

Степанов Анатолий Петрович

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПРОВОДНИКАМИ С УЧЕТОМ ЭКРАНИРОВКИ ИЗБЫТОЧНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/34.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2009. № 12 (31): в 2-х ч. Ч. I. С. 103-106. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2009/12-1/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

Из Теоремы 2 следует

Теорема 3. Если множество E содержит в себе множество

$$\{y: y \in C^2, y(0) = \alpha, y'(0) = \beta, |(y - y_0)''(s)| \leq r(s)\}, \quad (9)$$

то на множестве E существует и единственно решение y^* задачи (8), процесс

$$x_n(s) = f(s, y_{n-1}(s)), y_n(s) = \alpha + \beta s + \int_0^s (s-t)x_n(t)dt \quad (n \geq 1)$$

сходится на множестве (9) равномерно вместе с производными к решению:

$$y_n \rightarrow y^*, y_n' \rightarrow y^{*'}, x_n = y_n'' \rightarrow y^{*''}.$$

Оценки погрешности приближения - разности $\Delta_n = y_n - y^*$:

$$|\Delta_n''(s)| \leq \varphi_n(s) = \frac{c^n}{(2n-1)!} \int_0^s (s-t)^{2n-1} r(t) dt \rightarrow 0,$$

$$|\Delta_n'(s)| \leq \psi_n(s) = \int_0^s \varphi_n(t) dt \rightarrow 0, \quad |\Delta_n| \leq \int_0^s \psi_n(t) dt \rightarrow 0 \quad (n \rightarrow \infty)$$

равномерно.

Обоснование приведенных здесь утверждений содержится в работах [Слугин, Кротов, 2004, с. 77-82], [Слугин, Кротов, 2005, с. 89-98], [Кротов, 2005; 2008].

Список литературы

1. Вулих Б. З. Введение в теорию полуупорядоченных пространств. М.: Гостехиздат, 1961. С. 407.
2. Кротов Н. В. Композиция методов линеаризации и аппроксимации операторных, интегральных и дифференциальных уравнений: канд. диссертация. Н. Новгород, 2005. С. 113.
3. Кротов Н. В. Метод усреднения и модулярных мажорант для дифференциального уравнения с запаздыванием // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского. 2008. № 6. Математическое моделирование, оптимальное управление. С. 161-164.
4. Слугин С. Н., Кротов Н. В. Модифицированный метод усреднения нелинейного уравнения в пространстве с конусом // Известия РАЕН. 2004. № 8. Дифференциальные уравнения. С. 77-82.
5. Слугин С. Н., Кротов Н. В. Прямой метод приближенного решения нелинейного уравнения в серии подпространств // Там же. 2005. № 9. С. 89-98.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МЕЖДУ ДВУМЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ПРОВОДНИКАМИ С УЧЕТОМ ЭКРАНИРОВКИ ИЗБЫТОЧНОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ЗАРЯДА

Степанов Анатолий Петрович

Юргинский технологический институт (филиал) Томского политехнического университета

Рассмотрим два проводника в частично ионизированной среде, которые подключены к источнику постоянного напряжения. Предположим, что радиус их одинаковый и равен r . Расстояние между осями проводников обозначим через l . Предположим, что через данные проводники протекает одинаковый ток I . Необходимо оценить силу взаимодействия между проводниками. Такая задача возникает, например, при анализе процессов в межэлектродном промежутке при возбуждении электрической дуги.

На каждом из проводников находится избыточный поверхностный заряд. Поэтому кроме магнитной силы притяжения F_m необходимо учитывать и электрическую силу, возникающую из-за наличия поверхностного заряда на проводниках.

Обе силы направлены в противоположные стороны. Электрическая сила обуславливает отталкивание проводов (из-за одноименного знака поверхностного заряда), магнитная - их притяжение (вследствие протекания тока в одном направлении).

Величина отношения этих сил [1]:

$$\frac{F_m}{F_э} = \frac{\mu_0}{\varepsilon_0} \frac{\ln^2 l/r}{\pi^2 R^2}, \quad (1)$$

где F_m - магнитная сила, $F_э$ - электрическая сила; ε_0 - электрическая постоянная, $\varepsilon_0 = 0,885 \cdot 10^{-11}$ Ф/м; μ_0 - магнитная постоянная, $\mu_0 = 1,257 \cdot 10^{-6}$ Гн/м; R - сопротивление проводников.

Результирующая сила взаимодействия обращается в нуль, когда последнее отношение равно единице. Это будет при некотором сопротивлении проводников, которое обозначим через R_0 , где

$$R_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0} \cdot \frac{\ln l/r}{\pi}}. \quad (2)$$

Если $R < R_0$, то $F_m > F_э$, - проводники притягиваются, если $R > R_0$, то $F_m < F_э$, - провода отталкиваются.

Однако, оценивая взаимодействие между двумя параллельными проводниками в частично ионизированной среде нужно учесть факт экранировки избыточного поверхностного заряда ионами.

При движении электронов по токопроводящей нити возникает электрическое поле (Рис. 1). Напряженность поля $E = \tau/r$, где $\tau = Q/l$ линейная плотность зарядов. Учитывая, что напряженность поля равна градиенту от потенциала $E = -d\phi/dr$, находим потенциал ϕ :

$$\phi = -\int_{r_0}^r E dr = -\int_{r_0}^r \frac{\tau}{r} dr = -2\tau \ln \frac{r}{r_0} + \phi_0. \quad (3)$$

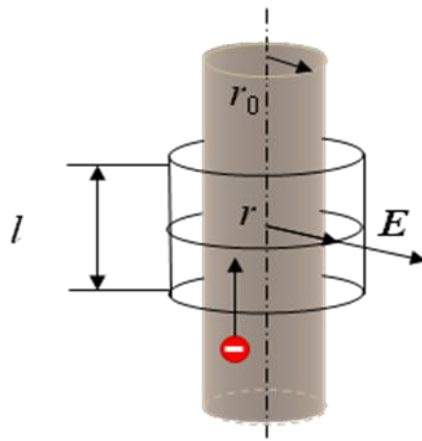


Рис. 1. Электрическое поле проводника

Под воздействием этого потенциала ионы, находящиеся в непосредственной близости от проводника, будут притягиваться (Рис. 2) и компенсировать объемный заряд. При столкновении электронов и ионов будет происходить их рекомбинация. Следовательно, на границе проводника образуется тонкий электронейтральный слой, который будет экранировать этот проводник от действия электрических сил со стороны других проводников с током.

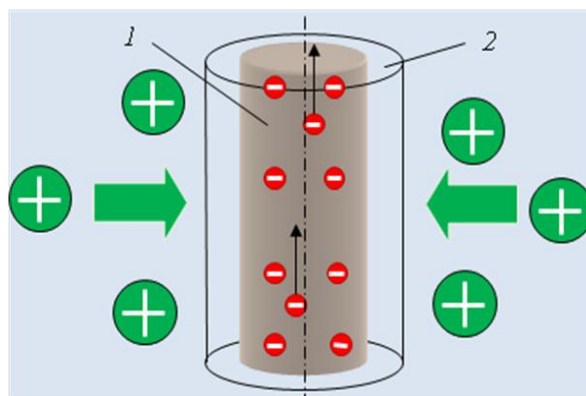


Рис. 2. Компенсация объемного заряда: 1 - токопроводящая нить; 2 - электронейтральный слой

Таким образом, основной силой взаимодействия токовых нитей в частично ионизированной среде является магнитная сила (сила Ампера). Эта сила приводит к взаимному притяжению проводников с одинаковым направлением токов. Величину этого магнитного взаимодействия можно оценить, приняв для упрощения расчетов следующие допущения. Во-первых, предположим, что проводники имеют цилиндрическую форму и параллельны друг другу. Во-вторых, для расчетов будем использовать модель двух проводников с жестко зафиксированными концами.

При параллельности токовых нитей I_1 и I_2 сила, приходящаяся на единичную длину (dF/dl), может быть определена следующим образом. По закону Ампера на элемент тока dh (рис. 4) действует сила

$$dF = B_2 I_1 dh, \quad (4)$$

где F - сила Ампера; B_2 - индукция магнитного поля, создаваемого током I_2 в этой точке.

По закону Био-Савара-Лапласа

$$B_2 = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I_2}{l} (\cos \phi_1 + \cos \phi_2), \quad (5)$$

где l - расстояние между токовыми нитями I_1 и I_2 ; ϕ_1 и ϕ_2 - углы, под которыми из рассматриваемой точки видны концы противоположного токового канала. Выразим косинусы углов через соответствующие стороны треугольников (Рис. 3), выбрав в качестве переменной величины расстояние h до поверхности плоского электрода:

$$\cos \phi_1 = \frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + l^2}}, \quad \cos \phi_2 = \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}},$$

где H - полная длина токовых нитей.

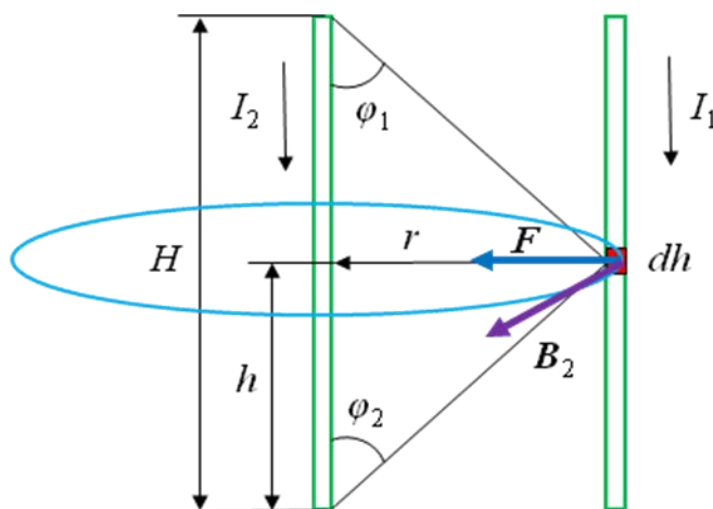


Рис. 3. Сила Ампера, действующая на элемент тока dh

Из уравнений (4) и (5) находим

$$\frac{dF}{dh} = \frac{\mu_0 I_1 I_2}{4\pi l} \left(\frac{H-h}{\sqrt{(H-h)^2 + l^2}} + \frac{h}{\sqrt{h^2 + l^2}} \right). \quad (6)$$

Учитывая, что наибольшая магнитная сила будет приходиться на центральную часть токовой нити ($h = H/2$), уравнение для этого сечения примет вид

$$\left(\frac{dF}{dh} \right)_{\max} = \frac{\mu_0 I_1 I_2 H}{8\pi r \sqrt{H^2 + 4l^2}}. \quad (7)$$

Оценим величину этой силы при следующих параметрах: $I_1 = I_2 = 1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A}$; $H = 10 \text{ мкм} = 10^{-5} \text{ м}$; $l = 3 \text{ мкм} = 3 \cdot 10^{-6} \text{ м}$. Из формулы (4) получаем: $(dF/dh)_{\max} = 9,98 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$. Учитывая, что масса электрона $m_e = 0,911 \cdot 10^{-30} \text{ кг}$, видно, что сила взаимодействия между проводниками очень большая.

Выражение (7) можно использовать лишь для приближенной оценки силы магнитного взаимодействия, возникающего между двумя проводниками. Если в реальных условиях концы проводников имеют возможность перемещаться, то в результате возникает положительная обратная связь: с уменьшением расстояния между ними сила магнитного притяжения возрастает, способствуя еще большему сближению проводников.

Проделили следующий эксперимент. Подавали напряжение от двух источников питания на два электрода (Рис. 4).

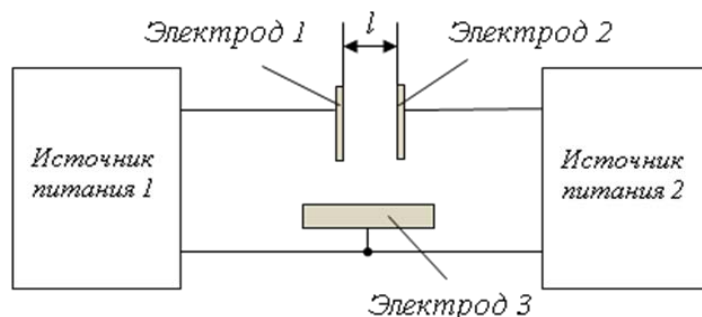


Рис. 4. Схема эксперимента по моделированию взаимодействия токов

При зажигании электрической дуги при расстоянии между электродами около 15 мм возникали две независимые дуги. При сближении электродов до расстояния 6-7 мм дуги притягивались и получалась «вилка»: два катодных пятна и одно общее - анодное. Аналогичную ситуацию наблюдали при изменении полярности напряжений на электродах на противоположную (Рис. 5).

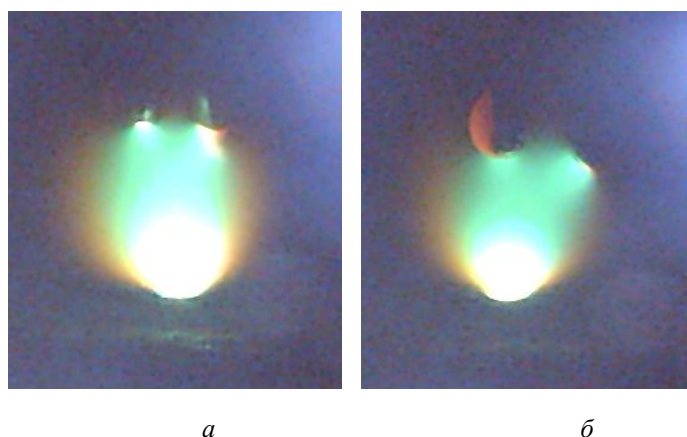


Рис. 5. Притяжение двух электрических дуг при прямой (а) и обратной (б) полярности напряжения на электродах

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы: в частично ионизированной среде проводники с током, текущим в одном направлении, притягиваются. Следовательно, не происходит формирование объемного пространственного распределения зарядов.

Список литературы

1. **Иродов И. Е.** Электромагнетизм. Основные законы. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 352 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЛГОРИТМА ДОСТУПА К ЕДИНОЙ СРЕДЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

*Сторожок Евгений Анатольевич, Миколайчук Татьяна Леонидовна
ТОВМИ им. С. О. Макарова, г. Владивосток*

В распределенной базе данных (РБД), использующей метод доступа нескольких пользователей к одному сегменту базы по протоколу CSMA/CD, возможно возникновение явления коллизии, приводящее к искажению передаваемых сообщений. Причиной коллизии является одновременная передача сообщений двумя и более станциями по одному каналу связи. Данный метод доступа носит случайный характер, и вероятность успешного получения в своё распоряжение общего канала связи зависит от загруженности сети, то есть от интенсивности возникновения в станциях потребности в передаче кадров. При разработке этого метода в конце 70-х годов предполагалось, что скорость передачи данных в 10 Мбит/с является высокой по сравнению с потребностями компьютеров во взаимном обмене данными, поэтому загрузка сети будет всегда небольшой. В некоторых случаях это предположение остаётся справедливым и в современных условиях, однако уже появились приложения, работающие в реальном масштабе времени с мультимедийной информацией, которые повышают загруженность сегмента сети в несколько раз. При этом коллизии возникают гораздо чаще. При значительной интенсивности коллизий полезная пропускная способность сети с методом доступа CSMA/CD резко падает, так как сеть почти постоянно занята повторными попытками передачи кадров.

При решении вопроса организации совместного использования единой среды передачи данных несколькими пользователями возможно использование математического аппарата теории игр. Теоретико-игровой метод синтеза сложных систем применяется в двух основных случаях: при наличии конфликтных (сопоставительных, антагонистических) ситуаций; при неполных априорных сведениях о вероятностных характеристиках сигналов (сообщений), каналов и помеховой обстановке. Исследование антагонистических конфликтных ситуаций сторон (партнёров, игроков) - теория игр - позволяет найти оптимальные (минимаксные) стратегии обоих игроков и определить цену игры, т. е. количественно оценить результат применения найденных оптимальных стратегий. В случае неполных априорных сведений теория игр позволяет отыскать по минимаксному критерию наименее благоприятное априорное распределение вероятностей и тем самым делает возможным применение математического аппарата теории статистических решений.

Алгоритм доступа n пользователей к единому сегменту распределённой базы данных характеризуется следующими показателями:

- момент отсылки пакета- запроса i - тым пользователем;
- размер передаваемых пакетов;
- количество пакетов в серии;
- продолжительность паузы между пакетами;
- продолжительность технологической паузы.