

ON FINITE-ELEMENT MODELING OF LARGE-SCALE MAGNETIZATION PROBLEMS WITH COMBINED MAGNETIC VECTOR AND SCALAR POTENTIALS

*A. Cheroukov*¹

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna

The finite-element analysis of three-dimensional magnetostatic problems in terms of magnetic vector potential has proven to be one of the most efficient tools capable of providing the excellent quality results but becoming computationally expensive when employed to modeling the large-scale magnetization problems in the presence of applied currents and nonlinear materials due to the substantial number of the model degrees of freedom. In order to achieve a similar quality of calculation at lower computational cost, we propose to use for modeling such problems the combination of magnetic vector and total scalar potentials as an alternative to magnetic vector potential formulation. The potentials are applied to conducting and nonconducting parts of the problem domain, respectively, and coupled together across their common interfacing boundary. For nonconducting regions, the thin cuts are constructed to ensure their simple connectedness and therefore the consistency of the mixed formulation. The implementation of both formulations in the finite-element method is discussed in detail with difference between the two emphasized. The numerical performance of finite-element modeling in terms of combined potentials is assessed against the magnetic vector potential formulation for two magnetization models, the Helmholtz coil, and the dipole magnet. We show that the mixed formulation can provide a substantial reduction in the computational cost as compared to its vector counterpart for a similar accuracy of both methods.

Конечно-элементное моделирование трехмерных проблем магнитостатики с использованием магнитного векторного потенциала является одним из основных инструментов вычисления магнитных полей с высокой точностью, но может требовать значительных вычислительных ресурсов для проблем со сложной геометрией и нелинейными материалами в силу большого числа степеней свободы. Для уменьшения вычислительных затрат без потери точности в качестве альтернативы предлагается использовать комбинацию магнитных векторного и полного скалярного потенциалов, применяемых к проводящим и непроводящим подобластям решаемой задачи соответственно и связанных условиями сопряжения на общей границе раздела. Для корректности комбинированной формулировки в непроводящих подобластях строятся разрезы, обеспечивающие их односвязность. Подробно обсуждаются вариационные постановки задач

¹E-mail: acher@jinr.ru

с использованием как векторного потенциала, так и комбинации обоих потенциалов в методе конечных элементов. Сравнительный анализ численной эффективности обеих формулировок проиллюстрирован примерами конечно-элементного моделирования катушки Гельмгольца и дипольного магнита в среде CONSOL Multiphysics. Показано, что применение комбинированной формулировки позволяет добиться значительного уменьшения объема используемой памяти и сокращения времени вычислений при аналогичной точности обоих методов.

PACS: 41.20.Gz

Received on August 17, 2023.