

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА



*С 393 ж*  
*A-537*

*27/a-78*  
8 - 11062

В.П.Алфименков, А.И.Иваненко, О.Н.Овчинников

*1023/2-78*

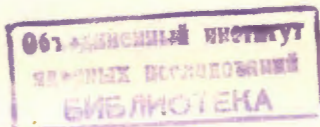
ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ  
ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЙ  
ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

**1977**

8 - 11062

В.П.Алфименков, А.И.Иваненко, О.Н.Овчинников

ШЕСТИКАНАЛЬНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ  
ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЙ  
ПРИ СВЕРХНИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ



Алфименков В.П., Иваненко А.И., Овчинников О.Н. 8 - 11062

Шестиканальный измеритель термосопротивлений при сверхнизких температурах

Описан шестиканальный измеритель термосопротивлений при сверхнизких температурах с выводом на многооточный самопишущий прибор. Диапазон измеряемых термосопротивлений  $10^2 + 10^6$  Ом. Измерительное напряжение на рабочей частоте 19,6 Гц составляет  $10 + 100$  мкВ. Точность измерения лучше 1%. Измеритель термосопротивлений имеет дистанционное управление. Приведены принципиальные схемы и основные характеристики прибора.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Alfimenkov V.P., Ivanenko A.I., Ovchinnikov O.N. 8 - 11062

6-Channel Set-Up for Measuring Thermistor Resistances at Very Low Temperatures

A six-channel set-up for remote-controlled measurement of very low temperature thermistor resistances allowing output transfer to a multiplotter is described, with measuring voltages from 10 through 100 V at frequency of 19,6 Hz. The device measures thermistors from  $10^2$  to  $10^6$  Ohm to an accuracy better than 1%. The principal circuit and main features of the device are presented.

The investigation has been performed at the Neutron Physics Laboratory, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

## ВВЕДЕНИЕ

Термосопротивления являются удобными, недорогими и достаточно стабильными вторичными датчиками температуры. Они нашли широкое применение в криогенной термометрии. Измерения с помощью термосопротивлений низких температур вплоть до  $\sim 1$  К технически очень просты.

При дальнейшем понижении температуры в связи с резким ухудшением теплопередачи как в рабочем веществе термосопротивления, так и между термосопротивлением и измеряемым объектом, возникают трудности, связанные с возможным перегревом термосопротивления измерительным током. Так, при  $T \approx 0,1$  К существенным оказывается перегрев, обусловленный измерительной мощностью, равной  $\approx 10^{-12}$  Вт [1].

Измерение термосопротивлений при малой измерительной мощности можно проводить и на постоянном, и на переменном токе. Каждому из этих методов присущи свои трудности: для систем на постоянном токе - влияние термо-ЭДС в гальванически замкнутой измерительной цепи, а для систем на переменном токе - влияние паразитных реактивностей и наводок. Более широкое применение нашли системы на переменном токе, поскольку присущие этому методу трудности сравнительно легко преодолеваются путем снижения рабочей частоты измерителя и сужения его частотной полосы.

Измерения термосопротивлений с очень высокой точностью производятся с помощью мостовых схем [1-8]. Однако простые мостовые схемы не обеспечивают воз-

возможности проводить непрерывные измерения с автоматической регистрацией результатов. Для этой цели используются сложные, дорогие и не очень надежные самоуравновешивающиеся мосты<sup>1/2</sup>. В тех случаях, когда к точности измерений высоких требований не предъявляется, но зато необходимы непрерывные измерения сразу нескольких термосопротивлений, целесообразно использовать не мостовую схему, а обычную - с измерением падения напряжения на термосопротивлении при заданном по величине измерительном токе.

Ниже описан измеритель термосопротивлений такого типа, созданный в ЛНФ ОИЯИ и используемый для измерений температуры в рефрижераторе с раствором  $^3\text{He}$  в  $^4\text{He}$ <sup>3/9/</sup>.

### БЛОК-СХЕМА И ПРИНЦИП РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЯ ТЕРМОСОПРОТИВЛЕНИЙ

На рис. 1 показана блок-схема шестиканального измерителя термосопротивлений. Измеритель имеет шесть независимых измерительных каналов, коммутатор и блок управления. Различие между первыми двумя и последующими каналами заключается в том, что первые два канала кроме местного имеют и дистанционное управление. Для этого переключения, необходимые в процессе работы первых двух каналов, осуществляются с помощью электромагнитных реле. Реле Р2, Р3, Р4 и Р5 переключают измерительные поддиапазоны, а реле Р1 и Р7 коммутируют измеряемые термосопротивления. Регистрация результатов измерений осуществляется с помощью автоматического электронного потенциометра, последовательно опрашивающего выходы всех измерительных каналов.

Рассмотрим работу измерительного канала. От кварцевого генератора КГ импульсы с частотой 10 кГц поступают на делитель частоты ПС с коэффициентом деления, равным 512. На выходе ПС амплитуда выходных импульсов застabilизирована. Переменным резистором R1 устанавливается необходимый уровень напряжения, питающего измерительный канал. Это напряжение через

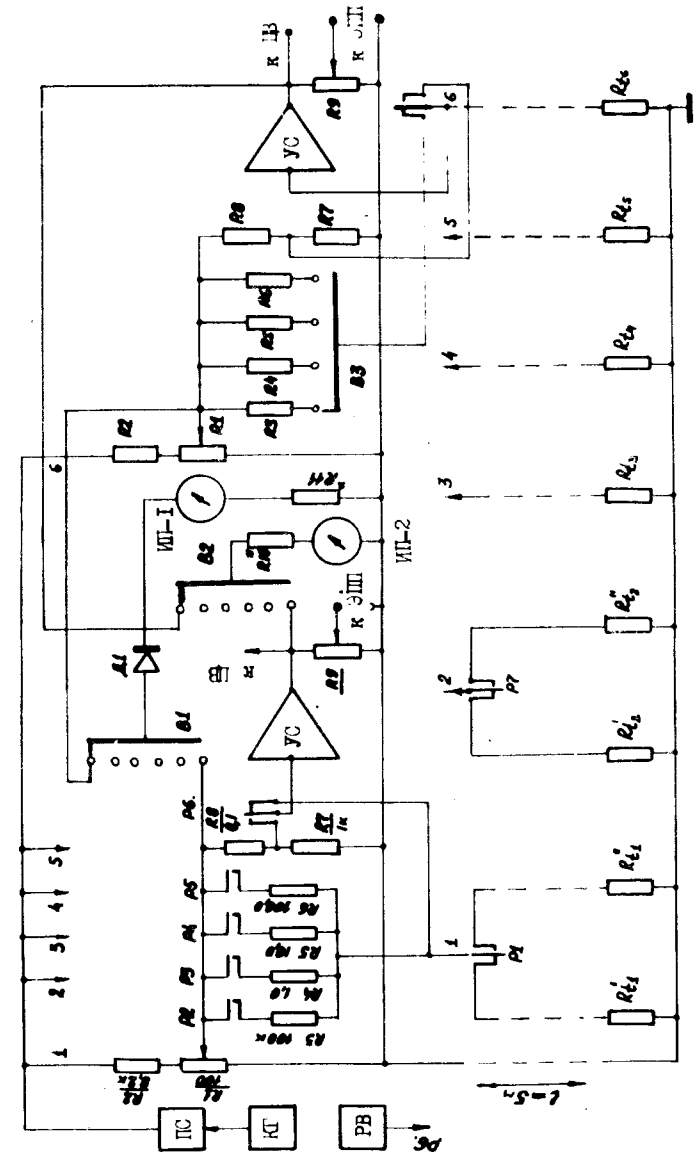


Рис. 1. Блок-схема шестиканального измерителя термосопротивлений при сверхнизких температурах.

переключающие реле P2÷P5 подается на последовательно включенные один из поддиапазонных резисторов R3÷R6 и измеряемое термосопротивление. Постоянство измерительного тока обеспечивается тем, что резисторы R3÷R6 не менее чем в 100 раз превосходят по величине измеряемые термосопротивления. Вход измерительного усилителя УС с помощью реле P6 может подключаться либо к измеряемому термосопротивлению R<sub>1</sub>, либо к эталонному резистору R7 для контроля стабильности измерительного тракта. Реле времени PВ через каждые 30 мин рабочего измерения производит трехминутную проверку стабильности всего тракта. Выходной сигнал с УС поступает на вход цифрового вольтметра и через переменный резистор R9 - на самопишущий прибор. Работа всех каналов контролируется стрелочными индикаторами ИП1 и ИП2.

Наиболее сложным и ответственным узлом является измерительный усилитель /рис. 2/. Входной предусилитель /10/ построен на транзисторах Т1, Т2, Т3 и имеет входное сопротивление 50 МОм на рабочей частоте. Отрицательная обратная связь R5 и R12 стабилизирует коэффициент усиления и уменьшает нелинейные искажения. В небольших пределах усиление регулируется переменным резистором R4, установленным в цепи истока Т1. Узкополосный усилитель Т4 имеет двойной Т-образный мост в цепи обратной связи /11,12/, настроенный на рабочую частоту. Режекторный фильтр Т5, Т6 ослабляет сетевые наводки на 60 дБ. В качестве режекторной цепи выбраны последовательно соединенные R27, C15 и параллельно соединенные R28, C16, сигнал на которые с коллектора и эмиттера Т5 /13/ приходит в противофазе. Высокочувствительный детектор Т7 с диодами Д1 и Д2 в цепи обратной связи /14,15/ осуществляет двухполупериодное выпрямление измеряемого напряжения. Интегратор Т8 уменьшает влияние импульсных наводок, поступающих на вход измерительного тракта.

Характеристика амплитудной зависимости выходного сигнала от входного показана на рис. 3.

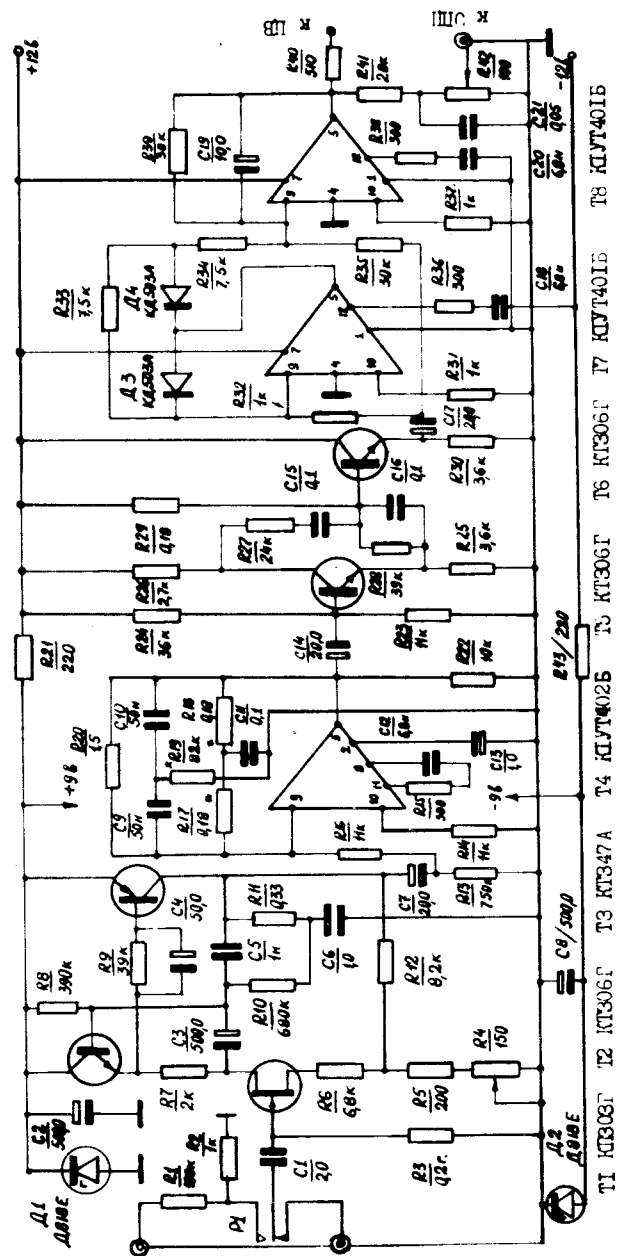


Рис. 2. Измерительный усилитель.

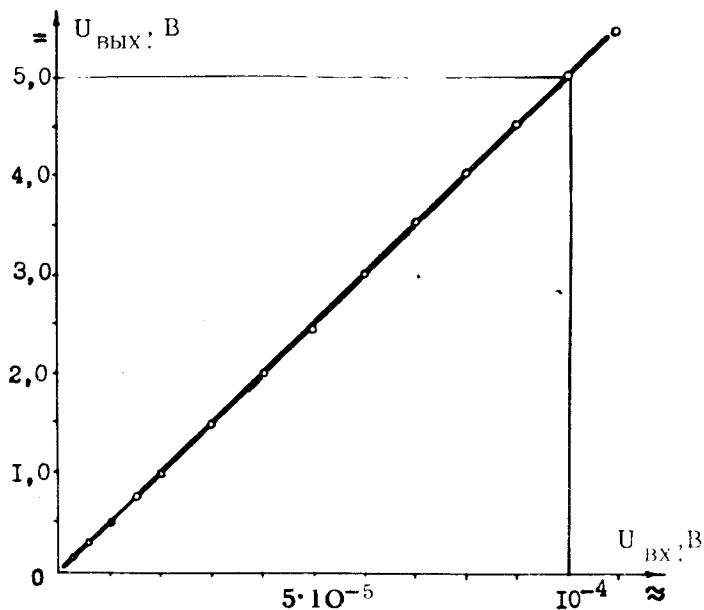


Рис. 3. Амплитудная зависимость выходного сигнала от входного.

#### Основные характеристики измерительного канала

- |   |                                |
|---|--------------------------------|
| 1. Диапазон измеряемых термосопротивлений                         | - $10^2 \div 10^6 \text{ Ом.}$ |
| 2. Число поддиапазонов измеряемых сопротивлений                   | - 4.                           |
| 3. Уровень измеряемого напряжения на термосопротивлениях          | - $10 \div 100 \text{ мкВ.}$   |
| 4. Максимальное выходное напряжение                               | - 5 В.                         |
| 5. Рабочая частота  | - 19,6 Гц.                     |
| 6. Интегральная нелинейность                                      | - не более 1%.                 |
| 7. Точность / $U_{ВХ} = 10 \text{ мкВ,}$<br>$R = 10 \text{ кОм/}$ | - 0,5%.                        |

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 8. Входное сопротивление / $f_0 = 19,6 \text{ Гц/}$ | - $5 \cdot 10^7 \text{ Ом.}$          |
| 9. Коэффициент ослабления тракта на частоте сети    | - 80 дБ.                              |
| 10. Коэффициент усиления усилителя                  | - $5 \cdot 10^4$                      |
| 11. Время интегрирования                            | - 5 с.                                |
| 12. Выходное сопротивление                          | - 1 кОм.                              |
| 13. Температурная зависимость коэффициента усиления | - $4 \cdot 10^{-4} / ^\circ\text{C.}$ |
| 14. Автоматический режим работы:                    |                                       |
| измерение   | - 30 мин.                             |
| контроль  | - 3 мин.                              |
| 15. Напряжение питания                              | - $\pm 12 \text{ В.}$                 |

#### КОНСТРУКЦИЯ ИЗМЕРИТЕЛЯ

Конструктивно измеритель термосопротивлений выполнен в виде стандартной стойки, в которой установлены коммутатор, блок управления, генератор, измерительные усилители и самопишущий прибор. Усилители изготовлены в виде отдельных экранированных блоков. Их входы соединены с коммутатором и блоком управления кабелем РК-19. Весь измерительный тракт изолирован от общего шасси стойки и соединен только с металлическим корпусом криостата, являющимся общей "землей". Термосопротивления через герметизированный разъем криостата, кабель РК-19 и коммутатор одним выводом соединены со входами соответствующих измерительных усилителей, а другим - с корпусом криостата.

В заключение авторы считают своим приятным долгом выразить благодарность С.И.Неговелову и М.С.Язвицкой за техническую помощь в изготовлении прибора.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Aalto M.I., Ehnholm G.J. *J.Phys.E.Sci.Instr.*, 1973, 6, 7, p.614.
2. Oda Y. e.a. *Cryogenics*, 1974, 14, 2, p.84.
3. Anderson A.C. e.a. *Rev. Sci. Instr.*, 1976, 47, 4, p.407.
4. Ekin J.W., Wagner D.K. *Rev.Sci.Instr.*, 1970, 41, 7, p.1109.
5. Cryobridge, S-72, ĆSSR.
6. Magerlein J.H. e.a. *Rev.Sci. Instr.*, 1975, 46, 12, p.1653.
7. Lounasmaa O.V. *Exper. Principles and Methods below 1K*. Academic Press, London and New York, 1974.
8. Forgan E.M. *Cryogenics*, 1974, 14, 4, p.207.
9. Алфименков В.П., Овчинников О.Н. ОИЯИ, P8-9168, Дубна, 1975.
10. Пенн Т. *Электроника*, p.п., 1968, 26, с.8.
11. Синтез активных RC-цепей /под ред. А.А.Ланнэ/. "Связь", М., 1975.
12. Активные RC-фильтры на ОУ /под ред. Г.Н.Алексеева/. "Энергия", М., 1974.
13. De Kold D. *Electronics*, 1972, 45, 18, p.80.
14. *Nat. Semiconductor*, 1969, LB-2, p.3.
15. Проектирование и применение ОУ /под ред. Дж.Грэма/. "Мир", М., 1974.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 ноября 1977 года.