

## УДК 621.317

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ.**

Наталья Андреевна Андропова

*Магистр 1 года,**кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: И.В. Обухов,**доктор технических наук, профессор кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»*

В представленной работе обсуждается прямой аппаратный метод измерений постоянной составляющей систематической погрешности радиоэлектронного средства измерений (СИ), имеющего ничтожно малую погрешность линейности статической характеристики СИ.

Постоянная систематическая погрешность представляет особую опасность для любых и, в частности, для радиоэлектронных СИ. По этой причине имеется достаточное число частных способов оценки систематических погрешностей СИ, но все эти способы, как правило, характеризуют систематические составляющие только с вероятностной точки зрения-доверительными границами, полученными приближенными статистическими методами.

На рис.1 представлена структурная схема звена информационно-измерительной системы, состоящей из генератора сигнала  $\Gamma$ , имеющим номинальное и выходное значение информативного параметра соответственно  $x_H$  и  $x(t)$ . На рис.1 величина  $\Delta_\Gamma = x - x_H$  – «погрешность» генератора;  $f(t)$ - наблюдаемой на входе СИ информативный сигнал;  $\Delta$ - ненаблюдаемая погрешность СИ.

Представление статических погрешностей радиоэлектронных СИ и генератора  $\Gamma$  в виде

$$\Delta(x, t) = \Delta(x_H, t) = \Delta(0, 0) + k_1 \cdot x_H + k_2 \cdot t + \Delta_L(x_H) + \Delta_C(t)$$

$$\Delta_\Gamma(x_H, t) = \Delta_C(0, 0) + k_{1\Gamma} \cdot x_H + k_{2\Gamma} \cdot t + \Delta_{L\Gamma}(x_H) + \Delta_{C\Gamma}(t)$$

являются общепринятыми и соответствуют известным экспериментальным фактам. В этих выражениях  $\Delta(0, 0)$  и  $\Delta_\Gamma(0, 0)$  - аддитивные составляющие погрешностей СИ и генератора  $\Gamma$ ;  $k_{1\Gamma} \cdot x_H$  и  $k_1 \cdot x_H$  - мультипликативные составляющие погрешностей СИ и генератора  $\Gamma$ ;  $k_2 \cdot t$  и  $k_{2\Gamma} \cdot t$  - дрейфовые (трендовые) составляющие;  $\Delta_L(x_H)$  и  $\Delta_{L\Gamma}(x_H)$  - погрешности линейности;  $\Delta_C(t)$  и  $\Delta_{C\Gamma}(t)$  - временные случайные составляющие с математическими ожиданиями  $\langle \Delta_C \rangle = \langle \Delta_{C\Gamma} \rangle = 0$ . Будем считать, что  $\Delta_L(x_H) = 0$ , а  $\langle \Delta(0, 0) \rangle$  и  $\langle \Delta_\Gamma(0, 0) \rangle$  - постоянны и, вообще говоря, не равны нулю.

В дальнейшем мы будем ориентироваться на измерительную схему рис.2, работающую в статическом режиме и состоящую из двух генераторов  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ , блока коммутации и линейного СИ. Все необходимые обозначения приведены на схеме рис. 2 и достаточно ясны.

Блок коммутации последовательно подключает ко входу СИ три канала: канал 1, ( $i=1$ ) с сигналом  $x_1$  генератора  $\Gamma_1$ ; канал 2, ( $i=2$ ) с сигналом  $x_2$  генератора  $\Gamma_2$  и канал 3, ( $i=3$ ), в котором образуется разностный информативный сигнал  $(x_2 - x_1)$ . Подключение к СИ трех

каналов происходит сериями из трех последовательных подключений, разделенных малыми временными интервалами  $\tau$  (т.е. в режиме временного мультиплексирования- практически в одно и тоже время), рис. 3. На рис. 3 интервал  $T_0$  ( $T_0 \gg \tau$ )- интервал между сериями подключений,  $T$  ( $T \gg T_0$ ) – интервал длительности эксперимента.

С точность до малых второго порядка погрешности обоих генераторов  $\Delta_1(x_{H1}, t)$  и  $\Delta_2(x_{H2}, t)$ , а также погрешность СИ  $\Delta(x, t)$  имеют одинаковую структуру.

$$\Delta_1(x_{H1}, t) = \Delta_1(0, 0) + k_{11} \cdot x_{H1} + k_{21} \cdot t + \Delta_{1Л}(x_{H1}) + \Delta_{1С}(t)$$

$$\Delta_2(x_{H2}, t) = \Delta_2(0, 0) + k_{12} \cdot x_{H2} + k_{22} \cdot t + \Delta_{2Л}(x_{H2}) + \Delta_{2С}(t)$$

$$\Delta(x, t) = \Delta(x_H, t) = \Delta(0, 0) + k_1 \cdot x_H + k_2 \cdot t + \Delta_C(t)$$

Здесь обозначения с индексом 1 относятся к  $\Gamma_1$ , а с индексом 2- к  $\Gamma_2$ ; обозначения  $x, x_H, \Delta, k_1, k_2, \Delta_C$  относятся к СИ. Входной по отношению к СИ информативный параметр  $x$  может принимать три значения :  $x_1, x_2, (x_2 - x_1)$  (рис. 2).

С учетом выражений для погрешностей наблюдаемые входные сигналы средства измерений  $f_1(t), f_2(t), f_3(t)$ , соответствующие каналам 1,2,3, будут иметь вид

$$(1) \quad \begin{cases} f_1(t) = x_{H1} + \Delta_1(x_{H1}, t), \\ f_2(t) = x_{H2} + \Delta_2(x_{H2}, t), \\ f_3(t) = (x_{H2} - x_{H1}) + [\Delta_2(x_{H2}, t) - \Delta_1(x_{H1}, t)] + \Delta((x_{H2} - x_{H1}), t) \end{cases}$$

Решая совместно систему уравнений (1), можно прийти к следующему выражению для  $\Delta(0, 0)$

$$\Delta(0, 0) = f_3(t) - f_2(t) + f_1(t) - k_2(t) - \Delta_C(t)$$

Временной тренд  $k_2$  легко оценивается в процессе проведения эксперимента с помощью, например, метода наименьших квадратов. После усреднения по времени на интервале наблюдения  $T$  получим

$$\Delta(0, 0) = \overline{f_3(t)} - \overline{f_2(t)} + \overline{f_1(t)} - k_2 \cdot \frac{T}{2} \quad (2)$$

В выражении (2) черта сверху означает усреднение по времени на интервале  $T$  одного конкретного эксперимента, в результате которого получена оценка случайной величины  $\Delta(0, 0)$ .

Для получения оценки постоянной систематической погрешности, т.е. оценки статистического среднего  $\Delta_0 = \langle \Delta(0, 0) \rangle$ , необходимо провести  $N \gg 1$  подобных независимых экспериментов.

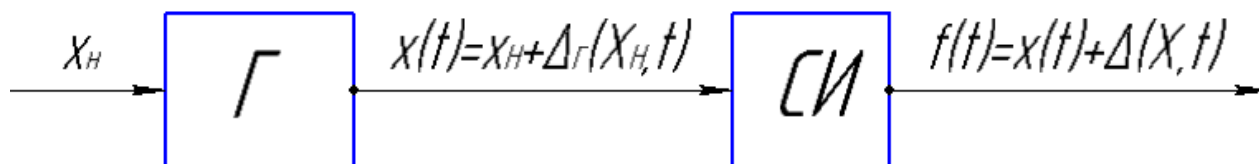


Рис. 1 Простейшее звено информационно-измерительной системы

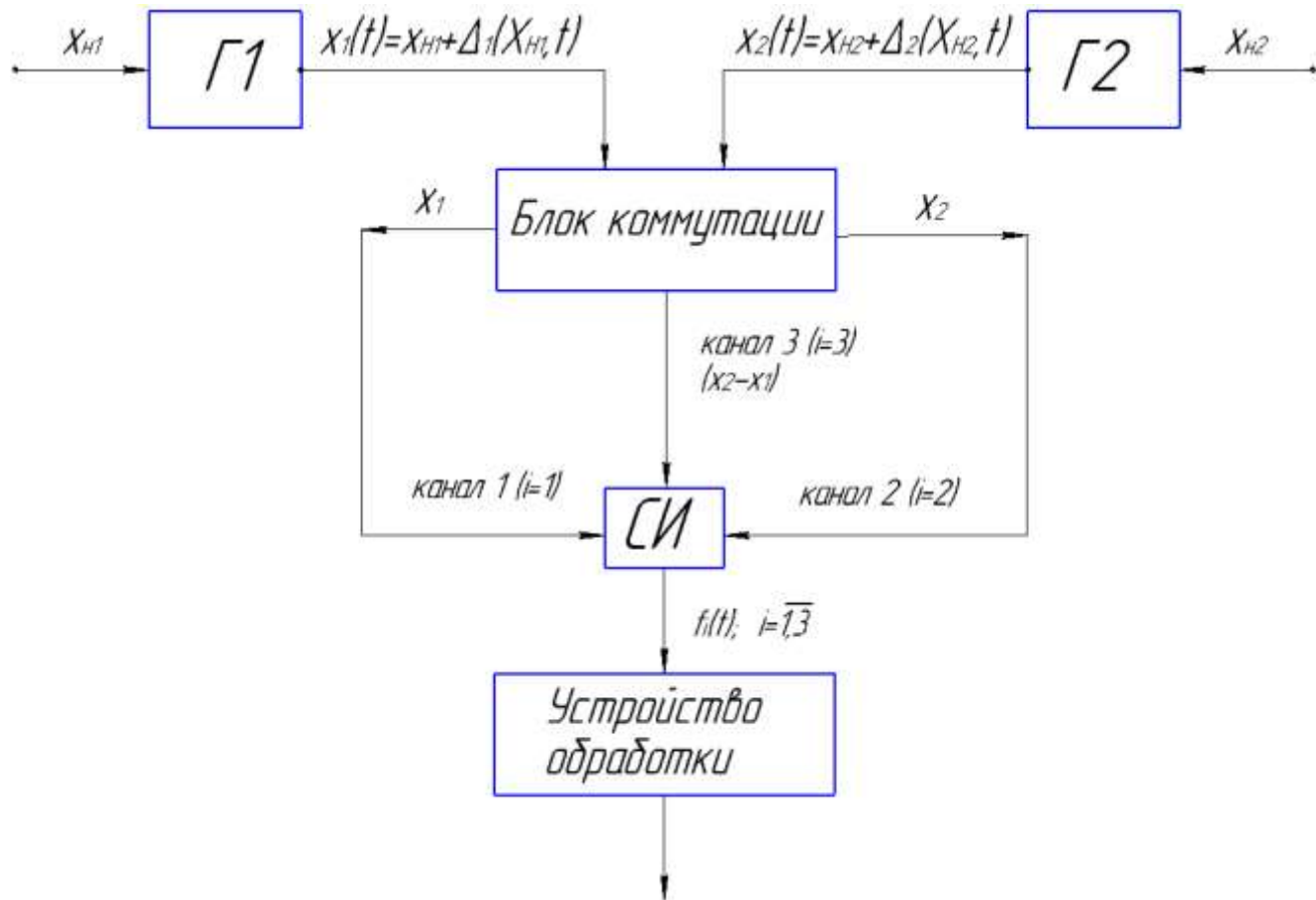


Рис.2 Структурная схема измерительной системы

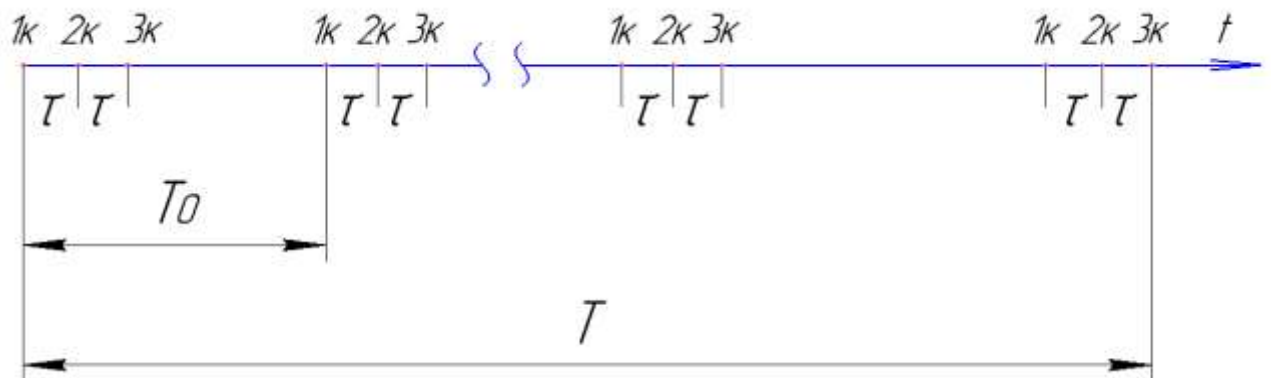


Рис. 3 Схема последовательного подключения каналов во времени

**Литература**

1. Обухов И.В. Экспериментальное оценивание случайных погрешностей средств измерений- М.: Полиграф сервис,2012