258

2 Самар, Д. Е. Разработка наблюдающего устройства векторной системы управления асинхронным двигателем / Д. Е. Самар, В. А. Егоров // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы VII Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. Комсомольск-на-Амуре, 8–12 апреля 2024 года: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2024. – 4 с.