

кон позволили решить длительно не разрешавшиеся проблемы, связанные с началами классической термодинамики. Они позволяют разработать единую теорию естествознания и ускорить развитие экологически чистых высокоэффективных технологий в аграрном производстве, энергетике и других сферах производства.

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЙ МОСТ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ЭЛЕКТРОСОПРОТИВЛЕНИЯ ПРОВОЛОЧНЫХ ПРОВОДНИКОВ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Соболь В.Р., УО БГАТУ г. Минск,

Кириленко А.И., Дрозд А.А., МГВАК г. Минск

В криогенных индуктивных системах накопления энергии используются сверхпроводящие материалы и проводники из нормальных металлов – алюминия, меди, их сплавов и композиций, которые играют роль армирующих элементов, отводящих за счет хорошей теплопроводности тепло, выделяющееся в местах соединения секций обмоток. Элементы из высокочистых алюминия и меди стабилизируют и позволяют улучшить электрические, тепловые и механические свойства сверхпроводящих кабелей. Выведение энергии из индуктивного накопителя осуществляется в режиме размыкания и переключения токовой цепи на потребителя, где ток с течением времени ведет себя подобно экстрактору размыкания. Сверхпроводники имеют нулевое сопротивление только для постоянного или медленно изменяющегося тока и при частотных эффектах, сопровождающих переходные процессы, перестают шунтировать участки из нормального металла. В этой связи необходимо учитывать электропроводящие свойства нормальных металлов в диапазоне частот от единиц герц и выше [1-4]

В сообщении представлена усовершенствованная конструкция моста переменного тока для экспериментального изучения низкочастотного сопротивления проволок из нормальных металлов в экстремальных условиях воздействия низких температур и сильных магнитных полей. Для квазистационарного

тока нет однозначного мнения о свойствах проводников из нормальных металлов, поскольку распределение тока по сечению не тривиально и может отвечать как классическим схемам описания, так и отличаться за счет размерного эффекта, и необходим экспериментальный контроль свойств. Предложенная система позволяет проведение потенциметрических измерений методом регистрации сопротивления переменному току (рис 1).

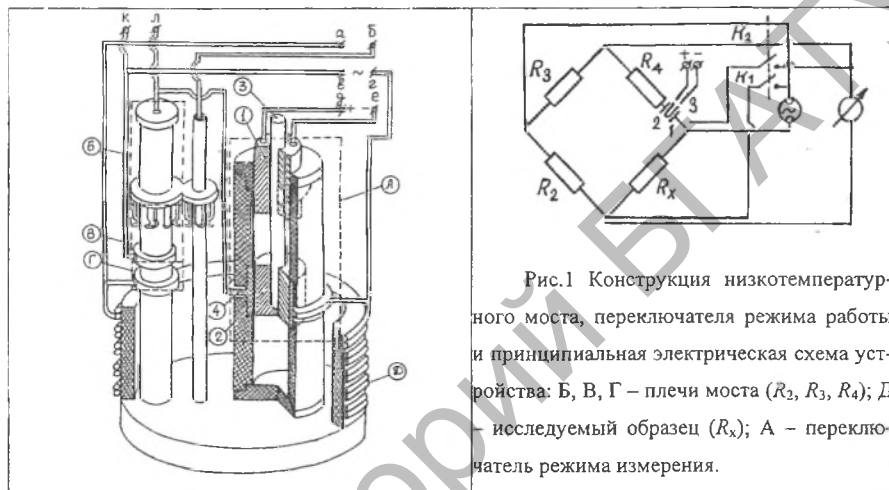


Рис.1 Конструкция низкотемпературного моста, переключателя режима работы и принципиальная электрическая схема устройства: Б, В, Г – плечи моста (R_2 , R_3 , R_4); Д – исследуемый образец (R_x); А – переключатель режима измерения.

В области температур от азотных и выше воздействие постоянного магнитного поля на движение носителей заряда в нормальных металлах незначительно. Для предельно низких температур гелиевого диапазона необходимо учитывать поперечные размеры образца и их влияние на перенос заряда. В такой задаче сосуществуют три характерных параметра с размерностью длины: длина свободного пробега, ларморовский радиус и толщина скин-слоя, которые определяют резистивные свойства.

Для эксперимента образцы следует наматывать максимально безиндуктивно, чтобы реактивной составляющей импеданса можно было пренебречь. Применяемая мостовая схема позволяет проводить измерения на переменном и постоянном токе. В данном случае образец является плечом моста, одна из диа-

гоналей которого служит нагрузкой генератора переменного тока работающего в режиме источника электродвижущей силы. В другую диагональ включен селективный усилитель, как нуль-индикатор. Мост сконструирован с учетом необходимости его позиционирования в магнитном поле и для исключения влияния частотных эффектов его элементы изготовлены из высокоомной нержавеющей стали.

Регистрация сопротивления элементов моста после балансировки осуществляется потенциометрически на постоянном токе, посредством применения низкоомного переключателя режима измерений, который состоит из подвижного элемента и токосъемных контактов. Подвижный элемент представляет собой короткозамкнутый медный стакан 1 и полый, разрезанный по диаметру цилиндр 2, напресованные на единый шток. Полый цилиндр соединен с источником постоянного тока. При выдвигении штока центральные токосъемные контакты 3 либо короткозамкнуты (основной режим измерений, указан на Рис. 1), либо к ним подключается разрезанный цилиндр (нижнее положение) и источник постоянного тока для измерения величин сопротивления плеч моста

Для прямого измерения падения напряжения на переменном токе используются дополнительные токовый и потенциальный контакты, которые при мостовом способе разомкнуты парой заблокированных переключателей k_1 . Замыканием k_1 и разрывом мостовой схемы переключателем k_2 осуществляется вариант прямого измерения. При этом переключатель режима работы моста должен находиться в режиме постоянного тока (нижнее положение штока) при отключенном источнике постоянного тока. В качестве примера на Рис. 2 представлены результаты измерения сопротивления алюминия постоянному току и поверхностного сопротивления. Отметим, что измеренное сопротивление переменному току r_f позволяет определить поверхностное сопротивление, поскольку отношение величины электрического поля к полному току есть r_f поверхностное сопротивление, нормированное на длину окружности.

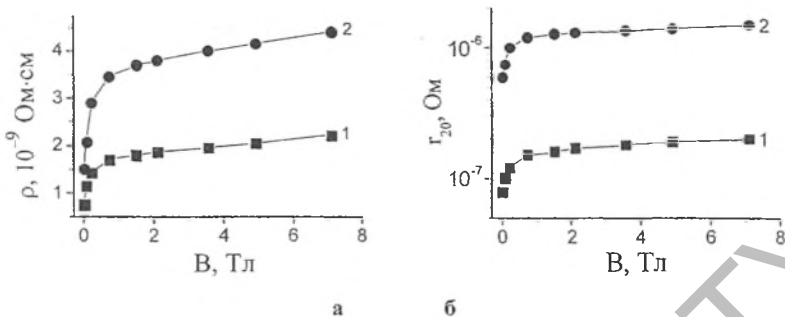


Рис. 2. Статическое удельное сопротивление ρ (а) и сопротивление переменному току r_{20} (б) как функция магнитного поля для алюминиевых образцов диаметром d , мм: 0,3 (1); 0,1 (2).

Характерно, что если для статического случая полевая зависимость линейна, то в квазистационарном режиме имеет место слабая нелинейность, которая четче проявляется на более массивном образце. Влияние B на r_{20} весьма ощутимо лишь в области перехода от нулевого значения к 0,6 Тл.

Литература

1. Волошин И.Ф., Фишер Л.М. Методика и результаты измерений электрического сопротивления фольги из алюминия высокой чистоты на переменном токе при $T = 4.2$ К. / Вопросы крио- электротехники и низкотемпературного эксперимента // Киев: Наук. думка, 1976. – С. 21 – 27.
2. Нелинейный скин-эффект в металлах / В.В.Васькин, И.Ф.Волошин, В.Я. Демиховский, Л.М.Фишер // ФНТ. – 1979. – Т.5. N 6. – С. 605 – 609.
3. Емельянова Т.В., Песчанский В.Г., Синолицкий В.В. О размерных гальваномагнитных эффектах в тонких металлических проволоках. – Донецк, 1983. – 39 с. – (Препринт Донецкий физико-технич. ин-т; ДонФТИ 83–19(74).
4. Гостищев В.И., Дрозд А.А., Соболев В.Р., Криворучко Т.А. Размерный и частотный эффект в алюминии // ФММ. – 1986. – Т. 61, вып. 5. – С. 1038 – 1040.