НОВЫЕ УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА: ПРЕОДОЛЕНИЕ ВНУТРЕННЕГО ПРОТИВОРЕЧИЯ В КЛАССИЧЕСКОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКЕ

Меньшов Е.Н.
Ульяновский государственный технический университет

Анализируются уравнения Максвелла для вакуума на соответствие требованиям, предъявляемым к динамическим моделям типа «вход-выход»

$$\mathrm{rot}\,\mathbf{B} = c^{-2}\,(\partial\,\mathbf{E} / \partial t), \qquad (1)$$

$$\mathrm{rot}\,\mathbf{E} = -\,(\partial\,\mathbf{B} / \partial t). \qquad (2)$$

Уравнение (1) выражает закон полного тока в дифференциальной форме, уравнение (2) – закон электромагнитной индукции в дифференциальной форме. Каждый закон вытекает из опыта независимо друг от друга

Этими законами реально подтверждается факт наличия в электромагнитных явлениях двух самостоятельных причинно следственных отношений между физическими величинами **B** и **E**, где четко устанавливается величина, являющаяся причиной («воздействием») и – величина, являющаяся следствием («откликом»). Поэтому каждое отдельное уравнение содержит все признаки дифференциальной математической модели типа «вход – выход».

В теории динамических систем к дифференциальным моделям типа «вход-выход» предъявляются определенные требования и, в частности, **порядок дифференциального оператора «воздействия» не должен превышать порядка дифференциального оператора «отклика».** В противном случае нарушаются в таких моделях (они называются вырожденными) объективно неотъемлемые инерционные отношения между «воздействием» и «откликом». Тестовые испытания вырожденных математических моделей на скачки «воздействий», как правило, выявляют бесконечные по величине «отклики».

В уравнениях (1)-(2) оператор «воздействия» представляет собой производную по времени первого порядка $\partial / \partial t$, а оператор «отклика» является пространственной производной тоже первого порядка rot. Создается впечатление, якобы, полного соответствия (1) и (2) отмеченному выше критерию.

Теория утверждает, что изменение во времени, например, магнитного поля, возбуждает **вихревое по структуре** электрическое поле rot**E**. В математике считается, что оператор rot вычленяет вихревую составляющую векторного поля. Значит вектора rot**B** и rot**E**, являясь характеристиками структуры – **вихревой структуры**, возбуждаемых полей, могут тоже выступать в качестве объективных величин для характеристики ЭМП. Следует заметить, что каждое уравнение (1)-(2) в случае его тестирования соответствующими скачками **E** или **B** допускает бесконечные значения векторов rot**B** или rot**E**.

Исследуем вопрос: может ли с физической точки зрения ro**B** и rot**E** принимать бесконечные значения? Для этого умножим скалярно обе части уравнения (1) на вектор **E** , а – уравнения (2) на **B**:

$$\mathbf{E}\,\mathrm{rot}\,\mathbf{B} = \mu_o(\partial\, w_э / \partial t), \qquad (3)$$

$$\mathbf{B}\,\mathrm{rot}\,\mathbf{E} = -\mu_o(\partial\, w_м / \partial t). \qquad (4)$$

Здесь $w_э$ и $w_м$ соответственно плотности энергии электрического и магнитного полей, μ_o - магнитная постоянная. Из уравнений (3)-(4) следуют, что величины **E**rot**B** и **B**rot**E** приравнены соответственно характеристикам мощности энергии поля. Так как в природе невозможны бесконечные мощности, поэтому rot**B** и rot**E** не должны принимать бесконечные значения.

Приходим к важному выводу, что такие физические ограничения **не выражаются математически** в уравнениях Максвелла. Этот недостаток обусловлен тем, что каждое уравнение Максвелла, являясь дифференциальной моделью типа «вход-выход», не отвечает критерию её построения — порядок дифференциального оператора «воздействия» не должен превышать порядка «отклика». Поскольку оператор воздействия есть производная по времени, тогда не трудно заключить в чем суть дефекта уравнений Максвелла — отсутствуют в левой части каждого уравнения составляющие с временными производными.

Для исправления «дефекта» предложены уравнения (5)-(6), уравнения (7)-(8) как следствия первых обоснованы в [1-2]:

$$-\tau\partial(\mathrm{rot}\,\mathbf{H})/\partial t + \mathrm{rot}\,\mathbf{H} = \mathbf{j} + (\partial\,\mathbf{D}/\partial t), \tag{5}$$

$$\tau\partial(\mathrm{rot}\,\mathbf{E})/\partial t + \mathrm{rot}\,\mathbf{E} = -(\partial\,\mathbf{B}/\partial t), \tag{6}$$

$$\tau\partial(\mathrm{div}\mathbf{D})/\partial t + \mathrm{div}\mathbf{D} = \rho, \tag{7}$$

$$\mathrm{div}\,\mathbf{B} = 0, \tag{8}$$

где τ - некоторая постоянная времени.

Известно – классическая электродинамика содержит в себе внутреннее принципиальное противоречие. Оно проявляется тогда, когда приходится учитывать в уравнении движения заряда дополнительную силу, названную силой реакции излучения. Это та сила, которая действует на заряженную частицу со стороны создаваемого ей поля электромагнитного излучения. Сила реакции излучения для электрона дается в системе CGSE формулой: $\mathbf{f_s} = (2e^2/3c^3)d\mathbf{a}/dt$, где e – заряд, **a** – ускорение. Уравнение движения электрона массой m под действием внешней силы **f** принимает вид:

$$\mathbf{a} - (2e^2/3c^3m)d\mathbf{a}/dt = \mathbf{f}/m,$$

Это уравнение относится к классу уравнений, описывающих неустойчивые динамические системы: любое ненулевое начальное условие приведет к саморазгону электрона, что противоречит опыту и физическому смыслу.

Уравнениям (5)-(8) соответствует в операторной форме сила $\mathbf{f_s}$, исключающая саморазгон заряда:

при $0 \le t \le 2\pi\tau$, $F_S(p) = -\{\tau_o m/[(1+p\tau)(2\pi\tau)^2]\}V(p)$;

при $t \ge 2\pi\tau$, $F_S(p) = \{2\tau_o m[1-\mathrm{ch}(2\pi\tau p)]/[(1+p\tau)(2\pi\tau)^2]\}V(p)$,

где $\tau_o=(2e^2/3\varepsilon_o c^3m) \cong 10^{-24}$c, V(p) – операторная скорость.

Отметим, что новые уравнения ограничивают число возможных электромагнитных колебаний предельной длиной волны $\lambda_{мин} = c\tau$.

1. Меньшов Е.Н. Математическое моделирование электромагнитного поля: Деп. в ВИНИТИ от 25.10.2002, №1842 – В2002. – 9 с.

2. Меньшов Е.Н. Математическая модель электромагнитного поля // Вестник УлГТУ. - 2002. - №3. - С.64-71.