Восстановление тока, протекающего через трубку, по напряженности электрического поля, измеренной на ее внутренней поверхности

А.И. Хирьянова1, С.И. Ткаченко1,2

1Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Московская область,  
 Россия  
2Объединенный институт высоких температур Российской академии наук, Москва,  
 Россия

Рассматривается проблема восстановления мегаамперного тока, протекающего через трубку с толщиной стенок, значительно превышающей толщину скин-слоя (оцененную по проводимости при комнатной температуре). При решении этой задачи используются экспериментальные данные по напряженности электрического поля, измеренной на внутренней поверхности трубки [1]. Решение похожей проблемы, представленное в [2], применимо для случая тонкой трубки (толщина рубки сопоставима с толщиной скин-слоя), а также в предположении, что теплофизические параметры материала трубки не изменяются со временем, температура остается постоянной. Эти допущения не выполняются в условиях экспериментов, данные которых используются в предлагаемой работе. Так, материал трубки в процессе прохождения через нее тока заметно нагревается, например, внешние слои трубки нагреваются до температур, близких к температуре плавления. В результате значительно изменяются все теплофизические свойства материала, в том числе и проводимость, что в свою очередь оказывает влияние на распределение магнитного поля и плотности тока по толщине трубки.

Предлагается рассмотреть толстую трубку как серию вложенных друг в друга тонких трубочек, для каждой из которых решается уравнение диффузии магнитного поля методом преобразования Лапласа; граничные условия для внутренних трубочек находятся из условия равенства магнитного поля и плотности тока на условной внешней поверхности n-ой трубочки и внутренней поверхности следующей, (n + 1)-ой трубочки. Такой метод позволяет учесть неоднородное распределение тока по сечению трубки, причем одновременно можно отслеживать послойный нагрев вещества и изменение его проводимости.

Решение найдено в однотемпературном приближении; малость толщины стенки трубки по сравнению с его радиусом позволяет использовать прямоугольную систему координат; так как задача осесимметрична, уравнения решаются в одномерном приближении.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ (проект 3.522.2014/K).

Литература

1. С.И. Ткаченко, E.В. Грабовский, Ю.Г. Калинин и др. Известия высших учебных заведений. Физика. Тематический выпуск. 2014. Т.57. № 12/2. СС. 279 – 283.
2. Бакшаев Ю.Л., Бартов А.В., Блинов П.И. и др. Физика плазмы, 2007, 30, 349.