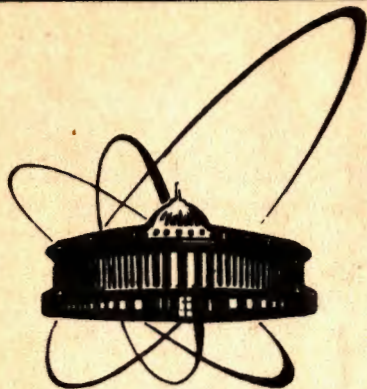


92-223



объединенный
институт
ядерных
исследований
дубна

P8-92-223

Н.М.Владими́рова, В.М.Дробин, Е.И.Дьячков

ИЗМЕНЕНИЕ СО ВРЕМЕНЕМ ПОТЕРЬ ЭНЕРГИИ
В NbTi-СВЕРХПРОВОДНИКАХ
В ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЯХ

Направлено в журнал "Cryogenics"

1992

При использовании сверхпроводников в магнитных системах, работающих в переменных магнитных полях, величина потерь энергии является одной из определяющих характеристик и достаточно хорошо изучена как теоретически, так и экспериментально [1-4]. В данной работе приведены результаты исследования влияния еще одного фактора - времени, которое было обнаружено случайно, а затем подтверждено дополнительными измерениями.

Измерения проводились на установке, описанной в работе [5], калориметрическим методом при температуре 4,2 К без транспортного тока в импульсном магнитном поле треугольной формы без паузы. Амплитуда магнитного поля могла меняться от 0 до 2 Тл, скорость изменения магнитного поля от 0 до 6 Тл/с. Повторные измерения проведены на пяти образцах из мелкодисперсного сверхпроводника и на образце из медной трубки спустя 50-130 месяцев. Характеристики всех образцов сведены в таблице 1. Образцы 19,

Таблица 1. Характеристики образцов

Образец	19	30	31	34	34А	Медная трубка 5x0,7 мм
Характеристика						
Диаметр провода, мм	1,25	0,5	0,5	0,5	0,5	
Число сверхпроводящих волокон	61	1045	2970	2970	2970	
Диаметр волокна, мкм	110	10	6	6	6	
Шаг твиста, мм	20	7	4	4	4	
Объем образца, см ³	8,1	2,0	2,0	4,3	4,2	12,5
S/V, см ⁻¹	172	1670	2850	2850	2850	
Время между измерениями, мес.	128	69	70	65	51	88

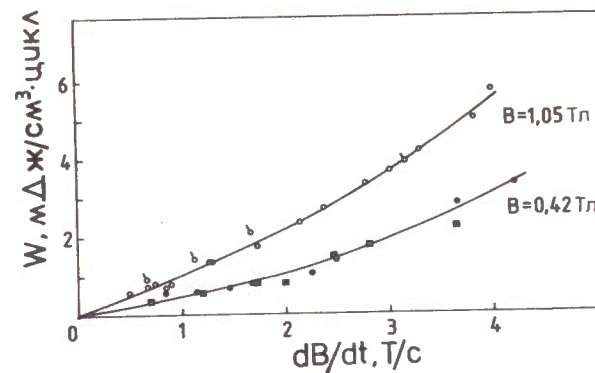


Рис.1. Зависимость потерь энергии от скорости изменения внешнего магнитного поля для медной трубки:
 \blacksquare и \blacksquare - первое измерение,
 \circ и \bullet - повторное измерение через 88 месяцев.

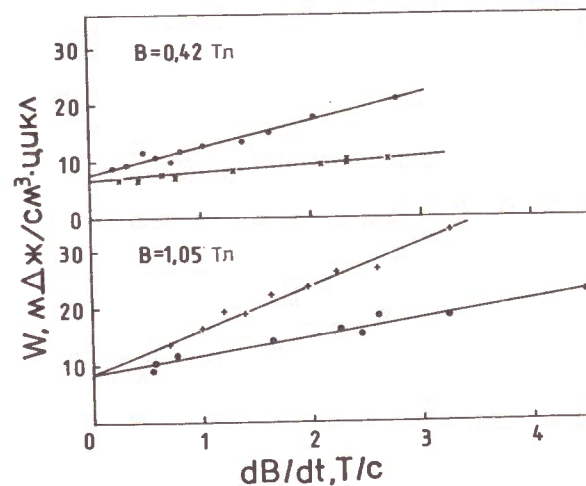


Рис.2. Зависимость потерь энергии от скорости изменения магнитного поля для образца 31:
 \circ и \times - измерения в марте 1985 г.
 \times и \bullet - измерения в январе 1991 г.

30 и 31 представляли собой пучок изолированных проводов, а 34 и 34А - кусок трубчатого кабеля с изолированными проводами и медной трубкой по типу измеренного в работе [3].

На рис.1 показаны результаты для медной трубки. Зависимость потерь энергии от скорости изменения магнитного поля осталась неизменной спустя 88 месяцев. Этот результат свидетельствует также о надежности экспериментальной методики. Что касается образцов из мелкодисперсного сверхпроводника, то потери не изменялись только для образца 19 с относительно малым количеством сверхпроводящих волокон $n = 61$. Для образцов с количеством волокон 1045 и 2970 потери энергии значительно уменьшились, типичные результаты приведены на рис.2. Измеренные зависимости величины потерь от скорости изменения магнитного поля \dot{B} имеют линейный характер (рис.2) и могут быть представлены выражением:

$$W = A + C \dot{B},$$

где A характеризует величину гистерезисных потерь в композитном сверхпроводнике; C - коэффициент, пропорциональный вихревым потерям. Отношения A_2/A_1 и C_2/C_1 характеризуют изменение гистерезисных и вихревых потерь, происшедшее за период времени между двумя измерениями. Результаты измерений всех сверхпроводящих образцов приведены в таблице 2. Заметное изменение гис-

Таблица 2. Результаты измерений сверхпроводящих образцов

Образец	Образец				
	19	30	31	34	34А
Коэф-фициент					
$B = 0,42 \text{ Тл}$					
A_1	28,2	4,5	7,0	2,0	4,3
A_2	28,2	7,0	6,5	2,0	4,0
A_2/A_1	1,0	1,55	0,93	1,0	0,93
C_1	7,0	9,5	5,1	8,7	7,55
C_2	7,0	4,0	1,5	3,13	3,4
C_2/C_1	1,0	0,42	0,29	0,36	0,45
$B = 1,05 \text{ Тл}$					
A_1	103,4	11,7	10,0	8,0	6,5
A_2	102,0	11,2	10,0	6,0	6,5
A_2/A_1	0,99	0,96	1,0	0,75	1,0

Продолжение таблицы 2

Образец	Образец				
	19	30	31	34	34А
Коэф-фициент					
C_1	57,9	13,4	6,75	9,9	10,75
C_2	59,2	9,52	3,0	4,75	5,75
C_2/C_1	1,04	0,71	0,44	0,48	0,53

терезисных потерь наблюдалось только в 2 случаях из 10 и имело противоположные значения, поэтому можно с некоторым приближением сказать, что гистерезисные потери не изменились заметно в течение времени. Не изменилась также и токнесущая способность сверхпроводников, измеренная для двух образцов. На рис.3 приведена зависимость критического тока от внешнего магнитного поля для образца 30, аналогичные результаты получены для образца 34.

Рассмотрим, от чего зависит степень изменения вихревых потерь C_2/C_1 . Из таблицы 2 видно, что более значительное уменьшение вихревых потерь наблюдалось для образцов с наибольшим количеством сверхпроводящих волокон. На рис.4 приведена зависимость уменьшения вихревых потерь C_2/C_1 от времени для образцов с количеством сверхпроводящих волокон 2970. Для образца 30 с количеством волокон 1045 это уменьшение менее значительно, а для образца 19 с количеством волокон 61 потери не изменились совсем.

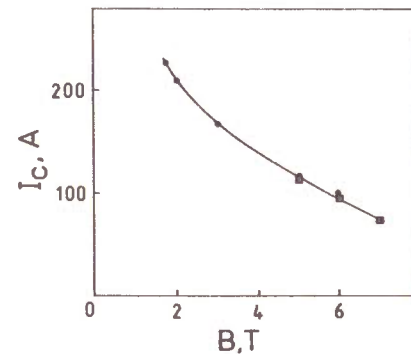


Рис.3. Зависимость критического тока от магнитного поля для образца 30: ■ - данные организации изготовителя, • - измерения в июне 1991 г.

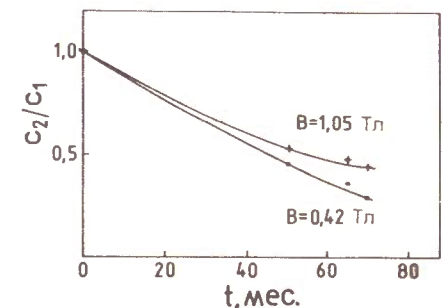


Рис.4. Зависимость изменения C_2/C_1 вихревых потерь от времени для образцов с количеством сверхпроводящих волокон 2970 (образцы 31, 34 и 34А).

Можно предположить, что уменьшение вихревых потерь связано с увеличением эффективного поперечного сопротивления композитного проводника из-за процессов диффузии. В таблице 1 приведен такой параметр сверхпроводящих образцов, как площадь контактного слоя между NbTi и Cu, приходящаяся на единицу объема - S/V. Более значительное уменьшение вихревых потерь наблюдалось для образцов с наибольшей поверхностью соприкосновения двух металлов, для которых эффекты, связанные с диффузией, должны проявляться сильнее.

ЛИТЕРАТУРА

1. Брехна Г. Сверхпроводящие магнитные системы. - М.: Мир, 1976.
2. Уилсон М. Сверхпроводящие магниты. - М.: Мир, 1985.
3. Дробин В.М. и др. - ОИЯИ, P8-80-575, Дубна, 1980.
Chovanec F. et al. - Cryogenics, 1981, 21, p.559-562.
4. Агапов Ю.П. и др. - ИАЭ-2913, Москва, 1977.
5. Дробин В.М. и др. - ОИЯИ, P13-12052, Дубна, 1978.

Владиминова Н.М., Дробин В.М., Дьячков Е.И. P8-92-223
Изменение со временем потерь энергии
в NbTi-сверхпроводниках в импульсных
магнитных полях

Проведено исследование влияния фактора времени на потери энергии в мелкодисперсном NbTi-сверхпроводнике в импульсном магнитном поле. Полученное уменьшение вихревых потерь в 1,4-3,4 раза для разных образцов, вероятно, связано с увеличением эффективного поперечного сопротивления матрицы в результате диффузии между NbTi и медью. Процессы старения не привели к снижению токонесущей способности.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1992

Перевод авторов

Vladimirova N.M., Drobin V.M., P8-92-223
Dyachkov E.I.
The Change of Energy Losses
with Time in NbTi Superconductors
in Pulsed Magnetic Fields

The influence of time factor on energy losses of a NbTi multifilamentary superconductor in a pulsed magnetic field has been investigated. The observed decrease of eddy current losses by a factor of 1.4-3.4 is probably associated with increasing an effective transverse resistivity of the matrix due to diffusion between NbTi and copper. Processes of obsolescence did not result in decreasing current-carrying capability.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1992