

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ ФАЗНОГО ТОКА СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В ПУСКОВОМ РЕЖИМЕ

В. О. Квашнин, А. В. Бабаш, В. В. Квашнин

Донбасская государственная машиностроительная академия

Аннотация. Предложена методика получения действующего значения фазного тока статора асинхронного электродвигателя с использованием измеренных мгновенных значений. Для получения действующего значения тока были разработаны специализированные алгоритмы, которые позволяют определять экстремумы синусоидального сигнала. По известным экстремумам определены действующие значения тока статора асинхронного двигателя. Полученные действующие значения фазного тока статора сопоставлены с результатами моделирования. Приведены трехмерные зависимости электромеханических характеристик.

Ключевые слова: фазный ток, экстремум, аналогово-цифровой преобразователь, мгновенные значения, датчик тока, приложение, алгоритм.

Введение

Существует ряд производственных механизмов, для которых основным режимом работы является повторно-кратковременный. Для оценки энергоэффективности электроприводов решающее значение имеет знание величины потребляемого ими тока. В пусковом режиме ток, потребляемый двигателем может изменяться в широком диапазоне – от пускового I_n до тока холостого хода $I_{хх}$. Наибольшее распространение в промышленности получили электроприводы на основе асинхронных электродвигателей (АД) с короткозамкнутым ротором. Поэтому определение действующего значения фазного тока статора АД в переходных режимах работы является актуальной задачей. В этом случае имеет смысл говорить об определении зависимости изменения величины действующего значения тока статора, потребляемого двигателем в переходных режимах.

Такая зависимость позволяет определять активную $P(t)$ и полную $S(t)$ мощности АД во время пуска, выполняемую им работу в этот период и др. Кроме того, при известной зависимости изменения скорости при разгоне двигателя $\omega(t)$, становится возможным определение его электромеханических свойств в виде электромеханической характеристики $\omega=f(I)$. Знание реальной естественной электромеханической характеристики дает возможность в более точном определении параметров однофазной эквивалентной схемы замещения АД. Анализ существующих методов определения параметров схемы замеще-

ния АД, как аналитически, так и экспериментально, или расчетно-экспериментально, достаточно полно представлены в работах [1,2].

В первой работе отмечается, что определение этих параметров по каталожным данным расчетно-теоретическим путем может приводить к недопустимым погрешностям из-за возможной недостоверности. Экспериментальное определение параметров предполагает проведение опыта холостого хода и требует разборки электроприводов, механизмов и узлов промышленного оборудования. В расчетно-экспериментальном методе определения параметров для определения индуктивного сопротивления рассеяния статора X_s используются экспериментальные значения кратности пускового тока статора. Определения параметров ветви намагничивания и обмотки ротора требует измерения напряжения токов статора, потребляемой активной мощности и скольжения в рабочей области при различных нагрузках. В конечном итоге получают нелинейную систему уравнений с четырьмя неизвестными, решение которой возможно с использованием метода простых итераций.

В следующей работе на основе исследования определения параметров схемы замещения асинхронной машины аналитическим и экспериментальным путем с использованием математических моделей без упрощений, показана невозможность однозначного определения параметров схемы замещения. По утверждению авторов этой работы описание стационарных и переходных процессов в асинхронной машине нелинейными уравнениями требует применения итерационных методов исследований.

© Квашнин В. О., Бабаш А. В., Квашнин В. В.
2019

В работах [3–5] предлагается определение параметров АД по каталожным данным с использованием метода последовательных итераций или использующих в аналитическом определении итерационного уточнения коэффициента конструктивной постоянной электрической машины соответственно. Знание свойств и параметров АД помогает вести разработку современных частотных электроприводов и проектирование на их основе различных систем управления.

При обработке массивов измеренных мгновенных значений фазного тока статора асинхронного двигателя возникает трудность нахождения и оценки его текущих действующих значений и получения зависимости их изменения во времени при различных режимах работы двигателя. Полученный массив тока в установившемся режиме работы двигателя содержит амплитудные значения, а в паспортных данных приводится действующее значение фазного тока асинхронного двигателя. Поэтому из токовой зависимости достаточно проблематично определить действующее значение тока. Для определения действующих значений на основе полученных амплитудных значений необходима специальная методика расчета и построения зависимости действующего значения тока статора во времени.

Данные, полученные посредством L – Card, представляются в виде мгновенных значений фазного тока статора АД. Они циклически изменяются и представляют собой переменную величину в различных режимах работы двигателя.

Таким образом, возникает необходимость в разработке методики определения зависимости изменения действующей величины потребляемого тока статора в различных режимах работы АД (пуск, установившийся режим) [6].

Целью работы является разработка методики определения зависимости действующего значения фазного тока статора, на основе имеющегося массива данных мгновенных значений. Массивы данных представлены в формате текстового файла в виде строк. При этом возникает необходимость получения массивов данных посредством парсинга строки.

Для достижения поставленной цели нужно решить ряд задач:

1) определение участка для нахождения текущих действующих значений измеряемого тока статора (пуск и установившийся режим);

2) разработка алгоритма нахождения экстремумов (максимумов и минимумов сигнала тока статора, полученного при помощи датчика тока на эффекте Холла).

3) обработка и анализ полученных результатов, а также оценка точности предлагаемой методики.

Материалы исследований

Во время переходного процесса форма фазного тока имеет вид синусоидальной с переменной амплитудой. Поэтому в дальнейшем принимается, что форма тока является синусоидальной. Таким образом, все дальнейшие вычисления будут производиться с сигналом, который изменяется по синусоидальному закону.

Для расчета действующих значений сигнала необходимо вначале определить абсолютную величину массива исходных данных токового сигнала. Далее необходимо определить амплитудные значения сигнала для получения на их основе действующих значений. Для определения амплитудных значений на полупериоде необходимо выделить границы полупериода сигнала. Они и будут являться минимальными значениями синусоидального сигнала.

Таким образом, для разработки методики определения зависимости действующего значения тока необходимо создать алгоритм нахождения экстремумов, т.е. границ полупериода синусоидального сигнала и самого амплитудного значения синусоидального сигнала.

Разрабатываемая методика предполагает получение зависимости действующего значения тока статора АД во времени на основе имеющегося массива данных. При определении экстремума вводится опорная величина сигнала I_{\min} для идентификации минимума и I_{\max} – для определения максимума соответственно. Это необходимо для исключения ошибки расчетов вследствие действия шумов при близких к нулю значениях сигнала тока статора АД.

Алгоритм нахождения минимумов включает следующие переменные:

- 1) t_{i_1} – массив времени;
- 2) i_{cvi_1} – мгновенное значение действующего тока;
- 3) $t_{\min m}$, $I_{\min m}$ – текущие значения минимумов;
- 4) e – ошибка минимума в секундах, которую можно игнорировать;
- 5) m – количество минимумов;
- 6) I_{\min} – граница минимального значения тока (для отсеки помех).

Для нахождения максимумов используются переменные:

- 1) t_{\max} , I_{\max} – координаты максимума;
- 2) N_{\max} – количество максимумов;
- 3) $t_{mN_{\max}}$, $I_{mN_{\max}}$ – массивы координат максимумов.

Для определения действующего значения тока используется следующее расчетное соотношение (1)

$$i_{св_i} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot |i_{\phi_i}|, \quad (1)$$

где i_{ϕ_i} – исходное текущее значение массива тока.

Блок-схема алгоритма определения экстремумов представлена на рис. 1.

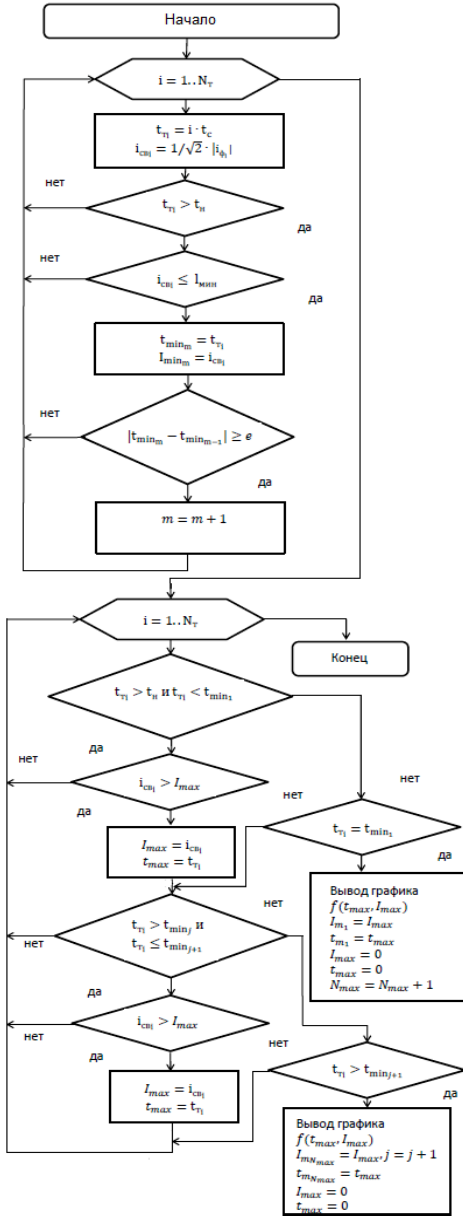


Рис. 1. Блок-схема алгоритма определения экстремумов синусоидального сигнала

Для измерения тока фазы обмотки статора асинхронного электродвигателя использовался датчик тока ACS712 Allegro, принцип работы которого основан на эффекте Холла. Его основные технические характеристики:

- 1) диапазон измерения тока до 20А;

- 2) чувствительность 100 мВ/А;
- 3) максимальная полоса пропускания составляет 80 кГц;
- 4) при нулевом токе выходное напряжение равно половине напряжения питания ($V_{cc}/2$);
- 5) напряжение питания датчика 5 В;
- 6) температурный диапазон работы $-40 - +85^\circ \text{C}$.

Алгоритмы легли в основу Windows-приложения, разработанного в Embarcadero Delphi Community Edition [7–9]. Это приложение позволяет определить действующие значения тока статора и построить график тока статора.

Для получения массива данных фазного тока статора из текстового файла использовался специализированный класс TParser, который позволяет получать данные из строки, производя ее распознавание (парсинг). Далее на основе мгновенных значений осуществляется фильтрация, расчет и построение зависимости действующего значения тока статора во времени.

Для иллюстрации форма ввода исходных данных приведена на рис. 2.

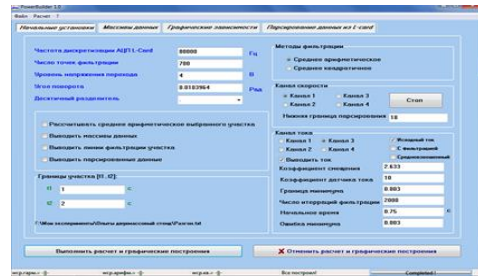


Рис. 2. Интерфейс приложения, разработанного в среде Embarcadero Delphi Community Edition

Предложенный алгоритм был испытан на АД серии АИР56А4У3 [10]. Зависимость фазного тока статора АД во времени без фильтрации приведена на рис. 3.

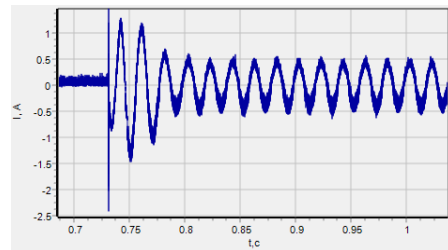


Рис. 3. Зависимость фазного тока статора без фильтрации во времени

Из рис. 3 видно, что исходный массив данных мгновенных значений фазного тока статора сильно зашумлен. Для определения экстремумов и обработки сигнала необходимо произвести цифровую фильтрацию в виде итерационного усреднения значений исходного массива данных

фазного тока статора. Фильтрация сигнала осуществляется с использованием выражения (2)

$$i_{T_i} = \frac{i_{T_i} + i_{T_{i-1}} + i_{T_{i+1}}}{3} \quad (2)$$

где i_{T_i} – массив исходных значений токового сигнала.

Цифровая фильтрация заключается в определении мгновенного значения тока на одном интервале времени трех следующих друг за другом измерений.

Зависимость фазного тока статора во времени с фильтрацией приведена на рис. 4.

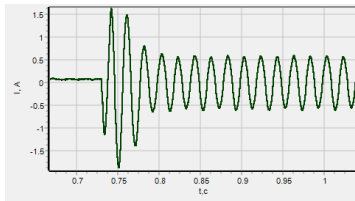


Рис. 4. Зависимость фазного тока статора с фильтрацией во времени

Результат обработки полученных измерений в виде зависимости действующего значения фазного тока статора в пусковом режиме на холостом ходу представлен на рис. 5.

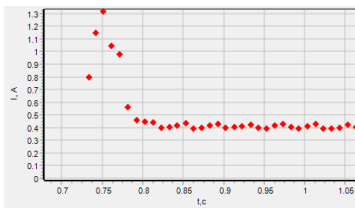


Рис. 5. Зависимость действующего значения тока статора во времени

Для оценки полученных результатов по предлагаемой методике была проведена обработка результатов измерений тока и напряжения одной фазы АД при пуске без нагрузки. Рассматривался интервал времени 0,15 с (рис. 6).

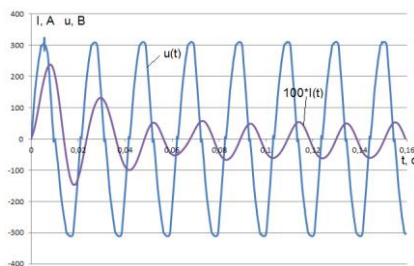


Рис. 6. График зависимостей фазного тока и напряжения АД на холостом ходу во времени

Определение зависимости изменения действующего значения тока на этом участке осуществлялось тремя способами: 1) определялись

действующие значения токов за полупериоды полуволн фазного напряжения; 2) действующие значения определялись за полупериоды полуволн фазного тока; 3) действующие значения определялись по предлагаемой методике. Результаты соответствующих зависимостей действующего значения тока представлены на рис. 7.

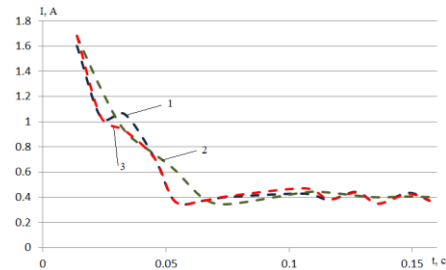


Рис. 7. График зависимостей действующих значений фазного тока АД (1 – по полуволнам тока, 2 – по полуволнам напряжения, 3 – по предлагаемой методике)

Обработка данных в виде полиномиальных зависимостей 6-го порядка представлена на рис. 8.

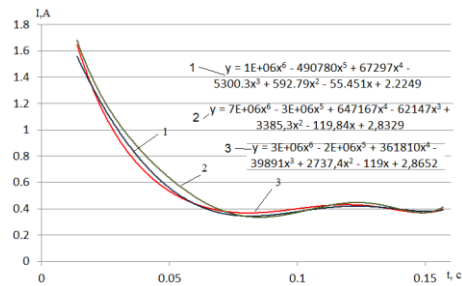


Рис. 8. График полиномиальных зависимостей действующих значений фазного тока АД (1 – по полуволнам тока, 2 – по полуволнам напряжения, 3 – по предлагаемой методике)

Оценка точности осуществлялась для значений времени $t_1=0.04$ с и $t_2=0.05$ с, где было получено наибольшее несовпадение между первой и третьей, а также между второй и третьей зависимостями действующего значения тока двигателя соответственно (рис. 8). Максимальные ошибки составляли 4 и 17 % соответственно в сравнении действующих значений токов, определенных по предлагаемой методике и аналогичных среднеквадратичных значений токов, измеренных на интервалах полупериода фазного тока (зависимость 1) и соответственно фазного напряжения (зависимость 2) и по предлагаемой методике (зависимость 3).

Анализ полученных зависимостей хорошо согласуется и подтверждается также результатами моделирования в Matlab Simulink. Для моде-

лирования АД серии АИР56А4У3 использовалась трехфазная модель АД [11]. Результаты моделирования в виде графиков переходных процессов тока статора на холостом ходу представлены на рис. 9.

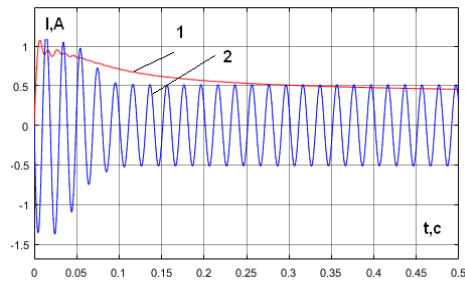


Рис. 9. График переходных процессов фазных токов статора АД АИР56А4У3 в Matlab Simulink

Для нахождения зависимости действующего значения тока статора (1, рис. 9) в модели использовался стандартный блок RMS Continuous.

Также на модели были получены зависимости угловой скорости $\omega(t)$ и крутящего момента $M(t)$ при пуске на холостом ходу (рис. 10).

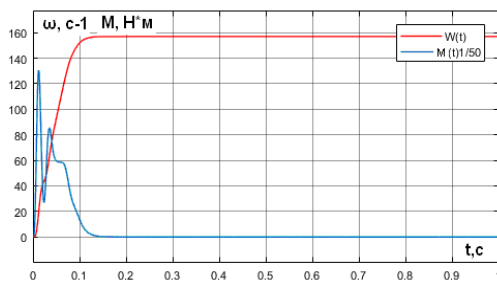


Рис. 10. График переходных процессов угловой скорости и крутящего момента АД АИР56А4У3 при пуске и на х.х.

По полученным результатам моделирования построена трехмерная зависимость электромеханической характеристики для рассматриваемого двигателя с использованием среды Embarcadero Delphi Community Edition (рис. 11).

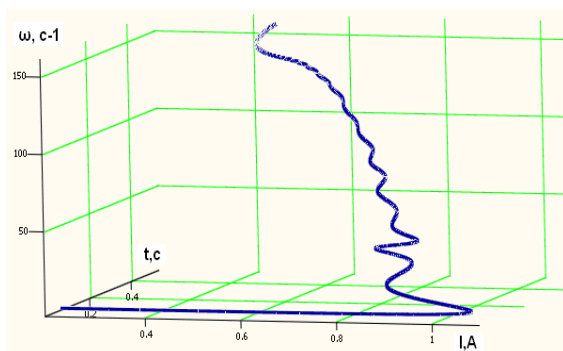


Рис. 11. Трехмерная зависимость электромеханической характеристики модели АД АИР56А4У3

Аналогичная зависимость была получена при обработке экспериментальных данных (рис. 12).

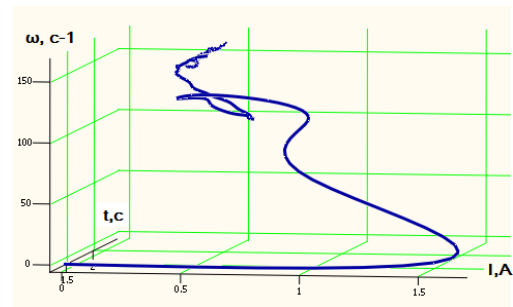


Рис. 12. Трехмерная зависимость электромеханической характеристики АД АИР56А4У3 при обработке экспериментальных данных

Анализ полученных результатов (рис. 5) показал, что при пуске значение тока статора составляет 1,7 А (рис. 12), а при работе на холостом ходу 0,42 А, что хорошо согласуется с паспортными данными (номинальный ток $I_n=0,44$ А, кратность пускового тока $k_i=5$).

Полученные действующие значения тока в режиме холостого хода подтверждены измерениями аstaticеским амперметром с классом точности измерений 0,5.

Выводы

Разработана и исследована экспериментально методика расчета и построения зависимости действующего значения тока статора АД с использованием мгновенных значений.

Получен алгоритм определения экстремумов, необходимых для расчета массива действующих значений тока, который был технически реализован с использованием Embarcadero Delphi Community Edition.

Оценка точности предлагаемой методики осуществлялась по зависимостям пускового тока двигателя, полученных по его среднеквадратичным значениям, определяемых на интервалах полупериодов фазного тока и напряжения. максимальная относительная ошибка в этих случаях составила 4 и 17% соответственно.

Полученные электромеханические характеристики для АД АИР56А4У3 опытным путем и в результате моделирования также указывают на корректность разработанной методики.

Список использованной литературы

1. Сивокобыленко, В. Ф., Василец С. В. Расчетно экспериментальное определение параметров схем замещения и характеристик асинхронных двигателей [Текст] / В. Ф. Сивокобыленко, С. В. Василец Науковий вісник НГУ, 2014, № 5, с. 76–82.

2. Сафарян, В. С., Геворгян, С. Г. Определение параметров схемы замещения асинхронной машины [Текст] / В. С. Сафарян, С. Г. Геворгян Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. 2015. № 6, с. 20–34.

3. Квашнин, В. О. Исследования методик определения параметров однофазной эквивалентной схемы замещения асинхронного двигателя [Текст] / Квашнин В. О., Косенко В. А.; Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Зб. нпр. Серія: Проблеми автоматизованого електроприводу. Теорія і практика. –Х.: НТУ «ХПІ». 2013.-№36(1009). –600 с., с.256–258.

4. Квашнин, В. О. Разработка методики определения статических механических характеристик асинхронных двигателей с повышенным пусковым моментом [Текст] / Квашнин В. О.; Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», – Харків: НТУ «ХПІ», 2005, № 45. – С. 378–381.

5. Квашнин, В. О. Разработка методики программного расчета и исследования статических механических характеристик асинхронного двигателя (в среде BORLAND DELPHI) [Текст] / Квашнин В. О., Бабаш А. В.; Вестник ДГТУ, Сборник научных трудов, Днепродзержинск ДГТУ 2009.

6. Квашнин, В. О., Методика определения динамических скоростной и токовой характеристик асинхронного электропривода [Текст] / В. О. Квашнин, А. В. Бабаш Электротехнические и компьютерные системы № 19 (95), 2015, с. 28–32.

7. Квашнин, В. В., Аппаратные программные средства диагностики электромеханической системы на основе асинхронного электропривода [Текст] / В. В. Квашнин, Г. П. Клименко, В. О. Квашнин Электротехнические и компьютерные системы, № 22 (98), 2016, с.359–365.

8. Культин, Н. Б. Delphi в задачах и примерах [Текст]: 2-е изд., перераб. и доп. – СПб.: БХВ-Петербург, 2008. – 288 с.: ил.

9. Н. Культин Основы программирования в Embarcadero Delphi [Текст]: 2015. – 232 с.

10. Кравчик, А. Э. Асинхронные двигатели серии 4А. Справочник [Текст] / А. Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболевская–М.: Энергоатомиздат, 1982. – 380 с.

11. Квашнин, В. О., Косенко В. А. Анализ построения динамической модели асинхронного двигателя на основе расчетных и каталожных данных [Текст] / Квашнин, В. О., Косенко В. А. Электротехнические и компьютерные системы № 15 (91) г. Одесса 2014, с. 241–244.

References

1. Sivokobylenko, V. F, Vasilets, S. V. (2014) “Design and experimental definition parameters of substitution diagrams and characteristics asynchronous motors” [“Raschetno eksperimentalnoye opredeleniye parametrov skhem zameshcheniya i kharakteristik asinkhronnykh dvigateley”], Naukoviy visnik NGU. № 5, pp. 76–82.

2. Safaryan, V. S., Gevorgyan, S. G. (2015) “Defining the parameters of an induction motor equivalent circuit” [“Opredelenie parametrov shemy zameshcheniya asinhronnoy mashinyi”] Energetika. Izv. vyssh. ucheb. zavedeniy i energ. ob'edineniy SNG, № 6, pp. 20–34.

3. Kvashnin, V. O., Kosenko, V. A. (2013), “Research methods for determining the parameters of a single-phase equivalent circuit of the induction motor replacement”, [Issledovaniya metodik opredeleniya parametrov odnofaznoy ekvivalentnoy skhemy zame-shcheniya asinkhronnogo dvigatelya] News Natsionalnogo tehchnogo universitetu "KhPI". St. ex. Seriya: Problems of the automated electric drive. Teoriyai practice, NTU "KhPI", № 36 (1009)-600, pp.256–258.

4. Kvashnin, V. O. (2005), “Development of methods for determining the static mechanical characteristics of asynchronous motors with high starting torque” [“Razrobotka metodiki opredeleniya staticheskix mexanicheskix karakteristik asinxronnyx dvigatelej s povyshennym puskovym momentom”] Bulletin of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Kharkiv: NTU "KhPI» №45, pp. 378–381.

5. Kvashnin, V.O., Babash A.V. (2009), “Development of methods and software for calculating the study of static mechanical characteristics of the induction motor (in the environment BORLAND DELPHI)”, [“Razrobotka metodiki programmnogo rascheta i issledovaniya staticheskix mexanicheskix karakteristik asinxronnogo dvigatelya (v srede BORLAND DELPHI)”], Vestnik DGTU, Sbornik nauchnyx trudov Dneprodzerzhinsk DGTU.

6. Kvashnin, V. O., Babash, A. V. (2015) Development of determining dynamic rotary speed and current characteristics methods of asynchronous electrical drive [Metodika opredeleniya dinamicheskix skorostnoy i tokovoy harakteristik asinhronnogo elektroprivoda] Elektrotehnichekije i kompyuternie sistemi № 19 (95), pp. 28–32 (In Russian)

7. Kvashnin, V. V., Klimenko G. P., V. O. Kvashnin (2016) Hardware and software electromechanical system based on an induction electrical drive diagnostics facilities [Apparatnyie programmnyie sredstva diagnostiki elektromechanich-

eskoy sistemyi na osnove asinhronnogo elektroprivoda] Elektrotehnicheskie i kompyuternie sistemi № 22 (98), pp. 359–365 (In Russian)

8. Kultin, N. B. (2008) Delphi v zadachah i primerah [Delphi in tasks and examples] 2-e izd., pererab. i dop. – SPb.: BHV-Peterburg. –pp. 288. (in Russian)

9. Kultin, N. (2015) Basics of Embarcadero Delphi Programming [Osnovyi programmirovaniya v Embarcadero Delphi] 2015. – pp. 232. (in Russian)

10. Kravchik, A. E., Shlaf, M. M., Afonin, V. I., Sobolevskaya, E. A. (1982) Induction motors series 4A. Directory [Asinhronnie dvigateli serii 4A.

Spravochnik] M.: Energoatomizdat. – pp. 277 (in Russian)

11. Kvashnin V. O., Kosenko, V. A. (2014) “Analysis of the construction of a dynamic model of induction motor based on the calculated and catalog data” *Electrical and Computer Systems* [“Analiz postroeniya dinamicheskoy modeli asinxronnogo dvigatelya na osnove raschetnyx i katalognyx dannyx”, Elektrotexnicheskie i kompyuternye sistemy] № 15(91) Odessa, pp. 241–244. (in Russian)

THE PHASE INDUCTION MOTOR STATOR EFFECTIVE CURRENT VALUE STARTUP MODE DEPENDENCE DETERMINATION

V. O. Kvashnin, A. V. Babash, V. V. Kvashnin
Donbass State Engineering Academy

Abstract. To determine the effective value of the stator current phase induction motor specialized techniques were developed. Phase current stator instantaneous values resulting arrays were obtained via an analog-to-digital converter L-Card. Phase stator current instantaneous arrays have been scanned from the original file by parsing. To implement the parsing string data used specialized Embarcadero Delphi class TParser. For obtaining average stator current values two algorithms were developed and presented. Obtaining extremums (minimums and maximums) of the sinusoidal signal were developed and presented. To make a measurement phase induction motor stator current used in current sensor Hall effect ACS712 Allegro 20A. To determine the phase stator effective current value based on instantaneous values of sinusoidal current signal array and filtering the output dataset was developed Windows application by using Embarcadero Delphi Community Edition IDE. An application interface is designed in the form of fixed windows. The time dependence between instantaneous values of stator phase current without and with filtering by using a digital filter presented here. Effective stator current value time dependence is given here. The analysis of the results is given. The results were compared with measurements by using the astatic voltmeter with accuracy measurements 0.5. For experimental investigations low power induction motor AIR56A4U3 was used. Three-dimensional dependences of electromechanical characteristics are given. The simulation results are presented in the form of graphs of the transient processes of the stator current of an induction motor. The results are plotted as graphs of the dependence of the current values of the stator phase current, which were calculated and investigated by using Microsoft Excel. Polynomial dependences of the current values of the stator phase current are also given in a form of Microsoft Excel diagram.

Keywords: phase effective current, analog-to-digital converter, instant values, current sensor, application, algorithm, parsing, polynomial dependence.

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ДІЮЧОГО ЗНАЧЕННЯ ФАЗНОГО СТРУМУ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГУНА У ПУСКОВОМУ РЕЖИМІ

В. О. Квашнін, А. В. Бабаш, В. В. Квашнін
Донбаська державна машинобудівна академія

Анотація. Для визначення діючого значення фазного струму статора асинхронного двигуна було розроблено спеціалізовану методику. Отримано масиви миттєвих значень фазного струму статора за допомогою аналогового-цифрового перетворювача L-Card. Масиви миттєвих значень фазного струму статора були зчитані з вихідного файлу. Для реалізації парсингу строкових даних використаний спеціалізований Delphi клас TParser. Для отримання діючого значення струму статора було розроблено та представлено два алгоритми. Розроблено та представлено алгоритми знахо-

дження екстремумів (максимумів та мінімумів) синусоїдального сигналу у вигляді блок-схем. Для здійснення вимірів фазного струму статора асинхронного двигуна використовувався датчик струму на ефекті Холла ACS712 Allegro 20A. Для визначення діючого значення фазного струму статора на основі масиву миттєвих значень синусоїдального сигналу струму та фільтрації вихідного масиву даних розроблено Windows – додаток у середовищі Embarcadero Delphi Community Edition. Наведено інтерфейс розробленого додатку у вигляді основних вікон. Представлено графіки миттєвих значень фазного струму статора без фільтрації та з використанням цифрового фільтру у часі. Наведено залежність середньо діючого значення струму статора у часі. Представлено аналіз отриманих результатів. Результати були зіставлені з приборними вимірюваннями астатичним амперметром з класом точності вимірів 0.5. Для експериментальних досліджень був використаний асинхронний двигун малої потужності АІР56А4У3. Наведено тривимірні залежності електромеханічних характеристик. Представлено результати моделювання у вигляді графіків перехідних процесів фазного струму статора асинхронного двигуна. Наведено результати у вигляді графіків залежностей діючих значень фазного струму статора, які були розраховані та досліджені з використанням Microsoft Excel. Також наведено поліноміальні залежності діючих значень фазного струму статора.

Ключові слова: фазний струм, екстремум, аналогово-цифровий перетворювач, миттєві значення, датчик струму, додаток, алгоритм, парсинг.

Получено 20.09.2019



Квашнин Валерий Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электромеханические системы автоматизации» Донбасской государственной машиностроительной академии. ул. Шкадинова, 76, Краматорск, Украина, E-mail: v.kvashnin@ukr.net, тел. (0626) 41-68-93, +38 (050) 989-77-01.

Valeriy Kvashnin, Candidate of Technical Sciences, Docent, Lecturer, Department of Electromechanical systems of automation and electric drive, Donbass State Engineering Academy, Shkadinova st., 76, Kramatorsk, Ukraine, E-mail: v.kvashnin@ukr.net, тел. (0626) 41-68-93, +38 (050) 989-77-01

ORCID ID: 0000-0001-8171-9794



Бабаш Андрей Владиславович, ассистент кафедр «Компьютерные информационные технологии», «Электромеханические системы автоматизации» Донбасской государственной машиностроительной академии. ул. Шкадинова, 76, Краматорск, Украина, E-mail: babashandrey@gmail.com, тел. (0626) 41-68-93, +38 (095) 538-04-17

Babash Andrey, assistant Department of Computer Informational Technologies, Donbass State Engineering Academy, Shkadinova st., 76, Kramatorsk, Ukraine, E-mail: babashandrey@gmail.com, тел. (0626) 41-68-93, +38 (095) 538-04-17

ORCID ID: 0000-0002-7883-1459



Квашнин Владислав Валериевич, аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов» Донбасской государственной машиностроительной академии, ул. Шкадинова, 76, Краматорск, Украина, E-mail: kvashnin.vladyslav@gmail.com, тел. (0626) 41-68-93, +38 (066) 684-31-23

Kvashnin Vladislav, post graduate student Department of Automation Industrial Processes, Donbass State Engineering Academy, Shkadinova st., 76, Kramatorsk, Ukraine, E-mail: kvashnin.vladyslav@gmail.com, тел. (0626) 41-68-93, +38 (066) 684-31-23

ORCID ID: 0000-0002-1730-1403