

01

© 1992

К ВОПРОСУ О ВОЗМОЖНОСТИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ВОКРУГ ЗАМКНУТОЙ ЦЕПИ С ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ

Г.Г. Ш и ш к и н, А.В. Д у д а р е в,
А.В. Б а р к о в, П.П. З а г н е т о в,
А.Г. С м и р н о в, Ю.М. Р ы б и н,
А.В. С т е п а н е н к о, О.В. П а в л о в

В середине 70-х годов были опубликованы работы, посвященные исследованию возможности существования электрического поля вокруг замкнутой цепи с постоянным током [1, 2].

Эдвардс и др. сообщали о наблюдении квадратичной зависимости потенциала изолированной бифилярной сверхпроводящей катушки (БСК) от протекающего по ней тока [1, 2]. Потенциал БСК измерялся относительно земли. Среди возможных причин возникновения потенциала рассматривались: эффект Холла в витках катушки; термоэлектрические эффекты, перераспределяющие заряд в сверхпроводящей цепи; десорбция гелия; поляризация сверхпроводника за счет потенциала Бернулли; перенос заряда на пузырьках гелия и потенциал депиннинга вихрей в сверхпроводнике. Однако ни одна из них не дала удовлетворительного объяснения наблюдавшемуся эффекту. Анализируя поле движущегося заряда, авторы [1] предположили, что результат эксперимента был обусловлен отклонением от закона сохранения заряда для движущихся электронов. Предложенная формула для потенциала катушки имеет вид

$$\Phi = \frac{k \alpha L}{\rho S c c^2} I^2,$$

где I – ток в БСК, L – длина сверхпроводящей цепи, S – площадь поперечного сечения сверхпроводника, c – емкость БСК-корпус, ρ – плотность электронов в сверхпроводнике, $\alpha = \frac{S}{I^2} \int j(s^2) ds$ – коэффициент, характеризующий неравномерность распределения тока по сечению сверхпроводника; $k \approx 1$ – „множитель, представляющий электрические поля порядка $1/c^2$ в теории Максвелла“ [1]. По гипотезе авторов, знак потенциала определяется знаком носителей заряда в цепи с током, что подтвердилось экспериментально. При токах 15–20 А, длине провода 700 м и его поперечном сечении $1,3 \cdot 10^{-4}$ см² был измерен потенциал 5–100 мВ.

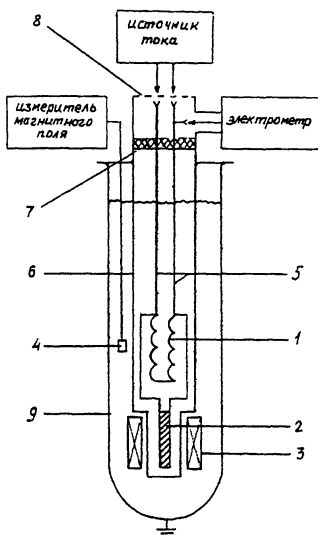


Рис. 1. Блок-схема экспериментальной установки: 1 - БСК, 2 - магнитоуправляемый ключ, 3 - управляющая катушка ключа, 4 - датчик Холла, 5 - токовводы, 6 - экран, 7 - фторопластовый изолятор, 8 - съемная экранирующая крышка, 9 - корпус криостата.

Все последующие попытки объяснить измеренный Эдвардсом потенциал имели лишь предположительный характер [3-7]. Поскольку в работе [1] затрагиваются такие фундаментальные вопросы, как теория Максвелла и закон сохранения заряда, мы решили детально проанализировать и экспериментально более тщательно проверить результаты, описанные в работах [1, 2].

Экспериментальная установка

В качестве источника предполагаемого потенциала была использована бифилярная сверхпроводящая катушка со следующими параметрами: внутренний диаметр - 40 мм, внешний - 100 мм, высота - 78 мм. Катушка содержала 1660 бифилярных витков сверхпроводящего $Nb - Ti$ провода в медной матрице общей длиной 705 метров. Диаметр провода 0.85 мм. Критический ток БСК около 1500 А. Индуктивность $0.4 \cdot 10^{-3}$ Гн.

Согласно гипотезе авторов работы [1], в такой катушке при токе 500 А должен индуцироваться заряд величиной не менее $5 \cdot 10^{-11}$ Кл, что при емкости катушки с экраном порядка 100 пФ вызвало бы появление электрического потенциала на катушке не менее 0.5 В.

Схема эксперимента представлена на рис.1. Основным отличием ее от эксперимента, описанного в работе [1], является замена

гелиевого сверхпроводящего ключа на магнитоуправляемый, который позволил исключить эффекты, связанные с закипанием гелия на нагревателе, а также подвеска БСК на неотстыковываемых токовводах.

Магнитоуправляемый ключ был изготовлен из сплава $Pb_{0.6}Sn_{0.4}$ в виде цилиндра $\phi = 8$ мм и длиной 15 см. Критический ток ключа в нулевом поле превышал 1000 А, а величина поля, необходимая для перевода его в нормальное состояние, составила 0.06 Тл. Сопротивление ключа в нормальном состоянии $2.5 \cdot 10^{-5}$ Ом. Ввод тока в БСК осуществлялся по медным токовводам, которые одновременно служили подвеской. В верхней части токовводы и экран были разделены фторопластовыми изоляторами. В отличие от нашей установки, в эксперименте, описанном Эдвардсом, тефлоновые изоляторы служили опорой БСК и, вероятно, могли испытывать с ее стороны силовое воздействие при протекании тока.

Процесс измерения тока в БСК регистрировался размещенным за экраном датчиком Холла, на который воздействовало магнитное поле, создаваемое несколькими небифилярными витками БСК. Емкость катушки относительно заземленного корпуса криостата, соединенного с медным экраном, составляет, согласно измерениям, 147 пФ. Достигнутое сопротивление изоляции БСК не менее 10^{14} Ом. В качестве измерителя потенциала использовался микровольтметр-электронметр универсальный В7-29, обладающий входным сопротивлением не менее 10^{16} Ом, входной емкостью не более 0.5 пФ и чувствительностью 20 мкВ.

Методика и результаты эксперимента

Эксперимент проводился следующим образом. С помощью управляющей катушки на ключе индуцировалось магнитное поле, превышающее величину критического поля ключа. От источника тока проводилась запитка БСК. При этом процесс затекания тока контролировался датчиком Холла. По достижении величин тока в БСК около 500 А ключ переводился в сверхпроводящее состояние. В замороженном состоянии характерное время затухания тока составило около 1 часа. После замораживания токовводы отстыковывались от источника тока и к одному из них подключался вход электронметра. Далее верхняя часть токовводов и сигнальный провод электронметра экранировались, а потенциал БСК обнулялся.

Затем ключ переводился в нормальное состояние и велась регистрация процессов затухания тока и изменения потенциала БСК. Как уже указывалось выше, при токе в БСК 500 А индуцируемый заряд должен был вызвать появление на БСК потенциала (согласно авторам [1]) величиной 0.5 В.

Измерение потенциала показало отсутствие каких-либо изменений потенциала БСК, не считая фонового дрейфа на выходе электронметра (рис. 2).

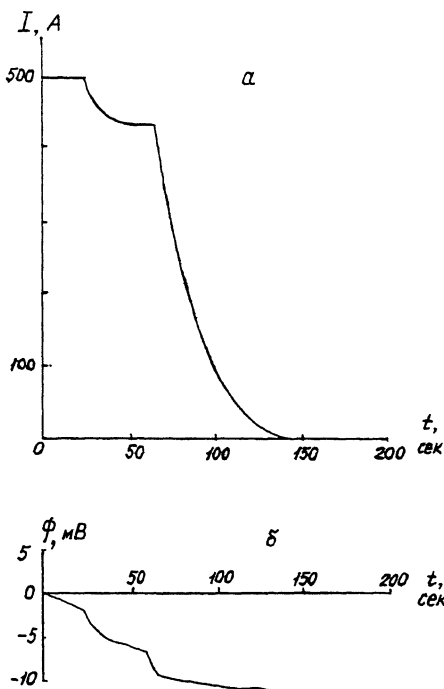


Рис. 2. а) Изменение тока в БСК; осуществляется в момент размыкания магнитоуправляемого ключа по экспоненциальному закону. б) Изменение потенциала БСК относительно земли.

Нами также была проведена серия экспериментов с трансформаторным вводом тока в БСК, в которых наблюдались эффекты, подобные обнаруженным Эдвардсом, и связанные, по всей видимости, с поляризацией тефлона, однако это явится предметом отдельного сообщения.

З а к л ю ч е н и е

Полученные в данной работе результаты позволяют заключить, что исходные предположения Эдвардса относительно поправок к уравнениям Максвелла и уравнению сохранения заряда в описанных условиях не реализуются.

- [1] E d w a r d s W.F., K e n y o n C.S.,
L e m o n D.K. // Phys. Rev. D. 1976. V. 14.
N 4. P. 922-938.
- [2] E d w a r d s W.F. Measurement of an electric
field due to conduction currents. - Utah state univ.
press, Logan, Utah. 1974.
- [3] B a r t l e t t D.F., W a r d B.F.L. // Phys.
Rev. D. 1977. V. 16. N 12. P. 3453-3458.
- [4] C u r e J.C. // Phys. Lett. B. 1982. V. 116. N 2,3.
P. 158-160.
- [5] B o n n e t G. // Phys. Lett. A. 1981. V. 82.
N 9. P. 465-467.
- [6] W h i t n e y C.K. // Phys. Lett. A. 1988.
V. 128. N 5. P. 232-234.
- [7] И в а н ч е н к о Ю.М., О м е л ь я н ч у к А.Н. // ФНТ.
1985. Т. 11. № 8. С. 889-892.

Московский
авиационный
институт

Поступило в Редакцию
23 декабря 1991 г.