

Многодатчиковые мостовые измерительные схемы

Георгий Волович (Челябинск)

В статье рассмотрены многодатчиковые измерительные схемы, приведены основные соотношения, устанавливающие связь между входными и выходными сигналами, представлена схема на ОУ, устраняющая взаимное влияние датчиков.

Для получения информации о состоянии объекта измерений часто необходимо проводить измерения в нескольких точках объекта. Соответствующие датчики обычно включены в мост Уинстона и соединены с базовым прибором линией связи. Активные датчики имеют одну общую точку подключения к источнику питания (или к измерительному прибору), а к измерительному прибору (или к источнику питания) их подключают поочередно. При этом переходное сопротивление контактов и сопротивление проводов линии связи включаются последовательно с датчиком и искажают результат измерений.

На рисунке 1 показана схема соединений для многоточечных измерений

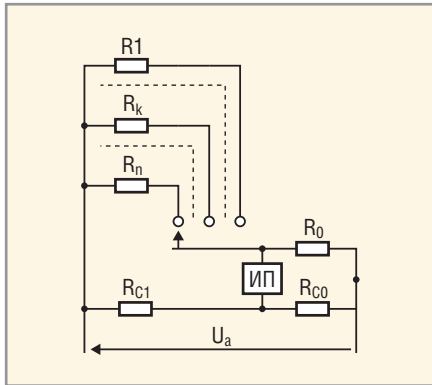


Рис. 1. Схема моста Уинстона для многоточечных измерений

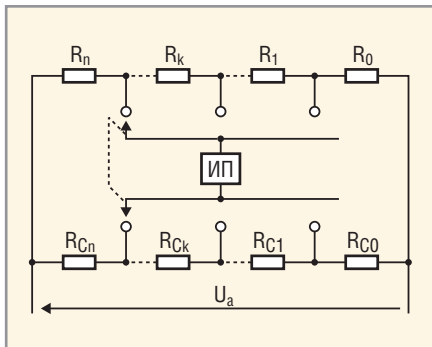


Рис. 2. Схема многодатчикового моста

обычным мостом Уинстона, а на рисунке 2 – схема многодатчикового моста [1]. Обозначения: R_k ($k = 1 \dots n$) – датчики; R_0 – пассивный датчик, R_{C0} и R_{Ck} – пассивные резисторы; U_a – напряжение питания моста; ИП – измерительный прибор (милливольтметр или аналого-цифровой преобразователь).

В схеме, приведённой на рисунке 2, в отличие от обычного моста, все датчики соединены последовательно. Один конец этой цепочки соединён с источником питания, а второй – с началом пассивного датчика R_0 , расположенного в базовом приборе. Пассивный полумост образован последовательно соединёнными пассивными резисторами R_C .

Измерительный прибор ИП поочередно подключают к очередному датчику R_k и соответствующему пассивному резистору R_{Ck} . При этом сопротивления контактов и проводов включены последовательно с высокоомным входом измерительного прибора и не влияют на результат измерений. Поэтому можно применять электронные коммутаторы, сопротивления которых в открытом состоянии измеряются десятками ом.

В начальном состоянии сопротивление датчика $R_{Hi} = R$. Аналогично, $R_{Ci} = R_C$. В рабочем состоянии начальное сопротивление датчика изменяется на ΔR_i и равно $R_i = R_{Hi}(1 + \xi_i)$, где $\xi_i = \Delta R_i / R_{Hi}$.

В k -ом положении переключателя сопротивления плеч моста в начальном состоянии описываются формулами:

$$R_{I=k} = \sum_k^n R_i = R(n+1-k),$$

$$R_{II=k} = \sum_0^{k-1} R_i = Rk,$$

$$R_{IIIk} = \sum_0^{k-1} R_{Ci} = R_C k,$$

$$R_{IVk} = \sum_k^n R_{Ci} = R_C(n+1-k).$$

В рабочем состоянии

$$R_{I=k} = \sum_k^n R_i = R \left(n+1-k + \sum_k^n \xi_i \right),$$

$$R_{IIk} = \sum_0^{k-1} R_i = R \left(k + \sum_k^{k-1} \xi_i \right).$$

Относительное напряжение сигнала моста в начальном состоянии составляет:

$$\eta_{=k} = \frac{V_{=k}}{V_a} = \frac{R_{I=k} R_{IIIk} - R_{II=k} R_{IVk}}{(R_{I=k} + R_{II=k})(R_{IIIk} + R_{IVk})} = 0.$$

В рабочем состоянии

$$\eta_k = \frac{V_k}{V_a} = \frac{R_{I=k} R_{IIIk} - R_{II=k} R_{IVk}}{(R_{I=k} + R_{II=k})(R_{IIIk} + R_{IVk})} =$$

$$= \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)(n+1 + \sum_0^{k-1} \xi_i)} \approx$$

$$\approx \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)^2}.$$

Следовательно,

$$\eta_k = \eta_{=k} + \frac{k \sum_0^n \xi_i - (n+1) \sum_0^{k-1} \xi_i}{(n+1)^2}, \text{ и}$$

$$\sum_0^{k-1} \xi_i = \frac{k}{n+1} \sum_0^n \xi_i - (n+1) \Delta \eta_k,$$

где $\Delta \eta_k = \eta_k - \eta_{nk}$.

В k -ом положении переключателя определяем сигнал предыдущего датчика:

$$\xi_{k-1} = \frac{1}{n+1} \sum_0^n \xi_i - (n+1)(\Delta \eta_k - \Delta \eta_{k-1}).$$

Из условия $\xi_0 = 0$ определяем:

$$\frac{1}{n+1} \sum_0^n \xi_i = (n+1) \Delta \eta_1$$

и получаем расчётную формулу для датчиков с номерами $k = 1 \dots n - 1$:

$$\xi_k = (n+1)(\Delta \eta_1 + \Delta \eta_k - \Delta \eta_{k+1}).$$

Учитывая, что $\Delta \eta_{k+1} = 0$, определяем сигнал n -го датчика:

$$\xi_n = (n+1)(\Delta \eta_1 + \Delta \eta_n).$$

При $n = 1$ получаем формулу для определения сигнала датчика обычного моста:

$$\xi = 4\Delta\eta.$$

Применение операционных усилителей (ОУ) позволяет получить сигналы, пропорциональные параметрам датчиков, не требующие дополнительных пересчётов. Схема трёхдатчиковой цепи с ОУ представлена на рисунке 3. Измерительная цепь питается от источника стабильного тока I_a . Самый нижний по схеме резистор – датчик R_T в измерительной цепи является термокомпенсирующим. Усилители Y_1, Y_2 и Y_3 – буферные повторители, их применение необязательно при условии $R_T \ll R$. Сопротивления резисторов – датчиков $R_i = R_T(1 + \xi_i)$. Напряжение на выходе усилителя U_4 составляет:

$$U_1 = 2R_T I_a - (R_T + R_1) I_a = (R_T - R_1) I_a = -\xi_1 R_T I_a.$$

Напряжение на выходе усилителя U_5 :

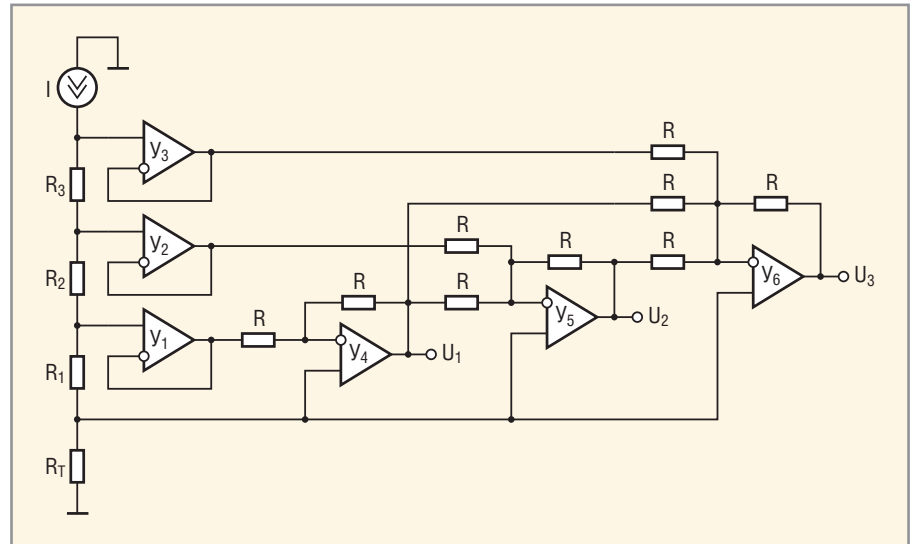


Рис. 3. Схема многодатчиковой цепи с ОУ

$$U_2 = 3R_T I_a - U_1 - (R_T + R_1 + R_2) I_a = -\xi_2 R_T I_a.$$

Аналогично, напряжение на выходе усилителя U_6 :

$$U_3 = 4R_T I_a - U_1 - U_2 - (R_T + R_1 + R_2 + R_3) I_a = -\xi_3 R_T I_a.$$

Таким образом, входные напряжения схемы пропорциональны относитель-

ным изменениям соответствующих резисторов – датчиков. Число датчиков может быть увеличено с соответствующим увеличением сумматоров на ОУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волович Г., Кутершляк-Юзефович Г. Измерительный мост с переключаемой диагональю измерений. Схемотехника. 2006. № 12. С. 28–30.

