

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-4-35-47

Применение аппарата математического моделирования к задаче диагностики состояния механической цепи асинхронного электродвигателя

С. П. Курилин^{1*}, В. В. Федотов¹

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия
*sergkurilin@gmail.com

Аннотация. Исследование направлено на повышение надежности сложных технических систем, включающих такой компонент, как асинхронный электродвигатель, посредством отслеживания их текущего состояния. Общая задача исследования заключается в обосновании возможности использовать для диагностики неисправности механической цепи электродвигателя такой фактор, как вектор тока статора, колебания которого берутся в качестве наблюдаемого параметра. Для обоснования правомерности такого решения привлечен аппарат математического моделирования с проведением вычислительного эксперимента. Для этого были предварительно сформулированы цель и условия его проведения, позволившие получить достаточную доказательную базу. Математическая модель асинхронного электродвигателя дополнена функциями импульсной нагрузки в форме рядов Фурье, представленной прямоугольными знакопеременными и знакопостоянными импульсами, частота следования которых равна частоте вращения вала электродвигателя. Для проведения вычислительного эксперимента были разработаны проблемно-ориентированные алгоритм и Maple-программа. Оригинальной чертой математической модели, алгоритма и программы является увязка момента нагрузки с углом поворота ротора, что характерно для поврежденных механических цепей асинхронных электродвигателей. На математической модели выявлены эффекты воздействия на серийный асинхронный электродвигатель импульсов момента нагрузки от поврежденного подшипника, а также эффекты воздействия на него импульсов момента от периодических ударов, возникающих в поврежденной механической цепи. В обоих случаях зафиксированы колебания модуля вектора тока статора, совпадающие с частотой вращения ротора. Результаты вычислительного эксперимента свидетельствуют о том, что колебания тока статора позволяют достоверно судить о состоянии механической цепи электродвигателя. Материалы исследования могут быть использованы эксплуатирующими организациями для создания систем инструментального контроля текущего технического состояния парка асинхронных электродвигателей.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, диагностика, вычислительный эксперимент, алгоритм, программа

Для цитирования: Курилин С. П., Федотов В. В. Применение аппарата математического моделирования к задаче диагностики состояния механической цепи асинхронного электродвигателя // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 4. С. 35–47. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-4-35-47

Application of mathematical modeling apparatus to the problem of diagnosing the state of the mechanical circuit of an asynchronous electric motor

S. Kurilin^{1*}, V. Fedotov¹

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia
*sergkurilin@gmail.com

Abstract. The research is aimed at improving the reliability of complex technical systems, including a component such as an asynchronous electric motor, by monitoring their current state. The general objective of the study is to substantiate the possibility of using such a factor as the stator current vector, the oscillations of which are taken as an observable parameter, to diagnose a fault in the mechanical circuit of an electric motor. To substantiate the legitimacy of such a decision, a mathematical modeling apparatus was used with a computational experiment. For this purpose, the purpose and conditions for its implementation were preliminarily formulated, which made it possible to obtain a sufficient evidence base. The mathematical model of an asynchronous electric motor is supplemented with pulse load functions in the form of Fourier series, represented by rectangular alternating and constant sign pulses, the repetition frequency of which is equal to the rotational speed of the electric motor shaft. To conduct a computational experiment, a problem-oriented algorithm and a Maple program were developed. An original feature of the mathematical model, algorithm and program is the linking of the load torque with the angle of rotation of the rotor, which is typical for damaged mechanical circuits of asynchronous electric motors. Using a mathematical model, the effects on a serial asynchronous electric motor of load torque pulses from a damaged bearing are revealed, as well as the effects of torque pulses from periodic impacts occurring in a damaged mechanical circuit. In both cases, oscillations of the modulus of the stator current vector were recorded, coinciding with the rotor rotation frequency. The results of the computational experiment indicate that stator current fluctuations make it possible to reliably judge the state of the mechanical circuit of the electric motor. The research materials can be used by operating organizations to create systems for instrumental monitoring of the current technical condition of a fleet of asynchronous electric motors.

Keywords: asynchronous electric motor, diagnostics, computational experiment, algorithm, program

For citation: Kurilin S., Fedotov V. Application of mathematical modeling apparatus to the problem of diagnosing the state of the mechanical circuit of an asynchronous electric motor. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.4, pp.35-47 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-4-35-47

Введение

Повышение надежности технических систем является одной из приоритетных задач научно-технологического развития России. Ключевую роль в ее решении призвана сыграть диагностика технического состояния электрооборудования.

В первую очередь это относится к силовым элементам технических систем – асинхронным электродвигателям (АЭД), применяющимся в массовом порядке в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, строительстве, сельском хозяйстве и транспорте. Длительное время показатели надеж-