

Л. В. Курганская, А. В. Щербак (Самара, ИПУСС РАН, СамГУ). **О многоканальном регистраторе температур научной аппаратуры на КА «Бион-М» и «Фотон-М» с прецизионным источником тока.**

При проведении биологических и технологических экспериментов на борту космических аппаратов (КА) «Бион-М» и «Фотон-М» обычно требуется регистрация температуры в контейнерах научной аппаратуры, устанавливаемых на внешней поверхности КА. В связи с этим ранее в [1] был представлен технический облик многоканального регистратора температур (МРТ) с автономным источником питания. В качестве датчиков температуры в МРТ было предложено использовать платиновые термометры сопротивления, которые обладают широким диапазоном измеряемых температур и хорошо известными стабильными характеристиками [2].

Эксплуатационные и метрологические характеристики МРТ во многом определяются схемотехническим решением преобразователя температуры в напряжение (ПТН). Наиболее простой схемой включения рассматриваемых здесь датчиков является мост Уитстона [3], в одну из диагоналей которого включается источник напряжения (см. рис. 1 а), а с другой его диагонали снимается выходной сигнал $U_T = U_1 - U_2$, зависящий от температуры датчика, а точнее, от его сопротивления R_T .

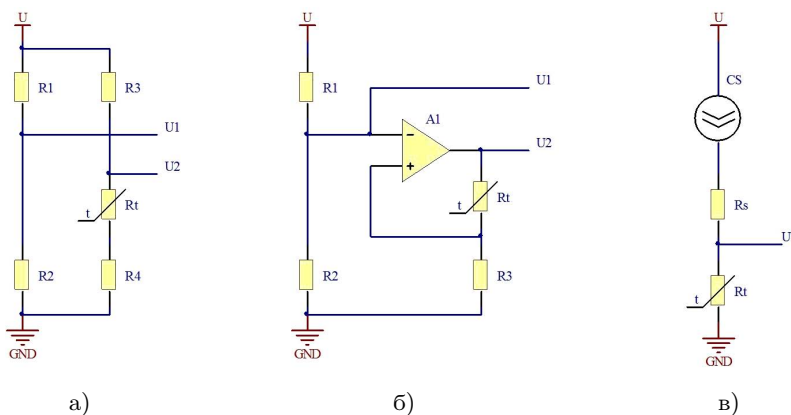


Рис. 1. Схемы включения термометров сопротивления

Зависимость U_T от R_T для этой схемы (рис. 1 а) имеет вид $U_T = U_B(R_2/(R_1 + R_2) - (R_4 + R_T)/(R_3 + R_4 + R_T))$, где U_B — напряжение питания моста. При выполнении условий $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$, $R_T \ll R$, характеристика датчика линейна с точностью до R_T/R и, стало быть, тогда

$$U_T \cong U_B R_T / (2R). \tag{1}$$

Точность преобразования сопротивления R_T в разность потенциалов (1) зависит от разброса значений сопротивлений R_1, R_2, R_3, R_4 , а линейность преобразования —

от R_T/R . Приемлемая линейность обычно достигается при $R_T/R \approx 10^{-3} \div 10^{-2}$, но это обуславливает повышение напряжения питания моста U_B .

Линейная зависимость выходного сигнала $U_T = U_1 - U_2$ от R_T имеет место для схемы ПТН, приведенной на рис. 1б) [3]. В ней постоянство рабочего тока датчика обеспечивается за счет стабилизации напряжения на резисторе R_3 , включаемом последовательно с датчиком. Выходной сигнал в этом случае будет $U_T = -U_B(R_2/(R_1 + R_2))(R_T/R_3)$, а коэффициент преобразования здесь зависит как от U_B , так и от R_1, R_2, R_3 . Реализация такого преобразователя требует жесткой стабилизации U_B и тщательного подбора сопротивлений. Недостатком данной схемы является необходимость включения датчика в цепь обратной связи операционного усилителя (ОУ), что усложняет, в свою очередь, схему коммутации каналов МРТ и требует применения коммутирующих ключей с малым внутренним сопротивлением. В связи с этим для разрабатываемого МРТ была предложена схема ПТН с прецизионным источником тока CS (см. рис. 1в), которая не требует подбора сопротивлений и позволяет исключить влияние внутреннего сопротивления коммутирующих ключей (R_S). Принцип действия этого ПТН состоит в измерении падения напряжения U_T непосредственно на датчике температуры при протекании через него постоянного тока I_0 , тогда $U_T = I_0 R_T$.

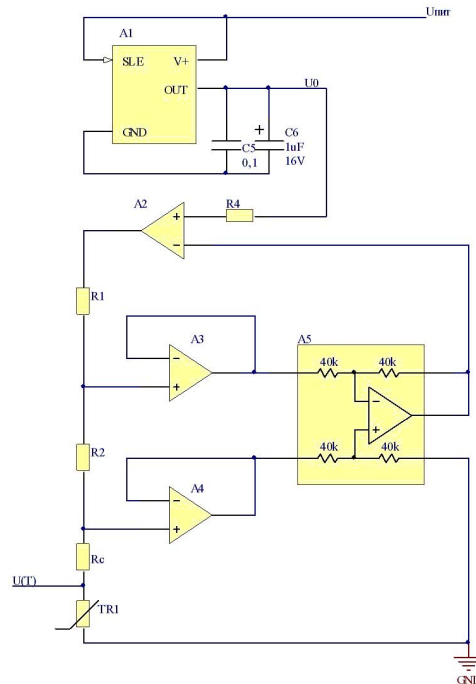


Рис. 2. Принципиальная схема ПТН с прецизионным источником тока

Принципиальная схема ПТН с прецизионным источником тока показана на рис. 2. Источник опорного напряжения $A1$ здесь формирует высокостабильное напряжение U_0 , которое подается на неинвертирующий вход ОУ $A2$, на выходе которого формируется напряжение, питающее цепь R_2, R_T так, что напряжение на его инвертирующем входе равно напряжению на неинвертирующем входе, т.е. U_0 . На инвертирующий вход подается напряжение с выхода дифференциального усилителя $A5$, пропорциональное разности потенциалов на резисторе R_2 . Таким образом, выполняется условие $U_0 = A_5 I_0 R_2$, где A_5 — коэффициент передачи дифференциального усилителя $A5$, I_0 — ток, текущий через последовательно соединенные элементы R_2 и R_T . Тогда вы-

ходное напряжение преобразователя будет равно $U_T = U_0 R_t / (R_2 A_5)$, т. е. коэффициент преобразования будет определяться значениями опорного напряжения U_0 , сопротивления резистора R_2 и коэффициента передачи дифференциального усилителя A_5 . Проведенные расчеты показали, что здесь относительная погрешность коэффициента преобразования не превышает 0,14%, а абсолютная погрешность измеряемой температуры не превышает $0,35^\circ \text{C}$, что удовлетворяет требованиям по точности измерений, предъявляемым к МРТ в составе научной аппаратуры КА «Бион-М» и «Фотон-М». Предложенный ПТН с прецизионным источником тока обладает высокой линейностью характеристики и позволяет исключить влияние внутреннего сопротивления ключей коммутации. Таким образом, предложенное схемотехническое решение ПТН с прецизионным источником тока удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к МРТ в части как эксплуатационных, так и метрологических характеристик.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абрашкин В. И., Горелов Ю. Н., Курганская Л. В., Щербак А. В.* Многоканальный регистратор температур для научной аппаратуры на борту космических аппаратов «Бион-М» и «Фотон-М». — Обозрение прикл. и промышл. матем., 2012, т. 19, в. 2, с. 232–233.
2. *Моисеева Н. П.* Выбор интерполяционного уравнения для платинового термометра сопротивления. — Измерительная техника, 2010, № 6, с. 34–38.
3. Honeywell, Temperature Sensors HRTS Series. Datasheet, № 1-800-537-6945, с. 1–3.