

Г-657

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна.

2204/4-72

P13 - 6397



И.Н.Гончаров

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТА
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАРЯДОВОГО ЭКВИВАЛЕНТА

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

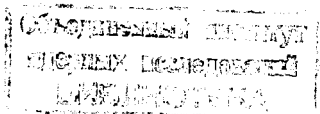
1972

P13 - 6397

И.Н.Гончаров

УСТАНОВКА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТА
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЗАРЯДОВОГО ЭКВИВАЛЕНТА

Направлено в ПТЭ



Гончаров И.Н.

P13-6397

Установка для проверки эффекта возникновения зарядового эквивалента

Описаны конструкция, параметры и результаты испытаний при $T = 4,2^{\circ}\text{K}$ установки для проверки предсказанного теорией /1/ эффекта возникновения зарядового эквивалента ("избыточного" заряда) в изолированном проводнике после изменения текущего в нем тока. Контур выполнен в виде двойного сверхпроводящего соленоида, намотанного бифилярно на единый каркас и подвешенного внутри металлического криостата на изоляторах. Описаны тепловые ключи, датчики, контролирующие ток в замкнутой цепи и полная блок-схема установки.

Препринт Объединенного института ядерных исследований.
Дубна, 1972

Goncharov I.N.

P13-6397

Device for Checking the Effect of Charge Equivalent Formation

The results of testing of the device at $T = 4.2^{\circ}\text{K}$ are described as well as its construction and parameters. The device was designed for checking the theoretically predicted effect of charge equivalent formation ("excessive" charge) in the isolated conductor after changing the current in it. Contour is performed in the form of double superconducting solenoid, wound bifilarly on the unique frame and hanged inside the metallic cryostat using insulators. Thermal switch, detectors, controlling current in a closed circuit, and total block-diagram of the device are described.

Preprint. Joint Institute for Nuclear Research.
Dubna, 1972

В работах /1/ утверждается, в частности, что при изменении тока, проходящего по изолированному проводнику, на последнем возникает "избыточный" заряд (зарядовый эквивалент), величина которого дается выражением:

$$|q^*| = \frac{v_-^2 |\rho_{0-}| V}{2c^2} = \frac{j^2 V}{2c^2 |\rho_{0-}|} = \frac{I^2 \ell}{2c^2 S |\rho_{0-}|} \quad (1)$$

Здесь: I и j – ток и его плотность в проводнике с поперечным сечением S , длиной ℓ , объемом V ; ρ_{0-} – плотность электронов проводимости; v_- – дрейфовая скорость электронов, создающих ток I . Знак зарядового эквивалента должен быть положительным, если проводник с током в исходном состоянии был электронейтральным, а затем ток уменьшился до нуля. В основе теории этого эффекта лежат закон сохранения внутри замкнутого объема полного числа частиц с зарядом $\pm e$, релятивистское изменение плотности движущихся зарядов и уравнения Максвелла.

Из выражения (1) видно, что в проводнике с плотностью электронов проводимости 10^{23} $1/\text{см}^3$, несущем ток плотностью 10^5 $\text{а}/\text{см}^2$, ожидаемый эффект будет соответствовать появлению заряда величиной $3,5 \cdot 10^{-16}$ кул/см³. Так как лучшие электрометры имеют чувствитель-

ность не выше, чем 10^{-15} кулон, для надежного наблюдения эффекта требуется, чтобы высокие плотности тока могли быть возбуждены в достаточно большом объеме вещества с относительно малой плотностью электронов проводимости. После рассмотрения различных вариантов в качестве основной части установки был выбран двойной соленоид, намотанный бифилярно из сверхпроводящего ниобий-циркониевого кабеля. При температуре жидкого гелия в таком соленоиде можно было возбудить постоянные циркулирующие токи (при работе в короткозамкнутом режиме), после чего отключить внешний источник питания для осуществления высокого сопротивления изоляции системы относительно металлического криостата, который одновременно играл роль электростатического экрана. Бифилярность позволяла получить максимально высокие критические токи в обеих сверхпроводящих катушках за счет отсутствия суммарного магнитного поля, наличие которого было к тому же нежелательно из-за возможного возникновения помех во время быстрого спада тока. Скорость спада при этом также должна быть наиболее высокой из-за малой индуктивности системы. Для оценки последней (при выбранной геометрии катушек, определявшейся наличием кабеля и размерами криостата, см. табл.) были использованы формулы из [2] для двухпроводной линии ($L_{\text{расч.}} = 1,2 \text{ мГн}$) и для одиночного провода ($L_{\text{расч.}} = 10 \text{ мГн}$).

Далее предстояло выбрать параметры тепловых ключей 1, перегревая которые выше критической температуры можно было ввести в замкнутую сверхпроводящую цепь активное сопротивление R_{n1} для быстрого уменьшения тока до нуля. Критический ток одиночного кабеля (1xНЦ75) + (6x Си) при температуре $4,2^\circ\text{K}$ оказался равным $180 + 205 \text{ а}$. Для получения постоянной спада тока одновременно в обеих катушках не более 2 сек, требовалось, чтобы $R_{n1} \geq 0,005 \text{ ом}$. Кроме того, ключ 1 не должен был выходить из строя, если при протекании в нем тока

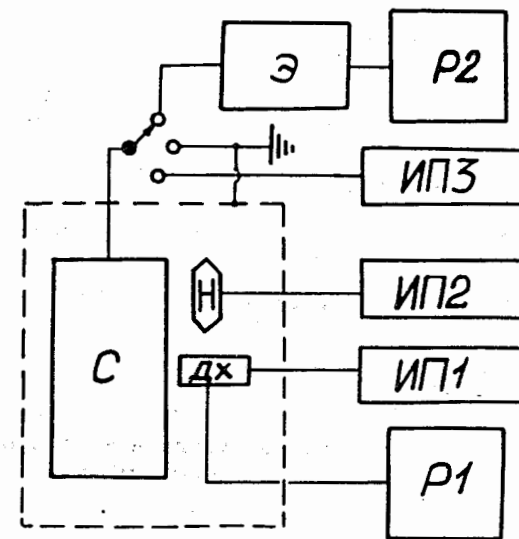
Таблица

Характеристика соленоида		
b наружный, см		17
b внутренний, см		4,2
высота, см		18,4
секц. А I, Б I	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Число витков} \\ \text{кабель} \end{array} \right.$	2x3152 (1xНЦ75) + (6x Си)
секц. А II		$\left\{ \begin{array}{l} \text{Число витков} \\ \text{кабель} \end{array} \right.$
секц. Б II	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Число витков} \\ \text{кабель} \end{array} \right.$	1260 (2xНЦ75) + (5x Си)
Полная		длина кабеля, м
$L_A = L_B$, Гн	0,6
R_{n2}	ключа 2, ом	0,14
$\tau_2 = \frac{L_A}{R_{n2A}} = \frac{L_B}{R_{n2B}}$, сек	5

180 а он переходил из сверхпроводящего в нормальное состояние. Специальные эксперименты показали, что наиболее удобно для этой цели использовать сверхпроводящую проволоку НЦ-50 со стравленным латунным покрытием. При b 0,25 мм она имела погонное сопротивление $R_{300^\circ\text{K}} = 11,3 + 11,9 \text{ ом/м}$ и $R_{300} / R_n = 1,5$. Пропускание тока $1,5 \text{ а/пров.}$ через жгут из 20 проволок, помещенный в перевернутый текстолитовый стакан, который погружался в жидкий гелий, приводило к нагреву проволок всего лишь до $T \approx 200^\circ\text{K}$. Таким образом, в качестве ключа 1 было взято 106 проволок длиной $\sim 6 \text{ см}$ и сопротивлением $\sim 0,005 \text{ ом}$. Каждая из катушек имела по одному ключу 1 и по одному ключу 2, которые между собой соединялись последовательно, а с катушкой параллельно.

Ключ 2 служил для ввода тока только в одну из катушек и состоял из 25 проволок НЦ50 длиной 40 см. Так же, как и ключ 1, он помещался в независимом перевернутом текстолитовом стакане^{/3/}, образуя 6-витковую катушечку с $L \approx 0,01$ мГн. Внутри этой катушечки был установлен датчик Холла для контроля за током, циркулирующим в замкнутой сверхпроводящей цепи. Внутри каждого из четырех стаканов вставлялся нагреватель из константана. Разумеется, нагреватели и датчики Холла были тщательно изолированы от сверхпроводника. Чувствительность датчиков Холла при протекании тока через ключи 2 составляла 40 и 32 мкВ/а соответственно для соленоидов А и Б. Весь соленоид подвешивался через тефлоновые кубики-изоляторы на нержавеющей трубках к верхнему фланцу криостата, в котором имелся тефлоновый круг. Через последний проходили четыре токоввода к соленоидам А и Б и центральный шток с датчиком Холла для измерения суммарного магнитного поля.

Испытание всей системы при температуре $4,2^{\circ}\text{K}$ показало следующее. Емкость между катушкой А и Б равнялась 0,17 мкФ, а $R_{AB} \approx 6 \cdot 10^6$ ом, так что $\tau_{AB} \approx 1$ сек. Емкость, измеренная между выводами катушки А (так же, как и катушки Б) на верхнем фланце, и металлическим криостатом, составила 420 пФ. Соответствующее сопротивление во время многодневного эксперимента менялось медленно в пределах $(2 + 7) \cdot 10^{10}$ ом, так что постоянная была $8 + 28$ сек. Изменение сопротивления было связано, по-видимому, с конденсацией влаги на холодных токовводах и на поверхности тефлонового круга, так как периодическая просушка воздухом восстанавливала высокое сопротивление. Критический ток одной из катушек (в режиме встречного протекания токов) равнялся 130 а, а постоянная спада тока, который начал уменьшаться через 15-20 сек после включения нагревателя ключа 1, $\tau_1 = \frac{L_{AB}}{R_{нл}} = 0,8$ сек. Самопроизвольное уменьшение тока в том же режиме за счет сопротивления контактов в замкнутой цепи не превышало 5 ма/сек.



Блок-схема установки. С - сверхпроводящий соленоид; ДХ - датчик Холла, контролирующий ток; Н - нагреватель ключа 1; Э - электрометр; Р - самописец; ИП - источник питания.

Для измерения эффекта возникновения зарядового эквивалента была собрана схема (рис.), причем изменение потенциала после спада тока регистрировалось с помощью чувствительных электрометров с динамическим конденсатором типа VA - J - 51 (ГДР) или TR-84M (Япония). Предварительные эксперименты показали наличие эффекта, знак и порядок величины которого не противоречат предсказаниям теории^{/1/}.

В заключение выражаю искреннюю признательность А.Г. Зельдовичу за поддержку работы, В.М. Дробину, А.П. Коростелеву, Н.К. Орлову, А.И. Череватенко и В.Ф. Чумакову - за помощь при подготовке системы и проведении части экспериментов.

Л и т е р а т у р а

1. В.И. Докучаев. Материалы конференции "Униполярные электрические машины", стр. 117, изд. Информэлектро, Москва, 1969; В.И. Докучаев. Ученые записки МОПИ им. Н.К. Крупской, том 227; Теоретическая физика, вып. 9, часть 2, стр. 108, Москва, 1970 г.
2. Г.Г. Гинкин. Справочник по радиотехнике, Госэнергоиздат, Москва, 1948 г.
3. И.Н. Гончаров, ПТЭ, №2, 236, 1967. И.Н. Гончаров, Ф. Хованец, ПТЭ, №1, 205, 1970.

Рукопись поступила в издательский отдел
18 апреля 1972 года.