

Моделирование идентификатора потокосцепления, скорости и параметров асинхронного двигателя на основе системы разностных уравнений

В.В. Рожков^{1*}, В.В. Федотов¹, С.Р. Трофименко¹, Н.Н. Прокимнов²

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия

²Университет «Синергия», Москва, Россия

*umo@sbmpei.ru

Аннотация. Средствами структурного компьютерного моделирования разработан и исследован метод построения идентификатора состояния и параметров схемы замещения асинхронного двигателя. Метод основан на использовании разностных уравнений электрического равновесия двигателя взамен дифференциальных. Под состоянием двигателя в процессе идентификации понимают динамическую оценку компонент потокосцепления ротора и скорости вращения вала. Использование идентификатора потокосцепления позволяет избежать трудностей прямого измерения компонент магнитного поля, которые на практике определяются с помощью электрических сигналов и значений скорости, в то время как трудности построения идентификатора состоят лишь в формировании начальных условий потокосцепления. Кроме того, довольно часто необходимо реализовать бездатчиковый вариант, при котором датчик скорости из конструктивной схемы электропривода полностью исключен. При этом параметры схемы замещения машины вследствие нагрева обмоток и эффекта вытеснения тока подвержены изменению, что отражается на точности оценки скорости схемы замещения машины. С целью решения указанных проблем с помощью средств имитационного моделирования в MatLab исследовались подробности реализации идентификатора потокосцепления в трех вариантах сочетаний входных сигналов, доступных для оценки. Проведен анализ точности предложенного подхода. Сделан вывод о целесообразности использования на выходе идентификатора низкочастотного фильтра с малой постоянной времени для компенсации высокочастотных составляющих зашумленного напряжения, питающего асинхронный двигатель от инвертора. Проведено моделирование варианта идентификатора скорости на разностных уравнениях с учетом дрейфа параметров схемы замещения. Проведен сравнительный анализ результатов, полученных на основе предложенного метода, с результатами, полученными посредством метода идентификации, основанного на применении дифференциальных уравнений и скользящих режимов. Рассмотренные подходы к построению системы оценки параметров и состояния двигателя можно использовать в информационных системах при проектировании идентификаторов в бездатчиковом асинхронном электроприводе.

Ключевые слова: структурное моделирование, идентификация параметров, дискретный идентификатор, разностные уравнения, асинхронный двигатель, теория обобщенной машины, параметры схемы замещения, оптимизация

Для цитирования: Рожков В.В., Федотов В.В., Трофименко С.Р., Прокимнов Н.Н. Моделирование идентификатора потокосцепления, скорости и параметров асинхронного двигателя на основе системы разностных уравнений // Прикладная информатика. 2025. Т. 20. № 3. С. 125–143. DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-3-125-143

Modeling of flux linkage identifier, velocity and parameters of an induction motor based on a system of difference equations

V. Rozhkov^{1*}, V. Fedotov¹, S. Trofimenko¹, N. Prokimnov²

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia

²Synergy University, Moscow, Russia
*umo@sbmpei.ru

Abstract. The article uses structural computer modeling to study the digital method for constructing an identifier of the state and parameters of the equivalent circuit of an induction motor. The method is based on the use of difference equations of electric equilibrium of the motor instead of differential equations. In the identification process, the state of the motor is understood as an assessment in dynamics of the rotor flux linkage components and the shaft rotation speed. The use of a flux linkage identifier is caused by the difficulties of direct measurement of the magnetic field components. In practice, signals of electrical variables and speed are used for this purpose, and the difficulties of constructing an identifier consist only in the formation of the initial conditions of flux linkage. If the speed sensor must be excluded from the design scheme of the electric drive, a completely sensorless version is implemented. In this case, the speed estimate is affected by changes in the parameters of the equivalent circuit of the machine due to heating of the windings and the effect of current displacement. The use of simulation modeling tools in MatLab made it possible to analyze the details of the flux linkage identifier implementation in three variants of combinations of input signals available for assessment. The errors arising in the identification process are analyzed. The necessity of using a low-pass filter with a small time constant at the identifier output for compensation of high-frequency components of the modulated voltage feeding the induction motor from the inverter is revealed. The speed identifier variant is simulated on difference equations taking into account the drift of the equivalent circuit parameters. The results are compared with the identification method based on the application of differential equations and sliding modes. The considered approaches to the construction of a system for estimating the parameters and state of the motor can be used in information systems when designing identifiers in a sensorless induction electric drive.

Keywords: structural modeling, parameter identification, discrete identifier, difference equations, induction motor, theory of generalized electric motor, equivalent circuit parameters, optimization

For citation: Rozhkov V., Fedotov V., Trofimenko S., Prokimnov N. Modeling of flux linkage identifier, velocity and parameters of an induction motor based on a system of difference equations. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2025, vol.20, no.3, pp.125-143 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2025-20-3-125-143

Введение

Вопросам динамической идентификации или оценивания параметров и переменных асинхронного двигателя (АД) в частотно-регулируемом электроприводе посвящено множество пу-

бликаций. Имеется ряд титульных работ отечественных [1, 2] и зарубежных [3, 4] исследователей процессов оценивания переменных. Многие работы в идейном смысле продолжают и развивают отечественную школу идентификации переменных про-