

9904

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ

ДУБНА



8 - 9904

ЭКЗ. ЧИТ. ЗАЛ

В.Ф.Сиколенко

ИЗМЕРИТЕЛЬ

ИМПУЛЬСНЫХ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

1976

8 - 9904

В.Ф.Сиколенко

ИЗМЕРИТЕЛЬ

ИМПУЛЬСНЫХ КРИОГЕННЫХ ТЕМПЕРАТУР

При исследованиях и испытаниях сверхпроводящих устройств, в частности импульсных магнитов, возникает необходимость измерения быстроизменяющихся криогенных температур. Используя в качестве датчиков термометры сопротивлений /например, угольные резисторы фирмы "Аллен-Бредли"/^{1/}, ток возбуждения датчиков выбирают из условия возможно меньшего их саморазогрева, и его величина составляет $10 \div 100$ мкА.

В лабораторных условиях, когда используется меньшее значение тока /например, 10 мкА/, полезный сигнал с датчика в области гелиевых температур составляет приблизительно 100 мкВ на $0,01^\circ$ К. Такое напряжение недостаточно для непосредственного наблюдения на осциллографе или записи на быстродействующем самописце. С другой стороны, при столь низком уровне исследуемого сигнала его регистрация существенно затрудняется помехами, в основном промышленной частоты. Таким образом, измерение импульсных криогенных температур можно представить как проблему измерения микровольтных напряжений в условиях сравнительно больших регулярных помех.

Задача может быть решена построением помехозащищенной системы измерений, содержащей усилитель, выходное напряжение которого будет достаточным для регистрации стандартным осциллографом /предпочтительно - запоминающим/ или быстродействующим самописцем. В первом случае реализуется максимальная чувствительность 10 мВ/дел, во втором - 20 мВ/дел, что определяет минимальный коэффициент усиления измерительного усилителя : около 100 .

Наиболее важной и трудной частью поставленной задачи является разработка измерительной схемы, мини-

мально подверженной воздействию помех. Проблема усложняется, если измерительная часть удалена от датчика на значительное расстояние /несколько десятков метров/.

Как показал опыт, помехи воздействуют в основном на линию связи датчика с измерительным органом и цепь возбуждающего тока.

По характеру помехи могут быть емкостными за счет емкостной связи указанных цепей датчика с силовой сетью промышленной частоты; могут возникать электромагнитные наводки в полях токов промышленной частоты и системы питания импульсных магнитов; и, наконец, третьей причиной появления помехи может быть разнопотенциальность земель в месте установки датчика и измерительного органа в случае, если по каким-либо причинам один из выводов датчика должен быть заземлен /заземление осциллографа или самописца всегда обязательно/.

Во всех перечисленных случаях следует руководствоваться известными принципами компенсации помех с помощью дифференциальных усилителей^{/2/} и конструктивным исполнением цепей измерения и возбуждения датчика.

Как известно, для исключения влияния на результаты измерений параметров линии, подводящей ток возбуждения, измерительная линия обычно выполняется в виде отдельной цепи, подключаемой непосредственно к выводам датчика. Следует обратить особое внимание на то, чтобы в месте подключения линий к выводам датчика площадь образующейся петли была минимальна для исключения контура, воспринимающего изменение магнитного потока. Если допустимо симметричное /относительно земли/ включение термометра сопротивления, для ослабления влияния емкостных и электромагнитных помех обе линии следует выполнять скрученными парами, помещенными в экран. Для исключения влияния разнопотенциальности земель необходимо, чтобы электростатический экран скрученной двухпроводной линии позволял осуществить заземление в одной точке. Указанные условия легко выполнимы, если в качестве линии связи использовать симметричный микрофонный шнур, имеющий изоляцию поверх экрана /например, КММ-2хО,14/.

Измерительную линию необходимо подключить к симметричному входу измерительного усилителя с хорошим коэффициентом подавления синфазного сигнала, обладающего входным сопротивлением, значительно большим сопротивления датчика /для исключения погрешностей, связанных с изменением сопротивления подводящей линии и входного сопротивления усилителя/. Усилитель должен иметь малые собственные шумы и, поскольку производятся измерения сравнительно медленных процессов, малый дрейф выходного напряжения. Поставленным требованиям в большей или меньшей степени удовлетворяет операционный усилитель К28УД1.

Принципиальная схема измерителя приведена на рис. 1. Напряжение с датчика поступает на усилитель У1, подавляющий синфазную помеху и выделяющий полезный сигнал. Поскольку измерение импульсных температур происходит по отношению к некоторому начальному уровню температуры T_0 , для обеспечения возможности реализации максимальной чувствительности осциллографа или самописца следует предусмотреть компенсацию постоянного выходного напряжения усилителя, соответствующего этому уровню температуры. С этой целью в схему измерителя введен усилитель У2. Для расширения динамического диапазона коэффициент усиления первого усилителя выбран равным единице и основное усиление осуществляется усилителем У2. На неинвертирующий вход У2 подается компенсирующее напряжение, и потенцио-

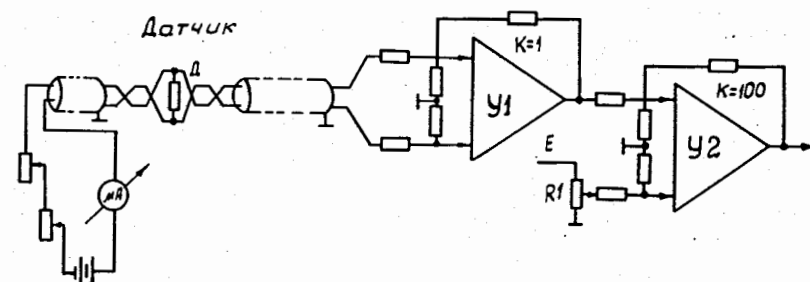


Рис. 1. Блок-схема измерителя импульсных криогенных температур.

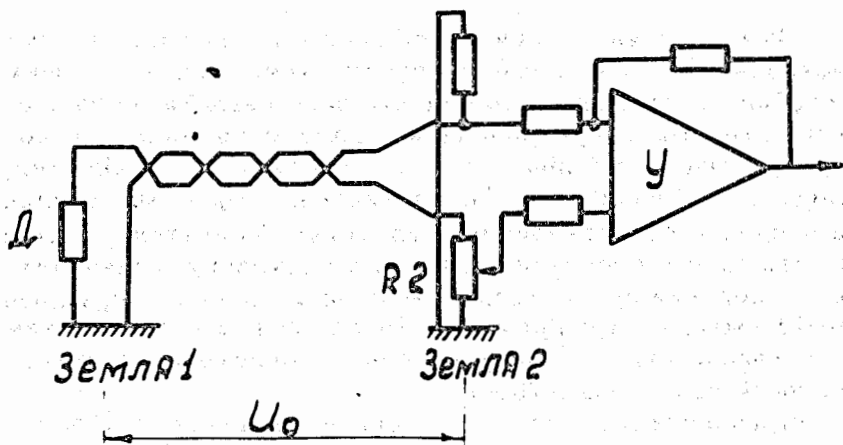


Рис. 2. Схема компенсации помех при разнопотенциальных землях.

метр $R1$ может быть ориентировочно градуирован в значениях температуры T_0 .

При необходимости заземления одной точки датчика линии связи нужно также выполнять симметричными, но второй, свободный конец линии соединять с землей датчика /земля 1 на рис. 2/. Вторым концом этого провода необходимо соединить с потенциометром $R2$, заземленным в месте установки усилителя $Y1$ /земля 2 на рис. 2/. Величина $R2$ выбирается приблизительно равной входному сопротивлению $Y1$ по неинвертирующему входу. При таком включении разность потенциалов между землей 1 и землей 2 U_0 прикладывается ко входам $Y1$ синфазно. Точная компенсация помехи достигается с помощью $R2$.

Заключение

По схеме рис. 1 был выполнен измеритель импульсных криогенных температур, обеспечивавший с осциллографом С8-1 чувствительность $0,0367^\circ K/\text{деление}$. Од-

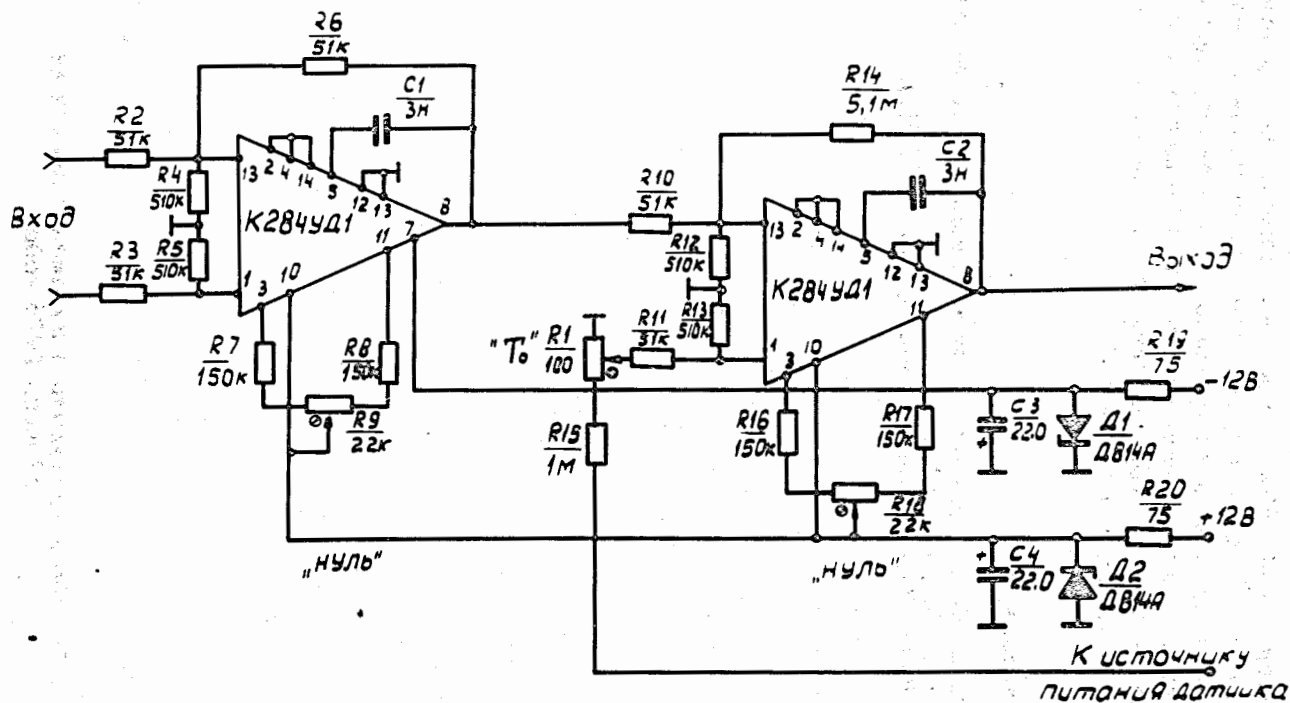


Рис. 3. Принципиальная схема измерительного усилителя.

новременно сигнал с выхода измерителя подавался на самописец типа НЗ27. Уровень помехи не превышал толщины луча осциллографа при длине линии передачи от датчика до измерителя около 10 м в непосредственной близости от потребителя энергии мощностью в несколько десятков кВт. Полная схема измерительного усилителя приведена на рис. 3.

Литература

1. А.Роуз-Инс. *Техника низкотемпературного эксперимента*. Мир, М., 1966.
2. P. Lefferts. *Electronic Design.*, vol. 23, N 16, p. 90 (1975).

*Рукопись поступила в издательский отдел
23 июня 1976 года.*