3.4.Экспериментальное определение метрологических характеристик

Проблема экспериментальных исследований метрологических свойств ИИС важна на стадиях их разработки, изготовления и эксплуатации.

Наибольшие трудности возникают при испытании макетов, когда априорная информация минимальна, и нужно принимать решение о методах и средствах испытаний и номенклатуры МХ (также при эксплуатации систем, когда доступ к ним затруднен).

Специфические особенности экспериментальных исследований:

- взаимное влияние каналов;
- пространственная распределенность ИК (если в различных условиях);
- невозможность активно воздействовать на входы ИК (из-за конструктивных ограничений их и трудностей формирования испытательных сигналов неэлектрической природы).

Основные этапы экспериментального определения МХ ИК: подготовка к проведению эксперимента; проведение эксперимента, обработка экспериментальных данных с целью получения значений МХ или аналитических выражений для них.

Подготовка к экспериментальному определению МХ.

1. Изучить НД на систему; исходную информацию о ее свойствах, конструкции, принципе действия, входных сигналах, ВВ. Источники информации: литература, опрос экспертов, результаты предварительных экспериментов.

2. Разработать модель ИК и уточнить перечень экспериментально определяемых МХ.
3. Установить вид эксперимента, произвести выбор исследуемых точек, по диапазону измерений и числа измерений в исследуемой точке.
4. Сформулировать требования к методам, аппаратуре и условиям проведения эксперимента.
5. Установить факторное пространство и построить план эксперимента для оценки функции влияния.

В программе и методике аттестации излагают методы выбора исследуемых точек по диапазону измерений, число измерений в точке, методы и режимы измерений, получение представительной выборки.

Специфические особенности подготовки эксперимента для ИИС:

- построение математической модели (ММ);
- планирование эксперимента по определению ВВ.

На этапе подготовки эксперимента строится качественная модель. Модель должна отражать: характер зависимости между входным и выходным сигналами, ВВ и входным сигналом, чувствительность к ВВ, режим (статический или динамический), существенность случайной составляющей неопределенности и вариации.

Известно несколько видов описания ИК. Наиболее распространенными являются детерминированные стохастические модели. Статические модели описывают стационарные, т.е. не изменяющиеся во времени процессы. Динамические модели описывают переходные процессы, т.е. нестационарные процессы. И те, и другие могут относиться к детерминированному или стохастическому типу модели (условно делят модели на непрерывные (аналоговые) и дискретные).

Процесс построения модели ИК содержит следующие этапы:

1.Составление содержательного описания;
2. Построение формализованной схемы ИК;
3.Построение модели ИК;
4.Проверка адекватности модели ИК.

Содержательное описание может быть составлено в результате изучения НД с учетом накопленного опыта наблюдений за функционированием аналогичных ИК, либо в результате наблюдения процесса и фиксации количественных характеристик.

В содержательное описание включаются: постановка задачи, определяющая цель моделирования; перечень искомых величин с указанием их практического предназначения и требуемой точности их определения; численные значения известных характеристик и параметров процесса.

На основании анализа содержательного описания уточняется номенклатура МХ.

Формализованная схема - промежуточное звено между содержательным описанием и моделью. Она разрабатывается только при сложности исследуемого канала.

Для построения формализованной схемы необходимо выбра характеристики процессов, установить систему параметров, определяющ процесс преобразования входного сигнала ИК, определить зависимос между характеристиками и параметрами процесса преобразования с учет всех факторов.

На этапе построения формализованной схемы должна быть составле точная математическая формулировка задачи исследования с указани окончательного перечня искомых величин и оцениваемых зависимостей.

Для преобразования формализованной схемы в ММ необходимо записа в аналитической форме все соотношения, которые еще не были записаны.

Рассмотрим в качестве примера построение ММ, учитывающей влиян ВВ на примере ИК, состоящего из линейных аналоговых компоненто приняв, что изменением во времени ВВ можно пренебречь.

Интегральное соотношение

$$y(t) = \int_{-\infty}^{t} g(t,\tau)x(\tau)d\tau$$

<u>связывает выходной сигнал y(t) ИК с основными характеристика самого канала и действующими на него входным сигналом x(t) возмущениями.</u>

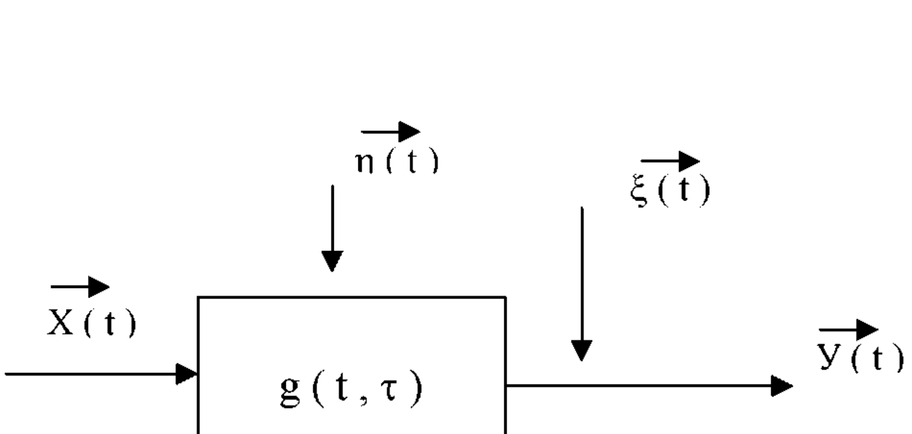

Рис.3.1. Структурная модель ИК ИИС

Математическая модель ИК связывает выходной сигнал У(t) с основными характеристиками самого канала, действующими на него входным сигналом X(t) и возмущениями влияющих величин - $\overset{\omega}{\eta}_i(t)$ (рис.3.1.).

ИК, находящиеся под воздействием ВВ описывается случайной импульсной переходной функцией, отражающей совокупность 2 эффектов преобразования - инерционности и стохастичности, которые можно рассматривать как действующие независимо. Модель такого ИК можно представить

в виде двух соединенных последовательно элементов, первый из которых определяет динамические свойства ИК, а второй, являющийся безынерционным преобразователем со случайным коэффициентом преобразования, учитывает стохастичность (рис.3.2.).

Тогда общую импульсную переходную функцию ИК можно представить через импульсные переходные функции $g_1(t,\tau)$,

$$g_1(t,\tau) = g_0(t-\tau)$$

$$g_2(t,\tau) = k_0(t)\,\delta(t-\tau)$$

и выражением

$$g(t,\tau) = \int_{\tau}^{t} g_2(t,\tau) g_1(t,\tau) d\tau = k_0(t) g_0(t-\tau) \quad ,$$

где $g_0(t-\tau)$ - импульсная переходная функция ИК в нормальных условиях;

$k_0(t)$ - случайный коэффициент преобразования, учитывающий стохастический характер неконтролируемых воздействий;

$\delta(t-\tau)$- дельта-функция;

$k_0(t)$ можно представить суммой детерминированной и случайной составляющей

$$k_0(t) = k_c + \varepsilon(t) \ ,$$

где k_c - значение коэффициента преобразования в нормальных условиях,

$\varepsilon(t)$ - составляющая, учитывающая случайный характер коэффициента преобразования под воздействием ВВ.

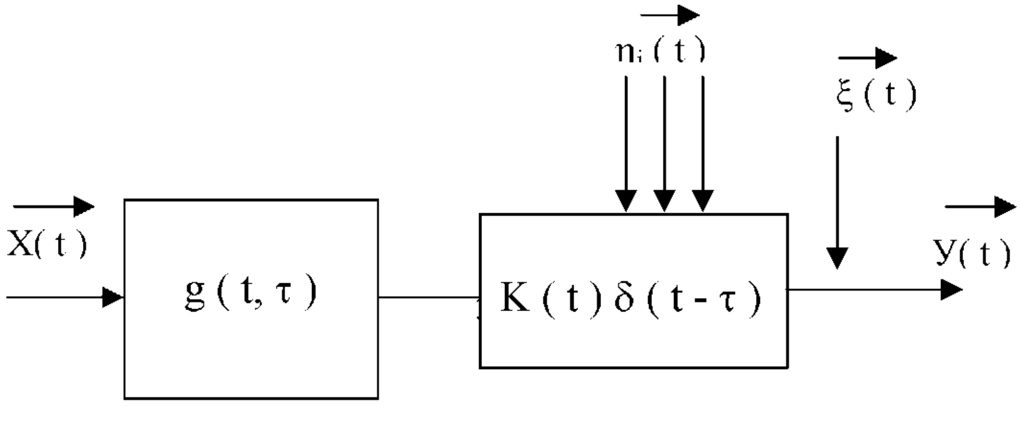

Рис.3.2. Бинарная структурная модель ИК ИИУС

Обозначив через $\sum_{i=1}^{n}\eta_i(t)$ - множество ВВ, получим следующую модель ИК

$$y(t) = \left[k_c + \sum_{i=1}^{n} a_i \eta_i\right] \int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t-\tau)x(\tau)d\tau + \sum_{i=1}^{n} b_i \eta_i(t),$$

где $\sum_{i=1}^{n} a_i \eta_i$ и $\sum_{i=1}^{n} b_i \eta_i$ - составляющие функции влияния, выраженные в виде разложений в ряд Маклорена по ВВ.

Модель пригодна для определения импульсной переходной функции, коэффициентов чувствительности функции влияния a_i и b_i характеристик дополнительной неопределенности показаний ИК обусловленной воздействием ВВ (составляющие неопределенности от воздействия систематических эффектов и спектральные характеристики).

Для нормальных условий динамическая модель принимает вид :

$$y(t) = k_c + \int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t-\tau)x(\tau)d\tau.$$

Для статического режима, когда $\int_{-\infty}^{+\infty} g_0(t-\tau)\ d\tau = 1$ и рабочих условий эксплуатации:

$$y(t) = k_c + \sum_{i=1}^{n} a_i \eta_i(t)x(\tau) + \sum_{i=1}^{n} b_i \eta_i(t)$$

Для статического режима в нормальных условиях эксплуатации:

$$y = k_0 x$$

Эта модель служит для определения неопределенности показаний ИК в нормальных условиях его применения.

Для проверки адекватности модели исследуемому процессу задаются критерием адекватности и проверяют по этому критерию совпадение значений сигнала на выходе ИК и численных значений, получаемых из ММ при тех же входных воздействиях.

Процедура корректировки модели по критерию адекватности наиболее наглядна при применении методов планирования эксперимента (ПЭ).

Суть методов ПЭ состоит в построении адекватной стохастической модели оценки параметров этой модели и оптимального выбора значений входных воздействий при оценке параметров ММ.

Рассмотрим ПЭ при определении характеристик дополнительной погрешности ИК, обусловленной отклонением ВВ от их нормальных значений. Основной характеристикой дополнительной неопределенности показаний является функция влияния. Пусть функция влияния описывается линейной моделью, причем учитывающей воздействия трех ВВ, независимых друг от друга и от измеряемого сигнала.

Так как в большинстве случаев ВВ вызывают значительные изменения неопределенности показаний ИК, то

$$\psi_c(\xi) = \sum_{i=1}^{k=3} \psi_{\Delta s}(\xi_i),$$

где $\psi_{\Delta s}(\xi_i) = A_i \, {}_\Delta \xi_i \quad A_i = \text{const} \; (i=1 \ldots k)$

Тогда уравнение модели функции влияния

$$\psi_c(\xi) = \sum_{i=1}^{k=3} A_I \xi_I \,.$$

После выбора модели функции влияния, в естественной для исследования области факторного пространства планируют и проводят эксперимент для оценки численных значений коэффициентов этого уравнения.

Для построения плана эксперимента оценим область определения ВВ на основе тщательного анализа исходной информации о ИК.

Установив область определения, выбирают нулевую точку факторного пространства и интервалы варьирования каждой из ВВ. В качестве нулевой выбирают точку $\xi_i^{(0)}$, отвечающую исходным значениям ВВ при нормальных условиях, определенных НД.

При выборе интервалов варьирования $\pm\Delta\xi_i$ используют предварительную информацию о точности фиксирования ВВ, о диапазоне изменения параметров выходного сигнала и т.д.

Выбрав нулевые уровни и интервалы варьирования, приступают к построению плана эксперимента.

Первый этап - варьируемые факторы принимают значения, отвечающие нижнему $\xi_i^{(H)}$ и верхнему $\xi_i^{(B)}$ уровням, симметрично расположенным относительно нулевого уровня $\xi_i^{(0)}$.

Каждый фактор при этом принимает значение

$$\xi_i^{(B)} = \xi_i^{(0)} + \Delta\xi_i \quad ; \qquad \xi_i^{(H)} = \xi_i^{(0)} - \Delta\xi_i \,,$$

где $$\Delta\xi_i = \frac{\xi^{(B)} - \xi^{(H)}}{2}$$

Для упрощения обработки результатов эксперимента удобно перейти к безразмерным переменным η_i: согласно формуле

$$\eta_i = \frac{\xi_i - \dfrac{\xi_i^{(н)} + \xi_i^{(B)}}{2}}{\dfrac{\xi_I^{(B)} - \xi_I^{(H)}}{2}}.$$

При этом для каждого фактора верхнему уровню соответствует запись $\eta_i = +1$, нижнему уровню $\eta_i = -1$, а нулевому уровню $\eta_i = 0$. Количество опытов при проведение полного факторного эксперимента типа 2^k равно $N=2^k$ - где k - количество ВВ.

Используя таблицу 3.1., можно построить матрицу для трех факторов.

После перехода от исходных переменных ξ_i к безразмерным переменным η_i уравнение модели запишется в виде

$$\tilde{\psi}_c(\xi) = A_i\eta_1 + A_2\eta_2 + A_3\eta_3 \,,$$

где $\tilde{\psi}_c(\xi)$ - расчетное значение функции влияния

Используя данные матрицы планирования, и применяя для обработки экспериментальных данных метод наименьших квадратов, определяем коэффициенты модели по формулам:

$$A_1 = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} \eta_{1j}\tilde{\psi}_{cj}}{N} \quad ; \quad A_2 = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} \eta_{2j}\tilde{\psi}_{cj}}{N} \quad ; \quad A_3 = \frac{\sum\limits_{i=1}^{N} \eta_{3j}\tilde{\psi}_{cj}}{N} \quad .$$

Оценка значимости коэффициентов производится по критерию Стьюдента:

$$t_i = \frac{A}{\sqrt{S^2 \{A\}}},$$

где $S^2\{A\}$ - дисперсия коэффициентов модели

$$S^2\{A\}=\frac{S^2\text{ост}}{N-(K+1)}.$$

Таблица 3.1.

№ опыта	План эксперимента			Результат эксперимента
	1	2	3	
1	-1	-1	-1	$\tilde{\psi}_{c1}(\xi)$
2	+1	-1	-1	$\tilde{\psi}_{c2}(\xi)$
3	+1	-1	+1	$\tilde{\psi}_{c3}(\xi)$
4	-1	-1	+1	$\tilde{\psi}_{c4}(\xi)$
5	-1	+1	-1	$\tilde{\psi}_{c5}(\xi)$
6	+1	+1	-1	$\tilde{\psi}_{c6}(\xi)$
7	+1	+1	+1	$\tilde{\psi}_{c7}(\xi)$
8	-1	+1	+1	$\tilde{\psi}_{c8}(\xi)$

Остаточную дисперсию S^2ост определяют:

$$S^2\text{ост} = \frac{\sum_{i=1}^{N}(\tilde{\psi}_{ci}-\tilde{\psi}_c)^2}{N-K},$$

где (N - k) – число степеней свободы.

Коэффициент считается значимым, если выполняется условие $t_i > t_l$ (t_{kp} - выбирают по таблице). Проверка адекватности модели дополнительно неопределенности показаний производится по критерию Фишера:

$$\tilde{F}_{\text{расч}}=\frac{S^2_{\text{ост}}}{S^2_{\Delta c}}.$$

Дисперсия воспроизводимости $$S^2_{\Delta C}=\frac{\sum_{i=1}^{N}(\tilde{\Psi}_{ci}-\tilde{\Psi}_c)^2}{N-1},$$

где $$\tilde{\Psi}_c=\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\tilde{\Psi}_{ci}.$$

Найденное значение сравнивается с F_{kp}, модель считается адекватной, если $\tilde{F}_{\text{расч}} < F_{kp}$.

Если адекватность линейной модели не подтверждается, то переходят к модели более высокого порядка, или уменьшают интервалы варьирования и проводят новый эксперимент на получение адекватной линейной модели.

Использование методов планирования эксперимента позволяет широко использовать ЭВМ для построения моделей, а также автоматизировать процедуру их исследования.

Предварительный эксперимент и обработка результатов.

Для уточнения ММ оценивают существенность стандартного отклонения (меры неопределенности, оцениваемой по типу А) и вариации.

Проверку проводят, как правило, в трех точках диапазона измерений ИК (в начале, середине и в конце).

В каждой из трех точек диапазона по результатам 20 измерений при увеличении (прямой ход) и 20 измерений при уменьшении измеряемой величины (обратный ход) определяют значения размаха по выборочным значениям отклонения функции преобразования ИК от номинального значения $\Delta = \Delta_{max} - \Delta_{min}$ на прямом и обратном ходе. Если значения половины размаха $\Delta/2$ меньше или равно значению q во всех трех точках диапазона измерений, то считают, что мера неопределенности, оцениваемая по типу А не существенна.

Проверку существенности вариации производят в тех же трех точках диапазона и по тем же выборкам по критерию

$$b \le q \ ,$$

где b – оценка вариации, вычисленная для каждой из трех точек диапазона измерений по результатам 20 измерений в прямом и обратных ходе. Критерий значимости q проводятся в НД на конкретные типы ИК.

Алгоритм обработки результата измерений (пример)

Если учитывается вариация, то определяют отклонения Δ'_{ijy} показаний на выходе ИК от номинального значения, полученные при подходе к точке x_i входного сигнала со стороны больших и со стороны меньших значений (j - номер точки, $1 \le i \le n$)

$$\Delta'_{ijy} = y'ij - f_{sfc}(x_j)$$

$$\Delta''_{ijy} = y''ij - f_{sfc}(x_j) \ ,$$

где $y'ij$ и $y''ij$ - массив значений выходного сигнала ИК при подходе со стороны и меньших значений в j – точке входного сигнала, соответственно;

$f_{sfc}(x_j)$ - номинальная статическая функция преобразования ИК.

Определяют $\tilde{\Delta}_{jy}$ как максимальное из двух чисел

$$\tilde{\Delta}_{jy} = \max\left\{\max_i |\Delta' ijy|, \max_i |\Delta'' ijy|\right\}$$

Определяют усредненное отклонение от номинальной функции преобразования ИК

$$\tilde{\Delta}_{sjy} = \frac{\overline{\Delta}'_{jy} + \overline{\Delta}''_{jy}}{2},$$

где

$$\overline{\Delta}''_{jy} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta''_{ijy} \quad ; \quad \overline{\Delta}'_{jy} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta'_{ijy}.$$

Для определения меры неопределенности, оцениваемой по типу А, вычисляют стандартное отклонение отклонение комбинированного ряда

$$\tilde{\Delta}_{sjy} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta_{ijy}$$

Без учета вариации усредненное отклонение оценивается средним арифметическим ряда полученных отклонений:

$$\tilde{\Delta}_{sjy} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} \Delta_{ijy},$$

где $\Delta_{ijy} = y_{ij} - f_{sfc}(xj)$.

Вычисляется стандартное отклонение $S_y = \tilde{\sigma}(\overset{0}{\Delta})$

$$\tilde{\sigma}_y(\overset{o}{\Delta}) = \sqrt{\frac{1}{2n-1}\left[\sum_{i=1}^{n}(\Delta_{ijy} - \Delta_{sjy})^2\right]}.$$

В случае, когда отсутствует необходимость проведения предварительного эксперимента, приведенные выше оценки, находят на основании обработки результатов измерений, проводимых в основном эксперименте.

Основной эксперимент и обработка результатов.

Различают три вида эксперимента по определению МХ ИК: активный, пассивный, смешанный.

Активный эксперимент заключается в формирование на входе ИК испытательного сигнала заданной формы, значений и параметров, установление значений ВВ, согласно разработанному плану эксперимента и регистрации выходного сигнала.

Метод позволяет определить МХ с высокой точностью и в кратчайшее время. Недостаток метода- сложность создания аппаратуры, воспроизводящей ВВ.

Пассивный эксперимент заключается в синхронной регистрации входных и выходных сигналов ВВ с последующей обработкой результатов для получения искомых МХ.

Исследование проводят без активного вмешательства в функционирование исследуемого ИК. Достоинство этого метода - возможность проведения эксперимента без нарушения естественного режима функционирования ИК. Недостаток - невозможность создания испытательных сигналов желаемого вида, большая длительность эксперимента, увеличение объема и усложнение вычислений при определении МХ. Особенности методов пассивной идентификации:

1. Для статических моделей в случае стационарных входных, выходных сигналов и ВВ используют метод ненаправленной локализации, состоящий в том, что формирование выборки производится произвольно без сохранения временной регистрации данных.

2. Большое значение имеет правильное определение промежутка времени между отсчетами.

3. Для оценки необходимого числа опытов пользуются соотношением

$$(N-n)/n \geq 20 \quad ,$$

где N- число опытов; n- число переменных параметров в модели.

4. Большое значение имеет выбор величины интервала времени между двумя отсчетами.

При малых Δt два соседних показания будут сильно коррелированны между собой. Однако Δt не должно сильно превышать максимальный интервал корреляции, т.к. в этом случае данные показания могут быть искажены нестационарными изменениями.

Для определения Δt применяется способ, основанный на расчете автокорреляционных функций входного, выходного сигналов и ВВ.

Время затухания τ_0 каждого из них (интервалы корреляции) определяют

$$\left|\tau_{xx}(\tau_0)\right| \geq (0{,}03.....0{,}05)r_{xx}$$

5.До использования экспериментальных данных необходимо определить пригодность измерительной информации, для чего вычисляют

$$\nu = (x_i^{max} - x_i^{min}) / \Delta x \quad ,$$

где x^{max}, x^{min} - максимальное и минимальное значения параметра в данной выборке;

Δx – величина, определяемая как половина интервала в котором находится значение измеряемой величины, определенного на основе

показаний регистрирующего прибора и априорной информации о его классе точности.

Если v мало ($v < 3...5$) , то X определяется в данном эксперименте слишком грубо. Необходимо использовать более точные приборы.

Смешанный эксперимент заключается в формировании на входе ИК испытательного сигнала заданной формы и синхронной регистрации значений ВВ и выходного сигнала ИК.

Значения искомых МХ получают расчетно-экспериментальным путем. Для этого вида эксперимента требуется адекватная ММ, которую строят в предварительном эксперименте.

Вид и значение параметров функции влияния определяют расчетным путем, а значение других МХ - путем обработки результатов измеренных значений выходных сигналов.

Рассмотрим методы определения основных МХ ИК в активном эксперименте.

Индивидуальную характеристику $f_c(x)$ определяют в заданных точках диапазона измерений (с учетом вариации и неопределенности, оцениваемой по типу А). За значения функции принимают средние значения выходного сигнала (из которого исключена вариация) за время, оговоренное в НД на конкретный ИК.

При аналитическом задании индивидуальной характеристики значения функции аппроксимируют полиномом порядка не выше второго. Степень полинома определяют в зависимости от остаточной суммы квадратов аппроксимации. Оценку вариации определяют:

$$\widetilde{H}_c = \overline{\Delta}'' - \overline{\Delta}'.$$

Определяют усредненное отклонение:

$$\widetilde{\Delta}_{sc} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\Delta_i$$

Вычисляют стандартное отклонение:

$$\tilde{\sigma}(\Delta^\circ_c) = \sqrt{\frac{1}{2n-1}\sum_{i=1}^{n}(\Delta_i - \tilde{\Delta}_{sc})^2}$$

Автокорреляционная функция:

$$\tilde{r}_{\Delta^\circ_c} = \frac{1}{(2n - \frac{\tau}{T_0})\tilde{D}(\overset{0}{\Delta_c})} \sum_{i=1}^{i=2n-\frac{\tau}{T_0}} (\Delta i - \overline{\Delta})(\Delta_{i+\frac{\tau}{T_0}} - \overline{\Delta}),$$

где n - число отсчетов при определении автокорреляционной функции;

τ_0 - интервал времени между двумя последовательными отчетами. Спектральная плотность определяется:

$$S_{\Delta^\circ_c(\omega)} = \frac{\sigma^2(\Delta^\circ_c)}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} r_{\Delta^\circ_c}(\tau)e^{-j\omega t}dt,$$

где $r_{\Delta^\circ_c}(\tau)$ - аналитическая функция, аппроксимирующая оценку $\tilde{r}_{\Delta^\circ_c}(\tau)$.

При этом нормализованная автокорреляционная функция определяется по точкам для дискретных значений аргумента τ, для которых $\frac{\tau}{T_0}$ принимает целочисленные значения.

Интервал времени T_0 должен удовлетворять условию

$$\frac{T_{max}}{2_n}\langle T_0 \le \tau_1,$$

где τ_1 - первое, после нулевого, значение аргумента τ, для которого определяется значение автокорреляционной функции;

τ_{max} - заданный верхний предел диапазона аргумента, в котором определяется нормализованная автокорреляционная функция.

Определение функции влияния каналов на исследуемый канал проводится в двух экспериментах:

первый – на входы каждого из ИК, влияние которых оценивается, подключается нагрузка, эквивалентная источнику входного сигнала и определяются МХ измерительного и исследуемого канала.

второй - входы ИК, влияние которых исследуется, подключаются по схеме, соответствующей режиму эксплуатации и определяется МХ исследуемого ИК. Разность между значениями МХ дает значение функции влияния ИК на исследуемый канал.

При определение динамических характеристик выбирают методы по ГОСТ 8.256-77.

Рассмотрим простой метод определения импульсной переходной функции.

На вход ИК подают двоичный сигнал в виде m – последовательности с известной амплитудой А. Измеряя значения взаимно корреляционной функции входного и выходного сигналов $\tau_{xy}(\tau)$, значения импульсной переходной характеристики получают масштабированием результатов измерений

$$g_c(\tau_i) = \frac{r_{xi}(\tau_i)}{A^2} \qquad \mathbf{i}=\overline{1,n}$$

Этот метод следует из известного соотношения, связывающего автокорреляционную функцию входного сигнала $\tau_{xx}(\tau)$ с взаимно корреляционной функцией входного и выходного сигналов $\tau_{xy}(\tau)$ через импульсную переходную функцию $g_c(\tau)$:

$$r_{xy}(\tau) = \int_0^t g_c(t) r_{xx}(t-\tau) d\tau$$

В случае входного сигнала в виде m- последовательности $r_{xx}(\tau) = B^2\delta(\tau)$ и из известных свойств δ - функции следует:

$$r_{xy}(\tau) = B^2 g_c(\tau)$$

Для определения переходной функции $h_c(t)$ измерительного канала подается ступенчатый сигнал x(t)=AV , где А – известная амплитуда

$$V(t) = \begin{cases} 0 \text{ при } t < 0 \\ 1 \text{ при } t > 0 \end{cases}$$

Выходной сигнал регистрируют в дискретных точках $\{t\}_{i=1}^{n}$.

Значение переходной функции определяют масштабированием результатов измерений

$$h_c(t_i)=\frac{y(t)}{A} \qquad , \qquad i=\overline{1,n}$$

Полученные значения можно использовать либо для построения графика, либо аналитической аппроксимации.

Для определения АЧХ – $A_C(\omega)$ и ФЧХ – $\varphi_C(\omega)$ на вход измерительного канала подают испытательный сигнал вида: $x(t)=A_{\sin\omega t}$ с постоянной

амплитудой А = const и переменной частотой ω. Устанавливая значения частоты ω_i , измеряют амплитуду входного сигнала $y(\omega_i)$, после чего

$$A_c(\omega_i)=\frac{y(\omega_i)}{A} \qquad , \qquad i=\overline{1,n}$$

На этих же частотах определяют значения фазочастотной характеристики $\varphi_c(\omega)$

Выбор метода определения ДХ ИК зависит от требуемой точности.

При оценке точности ДХ ИК следует учитывать не только неопределенность показаний, но и отклонения воспроизводимого испытательного сигнала от номинального значения.

Если значения ДХ сопровождаются разбросами, необходимо провести многократное определение искомой характеристики и полученные результаты усреднить.