

**Критерий применимости адаптивных методов  
для измерений параметров объектов  
в неопределенных состояниях**

Гусев О. К., Свистун А. И.

Белорусский национальный технический университет

**Постановка задачи.** В ряде случаев нестабильность свойств объектов, разнообразие технологических процессов, условий измерений, измерительных воздействий вызывает переход объектов измерений в «неопределенные» состояния, при которых нарушается соответствие модели объекта, принятой для базового метода измерений, реальному состоянию его свойств в момент измерений. Это приводит к методическим погрешностям, а в ряде случаев – к грубым погрешностям результатов базовых методов измерений.

**Методология измерений.** На рис. 1 показана структура взаимодействия объекта и средства измерений (СИ). Состоянием объекта измерений назовем качественную характеристику объекта, отражающую наличие у него связи между измерительными воздействиями  $\alpha_q$ , свойствами объекта  $x_i$  и измерительными сигналами  $Y$ . Если указанная связь определена и однозначна, состояние назовём *определённым*, а если она неизвестна или неоднозначна, то – *неопределённым*.

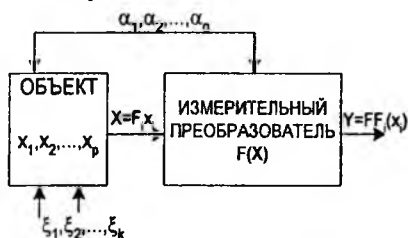


Рис. 1. Структурная схема взаимодействия объекта и СИ

Методология измерений параметров объектов измерений с неопределёнными состояниями заключается в том, что в дополнение к операциям, выполняемым в рамках стандартной измерительной процедуры [1], выполняют операции, представленные схематически на рис.2.

На этапе постановки измерительной задачи осуществляют: 1) установление совокупности различных состояний, в которых может находиться объект измерений; 2) выбор параметров базовых сигналов, позволяющих идентифицировать каждое состояние объекта измерений.

Создается односигнальная адаптационная модель измерений (рис.3). Пусть объект может находиться в  $m$  различных состояниях  $\Omega^j$ , где  $1 < j < m$ . Значение  $x_i^j$  измеряемой величины  $x_i$  в  $j$ -м состоянии будет определяться значениями других параметров объекта  $x_p^j$ , влияющих величин  $\xi_k$ , а также конкретным состоянием  $\Omega^j$  в соответствии с математической моделью:

$$x_i^j = f_i^{0j}(x_1^j, x_2^j, \dots, x_p^j, \Omega^j, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k). \quad (1)$$

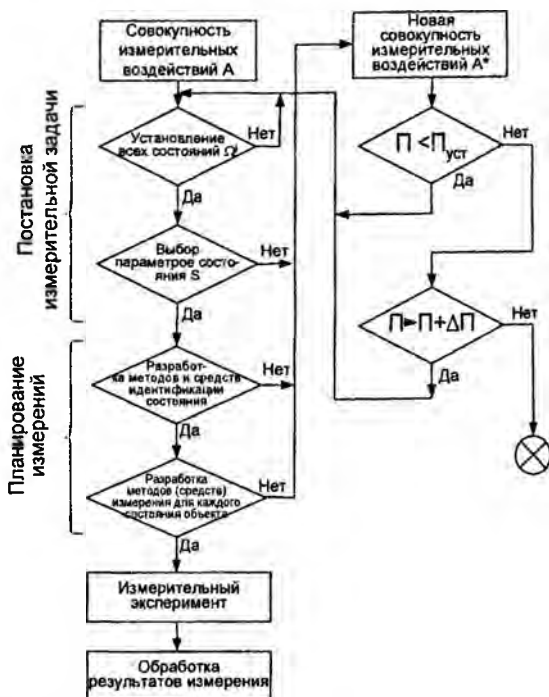


Рис.2. Структурная схема измерительной процедуры для объектов измерений в неопределенных состояниях

В измерительных задачах объект измерений может характеризоваться свойством  $x_{i INT}$ , зависящим от значений свойств  $x_i^j$  во всех  $m$  состояниях:

$$x_{i INT} = f_{INT}(x_i^1, x_i^2, \dots, x_i^m), \quad (2)$$

где  $f_{INT}$  – функционал, описывающий определенные математические операции, производимые над величинами  $x_i^j$ .

Взаимодействие объекта и чувствительного элемента СИ характеризуется тем, что на вход первичного преобразователя средства измерений воздействует сигнал  $X^j$ , определяемый математической моделью объекта измерений:

$$X^j = F_i^j[x_i^j(t)], \quad (3)$$

где  $F_i^j$  – некоторый функционал, описывающий ряд определенных математических операций, производимых над измеряемой величиной  $x_i^j$ .

Предположим, что выходной сигнал  $Y^j$ , содержит, кроме информативного параметра  $b_0^j[X^j]$ , неинформативный параметр  $b_S[\Omega^j]$ ,

$$Y^j = Y^j\{b_0^j[X^j], b_1, b_2, \dots, b_S[\Omega^j], \dots, b_m, S_1, S_2, \dots, S_L, \xi_1, \xi_2, \dots, \xi_k, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q\} = F\{X^j\} = F\{X^j\{a_0[x_i(t)], a_1, a_2, \dots, a_S(\Omega^j), \dots, a_n, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_q\}, S_1, S_2, \dots, S_L\} \quad (4)$$



Рис.3.Обобщенная структура односигнальной адаптивной модели измерений

Параметр  $b_s[\Omega']$  назовем *параметром состояния* объекта измерений  $S$ :

$$S = b_s[\Omega']. \quad (5)$$

Пусть существуют по крайней мере два измерительных преобразования  $\Phi_i$  и  $\Phi_s$ . В результате первого преобразования

$$\Phi_i Y^j = \Phi_i F F_i' [x_i^j(t)] = b_0^j [X^j], \quad (6)$$

измеряемая физическая величина  $x_i^j(t)$  преобразуется в непосредственно измеряемый параметр  $b_0^j [X^j]$ . Посредством обратного измерительного преобразования  $(\Phi_i F F_i')^{-1}$  экспериментальное значение этого параметра преобразуется в значение измеряемой физической величины  $x_i^j(t)$ :

$$x_i^j(t) = (\Phi_i F F_i')^{-1} b_0^j [X^j]. \quad (7)$$

Для получения измерительной информации для идентификации вида градуировочной характеристики  $(\Phi F F_i')^{-1}$ , параллельно с первым измерительным преобразованием  $\Phi_i Y^j$  осуществляется второе –  $\Phi_s Y^j$ :

$$\Phi_s Y^j = \Phi_s F F_i' [x_i^j(t)] = b_s[\Omega'] = S. \quad (8)$$

Посредством обратного измерительного преобразования  $(\Phi_s F F_i')^{-1}$  измеренное значение параметра  $S$  преобразуется в значение индекса состояния объекта измерений  $j$ :

$$j = (\Phi_s F F_i')^{-1} b_s[\Omega']. \quad (9)$$

*Критерием применимости* адаптивных методов измерений является требование, чтобы математическая модель измерительного сигнала (4) допускала аддитивное разделение относительно параметров  $b_0$  и  $b_s$ .

В результате формируется структурная схема измерительного эксперимента (рис.4), использующая два измерительных канала.

В *канале идентификации* одного из  $m$  возможных состояний объекта измерений  $\Omega'$  идентификация осуществляется на основе измерительного преобразования  $\Phi_s f f_i'$ . Многозначная мера  $m[s]$  воспроизводит непосредственно измеряемую величину  $s$  заданного размера, а компаратор  $w(s - m[s])$  осуществляет сравнение однородных физических величин. Результат идентификации состояния объекта измерений достигается путем обратного преобразования  $j = (\Phi_s f f_i')^{-1} p[s]$ .

