

ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



13/III-78
P8 - 11174

П-121

В.Н.Павлов, Я.Конишек

1234/2-78

КОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК

УРОВНЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ

1977

P8 - 11174

В.Н.Павлов, Я.Коничек

**КОНТАКТНЫЙ ДАТЧИК
УРОВНЯ КРИОГЕННОЙ ЖИДКОСТИ**

Направлено в ПТЭ

Павлов В.Н., Коничек Я.

P8 - 11174

Контактный датчик уровня криогенной жидкости

Описываются принцип действия и конструкция контактного датчика уровня криогенной жидкости. Чувствительным элементом датчика может быть, в принципе, любое тело, какое-либо физическое свойство которого имеет сильную температурную зависимость. Предложенный датчик особенно эффективен при измерении уровня жидкого гелия. Датчик реагирует только на прямой контакт с жидкостью, измеряет уровень жидкости с точностью не хуже 0,05 мм и потребляет мощность менее 10^{-2} Вт.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Pavlov V.N., Konicek J.

P8 - 11174

A Contact Levelmeter for Cryogenic Liquid

The design of a contact levelmeter for cryogenic liquid has been described. Any substance having a great temperature dependence of any physical property can be used as a sensor. The power supply of the levelmeter is some milliwatt. It provides a high accuracy for detecting the surface of the liquid phase. The levelmeter can be applied especially efficiently for detecting a liquid helium level.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

При измерении и регулировании уровня криогенной жидкости в криостатах с малым тепловыделением к датчику предъявляется требование надежности и экономичности. В экспериментальной технике для измерения уровня жидкого гелия широко применяются датчики, в которых в качестве чувствительного элемента используется проволока из нормального металла ^{1/} или сверхпроводника ^{2/}. К недостаткам этих устройств относится большая мощность, рассеиваемая на единице длины или сопротивления чувствительного элемента, а также относительная сложность внешней цепи индикации. В настоящей работе приводится описание конструкции и принципа работы контактного датчика уровня криогенной жидкости, который не содержит в себе недостатков многочисленных аналогов и может найти широкое применение в криогенной технике.

Общая идея такого датчика заключается в следующем. Если охлажденное тело окружено со всех сторон вакуумной теплоизоляцией и находится под слоем криогенной жидкости, то его можно нагреть при использовании очень малой тепловой мощности до какой-то равновесной температуры, определяемой законом Стефана-Больцмана. Если это тело (например, сверхпроводник или газ и т.п.) заведомо изменяет своё фазовое состояние в точке выше температуры кипения криогенной жидкости, то очевидно, его состояние может быть однозначным индикатором наличия или отсутствия жидкости при условии, что телу предоставлена возможность контактировать с окружающей средой. Это контактирование можно осуществить через посредство теплопровода, пронизывающего теплоизоляцию.

Чтобы работа датчика не была критична к размерам и форме температурно-чувствительного пробного тела, поместим это тело с надежным тепловым контактом в теплопроводящий корпус, совмещенный с теплопроводом. Регулируемый нагрев можно вести с помощью электрического нагревателя, также находящегося в тепловом контакте с пробным телом. Таким образом, получается устройство, состоящее из теплоизоляции и монолитного теплового блока, имеющего ограниченную поверхность теплообмена за пределами теплоизоляции. Блок, включающий в себя пробное тело, нагреватель и теплопроводящий корпус, можно считать "изотермическим". Температура этого блока будет определяться в основном мощностью нагревателя и характером процесса теплообмена с внешней средой, происходящего на контактной поверхности теплопровода. Величина теплоотдачи на контактной площадке теплопровода может быть заранее задана меньшей критического теплового потока, соответствующего пузырьковому режиму кипения. Тогда "изотермический" блок будет иметь, в зависимости от режима теплообмена с внешней средой, одно из двух температурных состояний, отличающихся на значительную величину. Подбирая теплоизоляцию "изотермического" блока и изменяя характеристики теплопровода, можно изменять рабочие параметры датчика в широких пределах.

Простая конструкция датчика для частного случая измерения уровня жидкого гелия показана на рис. 1.

Основой датчика является металлизированный резистор 2 типа МЛТ-0,12 сопротивлением около 500 Ом. В качестве температурно-чувствительного тела используется сверхпроводящая проволока 1 диаметром 20 мкм и длиной около 200 мм, извлеченная из промышленного Nb-Ti кабеля травлением в теплой азотной кислоте и затем покрытая эмалевой электроизоляцией. Сверхпроводящая проволока навивается плотно на очищенную от изоляции поверхность резистора и закрывается слоем эпоксидного клея 3 с наполнителем - медным порошком. Подготовленный элемент вклеивается при помощи того же клея в медный корпус 4. Затем медный корпус плотно вставляется в теплоизолятор 5 из пенопласта ПС-1. Дат-

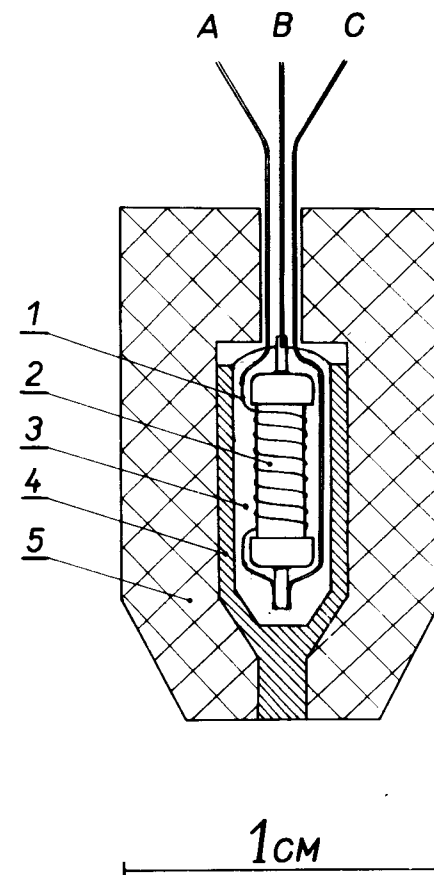


Рис. 1. Конструкция датчика уровня жидкого гелия: 1 - изолированная сверхпроводящая проволока; 2 - резистор; 3 - эпоксидный клей; 4 - медный корпус; 5 - теплоизоляция.

чик закрепляется на перемещающемся штоке или неподвижно в криостате и подключается к внешней измерительной цепи по схеме, представленной на рис. 2. Работа индикатора ясна из рис. 2.

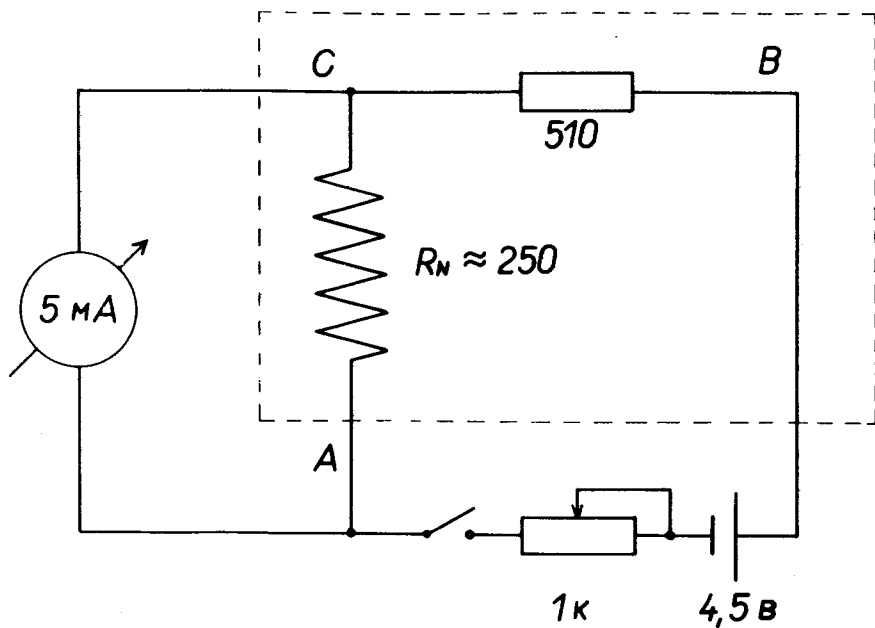


Рис. 2. Схема индикации с помощью миллиамперметра.

Рабочий ток подбирается равным примерно 90% величины тока, нагревающего погруженный в жидкий гелий датчик до температуры выше критической температуры сверхпроводника. Величина оптимальной мощности датчика сильно зависит от качества теплоизоляции. Так, для одного из датчиков, имевшего вакуумную изоляцию, она составила $1,3 \cdot 10^{-4}$ Вт, а для серии из 4 датчиков с пенопластовой изоляцией находилась в интервале $5 \div \pm 9 \cdot 10^{-3}$ Вт.

Длительная эксплуатация датчиков проводилась в нормальном и сверхтекучем гелии в комбинированном рефрижераторе растворения^{/3/} и в сверхпроводящем соленоиде с высокой напряженностью поля. В результате эксплуатации установлено, что датчик

- 1) реагирует только на контакт с жидкой фазой;
- 2) четко работает в любых переходных режимах

криостата (заливка, откачка, отогрев гелия), не требуя изменения рабочего тока;

3) регистрирует уровень жидкости (He II) с точностью не хуже 0,05 мм;

4) не изменяет своих параметров в магнитном поле напряженностью по крайней мере вплоть до 4,5 Т;

5) имеет время тепловой релаксации менее 0,5 с.

В заключение авторы благодарят В.И.Дацкова за помощь в проведении испытаний датчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Cruz F. de la, Bresson O.J. RSI, 1969, 3, p. 483.
2. Розенберг Я.И. ПТЭ, 1970, №4, 228.
3. Павлов В.Н. и др. ОИЯИ, P8-10660, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
20 декабря 1977 года.