Тензор и полная Система электромагнитных сил

Ю.А. Спиричев

Научно-исследовательский и конструкторский институт радиоэлектронной техники филиал ФГУП ФНПЦ «ПО «Старт» им. М.В. Проценко», ГК «РОСАТОМ», г. Заречный Пензенской обл., Россия, [yuspir@rambler.ru](mailto:yuspir@rambler.ru)

В докладе изложен последовательный четырехмерный подход к построению полной системы электромагнитных сил, в том числе динамических, предназначенной для моделирования кинетики зарядов при коротких и ультракоротких импульсах поля в задачах инерциального удержания плазмы. На основе четырехмерного представления электромагнитного поля (ЭМП) и его источников через электромагнитный потенциал и 4-плотность тока , получен тензор второго ранга плотности энергии-импульса взаимодействия ЭМП — 4-плотность тока . Из тензора энергии-импульса получен тензор третьего ранга плотности электромагнитных сил , имеющий 64 компоненты. Компоненты сгруппированы в 16 видов трехмерных электромагнитных сил, включающих силы Кулона и Ампера. Силы связаны в единую систему уравнениями неразрывности, сохранения и равновесия, следующими из тензоров плотности энергии-импульса и электромагнитных сил. Система электромагнитных сил приведена в таблице:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Динамические силы | | Статические и стационарные силы | |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

где S1–S16 — плотности электромагнитных сил; φ и А — скалярный и векторный потенциалы ЭМП; ρ и J = ρV — плотности электрических зарядов и тока; с — скорость света; V — скорость движения зарядов; t — время; k(x, y, z) — координаты трехмерного пространства; — символ тензорного произведения; ∂ — символ частной производной. Силы S4 и S6 описывают соответственно плотности статической и динамической силы Кулона. Плотность силы Ампера входит в состав тензорной силы S15. Остальные силы являются новыми. Динамические электромагнитные силы необходимо учитывать при решении задач инерциального термоядерного синтеза, исследовании Z- и X-пинчей и других процессов динамики плазмы. Статические и стационарные силы необходимо учитывать при решении задач магнитного удержания плазмы и рассмотрении МГД-неустойчивостей. Особый интерес представляют динамические силы S1 и S2, зависящие от скорости изменения во времени скалярного потенциала и плотности зарядов. При их возрастании во времени появляются силы объемного сжатия, направленные против действия силы Кулона. При достаточно большой скорости возрастания эти силы могут превысить силу отталкивания одноименных зарядов, и начнется процесс коллапса вещества. Возможно, что этот процесс объясняет образование горячих точек Z- и X-пинчей и их последующих взрывов. Из тензора  следуют уравнения равновесия , , . Если выразить плотность тока и векторный потенциал через скорости движения зарядов, то эти уравнения можно рассматривать как детерминированные кинетические уравнения самосогласованного движения зарядов и использовать их при моделировании кинетики плазмы. Система электромагнитных сил может найти применение для совершенствования и разработки устройств удержания плазмы.