

Математическая модель для проектирования линейных асинхронных электродвигателей и ее программная реализация

С.П. Курилин¹, В.В. Федотов¹, И.С. Саватеева¹, А.В. Захаров²

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

²Университет «Синергия», Москва, Россия

¹sergkurilin@gmail.com

Аннотация. Математические модели служат основным инструментальным средством компоновочного проектирования линейных асинхронных электродвигателей. Существующие проектировочные модели линейных асинхронных электродвигателей предполагают питание устройства от источника многофазного симметричного тока прямой последовательности, что исключает из рассмотрения асимметрию токов фаз индуктора и связанное с ней снижение тяговой силы. Такой подход является недостаточно гибким, так как эксплуатация линейных асинхронных электродвигателей в широком диапазоне скоростей движения предполагает функциональную зависимость между коэффициентом несимметрии токов и скоростью движения. В исследовании разработана математическая модель для решения задач проектирования, реализующая функциональную зависимость между коэффициентом несимметрии токов и скоростью движения. Математическая модель представляет собой 13 линейных уравнений, увязывающих геометрические размеры, токовые нагрузки, характеристики электромагнитного поля и механические силы со скоростью вторичного элемента электродвигателя. Токковая нагрузка электродвигателя имеет переменную степень эллиптичности в зависимости от скорости движения. Выполнена алгоритмическая проработка математической модели и разработаны соответствующие программные средства моделирования. Предлагаемый алгоритм программы, содержащий две подпрограммы, реализован с использованием программного пакета символьных вычислений Maple. С целью расширения круга пользователей программная модель дополнительно реализована на C++. При этом функциональная зависимость коэффициента асимметрии волны возбуждающего тока от скорости движения реализована в форме итерационной процедуры для случая подключения обмотки индуктора линейных асинхронных электродвигателей к источнику симметричного трехфазного напряжения по схеме «треугольник». На примере трехфазного линейного асинхронного электродвигателя произведено моделирование электромагнитных и механических характеристик электродвигателя. Констатировано, что влияние асимметрии токов на механические характеристики линейных асинхронных электродвигателей невелико и выражено в области высоких скоростей движения. Это дает возможность в задачах проектирования для компоновки электродвигателя использовать модели, предполагающие питание линейных асинхронных электродвигателей от источника симметричного тока или вводить в них фиксированный коэффициент несимметрии.

Ключевые слова: линейный асинхронный электродвигатель, асимметрия токов, математическая модель, алгоритм, структурное программирование, подпрограммы

Для цитирования: Курилин С.П., Федотов В.В., Саватеева И.С., Захаров А.В. Математическая модель для проектирования линейных асинхронных электродвигателей и ее программная реализация // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 96–112. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-96-112

Mathematical model for the design of linear asynchronous electric motors and its software implementation

S. Kurilin¹, V. Fedotov¹, I. Savateeva¹, A. Zakharov²

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

²Synergy University, Moscow, Russia

¹sergkurilin@gmail.com

Abstract. Mathematical models are the main tool for the layout design of linear asynchronous electric motors. Existing design models of linear asynchronous electric motors assume that the device is powered from a source of multiphase symmetrical positive sequence current, which excludes from consideration the asymmetry of the inductor phase currents and the associated reduction in traction force. This approach is not flexible enough, since the operation of linear asynchronous electric motors in a wide range of movement speeds assumes a functional relationship between the current asymmetry coefficient and the movement speed. The study developed a mathematical model for design purposes that implements the functional relationship between the current asymmetry coefficient and the speed of movement. The mathematical model represents 13 linear equations linking geometric dimensions, current loads, electromagnetic field characteristics and mechanical forces with the speed of the secondary element of the electric motor. The current load of an electric motor has a variable degree of ellipticity depending on the speed of movement. An algorithmic study of the mathematical model was carried out and corresponding software modeling tools were developed. The proposed program algorithm, containing two subroutines, is implemented using the Maple symbolic computing software package. In order to expand the range of users, the software model is additionally implemented in C++. In this case, the functional dependence of the asymmetry coefficient of the exciting current wave on the speed of movement is implemented in the form of an iterative procedure for the case of connecting the winding of the linear asynchronous electric motors inductor to a source of symmetrical three-phase voltage according to the "triangle" circuit. Using the example of a three-phase linear asynchronous electric motors, the electromagnetic and mechanical characteristics of the electric motor were simulated. It was stated that the influence of current asymmetry on the mechanical characteristics of the linear asynchronous electric motors is small and is expressed in the region of high speeds. This makes it possible, in design tasks for the layout of an electric motor, to use models that involve powering the linear asynchronous electric motors from a symmetrical current source or to introduce a fixed asymmetry coefficient into them.

Keywords: linear asynchronous electric motor, current asymmetry, mathematical model, algorithm, structured programming, subprograms

For citation: Kurilin S., Fedotov V., Savateeva I., Zakharov A. Mathematical model for the design of linear asynchronous electric motors and its software implementation. *Prikladnaya informatika*=Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.1, pp.96-112 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-96-112

Введение

Электродвигатели технических систем в качестве силового элемента используют электродвигатели вра-

щательного движения в сочетании с системой редуцирования частоты вращения и преобразования рода движения. Альтернативным вариантом построения силовой части электропривода является