

DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-83-95

Диагностика неисправностей синхронных генераторов путем компьютерного моделирования внешнего магнитного поля

Д. И. Баловнев¹

¹Филиал Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Смоленске, Смоленск, Россия
baldenis@list.ru

Аннотация. В настоящее время разработка неинвазивных методов диагностики электрических машин, и особенно генераторов как основных производителей электрической энергии, с помощью датчиков фиксации магнитного поля является актуальной научно-технической задачей. Для решения этой задачи проведены исследования по разработке метода поиска неисправностей синхронного генератора путем анализа внешнего магнитного поля. В статье рассматриваются основные вопросы компьютерного моделирования внешнего магнитного поля в системе FEMM 4.2 для поиска неисправностей. Приводятся математические выражения для создания компьютерной модели синхронного генератора в двумерном пространстве, на базе которых формируется численное решение внешнего магнитного поля с использованием метода конечных элементов. При моделировании учтены особенности конструкции синхронного генератора. Определены основные этапы работы в системе FEMM 4.2. Геометрическая модель синхронного генератора импортируется из системы автоматизированного проектирования. Физические свойства всех элементов модели определяются конструкционными материалами синхронного генератора и внешнего пространства. Управляющая программа, созданная на основе алгоритма, представленного в статье, позволяет выполнить моделирование вращения индуктора синхронного генератора, автоматизировать расчеты электромагнитного поля и вывод результатов. Приведен пример использования компьютерной модели синхронного генератора для поиска неисправностей путем исследования внешнего магнитного поля. По результатам численного решения внешнего магнитного поля проведен гармонический анализ магнитной индукции исправного синхронного генератора. В статье показано, что диагностическим признаком статического эксцентриситета индуктора синхронного генератора является появление четных гармоник в спектре магнитной индукции внешнего магнитного поля. На основании полученных результатов определена зависимость роста четных гармоник от величины смещения индуктора синхронного генератора.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, система FEMM, синхронный генератор, диагностика неисправностей, внешнее электромагнитное поле, диагностический признак

Для цитирования: Баловнев Д.И. Диагностика неисправностей синхронных генераторов путем компьютерного моделирования внешнего магнитного поля // Прикладная информатика. 2024. Т. 19. № 1. С. 83–95. DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-83-95

Fault diagnosis of synchronous generators by computer simulation of an external magnetic field

D. Balovnev^{*}

¹Branch of the National Research University "MPEI" in Smolensk, Smolensk, Russia
^{*}baldenis@list.ru

Abstract. Currently, the development of non-invasive diagnostic methods for electric machines and especially generators, as the main producers of electric energy, using magnetic field fixation sensors is an urgent scientific and technical task. To solve this problem, research has been conducted to develop a method for troubleshooting a synchronous generator by analyzing an external magnetic field. The article discusses the main issues of computer modeling of an external magnetic field in the FEMM 4.2 system for troubleshooting. Mathematical expressions are given for creating a computer model of a synchronous generator in two-dimensional space, on the basis of which a numerical solution of the external magnetic field is formed using the finite element method. The modeling takes into account the design features of the synchronous generator. The main stages of work in the FEMM 4.2 system are defined. The geometric model of the synchronous generator is imported from the computer-aided design system. The physical properties of all elements of the model are determined by the structural materials of the synchronous generator and the external space. The control program, created on the basis of the algorithm presented in the article, allows you to simulate the rotation of the inductor of a synchronous generator, automate the calculations of the electromagnetic field and display the results. An example of using a computer model of a synchronous generator for troubleshooting by examining an external magnetic field is given. Based on the results of a numerical solution of the external magnetic field, a harmonic analysis of the magnetic induction of a working synchronous generator was carried out. The article shows that a diagnostic sign of static eccentricity of a synchronous generator inductor is the appearance of even harmonics in the magnetic induction spectrum of an external magnetic field. Based on the results obtained, the dependence of the growth of even harmonics on the magnitude of the displacement of the inductor of the synchronous generator is determined.

Keywords: computer simulation, FEMM system, synchronous generator, fault diagnosis, external electromagnetic field, diagnostic feature

For citation: Balovnev D. Fault diagnosis of synchronous generators by computer simulation of an external magnetic field. *Prikladnaya informatika* = Journal of Applied Informatics, 2024, vol.19, no.1, pp.83-95 (in Russian). DOI: 10.37791/2687-0649-2024-19-1-83-95

Введение

Синхронные генераторы (СГ) представляют собой основу систем выработки электроэнергии, появление неисправностей в которых могут привести к сбоям в электроснабжении или к отключению потребителей. Неисправности

можно разделить на две группы: электрические, включающие короткие замыкания и обрывы в обмотках, и механические, включающие неисправности подшипников, статический и динамический эксцентриситет, повреждения демпферных стержней.