Электродинамика и распространение радиоволн

Семинар 2

Русов Юрий Сергеевич

ОСНОВНЫЕ УРАВНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ

План работы на семинаре:

1. Изучить формулы и материалы лекции.
2. Изучить примеры решения задач.
3. Решить предлагаемые задачи.

Значение дивергенции равно плотности источников рассматриваемого поля в заданной точке пространства.

Векторное поле $\mathbf{A}$, удовлетворяющее во всех точках рассматриваемой области условию $\operatorname{div} \mathbf{A} = 0$, называется соленоидальным (полем без источников). При выполнении условия $\operatorname{rot} \mathbf{A} = 0$ поле $\mathbf{A}$ является потенциальным векторным полем. Если такое поле характеризует силу, действующую на материальную точку, то работа внешних сил при обходе замкнутого контура будет равна нулю.

Задача

В декартовой системе координат векторное поле A имеет единственную составляющую $A_y = 15x^2$.

Построить картину силовых линий векторного поля.

Проверить, является ли поле:

а) соленоидальным;

б) потенциальным.

Формулы

Ток смещения в вакууме определяется выражением

$$\mathbf{J}_{\text{см.вак}} = \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \; .$$

Полный ток, создающий магнитное поле

$$\mathbf{J}_{\text{полн}} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{P}}{\partial t} + \varepsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \; .$$

Формулы

Уравнения Максвелла в дифференциальной форме

$$\operatorname{rot}\mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}. \qquad \text{(I)}$$

$$\operatorname{rot}\mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}. \qquad \text{(II)}$$

$$\operatorname{div}\mathbf{D} = \rho. \qquad \text{(III)}$$

$$\operatorname{div}\mathbf{B} = 0. \qquad \text{(IV)}$$

Формулы

Уравнения Максвелла в интегральной форме

$$\oint_L \mathbf{H}\,\mathrm{d}\mathbf{l} = \int_S (\mathbf{J} + \mathbf{J}_{\text{см}})\,\mathrm{d}\mathbf{S} = \int_S \left(\mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \mathrm{d}\mathbf{S} \qquad \text{(I´)}$$

$$\oint_L \mathbf{E}\,\mathrm{d}\mathbf{l} = -\frac{\partial}{\partial t} \int_S \mathbf{B}\,\mathrm{d}\mathbf{S} \qquad \text{(II´)}$$

$$\oint_S \mathbf{D}\,\mathrm{d}\mathbf{S} = \int_V \rho\,\mathrm{d}V \qquad \text{(III´)}$$

$$\oint_S \mathbf{B}\,\mathrm{d}\mathbf{S} = 0 \qquad \text{(IV´)}$$

Задача

В вакууме существует электромагнитное поле, гармонически изменяющееся во времени.

В некоторой точке пространства вектор

$\mathbf{E} = 130 \cdot \cos(2\pi \cdot 10^{10} t)\mathbf{I}_x$.

Определить плотность тока смещения в данной точке.

Задача

Векторное поле изменяется в пространстве и во времени по закону

$$\boldsymbol{H} = 6x\, cos\omega t\, \boldsymbol{x}_0 + 2\exp(-2y)\, sin\omega t\, \boldsymbol{z}_0$$

Проверить, может ли это векторное поле быть полем магнитного вектора, удовлетворяющим уравнениям Максвелла.

Задание для самостоятельного решения

Решение должно быть выслано в день проведения семинара, только в этом случае учитывается присутствие студента. В решении обязательно должна быть показана подстановка исходных данных в формулы и учтены размерности величин.

Решение необходимо формировать в виде одного файла. Файл с решением должен иметь название в следующем формате:

Год_месяц_день_ЭДиРРВ_Семинар_2_группа_ФамилияИО

Например:
2022_03_23_ЭДиРРВ_Семинар_2_РЛ1-41_ИвановИИ

Литература

Основная литература по дисциплине

1. Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники сверхвысоких частот: учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. 486 с. ISBN 5-7038-2740-X. Режим доступа: http://ebooks.bmstu.ru/catalog/205/book1163.html

2. Кугушев А.М., Голубева Н.С., Митрохин В.Н. Основы радиоэлектроники. Электродинамика и распространение радиоволн. Учеб. пособие для вузов. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. 368 с.

Дополнительные учебные материалы

1. Сборник задач по курсу «Электродинамика и распространение радиоволн»: учеб. пособие / Баскаков С.И., Карташев В.Г., Лобов Г.Д., Филатова Е.А., Штыков В.В.; Под ред. С.И. Баскакова. М.: Высшая школа, 1981. 208 с.