**О РЕАЛЬНОЙ СТРУКТУРЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ И ЕГО ХАРАКТЕРИСТИКАХ РАСПРОСТРАНЕНИЯ В ВИДЕ ПЛОСКИХ ВОЛН**

##### В.В. Сидоренков

##### МГТУ им. Н.Э. Баумана

*Установлена реальная структура электромагнитного поля, представляющего собой векторное четырехкомпонентное электродинамическое поле, состоящего из функционально связанных между собой составляющих полей: электрической и магнитной напряженности, электрического и магнитного векторного потенциала. Рассматривается* *физически очевидный и принципиальный вопрос о параметрах и характеристиках распространения волн конкретных составляющих* *реального электромагнитного поля.*

В настоящее время установлено, что в отношении полноты охвата при описании наблюдаемых в Природе явлений электромагнетизма, наряду с обычной системой уравнений электродинамики Максвелла *электромагнитного* (ЭМ) *поля* с компонентами электрической и магнитной напряженности [1]:



(a) , (b) , (1)



(c) , (d) ,



существуют и другие системы полевых уравнений [2 - 4], концептуально необходимые при анализе и адекватном реальности физико-математическом моделировании электродинамических процессов в материальных средах. Уравнения в этих других системах рассматривают такие области пространства, где присутствуют либо только *поле ЭМ векторного потенциала* с электрической и магнитной компонентами:



(a) , (b) , (2)



(c) , (d) ;



либо *электрическое поле* с компонентами и :



(a) , (b) , (3)



(c) , (d) ;



либо, наконец, *магнитное поле* с компонентами и :



(a) , (b) , (4)



(c) , (d) .



Здесь и *-* абсолютные диэлектрическая и магнитная проницаемости среды, соответственно,  - удельная электрическая проводимость, - постоянная времени релаксации заряда в среде за счет электропроводности.



Основная и отличительная особенность уравнений систем (2) – (4) в сравнении с традиционными уравнениями Максвелла ЭМ поля (1) с физической точки зрения состоит в том, что именно они, используя представления о поле ЭМ векторного потенциала, способны последовательно описать многообразие электродинамических явлений нетепловой природы в материальных средах, определяемых электрической или магнитной поляризацией и передачей среде момента ЭМ импульса, в частности, реализуемых в процессе электрической проводимости [4, 5] .

Принципиально и весьма существенно здесь то, что все эти системы электродинамических уравнений, в частности, и система (1) для локально электронейтральных сред () непосредственно следуют из фундаментальных исходных соотношенийпервичной взаимосвязи ЭМ поля и поля ЭМ векторного потенциала [2 - 4]:



(a) , (b) , (5)



(c) , (d) .



Очевидно, что представленная система соотношений может служить основой для интерпретации физического смысла поля ЭМ векторного потенциала [3], выяснения его роли и места в явлениях электромагнетизма. Однако самое главное и уникальное в них то, что все вместе эти соотношения являют собой систему базовых дифференциальных уравнений, описывающих необычное с точки зрения общепринятых позиций вихревое векторное поле, состоящее их четырех функционально связанных между собой вихревых векторных компонент , , и, которое условно назовем **реальное электромагнитное поле**.



Объективность существования указанного поля однозначно иллюстрируется указанными системами уравнений (1) – (4) и получаемыми из них соотношениями баланса:

для *потока ЭМ энергии* из уравнений системы (1)

, (6)



для *потока момента ЭМ импульса* из уравнений системы (2)

div, (7)



для *потока электрической энергии* из уравнений системы (3)

div, (8)



и, наконец, для *потока магнитной энергии* из уравнений системы (4)

div.. (9)



Как видим, соотношения (5) действительно следует считать фундаментальными уравнениями связи компонент *реального электромагнитного поля*, базирующегося на исходной своей составляющей - *поле векторного потенциала*, состоящего из двух взаимно ортогональных электрической  и магнитной  векторных полевых компонент. При этом поле векторного потенциала своим существованием реализует функционально связанные с ним другие составляющие единого поля: *электромагнитное поле* с векторными компонентами  и , *электрическое поле* с компонентами  и , *магнитное поле* с компонентами  и .



Интересно, что обсуждаемая здесь структура и взаимосвязь составляющих *реального электромагнитного поля* сохраняется и в статической асимптотике. Логика построения систем полевых уравнений для стационарных составляющих данногополя и анализ физического содержания таких уравнений изложены, например, в работе [6].

Форма представленных систем уравнений (1) – (4) говорит о существовании волновых решений для всех компонент ЭМ поля , , и . В этом можно убедиться, взяв, как обычно, ротор от одного из роторных уравнений любой системы, и после чего подставить в него другое роторное уравнение той же системы. Например, в качестве иллюстрации получим для системы (2) волновое уравнение относительно :



.



Здесь, согласно (2c), , - оператор Лапласа, а - фазовая скорость поля волны в отсутствие поглощения. Следовательно, тем самым описываются волны для конкретной составляющей *реального электромагнитного поля* посредством одной из парных комбинаций четырех указанных волновых уравнений. В итоге возникает физически очевидный вопрос, что это за волны, и каковы характеристики их распространения?



В этой связи рассмотрим волновой пакет плоской линейно поляризованной, например, *электрической волны,* распространяющейся вдоль оси0Xс компонентами и для системы (3) либо *магнитной волны* с компонентами и для системы (4), которые представим комплексными спектральными интегралами. Тогда, например, для уравнений *электрического поля* (3) указанные интегралы имеют вид:



и , (10)



где и - комплексные амплитуды.



Подставляя их в уравнения (3a) и (3c), приходим к соотношениям и . Соответствующая подстановка аналогичных (10) интегралов для *магнитного поля* и в уравнения (4а) и (4c) дает и . Таким образом, получаем для обеих систем общее для них выражение:



В конкретном случае среды идеального диэлектрика () с учетом формулы для обеих систем из следует обычное дисперсионное соотношение [1], описывающее однородные плоские волны электрического или магнитного полей. При этом связь комплексных амплитуд компонент указанных волновых полей имеет специфический вид:



и .



Специфика здесь в том, что при распространении в диэлектрической среде компоненты поля сдвинуты между собой по фазе на π/2. Конечно, математически данный результат тривиален, поскольку компоненты поля ЭМ напряженности и поля векторного потенциала связаны между собой посредством производной по времени (см. соотношения (5c) и (5d)). Однако концептуально с физической точки зрения это неожиданно и требует всестороннего анализа.

Справедливости ради следует сказать, что впервые о возможности реального существования чисто *магнитной поперечной волны* с двумя ее компонентами и, сдвинутыми при распространении по фазе на π/2, официально в виде приоритета на открытие заявил Докторович еще в 1980 году, и этот факт он с удивительным упорством, достойным лучшего применения, безуспешно пытается донести до других, ссылаясь на приоритет и свою статью по этой теме, везде публикуемую многие годы (например, [7]). Печально, но только Время - высший судья, и именно оно расставит всех и все по своим местам! Будем надеяться, что независимое подтверждение этого научного достижения Докторовича в представленном здесь исследовании будет для него серьезной поддержкой в общении с оппонентами.



Соответствующие аналогичные вышеприведенным рассуждения теперь уже для *ЭМ поля* с компонентами и системы (1) и для *поля векторного потенциала* с компонентами и системы (2) дают окончательно соотношения , и , . В итоге для этих двух систем уравнений снова получаем стандартное выражение:



Для *диэлектрической среды* () дисперсионное соотношение для волновых решений уравнений систем (1) и (2) также будет обычное , что описывает режим распространения компонент поля ЭМ напряженности и поля векторного потенциала в виде однородных плоских волн. При этом связь комплексных амплитуд решений системы (1) имеет стандартный вид [1] и для системы (2), а сами волновые решения описывают волны, компоненты поля которых синфазно распространяются в пространстве. Причем, согласно соотношениям (5c) и (5d), волны поля ЭМ напряженности сдвинуты по фазе на π/2 от волн векторного потенциала, что и приводит к вышеуказанной определенной специфике в поведении компонент полей электрической и магнитной волн.



Легко убедиться, что для проводящей среды () в асимптотике металлов () дисперсионное соотношение для всех систем уравнений имеет обычный в таком случае вид [1], где . Тогда связи комплексных амплитуд запишутся для систем (3) и (4) как и , а для (1) и (2) и .



Как видим, в данном случае распространение волн всех четырех составляющих *реального электромагнитного поля* подчиняется теоретически хорошо изученному закону для плоских волн ЭМ поля в металлах [1], когда волновые решения для проводящей среды имеют вид экспоненциально затухающих в пространстве плоских волн со сдвигом фазы между компонентами на π/4.

Таким образом, как представляется, нам удалось провести серьезную концептуальную модернизацию основных воззрений о структуре и свойствах электромагнитного поля в классической электродинамике, где, в частности, показано, что, в Природе нет электрического, магнитного или другой составляющей *реального электромагнитного поля* с одной полевой компонентой. Структурно эти четыре составляющие принципиально состоят из двух векторных взаимно ортогональных полевых компонент, благодаря которым для конкретной составляющей реализуется объективно необходимый способ ее существования, принципиальная и единственная возможность распространения в виде потока соответствующей физической величины, в случае динамических полей - посредством поперечных волн.

Обобщая полученные результаты, приходим к выводу о том, что совокупность полей, определяемая соотношениями (5), действительно является *четырехкомпонентным векторным**электромагнитным полем*, распространяющимся в пространстве в виде единого волнового процесса, а потому с концептуальной точки зрения разделение **реального электромагнитного поля** на составляющие его поля в определенной мере условно. Однако с позиций общепринятых физических представлений и практики аналитического описания явлений электромагнетизма разделение этого поля на двухкомпонентные составляющиев виде *электрического, магнитного, электромагнитного* и *векторного потенциала полей* однозначно необходимо и, безусловно, удобно, поскольку диктуется объективным существованием конкретных электромагнитных явлений и процессов, реализуемых посредством рассматриваемых двухкомпонентных составляющих.Кстати, по поводу предложенного названия обсуждаемого здесь электродинамического поля. По нашему мнению, очевидно, что серьезных проблем не должно возникнуть, если в перспективе обсуждаемое поле сохранитза собой и традиционноенынешнее название **–** *электромагнитное поле*.

Литература:

1. *Матвеев А.Н.* Электродинамика. М.: Высшая школа, 1980. 383 с.

2. *Сидоренков В.В.* Обобщение физических представлений о векторных потенциалах в классической электродинамике // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2006. № 1. С. 28-37.

3. *Сидоренков В.В.* Физические основы теории поля векторных потенциалов в классической электродинамике // Материалы IX Международной конференции «Физика в системе современного образования». Санкт-Петербург: РГПУ, 2007. Т. 1. Секция “Профессиональное физическое образование”. С. 127-129.

4. *Сидоренков В.В.* Фундаментальные основы электродинамической теории нетеплового действия электромагнитных полей на материальные среды // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2007. Т.3. № 11. С.75-82.

5. *Сидоренков В.В.* Развитие физических представлений о процессе электрической проводимости в металлах // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Естественные науки. 2005. № 2. С. 35-46.

6.  *Сидоренков В.В.* Гипотетическое построение уравнений теории поля стационарных электромагнитных явлений // XLIV Всероссийская конференция по проблемам математики, информатики, физики и химии: Тезисы докладов. Секция «Теоретическая физика». М.: РУДН, 2008. С. 96-97.

7. *Докторович З.И.* Несостоятельность теории электромагнетизма и выход из сложившегося тупика // http://www.sciteclibrary.ru/rus/catalog/pages/4797.html.