

РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

- Schindler, L. Van Gool // 2007 IEEE 11th International Conference on Computer Vision, Rio de Janeiro, Brazil, October 14-20, 2007. pp. 1–8.
7. Felzenszwalb, P. Object Detection with Discriminatively Trained Part Based Models / P. Felzenszwalb, R. Girshick, D. McAllester, D. Ramanan // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Sep. 2010. - Vol. 32, No. 9, pp. 1627 - 1645.
8. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. - Москва: Техносфера. - 2005. – 1072 с.

Аспирант Колосовский М.А. maxim.astu@gmail.com – кафедра прикладной математики Алтайского государственного технического университета

УДК 62 – 831.2

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТКОВ

М.И. Стальная, С.Ю. Еремочкин, Т.Н. Пивкина

В статье предложено программное обеспечение для расчета механических характеристик трёхфазного асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток электродвигателя. Рассмотрены основные функции программного обеспечения, представлены результаты работы на примере электронного полупроводникового преобразователя векторно-алгоритмического типа

Ключевые слова: векторно-алгоритмическое управление, трехфазный асинхронный электродвигатель, векторная диаграмма вращающегося поля статора, механические характеристики

Состояние проблемы

Расчет и построение рабочих и механических характеристик электродвигателя является неотъемлемой частью при исследовании эксплуатационных режимов асинхронных электродвигателей.

Среди известных методов расчета [1,2] характеристик асинхронных электродвигателей преимущественно используются: однофазные схемы замещения электродвигателя, метод построения круговой диаграммы, моделирование электродвигателя в пакетах прикладных программ и экспериментальные исследования.

Однако, использование этих методик для теоретического расчета характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток, невозможно по причине отсутствия непрерывной синусоидальности напряжения, поступающего на обмотки электродвигателя, и одновременного неравенства напряжения по величине в каждый момент времени на разных статорных обмотках. Основными при-

чинами неприемлемости известных методик, как правило, являются:

1. модель составлена для одной фазы трехфазного асинхронного электродвигателя, с учетом того, что в других фазах напряжения одинаковы, равны по величине и сдвинуты на 120 электрических градусов во времени;
2. отсутствует возможность полной настройки параметров встроенных математических моделей электродвигателей под конкретные параметры исследуемого электродвигателя.

Предлагаемое решение

На основании вышеизложенного, был применен векторно-алгоритмический метод расчета среднего значения векторов напряжения статорных обмоток электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети посредством векторно-алгоритмического управления [3].

В связи с этим, была поставлена цель – разработать специализированное программное обеспечение для расчета механических характеристик асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором запуск и работа которых осуществляется от однофаз-

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 2, 2014

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТКОВ

ной сети посредством векторно - алгоритмической коммутации статорных обмоток.

Разработанное программное обеспечение выполняет расчеты при номинальной, повышенной и пониженной скоростях вращения электродвигателя.

Для решения поставленной задачи в программном обеспечении реализованы:

1. векторно-алгоритмический метод расчета среднего значения векторов напряжения статорных обмоток электродвигателя;
2. расчет и построение механических характеристик электродвигателя при несимметричном питании обмоток статора и приведен анализ полученных результатов;
3. расчет векторной диаграммы эллиптического вращающегося поля статора электродвигателя и графический вывод результатов расчета.

Блок схема алгоритма работы программного обеспечения приведена на рисунке 1.

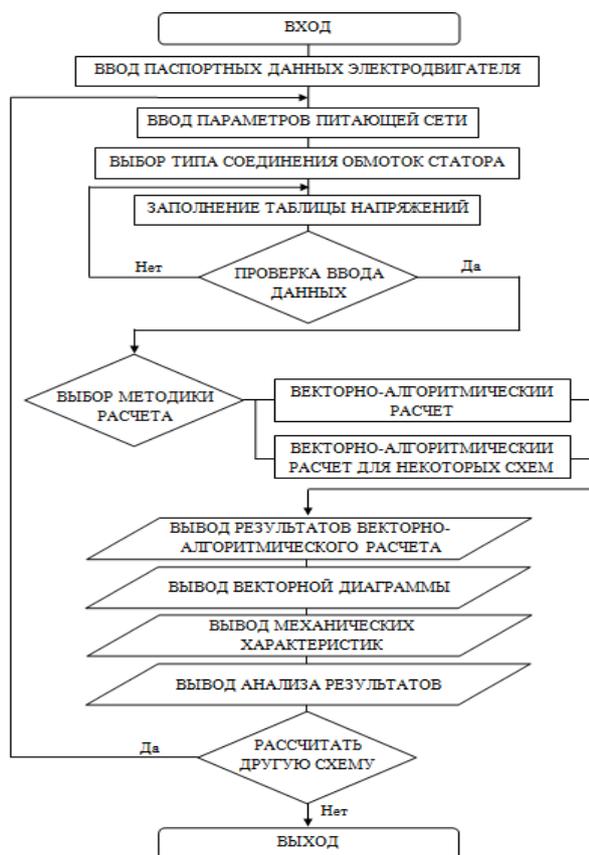


Рисунок 1 – Блок-схема работы программы

Описание функциональных блоков

Программное обеспечение состоит из нескольких основных модулей, отвечающих

за ввод входных данных, векторно - алгоритмический расчет и отображение результатов расчета.

Пользователю предоставляется ввод паспортных данных электродвигателя, параметров питающей сети и параметров напряжений для каждой обмотки статора электродвигателя в промежутках коммутации.

На следующем этапе проводится векторно-алгоритмический расчет, который может быть выполнен при различных частотах вращения электродвигателя.

На заключительном этапе производится вывод полученных результатов расчета в виде отдельных вкладок.

Выходными данными программного обеспечения являются: средние значения векторов напряжений статорных обмоток электродвигателя в промежутках коммутации, графическое представление векторной диаграммы эллиптического вращающегося поля статора электродвигателя с заданным количеством положений магнитного потока и механические характеристики электродвигателя при номинальной, повышенной и пониженной скоростях вращения электродвигателя.

Тестирование программного обеспечения

Рассмотрим результаты работы программного обеспечения на примере электродвигателя лабораторной установки ($P_n = 16$ Вт, $U_n = 220/380$ В, $I_n = 0,17/0,1$ А, $n_n = 1300$ об/мин), запуск и работа которого производится от однофазной сети посредством однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора, ведомого однофазной сетью [4].

Главная форма программы, представлена на рисунке 2. Данная форма предоставляет пользователю ввод паспортных данных электродвигателя.

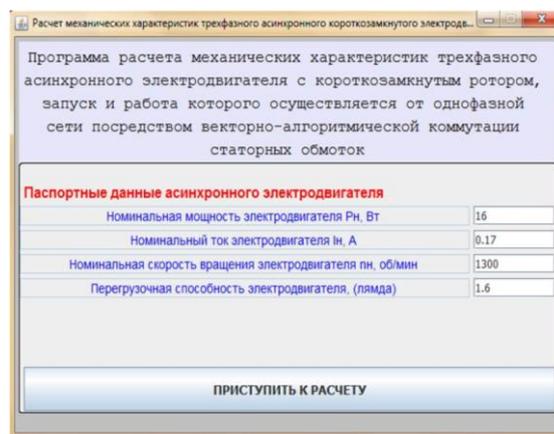


Рисунок 2 – Главная форма программы

РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИРОВАНИЕ, РАСЧЕТ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

Основная форма предоставляет пользователю ввод параметров питающей сети и заполнение таблицы напряжений для каждой обмотки в промежутках коммутации (рисунок 3).

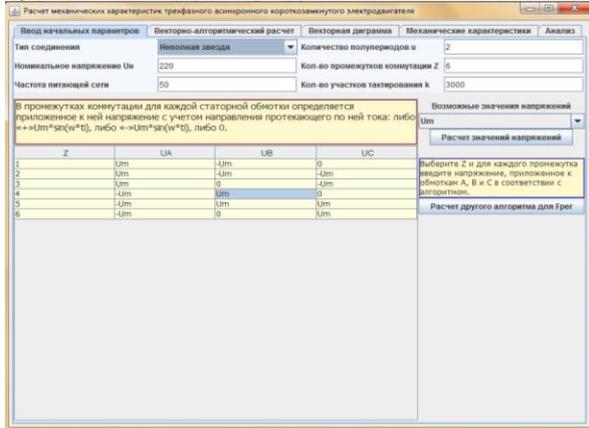


Рисунок 3 – Основная форма для ввода начальных данных расчета

Расчет средних значений векторов напряжения статорных обмоток электродвигателя использует метод численного интегрирования на промежутках коммутации.

Результаты векторно-алгоритмического расчета показаны на рисунке 4, где представлены средние значения векторов напряжения статорных обмоток электродвигателя в промежутках коммутации и диаграммы изменения напряжений на обмотках статора электродвигателя в соответствии с векторной диаграммой (рисунок 5).

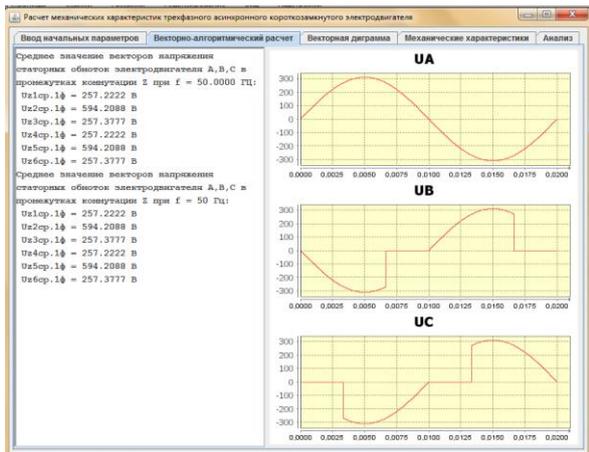


Рисунок 4 – Результаты векторно-алгоритмического расчета и вывод диаграмм изменения напряжений на обмотках статора электродвигателя

На основании полученных средних значений векторов напряжений статорных обмо-

ток в каждом из промежутков коммутации строится векторная диаграмма эллиптического вращающегося поля статора, представленная на рисунке 5.

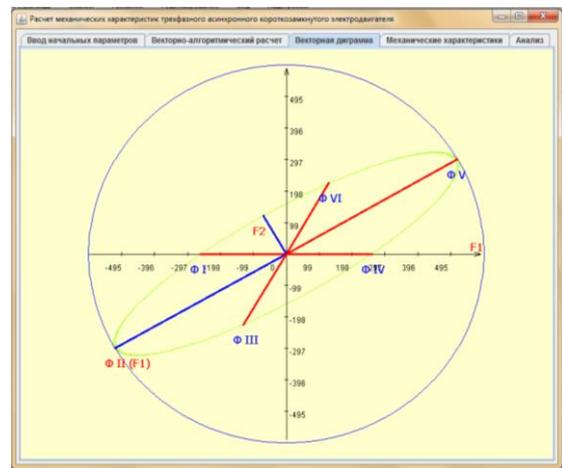


Рисунок 5 – Вывод векторной диаграммы магнитного поля статора электродвигателя, состоящей из шести фиксированных положений магнитного потока, где $\Phi I - \Phi VI$ – вектора средних значений напряжений, $F1, F2$ – фокусы эллипса

При несимметричном питании статора (при векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток) электродвигателя, работу асинхронного электродвигателя лучше всего представить, разложив несимметричную систему напряжений на две симметричные системы – прямую и обратную. Вспомогательные составляющие прямой и обратной систем находятся из векторной диаграммы.

Механические характеристики для прямой и обратной составляющих момента рассчитываются в соответствии с формулой Клосса [2].

На основании полученных данных строятся механические характеристики трехфазного электродвигателя. На рисунке 6 представлены механические характеристики электродвигателя, питание которого осуществляется от однофазной сети посредством однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора.

На последней вкладке представлены результаты векторно-алгоритмического расчета, которые включают в себя рассчитанные значения критических и пусковых моментов электродвигателя, а также перегрузочную способность на искусственную характеристику, номинальное и критическое скольжение, номинальный момент.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ ПРИ ВЕКТОРНО-АЛГОРИТМИЧЕСКОЙ КОММУТАЦИИ СТАТОРНЫХ ОБМОТКОВ

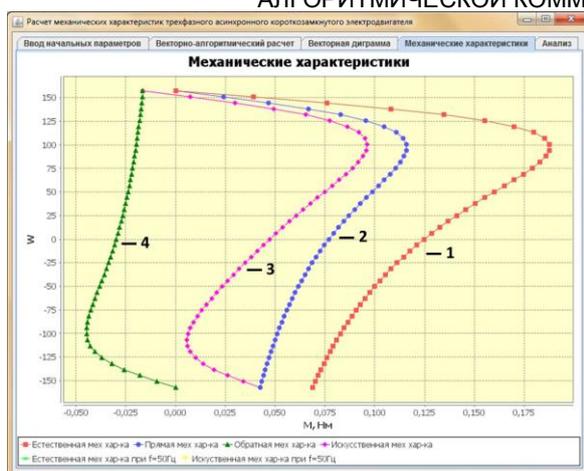


Рисунок 6 – Результаты расчета и графическое представление механических характеристик электродвигателя, где

1 – естественная механическая характеристика электродвигателя.

2 – механическая характеристика прямой составляющей момента;

3 – суммарная механическая характеристика электродвигателя, запуск и работа которого осуществляется от однофазной сети с помощью однофазно-трехфазного транзисторного реверсивного коммутатора;

4 – механическая характеристика обратной составляющей момента.

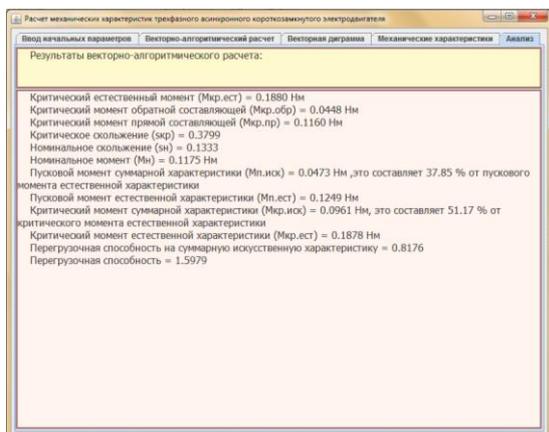


Рисунок 7 – Результаты расчета и графическое представление механических характеристик электродвигателя

Программное обеспечение предназначено для автоматизации векторно-алгоритмического расчета среднего значения векторов напряжений статорных обмоток электродвигателя при векторно-алгоритмическом управлении и может быть использовано для расчета механических характеристик асинхронного электродвигателя, питание которого осуществляется от одно-

фазной сети посредством электронных преобразователей, основанных на векторно-алгоритмической коммутации статорных обмоток электродвигателя [4,5,6].

К данному программному обеспечению предъявляются невысокие системные требования: требуется IBM PC совместимый компьютер и установленная виртуальная Java машина – Java Runtime Environment (JRE).

На данном этапе разработанное программное обеспечение проходит тестирование на кафедре «Электротехника и автоматизированный электропривод» АлтГТУ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брускин, Д. Э. Электрические машины и электромашины [Текст] / Д. Э. Брускин, В. С. Хвостов. – М.: Высш. шк., 1990 г. – 528 с.: ил.
2. Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст] / М. Г. Чиликин, А. С. Сандлер. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 586 с.: ил.
3. Халина, Т. М. Векторно-алгоритмический метод расчета мощности и электромагнитного момента электродвигателя [Текст] / Т. М. Халина, М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин // Известия Томского политехнического университета. – Томск, ТПУ, 2012. – Т.321, № 4. – С. 75-78.
4. Патент 121976 Российская Федерация, МПК Н 02 Р 1/42. Однофазно-трехфазный транзисторный реверсивный коммутатор, ведомый однофазной сетью [Текст] / М. И. Стальная, Т. М. Халина, С. Ю. Еремочкин; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова: - № 2012124138/07, заявл. 08.06.2012; опубл. 10.11.2012.
5. Патент 2461118 Российская Федерация, МПК Н 02 Р 23/08. Однофазный частотный регулятор скорости, ведомый сетью, для трехфазного короткозамкнутого электродвигателя [Текст] / М. И. Стальная, С. Ю. Еремочкин, В. С. Солопов; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова: - № 2011113032/07; заявл. 05.04.2011; опубл. 10.09.2012.
6. Патент 2331153 Российская Федерация, МПК Н 02 Р 27/18. Однофазный мостовой низкочастотный преобразователь частоты, ведомый однофазной сетью [Текст] / М. В. Радченко, Т. Б. Радченко, М. И. Стальная, В. С. Киселев, Т. А. Лядова; заявитель и патентообладатель Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова: - № 007112367/09; заявл. 03.04.2007; опубл. 10.08.2008.

К.т.н., профессор **Стальная М.И.**, ассистент. **Еремочкин С.Ю.** – S.Eremochkin@ya.ru, студент **Пивкина Т.Н.** – tatunp@rambler.ru – Алтайский Государственный технический университет, кафедра Электротехника и автоматизированный электропривод.