Общие вопросы измерений

Результат измерения:

$$R = Q / q,$$

где Q – измеряемая физическая величина;

q – единица измерения;

R – результат (численное значение) измерения.

Измерения:

прямые - искомое значение находят непосредственно из опытных данных;

косвенные - численное значение искомой величины находят на основании прямых измерений величин, связанных с искомой определённой зависимостью f:

$$y = f(x_1, x_2, \ldots, x_n),$$

где y – искомая величина;

– численные значения величин, измеренные прямым способом.

Прямые измерения возможны в том случае, если есть эталоны. Например: длина, масса, заряд, и т.д.

Косвенные – когда эталон отсутствует. Например: плотность, температура и т.д.

Общие вопросы измерений

Средства измерения - технические средства, используемые при измерении и имеющие нормированные метрологические характеристики.
Метод измерения - совокупность правил, определяющих принципы и средства измерения.
В технических измерениях получили распространение следующие методы:
– метод непосредственной оценки;
– дифференциальный метод;
– нулевой метод.
Методе непосредственной оценки
– значение измеряемой величины определяется непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора прямого действия. Например, измерение силы тока амперметром, длины линейкой.
Дифференциальный метод
– измерение производится сравнением измеряемой и базовой величины, значение которой заранее известно. Точность определяется точностью базовой величины. Примером реализации данного метода может служить термокондуктометрический газоанализатор, в котором изменение состава газовой смеси определяют по изменению теплопроводности путём сравнения с теплопроводностью воздуха или пирометр.
Нулевой метод
– измерение производится сравнением измеряемой и известной величин путём сведения разности между ними до нуля. Нулевой метод применяется в мостовых схемах (уравновешенный мост).

Общие вопросы измерений

Средства измерений

Средства измерений
– это средства, имеющие нормированные метрологические характеристики, которые определяют точность и достоверность результатов измерения.
Измерительный прибор
– средство измерения, вырабатывающее сигнал измерительной информации в форме, удобной для непосредственного восприятия наблюдателем.
Измерительный преобразователь
– средство измерения, предназначенное для выработки сигнала измерительной информации в форме, удобной для последующей передачи, преобразования, хранения и т.д., не поддающейся непосредственному восприятию наблюдателем.

Общие вопросы измерений

Погрешности измерений

Абсолютная погрешность $$\Delta x = \left| x - x_{ист} \right|,$$

где Δx – абсолютная погрешность;
$x_{ист}$ – истинное значение;
x – измеренное значение.

Относительная погрешность $$\delta = \frac{\Delta x}{x_{ист}} 100 [\%],$$

Приведенная погрешность $$\gamma = \frac{\Delta x}{x_N} 100 [\%],$$

где x_N – нормирующее значение, зависящее от типа шкалы измерительного прибора.

Общие вопросы измерений

Градуировочная характеристика средства измерения - зависимость выходного сигнала от входного, представленная в виде таблицы, графика, формулы (см. пример).

Чувствительность измерительного прибора - отношение изменения выходного сигнала к вызвавшему его изменению измеряемой величины

$$s = \frac{\Delta l}{\Delta x},$$

где Δl – изменение сигнала на выходе;
Δx – изменение измеряемой величины (на входе).

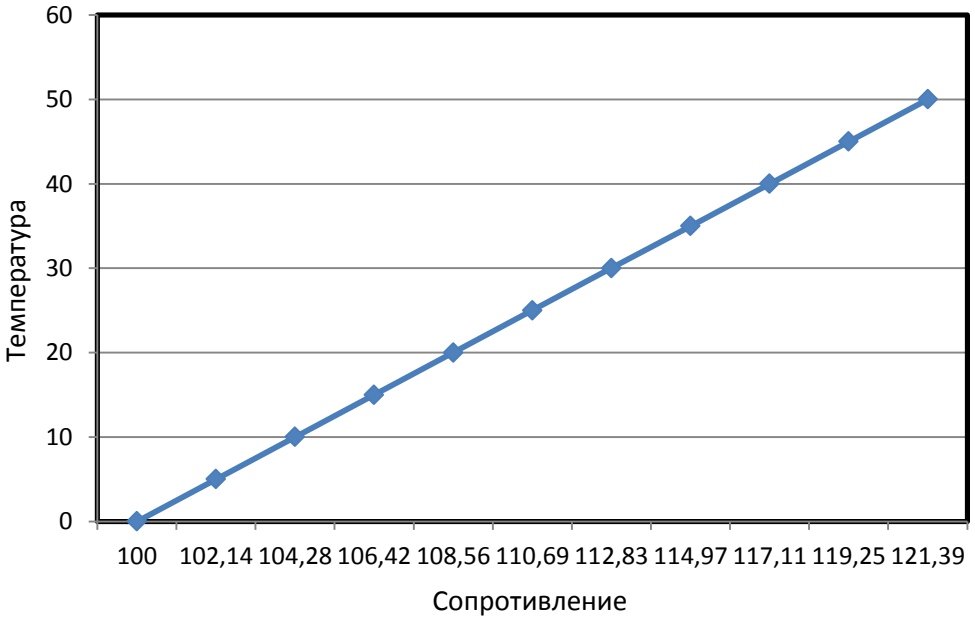
Влияющие физические величины – физические величины, оказывающие влияние на результат измерений, но не являющиеся предметом измерений.
Нормальные условия - условия, при которых влияющие величины находятся в пределах нормальных значений.
При нормальных условиях определяется **основная погрешность** измерительного прибора.
В технических условиях на средства измерения устанавливается рабочая область для влияющих величин, в пределах которой устанавливается **дополнительная погрешность**.
Класс точности прибора - обобщённая характеристика, определяемая пределами допускаемых основных и дополнительных погрешностей, а также другими свойствами средства измерения, влияющими на точность.
Класс точности прибора равен его приведённой погрешности

$$\gamma = \frac{\Delta x}{x_N} 100 [\%],$$

Общие вопросы измерений

Градировочная характеристика
медного термопреобразователя сопротивления (ТСМ) 100М

Температура	Сопротивление ТСМ, Ом
0	**100,000**
5	102,140
10	104,280
15	106,420
20	108,560
25	110,690
30	112,830
35	114,970
40	117,110
45	119,250
50	**121,390**

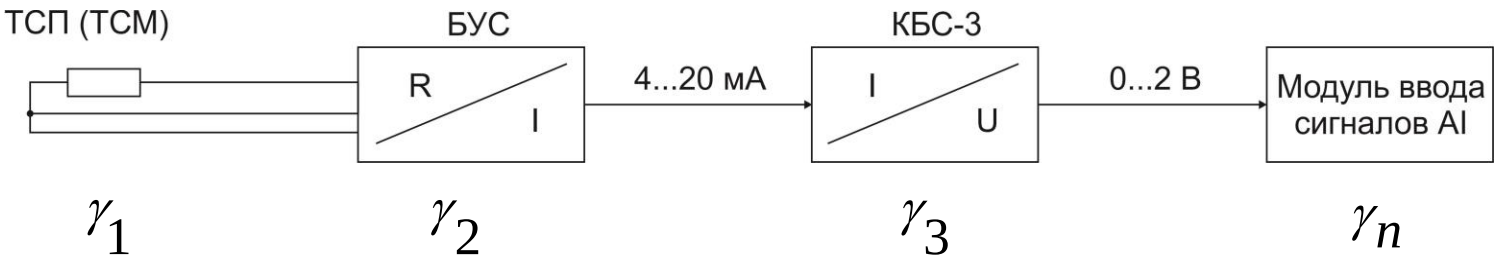


$$R_T = R_0 (1 + aT),$$

где R_0, R_T - величина сопротивления (Ом) проводника при 0 ^{0}C и при температуре T(^{0}C);
а - линейный температурный коэффициент сопротивления.

Общие вопросы измерений

Оценка погрешности измерительного канала



Приведённая погрешность измерительного канала есть корень квадратный из суммы квадратов приведённых погрешностей элементов канала

$$\gamma_{\text{ик}} = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_2^2 + \gamma_3^2 \ldots + \gamma_n^2}$$

Общие вопросы измерений

Датчик – устройство, которое под воздействием измеряемой физической величины *m* формирует на выходе эквивалентный сигнал s

s = F (*m*).

Основное требование к функции F – линейность

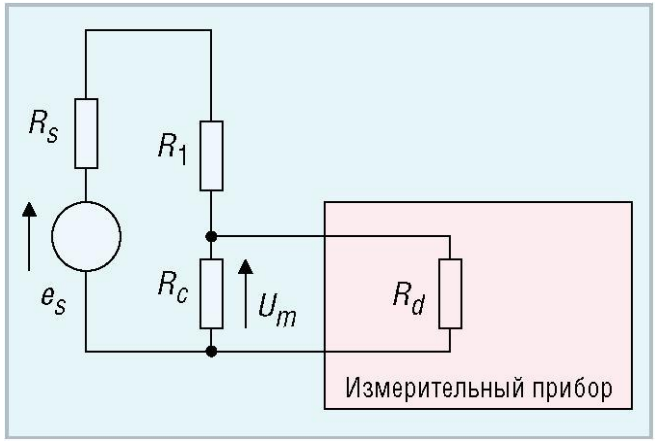
Датчики:

- генераторные (активные);
- параметрические (пассивные).

Основные схемы измерения сопротивления датчика:

- потенциометрические;
- мостовые.

Выходное напряжение U_m, измеряемое прибором с входным сопротивлением R_d, равно



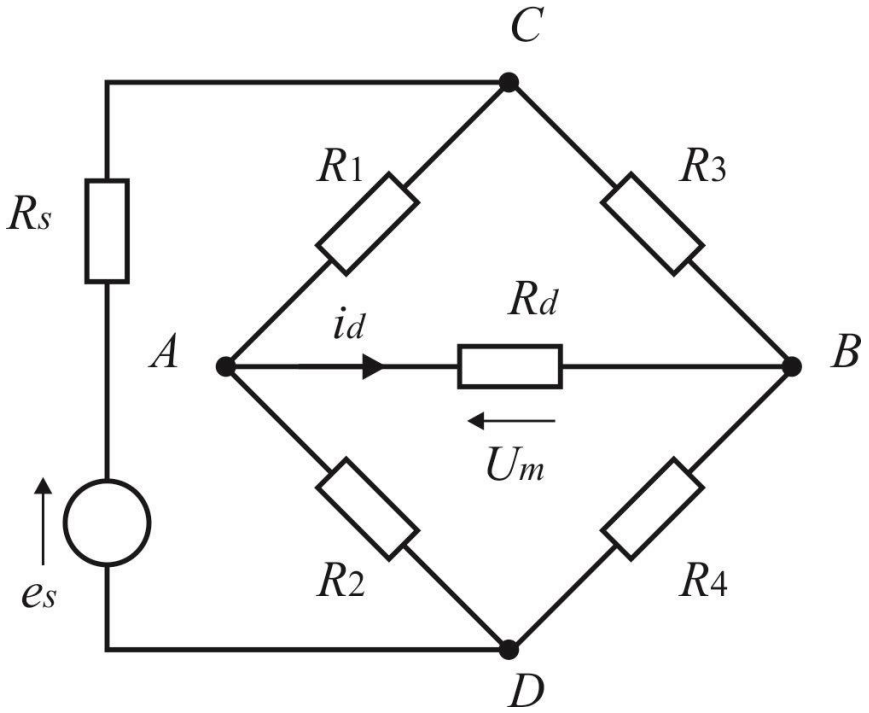
$$U_m = e_s \frac{R_c R_d}{R_c(R_s + R_1) + R_d(R_s + R_1 + R_c)}.$$

Если $R_d >> R_c$, то

$$U_m = e_s \frac{R_c}{R_s + R_1 + R_c}.$$

Общие вопросы измерений

Мост Уитстона



A, *B*, *C*, *D* – узловые точки моста;
R_1, R_2, R_3, R_4 – плечи моста;
e_s, R_s – ЭДС и внутреннее сопротивление источника соответственно;
R_d – входное сопротивление измерительного прибора.

Схемы измерения:
- уравновешенный мост
- неуравновешенный мост.

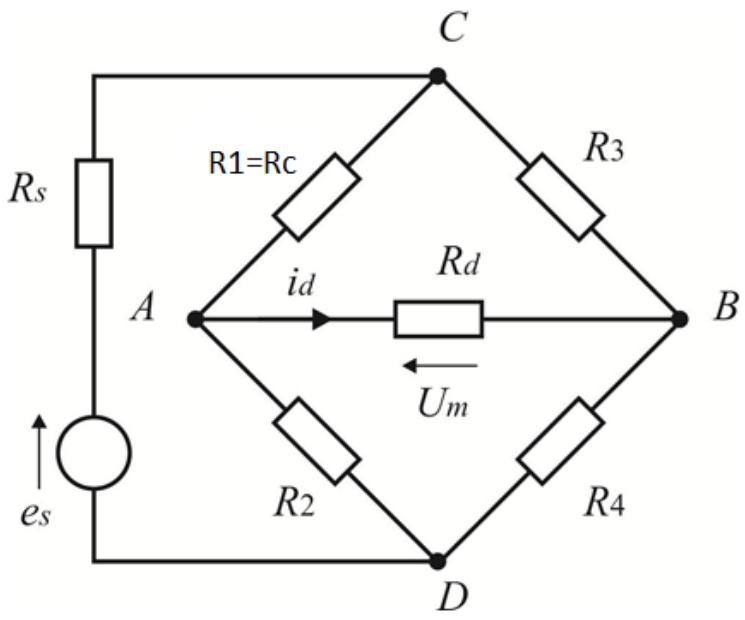
Общие вопросы измерений

Уравновешенный мост

Условие равновесия моста $U_A = U_B$, ток в измерительной $i_d = 0$ (нулевой способ).
условия равновесия моста:
$R_1 R_4 = R_2 R_3$.

Пусть резистивный датчик с сопротивлением R_C включен вместо резистора R_1. Подберём равными сопротивления плеч моста $R_2 = R_4$, а в качества плеча R_3 установим переменный резистор. Изменяя R_3 добьёмся $i_d = 0$, следовательно $R_C = R_3$.

Смысл измерения сигнала резистивного датчика нулевым способом заключается в поддержании нулевого тока (нулевой разности потенциалов) в измерительной диагонали путём изменения R_3.



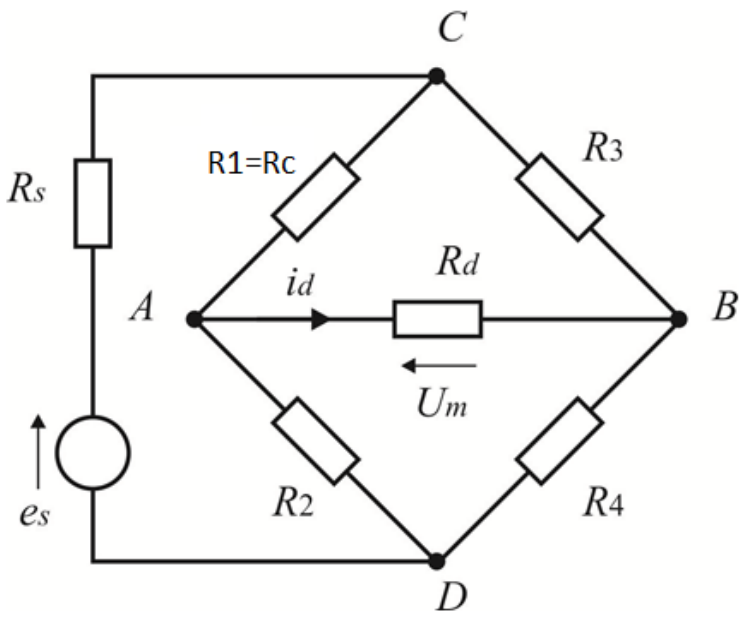
Общие вопросы измерений

Неуравновешенный мост

Базовые выражения для тока и напряжения в диагонали моста имеют вид:

$$I_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{R_d (R_1 + R_2)(R_3 + R_4)};$$

$$U_m = R_d I_d = e_s \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)}.$$



Общие вопросы измерений

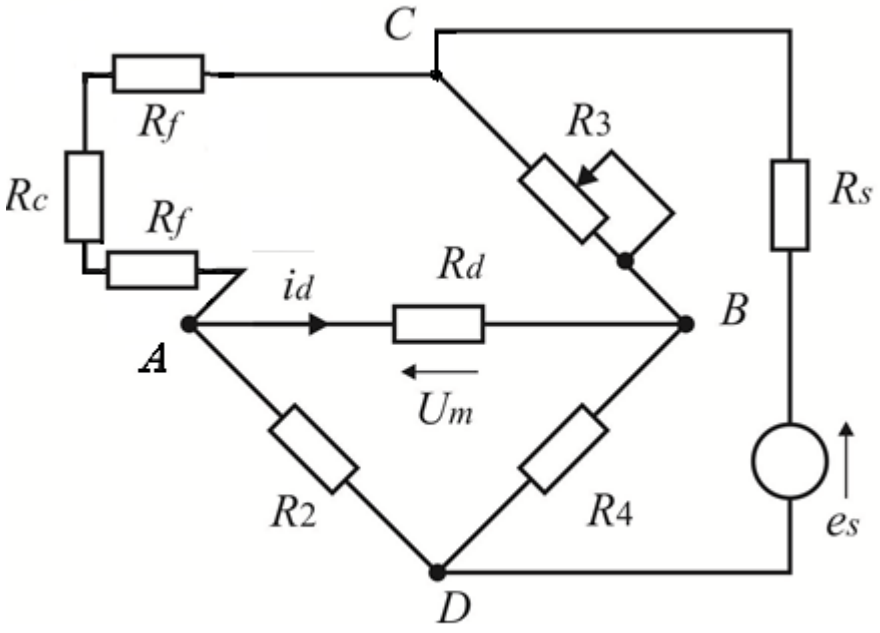
Проблемы измерений с помощью мостовых схем

Уравнение равновесия

$$R_C + 2R_f = R_3.$$

Если R_f=const (известно, может быть измерено или рассчитано с достаточной точностью), то применение классического моста Уитстона возможно.

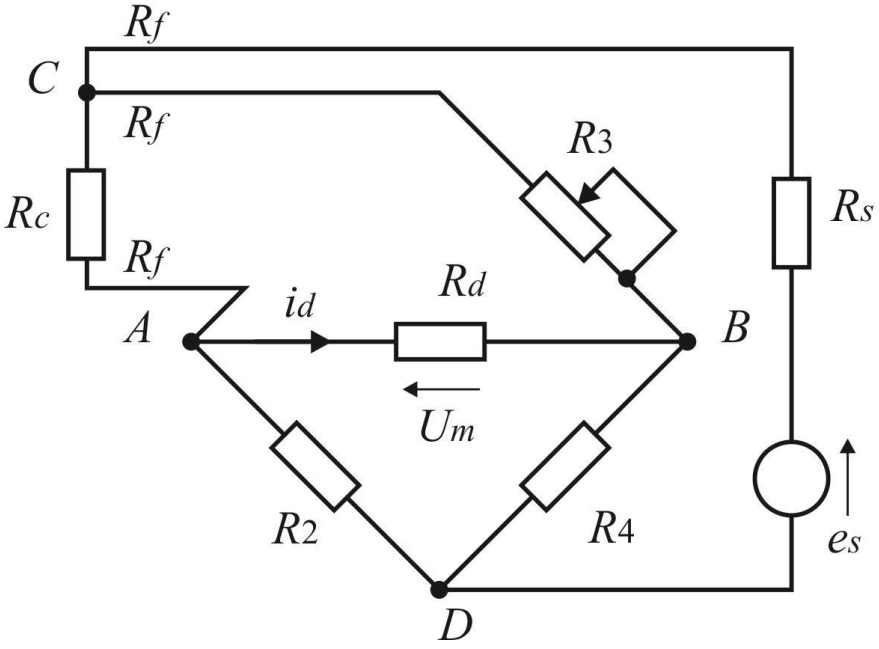
Если R_f=var, то применение стандартной схемы невозможно или связано с большой погрешностью измерений.

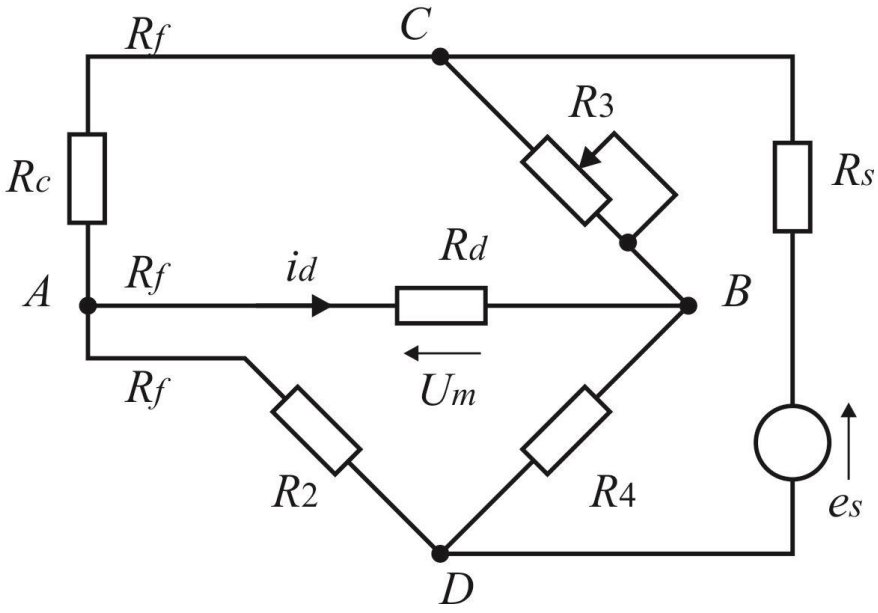


Как быть?

Общие вопросы измерений

Если сопротивления соединительных проводов равны и постоянные (либо меняются одинаково)



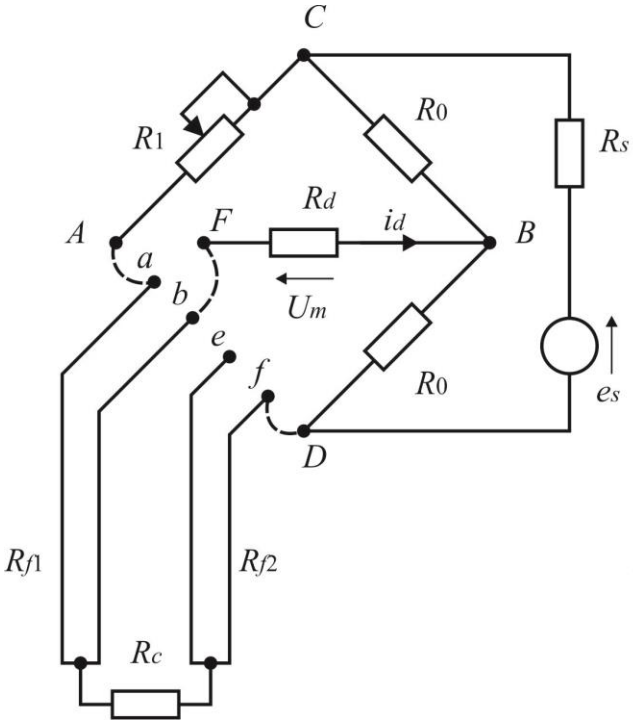


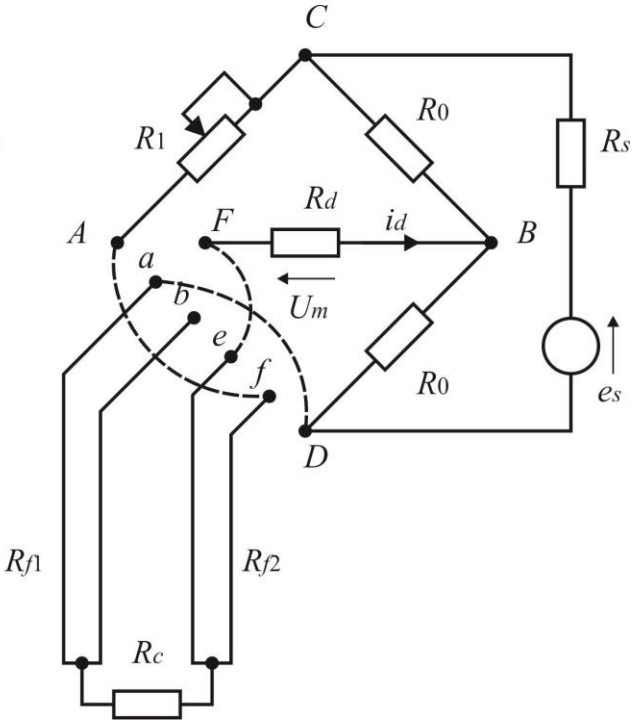
$(R_C+R_f)\ R_4 = R_2\,(R_3+R_f)$

$(R_C+R_f)\ R_4 = R_3\,(R_2+R_f)$

Общие вопросы измерений

Если сопротивления соединительных проводов различные





***Первый приём*.**

Коммутация проводов $A \to a$, $D \to f$, $F \to b$;

Мост уравновешивается R_1 ($i_d = 0$ или $U_m = 0$),

Положении равновесия равно $R_1 = R'_1$

$$(R'_1 + R_{f1})\, R_0 = (R_c + R_{f2})\, R_0.$$

***Второй приём*.**

Коммутация проводов $A \to f$, $D \to a$, $F \to e$.

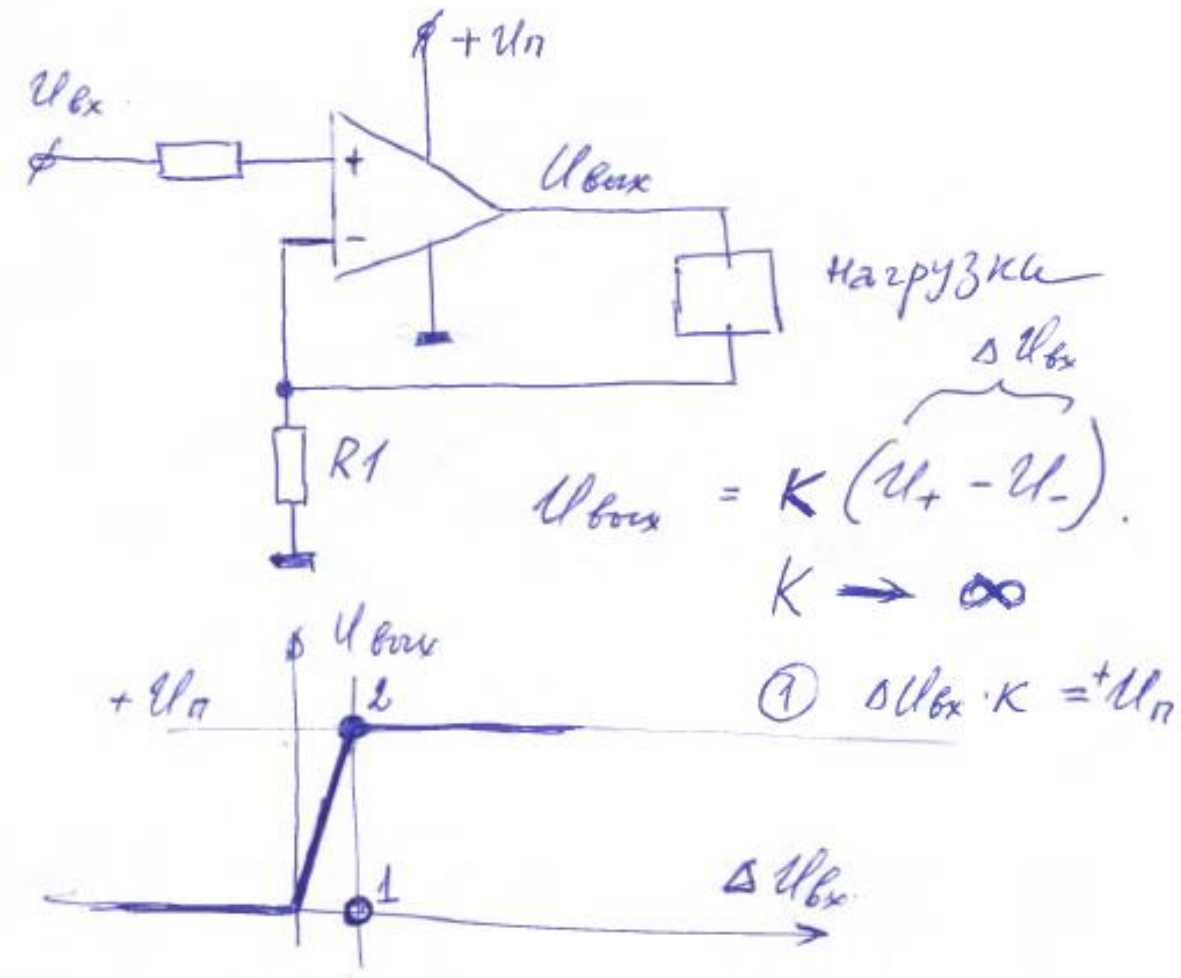
Мост уравновешивается R_1 ($i_d = 0$ или $U_m = 0$),

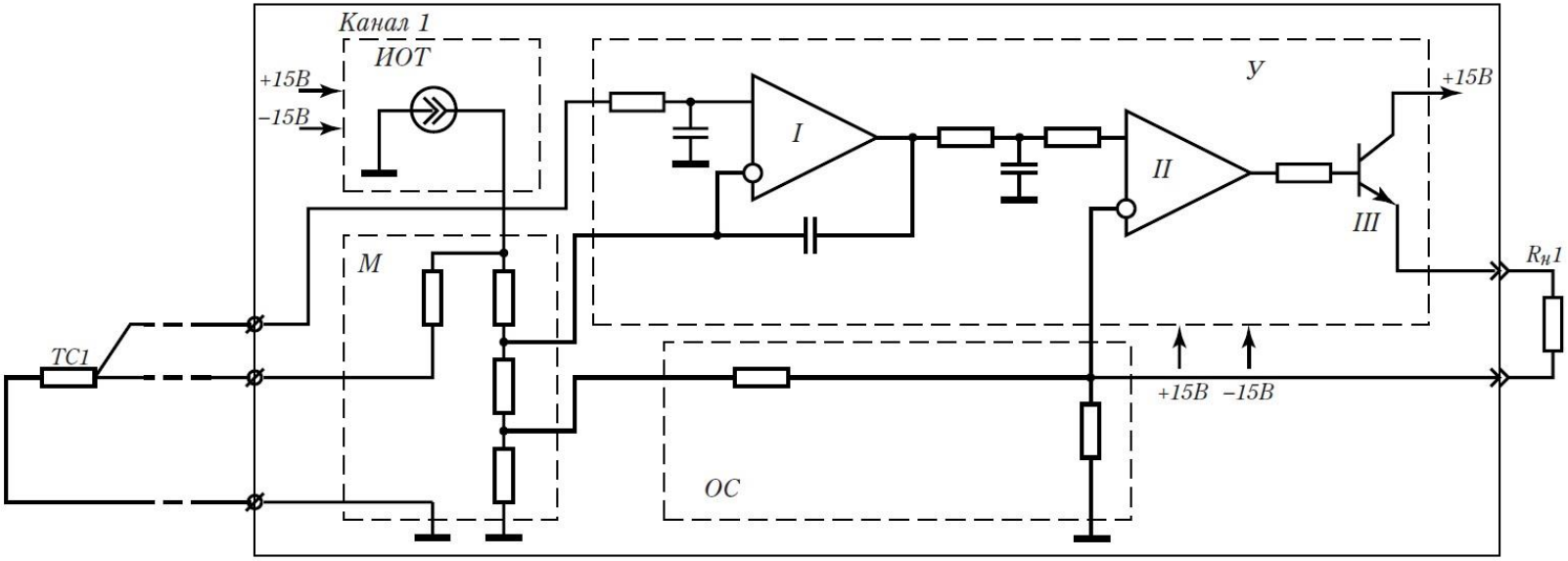
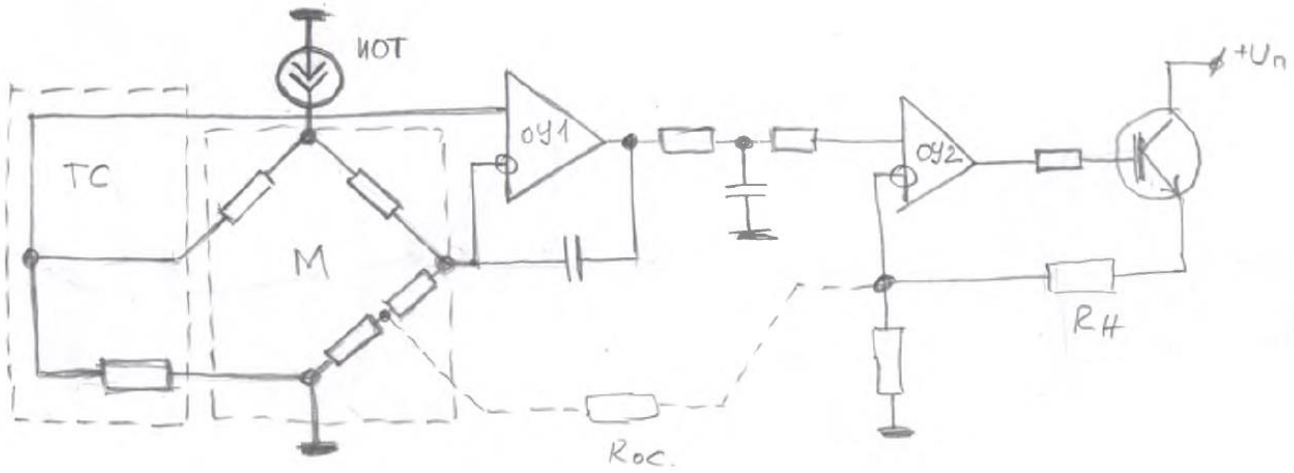
Положении равновесия равно $R_1 = R''_1$

$$(R''_1 + R_{f2})\, R_0 = (R_c + R_{f1})\, R_0.$$

$$R_c = (R'_1 + R''_1) / 2.$$

Общие вопросы измерений



Общие вопросы измерений

БУС-10