3.5. Расчетные методы определения МХ ИИС

Необходимость применения расчетных методов определения МХ систем по МХ компонентов обусловлена агрегатным принципом их построения.

Поскольку расчетные методы предполагают идеализацию свойств системы и требуют большего объема априорной информации, их использование должно быть обосновано технико-экономическими причинами.

Методы распространяются на ИК, состоящие из последовательно включенных линейных аналоговых компонентов, а также на ИК, содержащие дискретные компоненты, влиянием дискретности которых на неопределенность показаний ИК можно пренебречь.

Для того чтобы правильно предоставить исходные данные для расчета в виде функциональных зависимостей, связывающих МХ с входным (выходным) сигналом, нужно выбрать математическую модель компонента.

Как правило, в НД отсутствуют полные данные, необходимые для построения модели. Поэтому при использовании расчетных методов необходимо повести исследования и работы по построению модели и проверке ее адекватности.

В общем случае расчет номинальной функции преобразования, характеристик неопределенности показаний ИК основан на последовательном приведении к выходу канала функции преобразования и составляющих неопределенности показаний ИК и последующим их суммировании.

Рассмотрим методику расчета статических МХ на примере определения номинальной функции преобразования ИК.

Исходные данные:

N- количество компонентов в канале;

$f_{sai}(x)$ - номинальная функция преобразования каждого компонента (i=1,2,…N) задается в виде линейной функции входного сигнала.

$$f_{sai}(x) = A_i x + a_i \quad ,$$

где A_i и a_i - мультипликативная и аддитивная составляющие функции преобразования, определяющие наклон и смещение f_{sai} .

Мультипликативная составляющая функции преобразования определяется по формуле

$$A^{(i)} = \prod_{j=i+1}^{N} A_i \qquad \text{при } i=1,2,\dots N$$

Аддитивная составляющая функции преобразования канала определяется из выражения

$$a = \sum_{i=1}^{N} a_i \prod_{j=i+1}^{N} A_j \ .$$

Тогда для канала в целом

$$f_{sai}(x) = A_x^{(0)} + a \ , \quad \text{где} \qquad A^{(0)} = A^{(i)}\big|_{i=0} \ .$$

Например, для ИК, состоящего из трех последовательно соединенных компонентов, k_1 ,k_2 ,k_3 аддитивные и мультипликативные функции преобразования, которых обозначим A_1, a_1, A_2, a_2, A_3, a_3, соответственно, расчет номинальной функции преобразования производится следующим образом. Сигнал на выходе K_1 можно записать в виде

$$x_1 = A_1 x + a_1$$

Этот сигнал является входным для компонента k_2 выходной сигнал, которого можно получить из выражения

$$x_2 = A_2 x_1 + a_2 = A_2 (A_1 x_1 + a_1) + a_2 = A_1 A_2 x + A_2 a_1 + a_2 .$$

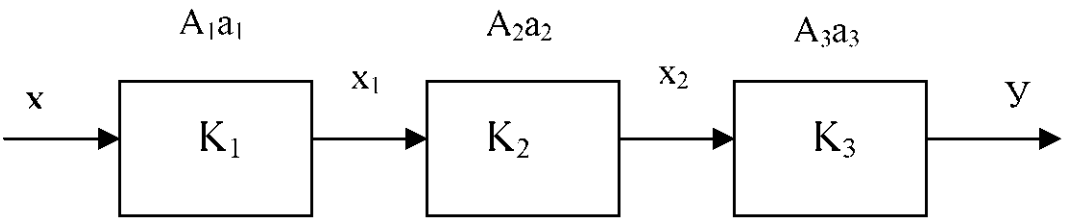

Рис.3.3. Простейшая линейная модель ИК

Для компонента K_3:

$$y = A_3 x_2 + a_3 = A_3(A_1 A_2 x + A_2 a_1 + a_2) + a_3 = A_1 A_2 A_3 x + A_2 A_3 a_1 + A_3 a_2 + a_3 ,$$

что соответствует формуле для $f_{sa}(x)$.

Исходными данными для расчета динамических характеристик ИК являются:

$A_{ai}(\omega)$ - номинальная АЧХ компонента;

$\Delta\varphi_{ai}(\omega)$- номинальная ФЧХ компонента;

$\Delta A_{ai}(\omega)$, $\Delta\varphi_{ai}(\omega)$ - наибольшие допускаемые отклонения АЧХ и ФЧХ от номинального значения.

Номинальную АЧХ ИК и $\Delta A_{ai}(\omega)$, рассчитывают по формулам :

$$\Delta A_{ai}(\omega) = \sum_{i=1}^{N} \Delta A_i(\omega) \prod_{i=1}^{i-1} A_{ai}(\omega) \prod_{i+1}^{N} A_{ai}(\omega)$$

Номинальную ФЧХ и наибольшие допускаемые отклонения от нее рассчитывают по формулам :

$$\varphi_a(\omega) = \sum_{i=1}^{N} \varphi_{ai}(\omega), \qquad \varphi_a(\omega) = \sum_{i=1}^{N} \Delta\varphi_i(\omega) .$$

Данные соотношения можно использовать при двух следующих условиях:

- ИК состоит из линейных аналоговых компонентов, либо включает дискретные компоненты, нелинейными инерционными свойствами которых можно пренебречь;

- в ИК имеет место стационарный динамический режим, когда математическое ожидание и дисперсия измеряемого сигнала не зависят от времени, а корреляционная функция зависит от разности времени.

В большинстве случаев ИК ИС содержит аналого-цифровой преобразователь (АЦП), который осуществляет дискретизацию во времени и квантование по амплитуде непрерывного сигнала y(t) на выходе аналоговой части ИК системы.

При построении моделей ИК ИИС исходят из предположения, что АЦП – идеальный квантователь. Однако, при широкополосных сигналах, а также измерении и регулировании быстро меняющихся величин динамическая модель будет выглядеть, как это представлено на рис.3.4.

ИК представлен как последовательное соединение аналоговых компонентов ИИС, включающих входные устройства АЦП (аналоговая линия часть ИК), с дискретной нелинейной частью, в которой выполняются операции дискретизации во времени и квантованием по уровню.

В этом случае динамические свойства аналоговой части ИК ИИС описываются ее амплитудно- и фазочастотными характеристиками, определенными изложенными выше методами с учетом АЧХ линейной части АЦП, а динамические свойства дискретной части – средней задержкой отсчета и апертурным временем – характеристиками динамических свойств АЦП.

При этом задержка (опережение) отсчета - разность между заданным и действительным моментами отсчета, имеет систематическую составляющую (постоянный сдвиг) $t_{з.с}$, который всегда можно учесть как поправку и случайную составляющую $\Delta t_{з.о}$ т.е.

$$t_{з.о} = t_{з.с} + \Delta t_{з.о}$$

Числовая характеристика распределения задержки отсчета $P_{(\Delta t_{з.о})}$ названа апертурным временем t_a . Поскольку $t_{з.о}$ зависит от уровня и скорости изменения входного сигнала АЦП, распределение $P_{(\Delta t_{з.о})}$ и, соответственно, t_a наряду с АЧХ аналоговой части канала могут быть использованы для расчета динамической погрешности канала.

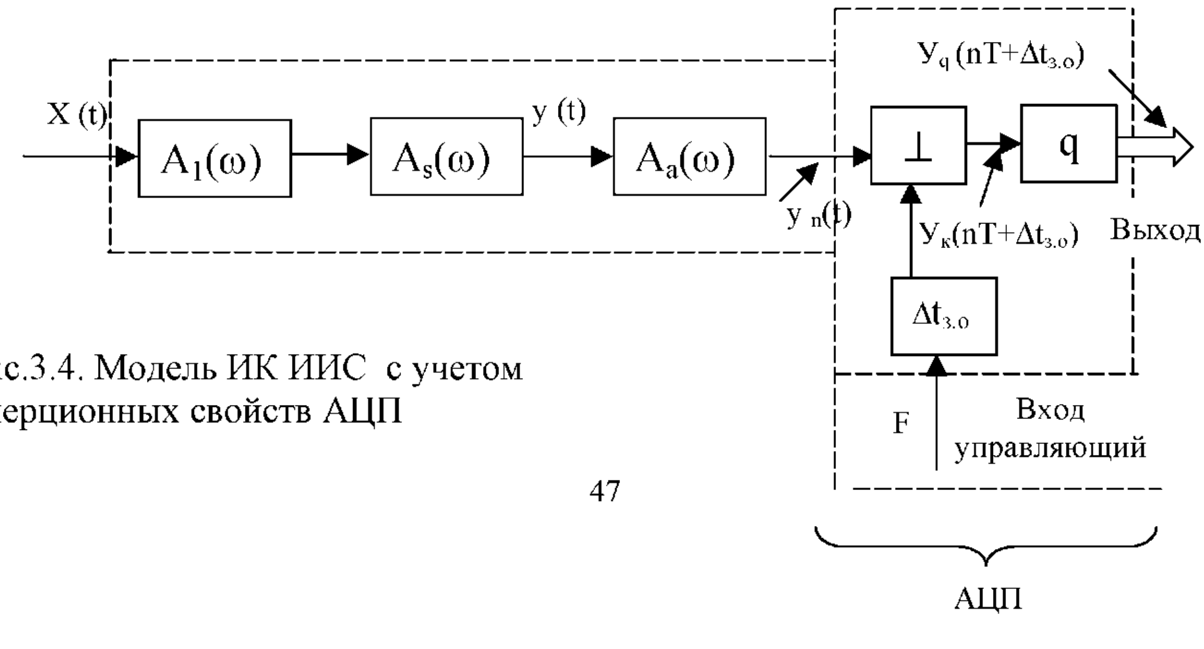

Рис.3.4. Модель ИК ИИС с учетом инерционных свойств АЦП

Математическое описание преобразования выходного сигнала x (t) со спектром $S_x(\omega)$ аналоговой части канала имеет вид:

$$y_k(t) = \frac{1}{2\pi}\int_{-\infty}^{+\infty} S_x(\omega)\prod_{i=1}^{s}\left[Aa_i(\omega)A_{ay}(\omega)\right]e^{j\omega t}d\omega,$$

где $A_{ai}(\omega)$ - АЧХ аналоговых линейных компонентов;

$A_{ay}(\omega)$- АЧХ аналоговой части АЦП.

Сигнал на выходе дискретизатора:

$$y_k(nT+\Delta t_{3.0}) = \int_{nT-\alpha}^{nT+\alpha} y_k(t)\sum_{-\infty}^{+\infty}\delta\left[t-(nt+\Delta t_{3.0})\right]dt,$$

где α - интервал интегрирования слева и справа от заданного временного положения n-го отсчета; T- период дискретизации. Сигнал на выходе квантователя и ИК в целом может быть представлен с помощью нелинейной пилообразной функции $\varepsilon(y_k)$ в виде:

$$y_g(nT+\Delta t_{3.0}) = y_k(nT+\Delta t_{3.0}) - \varepsilon_g(y_k).$$

Тогда динамическая погрешность равна

$$\Delta y_k = \frac{y'_g}{nT}\Delta t_{3.0}.$$

На основании этой формулы по конкретным значениям временного ряда, полученного в результате измерений, можно вычислить оценку погрешности в каждый момент времени и nT .

Если известны статические характеристики $y_k(t)$ и $\Delta t_{3.0}$ можно найти общую оценку неопределенности показаний ИК и стандартное отклонение.

Однако расчет ДХ по приведенным выше выражениям затруднен из-за сложности вычислений.

Для случаев, когда учет инерционных свойств дискретных компонентов необходим, можно рекомендовать метод математического моделирования с использованием модели канала, представленный на рис 3.4.