

28th December 2015

О токах смещения

С.Б. Каравашкин, О.Н. Каравашкина

e-mail: selftrans@yandex.ru [<mailto:selflab@go.com>] , selflab@mail.ru [<mailto:selflab@mail.ru>]

Несмотря на то, что постулированные Максвеллом токи смещения общепризнанно считаются замкнувшими максвелловскую теорию до полноты^[1], споры об их физической природе и сущности до сих пор не утихают. Большинство авторов напрямую сводят токи смещения к некоторой абстрактно-математической сущности: «Само по себе математическое равенство величины, характеризующей процесс между обкладками конденсатора, т. е. равенство двух величин, относящихся к разным областям пространства и имеющим различную физическую природу, не содержит в себе, вообще говоря, какого-то физического закона. Поэтому называть "током" можно только формально» [2]. Считается, что «вводя чисто формальным образом гипотезу о существовании токов смещения, мы можем устранить противоречие между уравнениями, не внося никаких видоизменений в законы стационарного электрического тока» [3, с. 406].

Вместе с тем, «единственная общая их характеристика заключается в том, что они одинаковым образом возбуждают магнитное поле, т.е. одинаковым образом входят в правую часть уравнения

(1)

$$\operatorname{rot} \mathbf{H} = \frac{4\pi}{c} \mathbf{j} + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} = \frac{4\pi}{c} (\mathbf{E} + \mathbf{E}_{\text{стоп}}) + \frac{1}{c} \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}.$$

[[http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-MTEPkDWKW5M/VoEiMejBdHI/AAAAAAAAAB5M/gsfCSEjPm38/s1600/f1.GIF)[MTEPkDWKW5M/VoEiMejBdHI/AAAAAAAAAB5M/gsfCSEjPm38/s1600/f1.GIF](http://2.bp.blogspot.com/-MTEPkDWKW5M/VoEiMejBdHI/AAAAAAAAAB5M/gsfCSEjPm38/s1600/f1.GIF)]

[3, с. 407]. Эта особенность предопределяет реальность данного тока при электромагнитном излучении: «наиболее ярким подтверждением порождения магнитного поля током смещения является существование электромагнитных волн. Если бы ток смещения не создавал магнитного поля, то не могли бы существовать электромагнитные волны» [4].

Из этого и складывается парадоксальная ситуация, когда через заряженный конденсатор ток течёт, магнитное поле возникает, а « $\operatorname{rot} \mathbf{B}$ не может быть равен нулю по всей поверхности S' (окружающей одну пластину конденсатора на рис. 1 – авт.) без нарушения теоремы Стокса. Следовательно, на поверхности S' $\operatorname{rot} \mathbf{B}$ должен зависеть от чего-нибудь другого, а не от плотности тока \mathbf{J} » [5, с. 260]. При этом материальность тока смещения не просматривается, как и источников магнитного поля. Получается, что за материальность поля ответственна некоторая математическая фикция, которая сродни току, но не связана с электронами и не создаёт тепла[3].

При этом Парселл даже визуализировал эти токи смещения, вид их приведен на рис. 1.

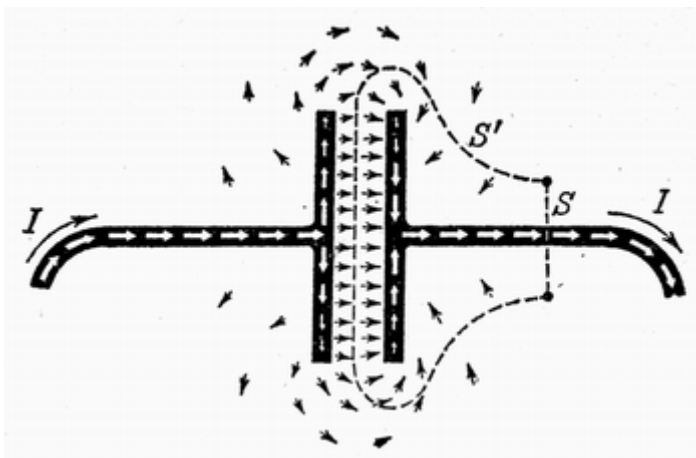
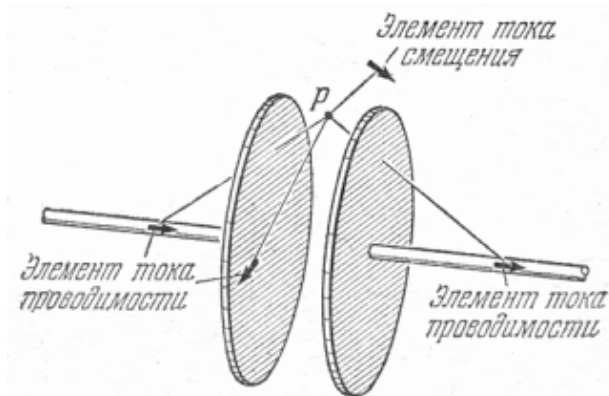
[[http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-EI9VJbBahQk/VoEiY_4rPI/AAAAAAAAAB5U/Xddt1LddE2I/s1600/Fig%2B1.GIF)[EI9VJbBahQk/VoEiY_4rPI/AAAAAAAAAB5U/Xddt1LddE2I/s1600/Fig%2B1.GIF](http://2.bp.blogspot.com/-EI9VJbBahQk/VoEiY_4rPI/AAAAAAAAAB5U/Xddt1LddE2I/s1600/Fig%2B1.GIF)]

Рис. 1. «Ток проводимости (белые стрелки) и ток смещения (чёрные стрелки)» [5, с. 262, рис. 7.30]

Может ли фикция обладать физическими свойствами и порождать поля? Безусловно, нет. Сама материальность тел предполагает наличие физических свойств, фиксируя которые, мы регистрируем материальность объекта или процесса.

Так и Парселл был уверен, что «если бы Фарадей сделал установку, подобную изображённой на рис. 2, и мог бы измерить магнитное поле около точки P при помощи стрелки компаса, он не был бы удивлён. Ему не нужно было бы изобретать ток смещения для объяснения этого явления» [5, с. 264].

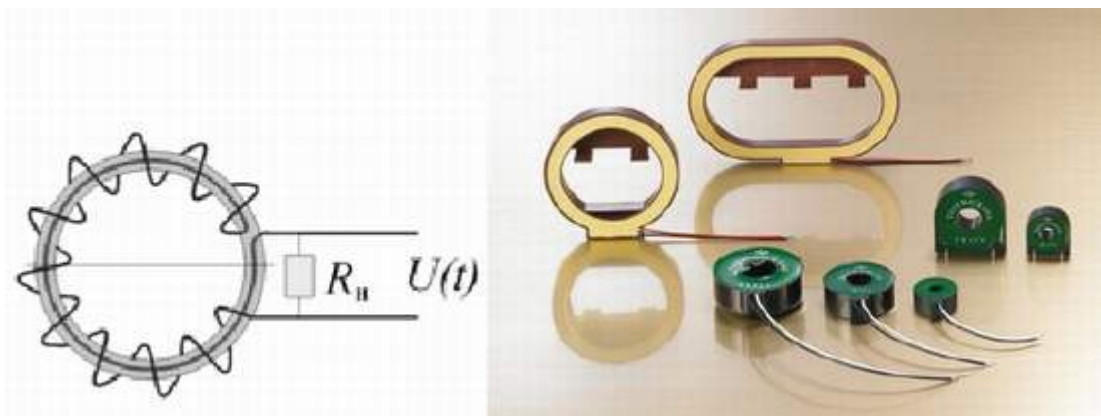


[http://2.bp.blogspot.com/-k67_mcCeOqA/VoEihomPECI/AAAAAAAAAB5c/VosBgQzyFUM/s1600/Fig%2B2.GIF]

Рис. 2. «В медленно изменяющихся полях полный вклад в магнитное поле в любой точке от всех таких смещений равен нулю. Магнитное поле в точке P может быть вычислено по закону Био-Савара, применённому только к токам проводимости» [5, с. 263, рис. 7.31]

А противоречие остаётся. Если во всех точках суммарный вклад токов смещения равен нулю, то что даёт добавка-слагаемое в (1)? Что могла показать магнитная стрелка в отношении магнитного поля токов смещения с точки зрения данного обоснования явления? Понятно, что ничего. Но слагаемое, зависящее от тока смещения, фигурирует в уравнении (1), а значит, амплитуда магнитного поля изменяется несмотря на то, что в любой точке сумма вкладов токов смещения считается равной нулю. И суммарное магнитное поле изменяется именно вследствие изменения во времени электрической индукции в конкретной точке. Тем более, что основное свойство тока смещения — «способность создавать в окружающем пространстве магнитное поле» [6].

Проводились и опыты в попытке путём возбуждения в измерительном контуре электромагнитной индукции зафиксировать токи смещения. В частности в отчёте неизвестного автора [7] в качестве измерительной головки был взят пояс Роговского, вид которого из указанной работы представлен на рис. 3.

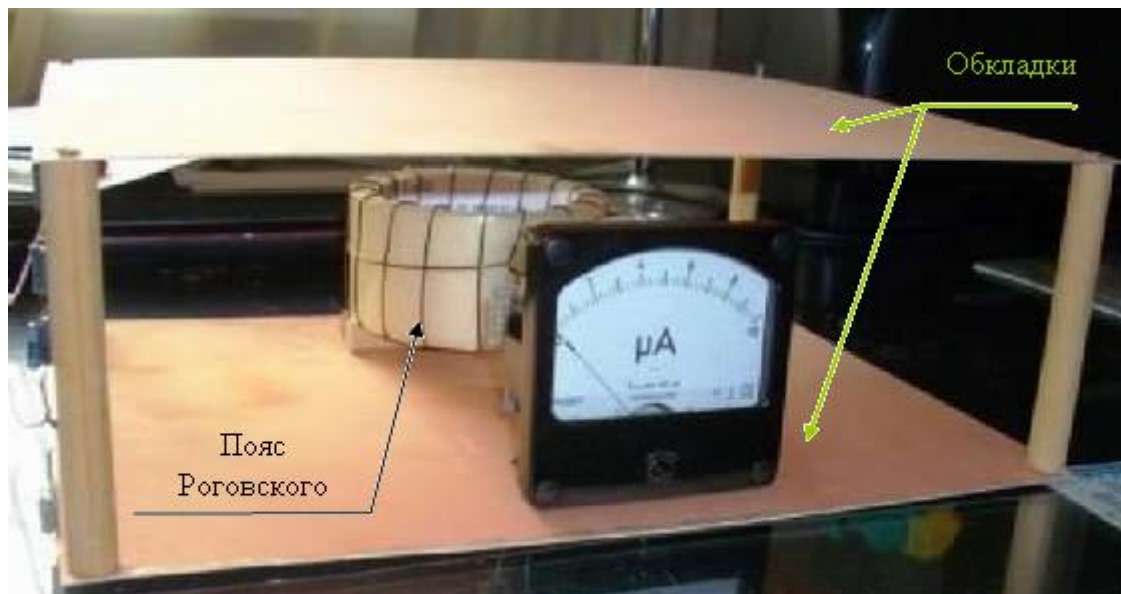


[<http://4.bp.blogspot.com/-62Ypw5F93Og/VoEiogflgsI/AAAAAAAAAB5k/yIUrxcltQ8k/s1600/Fig%2B3.JPG>]

Рис. 3. Пояс Роговского: «тороидальный соленоид со специальным компенсирующим противовитком в поперечной плоскости... Единственное дополнение к этому стандартному датчику в нашем случае – обеспечить его резонансные свойства. Поскольку тороидальный

соленоид имеет индуктивность, то сделать его частотно-избирательным крайне просто: достаточно подключить параллельно ему соответствующую емкость. Поскольку получившийся резонансный контур на частоте резонанса будет иметь высокое сопротивление, нагрузкой контура должен служить высокоомный индикатор тока или напряжения. Весь датчик должен быть достаточно компактным, чтобы целиком помещаться во внутреннем пространстве конденсатора, в области однородного электрического поля» [7, с. 3, рис. 2]

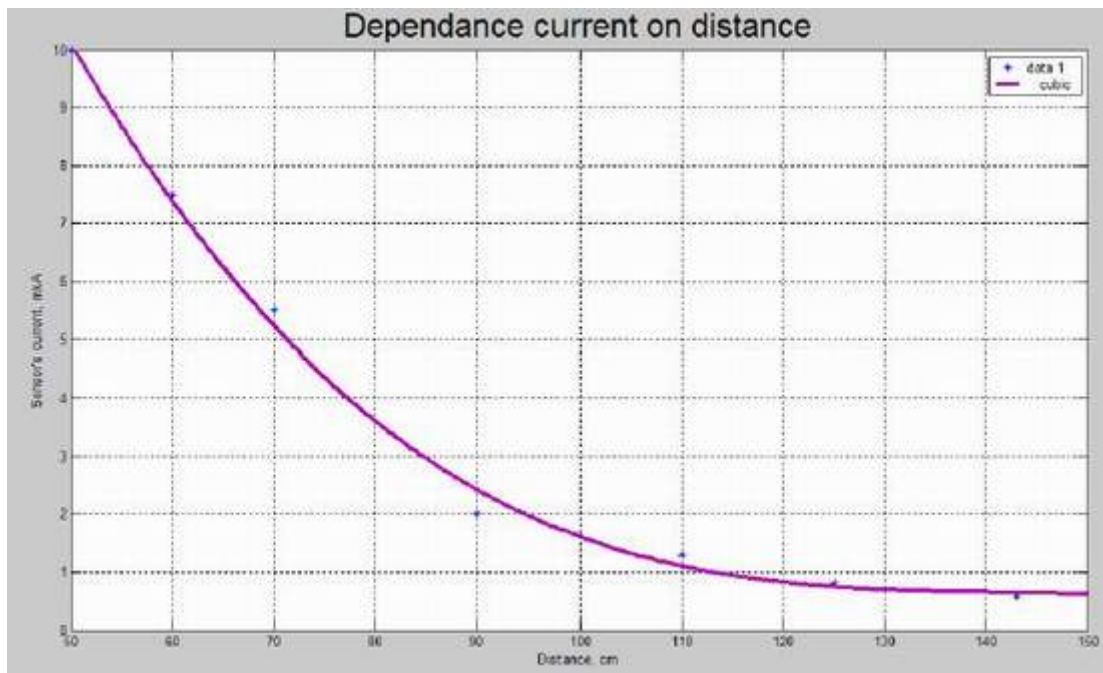
Таким образом, за счёт компенсирующего противовитка была исключена составляющая поля вдоль оси тора и сохранялась только компонента по его образующей, перпендикулярной плоскости витков. Если исходить из стандартного представления, визуализированного Парселлом на рис. 2, токи смещения внутри конденсатора должны были регистрировать поле, создаваемое токами, направленными между обкладками конденсатора.



[<http://1.bp.blogspot.com/-sNgUm527glg/VoEi2QvUTiI/AAAAAAAAAB5s/ReGVWxTSufc/s1600/Fig%2B4.JPG>]

Рис. 4. Вид экспериментальной установки [7, с. 3, с. 4]

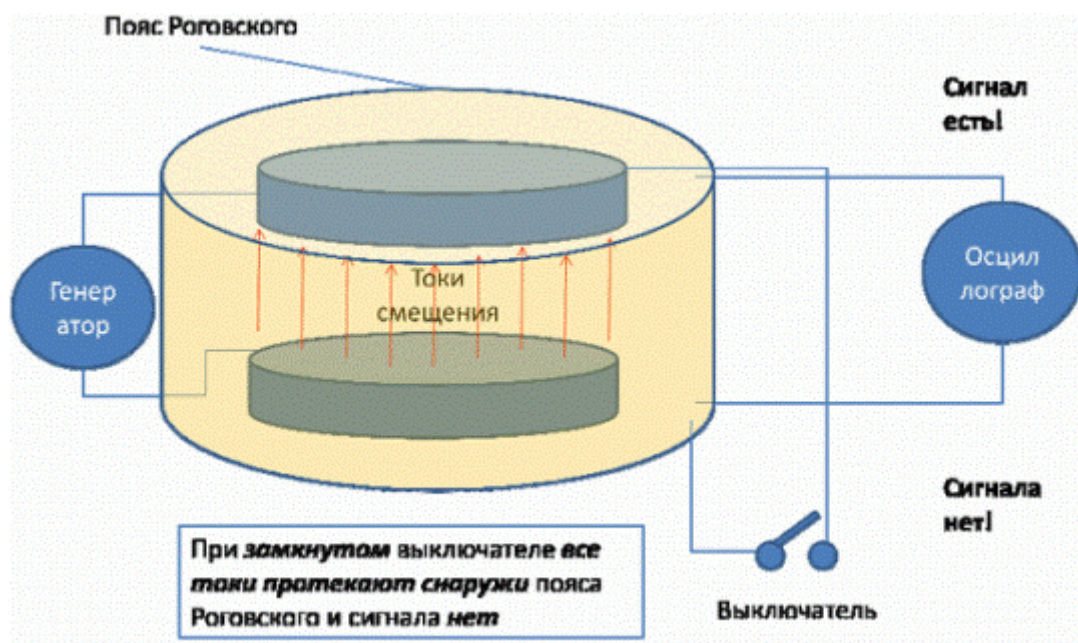
И показания были ненулевыми. Более того, поле стандартным образом ослаблялось в зависимости от расстояния от конденсатора, как показано на рис. 5.



[<http://2.bp.blogspot.com/-o4KbL7RIOWY/VoEjEuV2HKI/AAAAAAAAAB50/NvUTzaejVEw/s1600/Fig%2B5.JPG>]

Рис.5. «Кривая убывания тока датчика в зависимости от расстояния до конденсатора. Ток вдали от конденсатора убывает по закону обратных кубов, т.е. также, как убывает в пространстве производная по времени от напряженности электрического поля» [7, с. 9, рис. 7]

Но это далеко не все особенности проведенного эксперимента. Оказывается, если сделать пояс Роговского таким, чтобы конденсатор был внутри, как показано на рис. 6, то при коротком замыкании пластин тока в поясе не будет, а при разомкнутом выключателе ток в поясе есть, хотя, по утверждению самого же автора, «явления эти наблюдаются даже тогда, когда не наблюдается сколько-нибудь заметная напряжённость электрического поля» [7, с. 13].

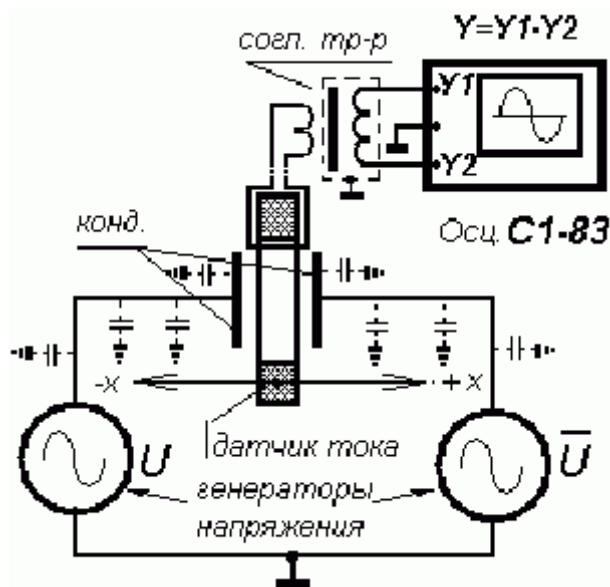


[<http://4.bp.blogspot.com/-kAC4nlg5mj4/VoEjPoK0qqI/AAAAAAAAAB58/IUd-3goq-s/s1600/Fig%2B6.GIF>]

Рис. 6. «Индукция тока проводимости, протекающего вне пояса Роговского» [7, с. 13, рис. 13]

Из этого утверждения следует, что наличие разности потенциалов между пластинами, обеспечивающая напряжённость электрического поля между обкладками, не должна влиять на измерения тока смещения поясом Роговского. А она влияет.

В другом эксперименте, также проведенном в диапазоне мегагерц, другие авторы получают принципиально иную картину процесса: «Итоговый анализ результатов показывает, что токи смещения, имеющие место между пластинами воздушного конденсатора, магнитного поля не создают. Так как диэлектрические проницаемости воздуха и вакуума очень мало отличаются, то токи смещения в вакууме, так же как и в воздухе, магнитного поля не создают» [8, с. 121]. А ведь схема этого эксперимента, показанная на рис. 7, была очень близкой к использованной предыдущим автором.

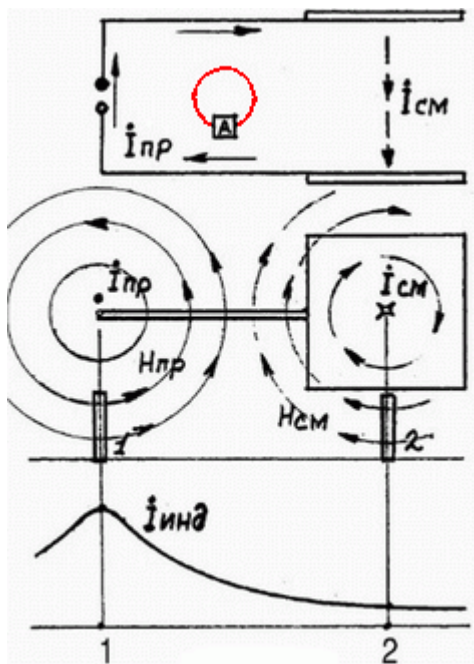


[<http://1.bp.blogspot.com/-4xUgkSSdobQ/VoEjZuu79DI/AAAAAAAAAB6E/NfyrCqPqojg/s1600/Fig%2B7.GIF>]

Рис. 7. «Электрическая схема установки для измерения значения магнитной индукции магнитного поля конденсатора. На схеме: U и \bar{U} - генераторы переменного напряжения, $U = 60 \cos(\omega t)$ В; конд. - исследуемый сменный конденсатор; датчик тока - трансформатор тока, ферритовое кольцо которого показано в разрезе по оси кольца; согл. тр-р - согласующий трансформатор, у которого вторичная обмотка и кольцевой ферритовый сердечник помещены в электростатический экран; С1-83 - двухканальный осциллограф, работающий в режиме алгебраического вычитания; символы емкости, уменьшенных размеров, обозначают наличие распределенных емкостей на землю; стрелками показано, что датчик тока имеет возможность перемещаться вдоль оси ОХ соосно конденсатору и соединительным проводам горизонтальной верхней части контура. Индуктивность вторичной обмотки и входные емкости каналов вертикального усиления осциллографа образуют резонанс токов на выбранной частоте 2,1 МГц. С целью уменьшения распределенной емкости на землю, соединительные провода на участке между выходами генераторов выполнены тонким проводом, диаметром 0,05 мм» [8, с. 117, рис. 1]

Иными словами, в этом эксперименте также использовался торообразный измеритель, но обмотка была не распределённой по тору, как в поясе Роговского, а её заменял ферромагнитный сердечник, в котором должно было возбуждаться аналогичное по структуре магнитное поле, возбуждаемое токами смещения между обкладками конденсатора и регистрируемое катушкой. Ещё одним важным отличием данной схемы являлось то, что в этой схеме, в отличие от предыдущей, использовался центральный подвод к пластинам конденсатора, делающим саму схему симметричной относительно датчика поля. Скорее всего, именно это обстоятельство стало причиной отрицательного результата, в то время как при несимметричном подводе к конденсатору в предыдущей схеме индукционный ток в датчике возбуждался согласно рис. 6.

Еще один способ измерения магнитного поля токов смещения был проведен Задорожным [9].



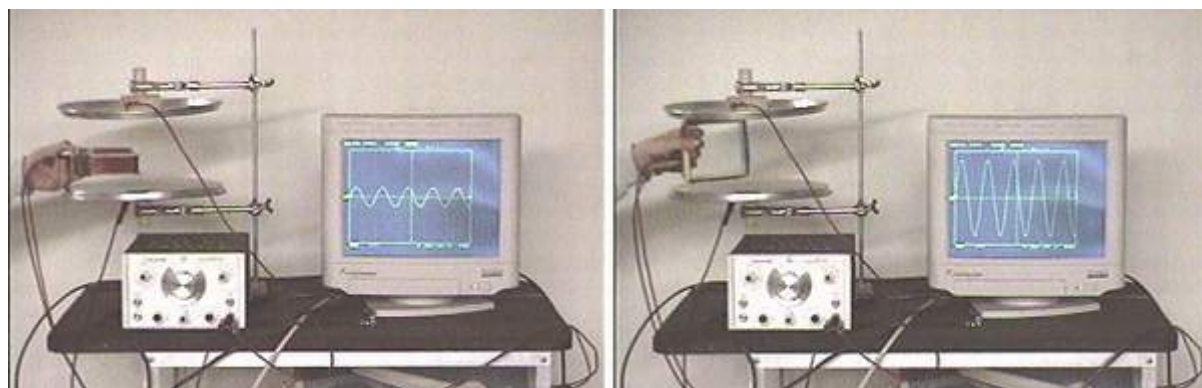
[[http://2.bp.blogspot.com/-](http://2.bp.blogspot.com/-WB8O238tx3w/VoEjhBz5GdI/AAAAAAAAAB6M/f1WL70cMltw/s1600/Fig%2B8.GIF)

[WB8O238tx3w/VoEjhBz5GdI/AAAAAAAAAB6M/f1WL70cMltw/s1600/Fig%2B8.GIF](http://2.bp.blogspot.com/-WB8O238tx3w/VoEjhBz5GdI/AAAAAAAAAB6M/f1WL70cMltw/s1600/Fig%2B8.GIF)]

Рис. 8. Схема эксперимента Задорожного [9, рис. 1].

В этой схеме также использовался резонансный контур, обозначенный на схеме красным цветом, но он был выполнен одиночным и смещался вдоль подводящих проводов к конденсатору, в результате входя между его обкладками. Измеренный график эдс индукции в зависимости от положения измерительного контура, представлен внизу рис. 8. «В точке 1 ток индикатора был максимальным. При перемещении индикатора в точку 2 наблюдалось постепенное уменьшение тока индикатора. Из графика видно, что ток индикатора соответствовал интенсивности магнитного поля тока проводимости, хотя следовало ожидать, что в точке 2 на индикатор будет воздействовать магнитное поле тока смещения аналогично магнитному полю тока проводимости. Измерения проводились при разной ориентации и разных перемещениях индикатора, и во всех случаях наблюдалось воздействие магнитного поля тока проводимости, а не тока смещения. Кроме того, был проведен ряд измерений с масляным диэлектриком в пространстве между пластинами конденсатора. При этом отмечалось воздействие магнитного поля тока смещения в масляном диэлектрике (очень слабое), а не воздействие более сильного тока смещения в вакууме. Из всех проведенных измерений можно сделать вывод об отсутствии магнитного поля тока смещения в вакууме» [9].

В этой схеме использовался простой контур и в данной схеме магнитное поле не было зафиксировано. В противовес этому измерения в демонстрационных экспериментах с таким же простым контуром показывают явное наличие эффекта [10].

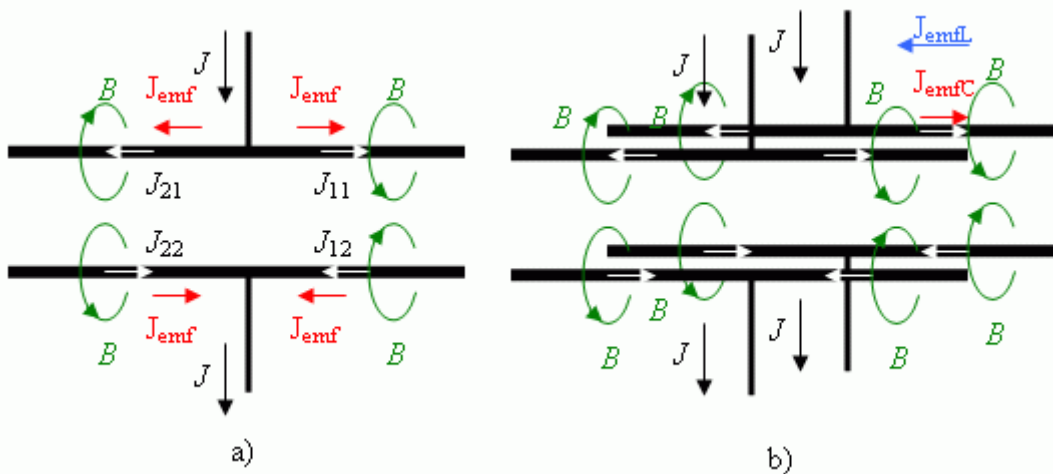


[<http://2.bp.blogspot.com/-ubj5rgz8r8M/VoEjp9Jn5tI/AAAAAAAAAB6U/L8fRkDdtaNc/s1600/Fig%2B9.JPG>]

Рис. 9. Демонстрационная установка по регистрации магнитного поля токов смещения

На фотографиях видно, что при размещении витка перпендикулярно плоскости предполагаемого магнитного поля тока смещения, сигнал резко возрастает, что противоречит результатам предыдущего экспериментатора. Правда и то, что Задорожный тоже получал некоторое ненулевое значение магнитного поля, но связывал это с индукцией токов проводимости в самих обкладках: «**во всех случаях наблюдалось воздействие магнитного поля тока проводимости, а не тока смещения**» [9]. Кроме того, по информации Задорожного измерения «**при разной ориентации и разных перемещениях индикатора**» и все изменения амплитуды регистрируемого сигнала, которые мы наблюдаем на фотографиях на рис. 9, и которые должен был также фиксировать Задорожный, - относилось им к индукционным токам, возбуждаемым проводниками обкладок, а не к магнитному полю тока смещения.

Чтобы конкретнее разобраться в данном вопросе, обратимся к построению Парселла на рис. 1. Мы видим, что в обкладках конденсатора токи движутся встречно параллельно друг другу, а следовательно, между ними возникает взаимоиндукция, которая считается для конденсатора паразитной, но которая может быть только уменьшена, но ни в коей мере неотделима от самого конденсатора, если по обкладкам протекают токи. Если мы взяли бы в качестве обкладок одномерные проводники, то согласно схеме Парселла, магнитное поле этих проводников в переходном процессе заряда/разряда конденсатора имело бы конфигурацию, представленную на рис. 19а.



[<http://3.bp.blogspot.com/-F2o2K1woCps/VoEjym4f0HI/AAAAAAAAAB6c/XlrNVmWZ250/s1600/Fig%2B10.GIF>]

Рис. 10. Схема одиночного (а) и спаренного (б) конденсаторов с одномерными обкладками; для спаренного конденсатора указаны токи для одной из половинок обмоток

Из представленной схемы видно, что магнитные силовые линии охватывают обкладки и в области между обкладками однонаправленно, а для различных ветвей – разнонаправленно. Возникающее магнитное поле (а в действительности, поля индуцирующих токов) возбуждает токи индукции в обкладках (показанные красным цветом), однонаправленные с токами в обкладках. Таким образом, хотя данные токи имеют электромагнитную природу, действие их приводит не к уменьшению тока, как при взаимоиндукции в катушке, а к росту последнего, ускоряя заряд конденсатора. В соответствии с результатами наших предыдущих исследований по индукции в уединённом проводнике, результирующий ток может быть записан в виде (2)

$$J_{\Sigma} = J + J_{emfC}.$$

[<http://2.bp.blogspot.com/-G1gt41vS15g/VoEj5e1QnQI/AAAAAAAAAB6k/6jEy1bDdv5k/s1600/f2.GIF>]

В (2) ток J_{emfC} зависит от расстояния между обкладками и размера самих обкладок. Но, повторяем, второе слагаемое правой части не является непосредственно паразитной индуктивностью ёмкости, поскольку

действие её приводит к эффектам, противоположным действию индуктивности, хотя сам эффект имеет электромагнитную природу. Наоборот, он ускоряет зарядку конденсатора.

Идя далее, начнём собирать из вышеописанных одномерных емкостей, например, плоский конденсатор. Для этого установим параллельно рассмотренному одномерному случаю точно такой же конденсатор, как показано на рис. 9b.

В связи с усложнением схемы, в ней появляются свои особенности. Прежде всего, мы видим, что потоки магнитной индукции по-прежнему однонаправлены в области между соответствующими ветвями обкладок и противоположны для различных ветвей конденсаторов. Более того, в области между одноименными обкладками спаренных конденсаторов, магнитная индукция компенсируется и остаётся только поле в зазоре конденсатора и вне его. Также наличие второго конденсатора приводит и к тому, что к ранее установленным токам в проводнике J и J_{emfC} , возбуждаемому индукцией тока J между обкладками, появляется дополнительный ток J_{emfL} , направление которого противоположно току в проводнике. Этот ток возникает вследствие индукции одноименных частей обкладок конденсаторов. На схеме указанные индукционные токи показаны только для одной ветви обкладки, но взаимная направленность по отношению к току в обкладках, характерны и для остальных ветвей. При этом (2) примет вид

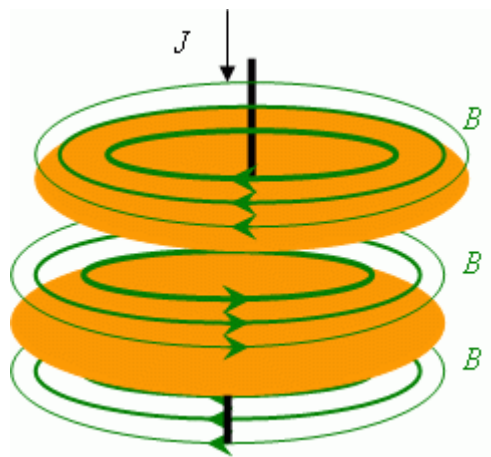
(3)

$$J_{\Sigma} = J + J_{emfC} - J_{emfL}.$$

[<http://4.bp.blogspot.com/-llgFgWhLgZw/VoEkAYkylII/AAAAAAAAAB6s/pIPnGRmGrVw/s1600/f3.GIF>]

В (3) ток J_{emfC} по-прежнему зависит от величины зазора между пластинами и размера пластин, в то время как ток J_{emfL} зависит только от геометрии самих одноименных пластин и характера подвода тока к обкладкам, поскольку соответствующий индукционный ток J_{emfL} возникает между элементарными токами в самих обкладках. Этот ток уже определяет паразитную индукцию конденсатора. Однако, оба указанных индукционных тока влияют только на амплитудные и фазовые характеристики результирующего тока в ёмкости, но не определяют базовое магнитное поле в ней, поскольку оба тока являются результатом индукционных процессов, а значит, их величина меньше тока в проводнике, индуцирующего их.

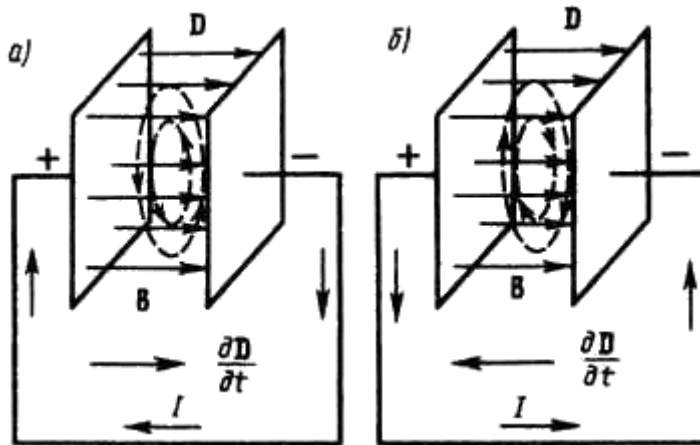
Чтобы определить базовое магнитное поле, возбуждаемое током J , рассмотрим систему из большой совокупности вышерассмотренных одномерных конденсаторов, слагающих, например, конденсатор с дисковыми обкладками и центральным подводом тока J . Учитывая тот факт, что все одномерные конденсаторы в данной схеме расположены симметрично относительно друг друга, а также тот факт, что магнитные поля элементарных конденсаторов складываются в области между обкладками и вне обкладок, а между элементарными токами компенсируются, в совокупности этих конденсаторов останется магнитное поле только в указанных областях. Вид результирующего поля показан на рис. 11



[http://1.bp.blogspot.com/-KDe4f_AL0yU/VoEkJHLAeMI/AAAAAAAAAB60/HYCl0n1wyY/s1600/Fig%2B11.GIF]

Рис. 11. Вид силовых линий магнитного поля в конденсаторе

Сравним полученную картину поля со стандартным представлением магнитного поля тока смещения.



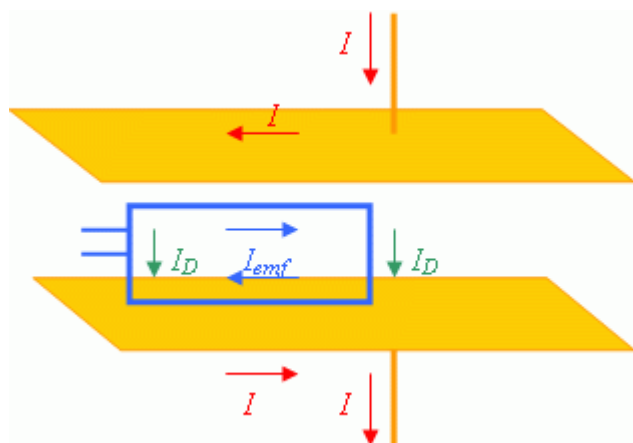
[<http://3.bp.blogspot.com/-AmXjQJA67IU/VoEkQ4AVqkI/AAAAAAAAAB68/-WHD-E2BVyo/s1600/Fig%2B12.gif>]

Рис. 12. «Ток смещения (в вакууме или веществе) создает в окружающем пространстве магнитное поле (линии индукции магнитных полей токов смещения при зарядке и разрядке конденсатора показаны штриховыми линиями)» [11, с. 248, рис. 199]. Слева представлена схема для случая зарядки конденсатора, а справа для случая его разрядки.

Из сравнения построений на рис. 11 и рис. 12 сразу следует, что оба поля имеют центрально-симметричную структуру, что существенно затрудняет выделение одного из полей из другого. Но учитывая, что поле индукции при изменении направления также изменяет свой знак, направленность поля индукции и поля тока смещения оказываются противоположными и это не ошибка Трофимова, как и всех тех, кто поддерживает данную направленность поля токов смещения. Алеманов[10], критикующий это расхождение в направленностях полей: «вихревые токи будут иметь обратное направление, так как токи смещения между обкладками конденсатора "прямые", а не "обратные". Всем, кто пытался измерить магнитное поле, создаваемое токами смещения (не токами поляризации) в конденсаторе, удавалось обнаружить только магнитное поле, образованное токами проводимости в обкладках конденсатора. В этом случае разворот рамок с током будет выглядеть так» [10] – исходил из той же схемы возникновения индукционных полей, что и представлена нами на рис. 10а, в то время, как стандартная схема магнитного поля основана на представлении о возбуждении этого поля током смещения, а не токами индукции. Если бы на рис. 12 направление силовых линий было бы таким же, как на рис. 11, то направление тока смещения dD/dt было бы встречно току в проводнике J . Этот ток блокировал бы ток J зарядки конденсатора, а не способствовал бы прохождению тока через конденсатор в переходных и динамических процессах. Учитывая же идентичность структуры обоих полей, вообще невозможно при помощи измерительных рамок и контуров отделить одно поле от другого, даже если, предположим, поле индукции будет превалировать над полем тока смещения.

Но есть некоторые особенности, которые всё же позволяют произвести разделение этих полей. Сам же Алеманов разделяет электроиндукционное поле тока смещения и магнитных полей токов в обкладках: «то, что ток электрического смещения не создает магнитную индукцию, входит в противоречие с постулатом, утверждающим, что ток смещения создает такое же магнитное поле, как и ток проводимости. Причина возникновения такого противоречия в том, что на ток смещения, без экспериментальной проверки, были перенесены магнитные свойства тока проводимости. Т.е. был упущен тот факт, что магнитное поле, согласно электродинамике, представляет движущийся электрический поток $\mathbf{B} = \mu_0[\mathbf{vD}]$, а не ток, так как в формуле \mathbf{D} – это плотность электрического потока. Соответственно, для определения магнитной индукции необходимо рассматривать не то, как течет ток проводимости или смещения, а как движется электрический поток» [10]. Правда, из этого не следует и то, что «сами токи смещения (исключая токи поляризации) представляют магнитное поле» [там же]. Но различие между магнитным полем и полем тока смещения хорошо проявляется, если подходить к вопросу не на основе концепции магнитного поля, которого как материальной сущности не существует, а с точки зрения индукционных полей токов.

Если мы по примеру демонстрационного опыта, приведенного на рис. 9, проанализируем индукционные токи в измерительном контуре, помещённом в магнитное поле, то получим схему токов, показанную на рис. 13.



[<http://3.bp.blogspot.com/-vNJK-qhJnY/VoEkaG7c6VI/AAAAAAAAAB7E/STRAacz9suc/s1600/Fig%2B13.GIF>]

Рис. 13. Схема токов в измерительном контуре, помещённом в зазор конденсатора; синим цветом обозначены токи индукции, зелёным – токи смещения в контуре

Из схемы видно, что индукционные токи (обозначенные синими стрелками), направлены встречно токам проводимости в обкладках (красные стрелки) и возбуждают токи только в двух сторонах измерительного контура. В частях контура, перпендикулярных токам проводимости в обкладках, токи индукции не возникают. Это можно дополнительно фиксировать, осуществляя периодический заряд/разряд конденсатора через стабилизированный источник тока. В этом случае индукционные токи будут проявляться всплесками в начале и конце заряда/разряда, в то время как токи смещения будут давать некоторый стол на осциллограмме процесса, если добиться их проявления в некомпенсированном виде, как это происходит в представленных схемах эксперимента. Это ещё один способ определить различие физической природы токов, индуцированных в измерительном контуре.

Токи смещения также возникают только в двух сторонах контура и в данной схеме взаимно вычитаются, поскольку однонаправлены. Может оставаться только некоторая паразитная разность индуцированных токов смещения, обусловленная краевыми эффектами в конденсаторе. Поэтому во всех вышеописанных экспериментах в основном и фиксировали индукционные токи. Единственно, в случае, если мы будем выдвигать контур из конденсатора, то поле индукции тока смещения будет возрастать, а поле магнитной индукции будет убывать, но зарегистрировать образующуюся разницу влияний в приведенных схемах с контуром очень сложно, если вообще возможно.

В работе с данными схемами измерения нужно учесть и тот фактор, что получаемые значения токов смещения в реальности будут токами переменной поляризации соответствующих участков проводников. Это означает, что в отсутствие измерительного контура в зазоре, как и в области вне обкладок, ток поляризации будет отсутствовать, а будет присутствовать только поле электрической индукции, возбуждаемое зарядами самих обкладок. Эти заряды способны создавать и создают магнитное поле индукции. Иными словами, и токи индукции, и токи смещения создаются одними и теми же зарядами, только поле магнитной индукции возбуждается изменением тока зарядов в обкладках, а поле электрической индукции возбуждается самим накоплением зарядов и его изменением во времени в обкладках конденсатора. Это две стороны одного процесса, связанного с зарядами в конденсаторе. Поэтому ток смещения в том виде, в котором его представляют, а именно создающим магнитное поле, может создаваться только токами проводимости или эквивалентными токами в материалах, помещённых в область конденсатора за счёт токов поляризации, что и было зарегистрировано Задорожным. В связи с этим отпадает необходимость поиска материального носителя тока смещения в отсутствие диэлектрика между обкладками конденсатора. Источник возбуждения этого тока индукции действительно находится на самих обкладках, но это поле не токовое и не возбуждает само по себе магнитного поля, поскольку дивергенция этого поля электрической индукции в динамике подчиняется иным законам векторной алгебры, доказанных нами в одной из предыдущих работ[12].

Таким образом, в очередной раз показано преимущество, которое даёт метод токовых полей, опирающийся на физическую реальность. Преимущество концепции токовых полей в том, что, во-первых, этим методом

значительно проще считать, что показано нами при моделировании процессов индукции в предыдущих работах[13]. Во-вторых, при сложной конфигурации конденсатора магнитное поле вообще практически посчитать невозможно, а методом токовых полей – это становится возможным. После этого анализа можно уже рассчитывать на получение реальных характеристик и зависимостей для токов смещения.


Литература:

1. [\(https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_\(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0\)\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%BE%D0%BA_%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F_(%D1%8D%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0)) (электродинамика) Википедия.
2. Потемкина С.Н. §60. Ток смещения [\[http://edu.tltsu.ru/er/book_view.php?book_id=14d8&page_id=11998\]](http://edu.tltsu.ru/er/book_view.php?book_id=14d8&page_id=11998) , в кн. Курс лекций по физике.
3. Тамм И.Е. Основы теории электричества, М., Наука, 1966 г., 624 с.
4. §25. Ток смещения и система уравнений Максвелла [\[http://www.webpoliteh.ru/subj/dinamo/767-25-tok-smeshheniya-i-sistema-uravnenij-maksvella.html\]](http://www.webpoliteh.ru/subj/dinamo/767-25-tok-smeshheniya-i-sistema-uravnenij-maksvella.html) , Политех в Сети.
5. Парселл Э. Электричество и магнетизм, т. II, М., Наука 1977 г., 448 с.
6. <http://megabook.ru/article/%D0%A2%D0%BE%D0%BA%20%D1%81%D0%BC%D0%B5%D1%89%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F> Энциклопедия Кирилла и Мефодия.
7. Эксперименты по обнаружению и изучению токов смещения в вакууме [\[http://electricalcather.com/d/358095/d/tok-smescheniya-v-vakuume-eksperimenty.pdf\]](http://electricalcather.com/d/358095/d/tok-smescheniya-v-vakuume-eksperimenty.pdf) .
8. Гудыменко В.С., Пискунов В.И. Экспериментальная проверка существования магнитного поля, создаваемого токами смещения конденсатора [\[http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21I\]](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21I) // Электроника и связь. - 2013. - № 2. - С. 115-123.
9. Задорожный В.Н. Ток смещения и его магнитное поле [\[http://allpowr.su/ru/publ/poznavatelno/63-tok-smeshheniya-i-ego-magnitnoe-pole\]](http://allpowr.su/ru/publ/poznavatelno/63-tok-smeshheniya-i-ego-magnitnoe-pole) .
10. Алеманов С. Б. Электромагнитная индукция [\[http://alemanow.narod.ru/p13.htm\]](http://alemanow.narod.ru/p13.htm) .
11. Трофимов Т.И. Курс физики [\[https://fktpm.ru/get_file/7sTuW\]](https://fktpm.ru/get_file/7sTuW) , М., 2006 г., 560 с.
12. Каравашкин С.Б., Каравашкина О.Н. Фетиш формул [\[http://sbkaravashkin.blogspot.com/2014/02/blog-post_11.html\]](http://sbkaravashkin.blogspot.com/2014/02/blog-post_11.html) // Блог «Classical science»
13. Каравашкин С.Б., Каравашкина О.Н. Токи Фуко. Ч. 2 [\[http://sbkaravashkin.blogspot.com/2014/10/2.html\]](http://sbkaravashkin.blogspot.com/2014/10/2.html) // Блог «Classical science»

Опубликовано 28th December 2015 пользователем [Sergey Karavashkin](#)

0 Добавить комментарий

Введите комментарий...



Подпись комментария:

will7718774@с ▼

Выйти

Публикация

☐ Отправлять уведомления

Просмотр