

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР ПО УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ И
СТАНДАРТАМ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ "СИСТЕМА"

ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ (ВНИИМИУС)

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
НПО «Система»
Удовиченко Е.Т.
«__» _____ 1991 г.

**РЕКОМЕНДАЦИЯ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ
СИСТЕМЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ.
МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ
КАНАЛОВ ПО МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЛИНЕЙНЫХ
АНАЛОГОВЫХ КОМПОНЕНТОВ**

МИ 2168-91

Львов – 1991

Информационные данные

1. РАЗРАБОТАНА Всесоюзным научно-исследовательским институтом измерительных и управляющих систем (ВНИИМИУС) НПО "Система"
2. ВНЕСЕНА НПО "Система",
ИСПОЛНИТЕЛИ:
Б.А. Грановский, канд.тех.наук (руководитель темы); С.Л. Васильева, А.Н. Винниченко, Т.М. Иванцук
3. УТВЕРЖДЕНА НПО "Система"
4. ЗАРЕГИСТРИРОВАНА ВНИИМС

Настоящий руководящий документ по метрологии устанавливает способы расчета метрологических характеристик (МХ) измерительных каналов (ИК) измерительных информационных систем (ИИС) по МХ компонентов.

Методика может быть использована в качестве исходной при разработке частных методик и программ, реализующих расчеты для конкретных ИИС.

Методика распространяется на ИК ИИС, которые, как законченное изделие, комплектуются из серийных агрегатных средств при монтаже на месте эксплуатации и характеризуются отсутствием доступа ко входу ИК.

Регламентированные методикой способы расчета МХ ИК ИИС могут быть использованы:

- при проектной оценке МХ ИК ИИС на стадии создания;
- при метрологической аттестации ИК ИИС на этапе ввода ИИС в эксплуатацию (при экспериментально-расчетном методе ее проведения);
- при проверке ИК ИИС поэлементным способом в процессе эксплуатации.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Методика соответствует простейшему варианту расчета МХ ИК ИИС и является первой из совокупности рекомендаций, охватывающей, различные направления, связанные с усложнением расчетных методов.

1.2. В методике рассматриваются ИК с двухкомпонентной структурой, т.е. ИК, состоящие по меньшей мере, из двух конструктивно обособленных частей, одна из которых - первичная - вырабатывает в результате воздействия измеряемой величины сигнал, поступающий во вторичную часть, завершающую измерительное преобразование в ИК.

МХ компонентов предполагаются известными. Как правило, в качестве первого компонента выбирают датчик, второго - электроизмерительную цепь.

Примечание. Допускается использование настоящей методики для расчета МХ ИК с более, чем двумя компонентами за счет последовательного применения метода расчета для двухкомпонентной структуры.

1.2. В настоящей методике приняты следующие допущения:

1/. Компоненты ИК предполагаются линейными аналоговыми элементами с сосредоточенными параметрами.

2/. Форма представления и способы нормирования МХ компонентов одинаковы и согласованы по размерности. Форма представления результирующей МХ ИК, получаемой в результате расчета, совпадает с формой представления МХ компонентов.

3/. Диапазоны измерений компонентов, характеристики компонентов, отражающие их взаимодействия во входу и выходу, характеристики влияющих величин и условий эксплуатации ИК в целом и его компонентов известны и согласованы. Взаимное влияние компонента на компонент ИК и влияние других ИК на рассматриваемый ИК в ИИС не учитывают.

1.3. Форма представления исходных данных оговаривается при описании расчета конкретных МХ в разделе 3.

1.4. Исходные данные, необходимые для расчета, следует брать из нормативно-технической документации, в тех случаях, когда исходные данные в требуемой форме не заданы или представлены неполно, недостающие данные должны быть определены на основании экспериментальных данных.

1.5. Выражения используемые для расчета характеристик погрешности согласно п.п. 3.3 – 3.6, могут быть использованы для расчета характеристик как основной, так и дополнительной погрешностей. Исходными данными для расчета характеристик основной допускаемой погрешности ИК является характеристики основной допускаемой погрешности компонентов. Исходными данными для характеристик дополнительной допускаемой погрешности ИК являются характеристики дополнительной допускаемой погрешности компонентов.

1.6. МХ ИК выбраны из числа регламентируемых ГОСТ 8.009-84 и МИ 302-80 при различных формах представления и способах нормирования согласно ГОСТ 8.009-84, ГОСТ 8.401-80 и ГОСТ 8.256-77.

1.7. Терминология, используемая в настоящей методике соответствует ГОСТ 16263-70, ГОСТ 8.009-84 и МИ 1951-88.

2. ПЕРЕЧЕНЬ РАССЧИТЫВАЕМЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

2.1. Статические характеристики

2.1.1 Коэффициенты номинальной функции преобразования K, a .

2.1.2. Номинальный статический коэффициент преобразования

2.1.3. Пределы (положительный и отрицательный) допускаемой погрешности - Δp .

2.1.4. Предел допускаемой систематической составляющей погрешности - Δsp .

2.1.5. Предел допускаемого среднего квадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности - $\sigma_p \left[\overset{o}{\Delta} \right]$.

2.1.6. Математическое ожидание систематической составляющей абсолютной погрешности $M[\Delta_s]$.

2.1.7. СКО систематической составляющей абсолютной погрешности $\sigma[\Delta_s]$.

2.2. Полные динамические характеристики

2.2.1. Порядок и коэффициенты дифференциального уравнения (ДУ).

2.2.2. Приведенная импульсная характеристика (ИХ) - $q(t)$

2.2.3. Приведенная переходная характеристика (ПХ) - $h(t)$

2.2.4. Приведенная передаточная функция (ПФ) - $W(p)$

2.2.5. Приведенная амплитудно-частотная (АЧХ) - (ω) и фазочастотная (ФЧХ) $\Phi(\omega)$ характеристики.

3. РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

3.1. Коэффициенты номинальной статической функции преобразования $f(x)$, задаваемой в виде линейной функции входного сигнала

$$f(x) = \kappa_x + a \quad (3.1)$$

где κ_x - мультипликативная составляющая номинальной статической функции преобразования; a - аддитивная составляющая статической функции преобразования; x - измеряемая величина (информативный параметр входного сигнала), рассчитывают по формулам

$$\kappa = \kappa_1 \cdot \kappa_2 \quad (3.2)$$

$$a = a_1 \cdot \kappa_2 + a_2 \quad (3.3)$$

Исходными данными для расчета являются:

$\kappa_i, i=1,2$ - коэффициент мультипликативной составляющей номинальной статической функции преобразования i -го компонента;

$a_i, i=1,2$ - аддитивная составляющая номинальной статической функции преобразования i -го компонента.

Результатом расчета по формулам (3.2), (3.3) являются значения коэффициентов κ и a номинальной статической функции преобразования $f(x)$.

3.2. Пределы (нижний и верхний) допускаемого значения абсолютной погрешности - Δp рассчитывают по формуле

$$\Delta p = \Delta p_1 + \frac{\Delta p_2}{k_1} \quad (3.4)$$

Исходными данными для расчета являются:

$\Delta p_i, i=1,2$ - пределы (положительный и отрицательный) допускаемой абсолютной погрешности, приведенной ко входу 1-го компонента;

κ_1 - номинальный статический коэффициент преобразования 1-го компонента.

Результатом расчета, по формуле (3.4) является абсолютное значение погрешности Δp , приведенной ко входу ИК.

В случае, если Δp_i заданы в форме пределов допускаемой приведенной погрешности γ_i в процентах, носящей чисто аддитивный характер в диапазоне измерений и устанавливаемой по формуле

$$\gamma_i = \frac{\Delta p_i}{X_{N_i}} \cdot 100 = \pm p \cdot 100 \quad (3.5)$$

где p - отвлеченное положительное число, выбираемое из ряда согласно разделу 2 ГОСТ 8.401-80, то пределы (нижний и верхний) допускаемой погрешности ИК рассчитывают по формуле

$$\gamma = \frac{\gamma_1 \cdot X_{N_1}}{X_N} + \frac{\gamma_2 \cdot X_{N_2}}{k_1 \cdot X_N} \quad (3.6)$$

Исходными данными для расчета являются:

$\gamma_i, i=1,2$ - предел (нижний и верхний, соответственно) допускаемой приведенной погрешности i -го компонента, задаваемые в процентах и обозначаемые как класс точности согласно ГОСТ 8.401-80;

$X_{N_i}, i=1,2$ - нормирующее значение, принятое для i -го компонента, выраженное в единицах измеряемой величины на входе i -го компонента;

X_N - нормирующее значение, принятое для ИК, выраженное в единицах измеряемой величины на входе ИК, т.е. в единицах X_{N_1} .

Результатом расчета по формуле (3.6) является значение предела допускаемой приведенной погрешности ИК в процентах. При необходимости значение предела допускаемой абсолютной погрешности может быть получено по формуле

$$\Delta p = \frac{\gamma \cdot X_N}{100} \quad (3.7)$$

В случае, если Δp_i заданы в относительной форме в виде пределов допускаемой относительной погрешности δ_{Mi} в процентах, носящей чисто мультипликативный характер в диапазоне измерений и задаваемой во формуле

$$\delta_{Mi} = \frac{\Delta p_i}{x_i} \cdot 100 = \pm q \cdot 100 \quad (3.8)$$

где q - отвлеченное положительное число, выбираемое согласно разделу 2 ГОСТ 8.401-80,

то пределы допускаемой относительной погрешности ИК рассчитывают по формуле

$$\delta_M = \delta_{M1} + \delta_{M2} + \frac{\delta_{M1} \cdot \delta_{M2}}{100} \quad (3.9)$$

Исходными данными для расчета являются:

δ_{Mi} , $i=1,2$ - пределы допускаемой относительной погрешности i -го компонента, задаваемые в процентах, обозначаемые как класс точности δ_{Mi} согласно ГОСТ 8.401-80.

Результатом расчета по формуле (3.9) является значение предела допускаемой относительной погрешности ИК δ_M в процентах. При необходимости может быть получено значение пределов допускаемой абсолютной погрешности для значения диапазона измерений ИК по формуле

$$\Delta p(x) = \frac{\delta_M \cdot x}{100} \quad (3.10)$$

В случае, если Δp_i заданы в относительной форме в виде пределов допускаемой относительной погрешности $\delta_i(x)$ в процентах, задаваемой согласно ГОСТ 8.401-80 по формуле

$$\delta_i(x_i) = \frac{\Delta p_i(x_i)}{x_i} \cdot 100 = \pm \left[c_i + d_i \left(\left| \frac{X_{N_i}}{x_i} \right| \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad (3.11)$$

где c_i , d_i - положительные числа, выбираемые из ряда согласно разделу 2 ГОСТ 8.401-80, то пределы допускаемой относительной погрешности ИК $\delta(x)$ в процентах рассчитывают по формуле

$$\delta(x) = \left[(c_1 - d_1) + (c_2 - d_2) + (c_1 - d_1)(c_2 - d_2) + \frac{(c_2 - d_2)d_1 \cdot X_{N_1}}{x} + \frac{d_1 \cdot X_{N_1}}{x} + \frac{d_2 \cdot X_{N_2}}{k_1 \cdot x} \right] \cdot 100 \quad (3.12)$$

Исходными данными для расчета является:

c_i , d_i - числа, установленные в документации для i -го компонента и связанные с числами, проводимыми в обозначении класса точности C_i / D_i согласно ГОСТ 8.401-80, следующими соотношениями:

$$c_i = \frac{C_i}{100} \quad (3.13)$$

$$d_i = \frac{D_i}{100} \quad (3.14)$$

Результатом расчета по формуле (3.12) является значение предела допускаемой относительной погрешности $\delta(x)$ в процентах для значений x диапазона измерений.

При этом предел допускаемой относительной погрешности ИК устанавливают по формуле

$$\delta(x) = \pm \left[c + d \left(\left| \frac{X_N}{x} \right| \right) - 1 \right] \cdot 100 \quad (3.15)$$

где d - минимальное положительное число, выбираемое из ряда, согласно разделу 2 ГОСТ 8.401-80 и для которого выполняется условие $d^* \leq d$; d^* - число, определяемое по формуле

$$d^* = \frac{(c_2 - d_2)d_1 \cdot X_{N_1} + d_1 \cdot X_{N_1} + d_2 \cdot X_{N_2} \cdot \frac{1}{k_1}}{X_N} \quad (3.16)$$

c - минимальное положительное число, которое выбирают из ряда согласно разделу 2 ГОСТ 8.401-80 и для которого выполняется условие $c^* \leq c$; c^* - число, определяемое по формуле

$$c^* = (c_1 - d_1) + (c_2 - d_2) + (c_1 - d_1)(c_2 - d_2) + d^* \quad (3.17)$$

При необходимости может быть пожучено значение пределов допускаемой абсолютной погрешности для значения x диапазона измерений ИК по формуле

$$\Delta p(x) = \frac{\delta(x) \cdot x}{100} \quad (3.18)$$

3.3. Предел допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности Δsp рассчитывают по формуле

$$\Delta sp = \Delta sp_1 + \frac{\Delta sp_2}{k_1} \quad (3.19)$$

Исходными данными для расчета являются:

Δsp_i , $i=1,2$ - предел допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности на входе i -го компонента ИК;

k_1 - номинальный статический коэффициент преобразования 1-го компонента.

Результатом расчета по формуле (3.19) является значение предела допускаемой систематической составляющей абсолютной погрешности Δsp на входе ИК.

3.4. Предел допускаемого СКО случайной составляющей абсолютной погрешности $\sigma_p [\Delta]$ рассчитывают по формуле

$$\sigma_p [\Delta] = \sqrt{\sigma_p^2 [\Delta_1] + \frac{\sigma_p^2 [\Delta_2]}{k_1^2}} \quad (3.20)$$

Исходными данными для расчета являются:

$\sigma_p [\Delta_i]$, $i=1,2$ - предел допускаемого СКО случайной составляющей абсолютной погрешности i -го компонента ИК;

k_1 - номинальный статический коэффициент преобразования 1-го компонента.

Результатом расчета по формуле (3.20) является значение предела допускаемого СКО случайной составляющей абсолютной погрешности на входе ИК.

3.5. Математическое ожидание систематической составляющей абсолютной погрешности $M[\Delta]$ рассчитывают по формуле

$$M[\Delta] = M[\Delta_1] + \frac{M[\Delta_2]}{k_1} \quad (3.21)$$

Исходными данными для расчета являются:

$M[\Delta_i]$, $i=1,2$ - математическое ожидание абсолютной погрешности на входе i -го компонента ИК;

k_1 - номинальный статический коэффициент преобразования 1-го компонента.

Результатом расчета по формуле (3.21) является значение математического ожидания абсолютной погрешности $M[\Delta]$ на входе ИК.

3.6. СКО систематической составляющей абсолютной погрешности $\sigma[\Delta]$ рассчитывают по формуле

$$\sigma[\Delta] = \sqrt{\sigma^2[\Delta_1] + \frac{\sigma^2[\Delta_2]}{k_1^2}} \quad (3.22)$$

Исходными данными для расчета являются:

$\sigma[\Delta_i]$, $i=1,2$ - СКО абсолютной погрешности на входе i -го компонента

k_1 - номинальный статический коэффициент преобразования 1-го компонента.

Результатом расчета по формуле (3.22) является значение СКО абсолютной погрешности $\sigma[\Delta]$ на входе ИК

3.8. Расчет полных динамических характеристик ИК по характеристикам компонентов, заданным в аналитической форме

3.8.1. Расчет полной динамической характеристики ИК в виде ДУ заключается в определении порядка и коэффициентов уравнения.

Расчет проводится по формулам (3.34) - (3.48).

Исходными данными являются характеристики компонентов, заданные в виде ДУ:

Для первого компонента ИК

$$\sum_{i=0}^n a_i x_2^{(i)}(t) = k_1 \sum_{k=0}^m \theta_k x_1^{(k)}(t) \quad (3.23)$$

для второго компонента ИК

$$\sum_{r=0}^l c_r x_3^{(r)}(t) = k_2 \sum_{j=0}^q d_j x_2^{(j)}(t) \quad (3.24)$$

где $x_1(t)$ - измеряемая величина, информативный параметр входного сигнала 1-го компонента ИК;

$x_2(t)$ - информативный параметр выходного сигнала 1-го компонента;

$x_3(t)$ - информативный параметр выходного сигнала 2-го компонента;

k_1, k_2 - номинальные значения статических коэффициентов преобразования компонентов;

a_i, θ_k, d_j, c_r - коэффициенты ДУ.

Исходные данные заданы в форме:

номинальных значений коэффициентов ДУ $a_{iном}, \theta_{kном}, d_{jном}, c_{rном}$ и границ допускаемых отклонений от них $\pm \Delta a_i, \pm \Delta \theta_k, \pm \Delta d_j, \pm \Delta c_r$ для нормальных условий (3.25), а также границ допускаемых отклонений от них, обусловленных изменением влияющих величин (т.е. в виде дополнительных погрешностей коэффициентов)

$$\pm \Delta a_{iдоп}, \pm \Delta \theta_{kдоп}, \pm \Delta d_{jдоп}, \pm \Delta c_{rдоп}$$

для рабочих условий (3.26) либо пределов допускаемых значений коэффициентов

$$a_{iниж}, a_{iверх}, \theta_{kниж}, \theta_{kверх}, d_{jниж}, d_{jверх}, c_{rниж}, c_{rверх}$$

для нормальных условий (3.27) и дополнительных погрешностей для рабочих условий (3.28)

$$\begin{cases} a_i = a_{iном} \pm \Delta a_i \\ \theta_i = \theta_{kном} \pm \Delta \theta_k \\ c_r = c_{rном} \pm \Delta c_r \\ d_j = d_{jном} \pm \Delta d_j \end{cases} \quad (3.25)$$

$$\begin{cases} a_{ip} = a_{iном} \pm \Delta a_i \pm \Delta a_{iдоп} \\ \theta_{ip} = \theta_{kном} \pm \Delta \theta_k \pm \Delta \theta_{kдоп} \\ c_{rp} = c_{rном} \pm \Delta c_r \pm \Delta c_{rдоп} \\ d_{jp} = d_{jном} \pm \Delta d_j \pm \Delta d_{jдоп} \end{cases} \quad (3.26)$$

$$\begin{cases} a_{iниж}, a_{iверх} \\ \theta_{iниж}, \theta_{iверх} \\ c_{rниж}, c_{rверх} \\ d_{jниж}, d_{jверх} \end{cases} \quad (3.27)$$

$$\begin{cases} a_{\text{ниж}}, a_{\text{верх}}, \pm \Delta a_{\text{дон}} \\ b_{\text{ниж}}, b_{\text{верх}}, \pm \Delta b_{\text{дон}} \\ c_{\text{ниж}}, c_{\text{верх}}, \pm \Delta c_{\text{дон}} \\ d_{\text{ниж}}, d_{\text{верх}}, \pm \Delta d_{\text{дон}} \end{cases} \quad (3.28)$$

Общий вид результирующего ДУ:

$$\sum_{s=0}^{n+l} p_s x_3^{(s)}(t) = k \sum_{v=0}^{q+m} f_v x_1^{(v)}(t) \quad (3.29)$$

где k - номинальный статический коэффициент преобразования ИК, значение которого получают по формуле (3.2).

Коэффициенты e_s, f_v для нормальных условий определяются в виде

$$\begin{cases} e_s = e_{\text{ном}} + \Delta e_{s+} - \Delta e_{s-} \\ f_v = f_{\text{ном}} + \Delta f_{v+} - \Delta f_{v-} \end{cases} \quad (3.30)$$

где $\Delta e_{s+}, -\Delta e_{s-}, \Delta f_{v+}, -\Delta f_{v-}$ - положительный и отрицательный пределы отклонений коэффициентов от номинальных; либо в виде предельных значений коэффициентов

$$\begin{cases} e_{\text{ниж}}, e_{\text{верх}} \\ f_{\text{ниж}}, f_{\text{верх}} \end{cases} \quad (3.31)$$

Для рабочих условий соответственно

$$\begin{cases} e_s = e_{\text{ном}} + \Delta e_{s+} + \Delta e_{s\text{дон}+} - \Delta e_{s-} - \Delta e_{s\text{дон}-} \\ f_v = f_{\text{ном}} + \Delta f_{v+} + \Delta f_{v\text{дон}+} - \Delta f_{v-} - \Delta f_{v\text{дон}-} \end{cases} \quad (3.32)$$

$$\begin{cases} e_{\text{ниж}}, e_{\text{верх}}, -\Delta e_{s\text{дон}-}, +\Delta e_{s\text{дон}+} \\ f_{\text{ниж}}, f_{\text{верх}}, -\Delta f_{v\text{дон}-}, +\Delta f_{v\text{дон}+} \end{cases} \quad (3.33)$$

где $\Delta e_{s\text{дон}+}, -\Delta e_{s\text{дон}-}, \Delta f_{v\text{дон}+}, -\Delta f_{v\text{дон}-}$ дополнительные погрешности коэффициентов.

Если коэффициенты ДУ компонентов заданы в виде (3.25), (3.26), то коэффициенты результирующего ДУ рассчитывают по формулам:

$$e_s = \sum_{\mu=0}^1 a_{\mu\text{ном}} c_{(1-\mu)\text{ном}}; \quad f_{v\text{ном}} = \sum_{v=0}^g b_{v\text{ном}} d_{(g-v)\text{ном}}; \quad (3.34)$$

$$\Delta e_{s+} = \sum_{\mu=0}^1 [a_{\mu\text{ном}} \cdot \Delta c_{(1-\mu)} + c_{(1-\mu)\text{ном}} \cdot \Delta a_{\mu} + \Delta a_{\mu} \cdot \Delta c_{(1-\mu)}] \quad (3.35)$$

$$-\Delta e_{s-} = -\sum_{\mu=0}^1 [a_{\mu\text{ном}} \cdot \Delta c_{(1-\mu)} + c_{(1-\mu)\text{ном}} \cdot \Delta a_{\mu} - \Delta a_{\mu} \cdot \Delta c_{(1-\mu)}] \quad (3.36)$$

$$\Delta f_{v+} = \sum_{v=0}^g [\epsilon_{vHOM} \cdot \Delta d_{(g-v)} + d_{(g-v)HOM} \cdot \Delta \epsilon_v + \Delta \epsilon_v \cdot \Delta d_{(g-v)}] \quad (3.37)$$

$$-\Delta f_{v-} = -\sum_{v=0}^g [\epsilon_{vHOM} \cdot \Delta d_{(g-v)} + d_{(g-v)HOM} \cdot \Delta \epsilon_v - \Delta \epsilon_v \cdot \Delta d_{(g-v)}] \quad (3.38)$$

$$\Delta e_{s\partial on+} = \sum_{\mu=0}^1 \left[a_{\mu HOM} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + c_{(1-\mu)HOM} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} + \right. \quad (3.39)$$

$$\left. + \Delta a_{\mu} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + \Delta c_{(1-\mu)} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} + \Delta a_{\mu\partial on} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} \right] \quad (3.40)$$

$$-\Delta e_{s\partial on-} = -\sum_{\mu=0}^1 \left[a_{\mu HOM} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + c_{(1-\mu)HOM} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} - \right. \quad (3.40)$$

$$\left. + \Delta a_{\mu} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + \Delta c_{(1-\mu)} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} + \Delta a_{\mu\partial on} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} \right] \quad (3.41)$$

$$-\Delta f_{v\partial on-} = -\sum_{v=0}^g \left[\epsilon_{vHOM} \cdot \Delta d_{(g-v)\partial on} + d_{(g-v)HOM} \cdot \Delta \epsilon_{v\partial on} - \right. \quad (3.42)$$

Если коэффициенты ДУ компонентов заданы в виде (3.27), (3.28), то коэффициенты результирующего рассчитывают по формулам:

$$\begin{cases} e_{сниж} = \sum_{\mu=0}^1 a_{\mu ниж} c_{(1-\mu) ниж} \\ e_{сверх} = \sum_{\mu=0}^1 a_{\mu верх} c_{(1-\mu) верх} \end{cases} \quad (3.43)$$

$$\begin{cases} f_{вниж} = \sum_{v=0}^g \epsilon_{vниж} d_{(g-v)ниж}; \\ f_{вверх} = \sum_{v=0}^g \epsilon_{vверх} d_{(g-v)верх}; \end{cases} \quad (3.44)$$

$$\Delta e_{s\partial on+} = \sum_{\mu=0}^1 [a_{\mu верх} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + c_{(1-\mu)верх} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} + \Delta a_{\mu\partial on} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on}] \quad (3.45)$$

$$-\Delta e_{s\partial on-} = -\sum_{\mu=0}^1 [a_{\mu ниж} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on} + c_{(1-\mu)ниж} \cdot \Delta a_{\mu\partial on} - \Delta a_{\mu\partial on} \cdot \Delta c_{(1-\mu)\partial on}] \quad (3.46)$$

$$\Delta f_{v\partial on+} = \sum_{v=0}^g [\epsilon_{vверх} \cdot \Delta d_{(g-v)\partial on} + d_{(g-v)верх} \cdot \Delta \epsilon_{v\partial on} + \Delta \epsilon_{v\partial on} \cdot \Delta d_{(g-v)\partial on}] \quad (3.47)$$

$$-\Delta f_{v\partial on-} = -\sum_{v=0}^g [\epsilon_{vниж} \cdot \Delta d_{(g-v)\partial on} + d_{(g-v)ниж} \cdot \Delta \epsilon_{v\partial on} - \Delta \epsilon_{v\partial on} \cdot \Delta d_{(g-v)\partial on}] \quad (3.48)$$

3.8.2. Расчет приведенной импульсной характеристики

3.8.2.1. Для расчета приведенной ИХ ИК исходными данными являются приведенные ИХ компонентов. Рассчитывается приведенная ИХ для ИК, состоящего из компонентов, описываемых звеньями первого или второго порядка.

Исходные данные заданы в формуле: аналитических выражений функций $q_1(\gamma_1, T_1, t)$, $q_2(\gamma_2, T_2, t)$ с параметрами γ, T в виде номинальных значений $\gamma_{ном}, T_{ном}$ и пределов допускаемых отклонений от них $\pm\Delta\gamma, \pm\Delta T$ для нормальных условий (3.49), а также пределов допускаемых отклонений от них, обусловленных изменением влияющих величин (дополнительных погрешностей) параметров $\pm\Delta\gamma_{доп}, \pm\Delta T_{доп}$ для рабочих условий (3.50), либо в виде пределов допускаемых параметров $\gamma_{ниж}, \gamma_{верх}, T_{ниж}, T_{верх}$ для нормальных (3.51), а также дополнительных погрешностей для рабочих условий (3.52):

$$\begin{cases} \gamma = \gamma_{ном} \pm \Delta\gamma \\ T = T_{ном} \pm \Delta T \end{cases} \quad (3.49)$$

$$\begin{cases} \gamma_p = \gamma_{ном} \pm \Delta\gamma \pm \Delta\gamma_{доп} \\ T_p = T_{ном} \pm \Delta T \pm \Delta T_{доп} \end{cases} \quad (3.50)$$

$$\begin{cases} \gamma_{ниж}, \gamma_{верх} \\ T_{ниж}, T_{верх} \end{cases} \quad (3.51)$$

$$\begin{cases} \gamma_{ниж}, \gamma_{верх}, \pm\Delta\gamma_{доп} \\ T_{ниж}, T_{верх}, \pm\Delta T_{доп} \end{cases} \quad (3.52)$$

3.8.2.2. Моделью каждого компонента является звено первого порядка:

$$q_1 = \frac{1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad q_2 = \frac{1}{T_2} e^{-\frac{t}{T_2}}$$

Результирующая приведенная ИХ

$$q(t) = \frac{e^{-\frac{t}{T_2}}}{T_2 - T_1} \left[e^{-\frac{t(T_2 - T_1)}{T_1 T_2}} - 1 \right] \quad (3.53)$$

где T_1, T_2 записываются в виде (3.49) ÷ (3.52).

3.8.2.3. Моделью одного из компонентов является звено первого, а другого - звено второго порядка:

$$q_1(t) = \frac{1}{T_1} e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad q_2(t) = \frac{\sin \omega t}{T_2 \sqrt{1 - \gamma^2}} e^{-\frac{\gamma t}{T_2}}$$

Результирующая приведенная ИХ

$$q(t) = \left[\frac{(T_2 - \gamma T_1) \sin \omega t}{T_2^2 + T_1(T_1 - 2\gamma T_2) \sqrt{1 - \gamma^2}} - \frac{T_1 \cos \omega t}{T_2^2 + T_1(T_1 - 2\gamma T_2)} \right] e^{-\frac{\gamma t}{T_2}} + \frac{T_1 e^{-\frac{t}{T_1}}}{T_2^2 - T_1^2 - 2\gamma T_1 T_2}$$

где параметры γ, T_1, T_2 записываются в виде (3.49) ÷ (3.52).

3.8.3. Расчет приведенной переходной характеристики

3.8.3.1. Исходными данными для расчета приведенной ПХ ИК являются приведенные ПХ компонентов $h_1(t)$ и $h_2(t)$.

Аналитическая форма представления приведенных ПХ используется для тех же компонентов, что в п.3.8.2.

Исходные данные заданы в форме:

аналитических выражений функций $h_1(t)$, $h_2(t)$ с параметрами γ , T в виде (3.49) ÷ (3.52).

Результирующую приведенную ПХ ИК получают в результате свертки ПХ компонентов: $h(\gamma_1, \gamma_2, T_1, T_2) = h_1(\gamma_1, T_1, t) \times h_2(\gamma_2, T_2, t)$, где параметры γ_1 , γ_2 , T_1 , T_2 заданы в виде (3.49) ÷ (3.52).

3.8.3.2. Моделью каждого компонента является звено первого порядка

$$h_1(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad h_2(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T_2}}$$

Результирующая приведенная ПХ

$$h(t) = 1 + \frac{1}{T_2 - T_1} \left(T_1 e^{-\frac{t}{T_1}} - T_2 e^{-\frac{t}{T_2}} \right) \quad (3.54)$$

3.8.3.3. Моделью одного из компонентов является звено первого, другого - звено второго порядка

$$h_1(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T_1}}, \quad h_2(t) = 1 - \left(\frac{\gamma \sin \omega t}{\sqrt{1 - \gamma^2}} + \cos \omega t \right) e^{-\frac{t}{T_2}}$$

Результирующая приведенная ПХ

$$h(t) = 1 - \left\{ \frac{\gamma T_2^2 + T_1 T_2 (1 - \gamma^2) \sin \omega t}{T_2^2 + T_1 (T_1 - 2\gamma T_2) \sqrt{1 - \gamma^2}} + \frac{T_2^2 - 2\gamma T_1 T_2 \cos \omega t}{T_2^2 + T_1 (T_1 - 2\gamma T_2)} \right\} e^{-\frac{t}{T_2}} - \frac{T_1^2 e^{-\frac{t}{T_1}}}{T_2^2 + T_1 (T_1 - 2\gamma T_2)} \quad (3.55)$$

3.8.4. Расчет приведенной передаточной функции При расчете приведенной ПХ ИК $W(p)$ исходными данными являются приведенные ПФ компонентов $W_1(p)$, $W_2(p)$. Исходные данные заданы в форме:

$$W_1(p) = \frac{\sum_{k=0}^m \epsilon_k p^k}{\sum_{i=0}^n a_i p^i}$$

$$W_2(p) = \frac{\sum_{j=0}^q d_j p^j}{\sum_{r=0}^l c_r p^r} \quad (3.57)$$

где a_i , ϵ_k , d_j , c_r - коэффициенты, соответствующие коэффициентам в ДУ п.3.8.1, формулы (3.25) ÷ (3.28).

Результирующая приведенная ПФ

$$W(p) = W_1(p) \cdot W_2(p) = \frac{\sum_{v=0}^{q+m} f_v p^v}{\sum_{s=0}^{n+l} e_s p^s} \quad (3.58)$$

Коэффициенты f_v и e_s соответствуют коэффициентам ДУ в формуле (3.29) п.3.8.1 и определяется по формулам (3.24) ÷ (3.48).

3.8.5. Расчет приведенной амплитудночастотной и фазочастотной характеристик

Исходными данными для расчета приведенной АЧХ и ФЧХ являются приведенные АЧХ и ФЧХ компонентов.

Исходные данные заданы в форму:

аналитических выражений приведенных АЧХ $A_1(\gamma_1, T_1, \omega)$, $A_2(\gamma_2, T_2, \omega)$ и ФЧХ $\Phi_1(\gamma_1, T_1, t)$, $\Phi_2(\gamma_2, T_2, t)$ с параметрами γ, T теми же, что в п. 3.8.2, формулы (3.49) ÷ (3.52).

Результатирующая приведенная АЧХ

$$A(\omega) = A_1(\omega) \cdot A_2(\omega) \quad (3.59)$$

Результатирующая ФЧХ

$$\Phi(\omega) = \Phi_1(\omega) + \Phi_2(\omega) \quad (3.60)$$

3.9. Расчет полных динамических характеристик по полным динамическим характеристикам компонентов, заданным в табличной форме

3.9.1. Расчет приведенной импульсной характеристики

Исходными данными для расчета приведенной ИХ ИК являются приведенные ИХ компонентов.

Исходные данные заданы в форме:

номинальных функций $q_{1ном}(m)$, $q_{2ном}(m)$ и границ допускаемых отклонений от них $\pm \Delta q_1(m)$, $\pm \Delta q_2(m)$ нормальных условий (3.61), а также пределов допускаемых отклонений от них, обусловленных изменением влияющих величин (дополнительные погрешности) $\pm \Delta q_{1дон}(m)$, $\pm \Delta q_{2дон}(m)$ для рабочих условий (3.62), либо в виде граничных функций $q_{1ниж}(m)$, $q_{1верх}(m)$, $q_{2ниж}(m)$, $q_{2верх}(m)$ для нормальных условий (3.63), а также дополнительных погрешностей $\pm \Delta q_{1дон}(m)$, $\pm \Delta q_{2дон}(m)$ для рабочих условий (3.64):

$$\begin{cases} q_1(m) = q_{1ном}(m) \pm \Delta q_1(m) \\ q_2(m) = q_{2ном}(m) \pm \Delta q_2(m) \end{cases} \quad (3.61)$$

$$\begin{cases} q_{p1}(m) = q_{1ном}(m) \pm \Delta q_1(m) \pm \Delta q_{1дон}(m) \\ q_{2p}(m) = q_{2ном}(m) \pm \Delta q_2(m) \pm \Delta q_{2дон}(m) \end{cases} \quad (3.62)$$

$$\begin{cases} q_{1ниж}(m), q_{1верх}(m) \\ q_{2ниж}(m), q_{2верх}(m) \end{cases} \quad (3.63)$$

$$\begin{cases} q_{1ниж}(m), q_{1верх}(m), \pm \Delta q_{1дон}(m) \\ q_{2ниж}(m), q_{2верх}(m), \pm \Delta q_{2дон}(m) \end{cases} \quad (3.64)$$

Для нормальных условий, если $q_1(m)$, $q_2(m)$ заданы в виде (3.61), результатирующая приведенная ИХ

$$q(n) = q_{ном}(n) \begin{matrix} + \Delta q_+(n) \\ - \Delta q_-(n) \end{matrix} \quad (3.65)$$

где

$$q_{ном}(n) = \sum_{m=0}^n q_{1ном}(m) q_{2ном}(n-m) \quad (3.66)$$

$$\Delta q_+(n) = \sum_{m=0}^n [\Delta q_1(m) q_{2ном}(n-m) + \Delta q_2(n-m) q_{1ном}(m) + \Delta q_1(m) \Delta q_2(m)] \quad (3.67)$$

$$-\Delta q_-(n) = -\sum_{m=0}^n [\Delta q_1(m) q_{2ном}(n-m) + \Delta q_2(n-m) q_{1ном}(m) - \Delta q_1(m) \Delta q_2(n-m)] \quad (3.68)$$

Примечания: 1. m - номер отсчета характеристики компонента.

2. n - номер отсчета результирующей характеристики ИК.

3. Отсчеты исходных характеристик компонентов берутся в одни и те же моменты времени с одинаковым периодом дискретизации. Количество отсчетов исходных характеристик компонентов одинаково и равно $M+1$, где M максимальное значение m . Количество отсчетов N результирующей характеристики равно $2M+1$.

Для рабочих условий, когда приведенные ИК компонентов заданы в виде (3.62), результирующая приведенная ИК:

$$q_p(n) = q_{ном}(n) + \Delta q_+(n) + \Delta q_{дон+}(n) - \Delta q_-(n) - \Delta q_{дон-}(n) \quad (3.69)$$

где $q_{ном}(n)$, $\Delta q_+(n)$, $-\Delta q_-(n)$ - вычисляются по формулам (3.71) ÷ (3.72).

$$\Delta q_{дон+}(n) = \sum_{m=0}^n \left[\Delta q_{1дон}(m) q_{2ном}(n-m) + \Delta q_{1дон}(m) \Delta q_2(n-m) + \Delta q_{1дон}(m) \Delta q_2(дон+)(n-m) + \Delta q_{2дон}(n-m) q_{1ном}(m) + \Delta q_{2дон}(n-m) \Delta q_1(m) \right] \quad (3.71)$$

$$-\Delta q_{дон-}(n) = -\sum_{m=0}^n \left[\Delta q_{1дон}(m) q_{2ном}(n-m) + \Delta q_{2дон}(n-m) q_{1ном}(m) - \Delta q_1(m) \Delta q_{2дон}(n-m) - \Delta q_{1дон}(m) q_2(n-m) - \Delta q_{1дон}(m) \Delta q_{2дон}(n-m) \right] \quad (3.72)$$

Если исходные приведенные ИХ заданы в виде (3.63) или (3.64), то результирующая приведенная ИХ соответственно записывается в виде (3.73) или (3.74).

$$\begin{cases} q_{ниж}(n) \\ q_{верх}(n) \end{cases} \quad (3.73)$$

$$\begin{cases} q_{ниж}(n), -\Delta q_{дон-}(n) \\ q_{верх}(n), \Delta q_{дон+}(n) \end{cases} \quad (3.74)$$

где

$$q_{ниж}(n) = \sum_{m=0}^n [q_{1ниж}(m) q_{2ниж}(n-m)] \quad (3.75)$$

$$q_{\text{верх}}(n) = \sum_{m=0}^n [q_{1\text{верх}}(m)q_{2\text{верх}}(n-m)] \quad (3.76)$$

$$\Delta q_{\partial on+}(n) = \sum_{m=0}^n [q_{1\text{верх}}(m)\Delta q_{2\partial on}(n-m) + q_{2\text{верх}}(n-m)\Delta q_{1\partial on}(m) + \Delta q_{1\partial on}(m)\Delta q_{2\partial on}(n-m)] \quad (3.77)$$

$$-\Delta q_{\partial on-}(n) = \sum_{m=0}^n [q_{1\text{ниж}}(m)\Delta q_{2\partial on}(n-m) + q_{2\text{ниж}}(n-m)\Delta q_{1\partial on}(m) - \Delta q_{1\partial on}(m)\Delta q_{2\partial on}(n-m)] \quad (3.78)$$

3.9.2. Расчет приведенной переходной характеристики

Исходными данными для расчета приведенной ПХ ИК являются приведенные ПХ компонентов.

Исходные данные заданы в форме:

номинальных функций $h_{1ном}(m)$, $h_{2ном}(m)$ и границ допускаемых отклонений от них $\pm\Delta h_1(m)$, $\pm\Delta h_2(m)$ для нормальных условий (3.79), а также границ допускаемых отклонений, обусловленных изменением внешних влияющих величин (т.е. в виде дополнительных погрешностей), для рабочих условий $\pm\Delta h_{1\partial on}(m)$, $\pm\Delta h_{2\partial on}(m)$ (3.80), либо граничных функций (3.81) $h_{1ниж}(m)$, $h_{1верх}(m)$, $h_{2ниж}(m)$, $h_{2верх}(m)$ для нормальных условий, а также дополнительных погрешностей $\pm\Delta h_{1\partial on}(m)$, $\pm\Delta h_{2\partial on}(m)$ для рабочих условий (3.82)

$$\begin{cases} h_1(m) = h_{1ном}(m) \pm \Delta h_1(m) \\ h_2(m) = h_{2ном}(m) \pm \Delta h_2(m) \end{cases} \quad (3.79)$$

$$\begin{cases} h_{p1}(m) = h_{1ном}(m) \pm \Delta h_1(m) \pm \Delta h_{1\partial on}(m) \\ h_{2p}(m) = h_{2ном}(m) \pm \Delta h_2(m) \pm \Delta h_{2\partial on}(m) \end{cases} \quad (3.80)$$

$$\begin{cases} h_{1ниж}(m), h_{1верх}(m) \\ h_{2ниж}(m), h_{2верх}(m) \end{cases} \quad (3.81)$$

$$\begin{cases} h_{1ниж}(m), h_{1верх}(m), \pm\Delta h_{1\partial on}(m) \\ h_{2ниж}(m), h_{2верх}(m), \pm\Delta h_{2\partial on}(m) \end{cases} \quad (3.82)$$

Если $h_1(m)$, $h_2(m)$ для нормальных и рабочих условий заданы по (3.79), (3.80), расчет результирующей приведенной ПХ ведется по формулам:

$$h(n) = h_{ном}(n) \begin{matrix} + \Delta h_+(n) \\ - \Delta h_-(n) \end{matrix} \quad (3.83)$$

$$h_p(n) = h_{ном}(n) \begin{matrix} + \Delta h_+(n) + \Delta h_{\partial on+}(n) \\ - \Delta h_-(n) - \Delta h_{\partial on-}(n) \end{matrix} \quad (3.84)$$

где

$$h_{ном}(n) = \sum_{m=0}^n h_{1ном}(m)h_{2ном}(n-m) \quad (3.85)$$

$$\Delta h_+(n) = \sum_{m=0}^n [\Delta h_1(m)h_{2ном}(n-m) + \Delta h_2(n-m)h_{1ном}(m) + \Delta h_1(m)\Delta h_2(m)] \quad (3.86)$$

$$-\Delta h_{-}(n) = -\sum_{m=0}^n [\Delta h_1(m)h_{2н\text{ом}}(n-m) + \Delta h_2(n-m)h_{1н\text{ом}}(m) - \Delta h_1(m)\Delta h_2(n-m)] \quad (3.87)$$

$$\Delta h_{\partial\text{он}+}(n) = \sum_{m=0}^n \left[\Delta h_{1\partial\text{он}}(m)h_{2н\text{ом}}(n-m) + \Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)h_{1н\text{ом}}(m) + \right. \\ \left. + \Delta h_{1\partial\text{он}}(m)\Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m) + \Delta h_2(n-m)\Delta h_{1\partial\text{он}}(m) + \Delta h_{1\partial\text{он}}(m)\Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m) \right] \quad (3.88)$$

$$-\Delta h_{\partial\text{он}-}(n) = -\sum_{m=0}^n \left[\Delta h_{1\partial\text{он}}(m)h_{2н\text{ом}}(n-m) + \Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)h_{1н\text{ом}}(m) - \right. \\ \left. - \Delta h_2(n-m)\Delta h_{1\partial\text{он}}(m) - \Delta h_1(m)\Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m) - \Delta h_{1\partial\text{он}}(m)\Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m) \right] \quad (3.89)$$

Если $h_1(m)$, $h_2(m)$ заданы по (3.81), (3.82), результирующая приведенная ИХ определяются соответственно по формулам (3.90) и (3.91).

$$\begin{cases} h_{\text{ниж}}(n) = \sum_{m=0}^n [h_{1\text{ниж}}(m)h_{2\text{ниж}}(n-m)] \\ h_{\text{верх}}(n) = \sum_{m=0}^n [h_{1\text{верх}}(m)h_{2\text{верх}}(n-m)] \end{cases} \quad (3.90)$$

для нормальных условий:

$$\begin{cases} h_{\text{ниж}}(n), -\Delta h_{\partial\text{он}-}(n) \\ h_{\text{верх}}(n), \Delta h_{\partial\text{он}+}(n) \end{cases} \text{ для рабочих условий,} \quad (3.91)$$

где

$$\Delta h_{\partial\text{он}+}(n) = \sum_{m=0}^n [\Delta h_{1\partial\text{он}}(m)h_{2\text{верх}}(n-m) + \Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)h_{1\text{верх}}(m) + \Delta h_{1\partial\text{он}}(m)\Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)] \quad (3.92)$$

$$-\Delta h_{\partial\text{он}-}(n) = -\sum_{m=0}^n [\Delta h_{1\partial\text{он}}(m)h_{2\text{ниж}}(n-m) + \Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)h_{1\text{ниж}}(m) - \Delta h_{2\partial\text{он}}(n-m)\Delta h_{1\partial\text{он}}(m)] \quad (3.93)$$

Для приведенных ПХ компонентов и приведенной ПХ ИК справедливо Примечание п.3.9.1.

3.9.3. Расчет приведенной амплитудночастотной и фазочастотной характеристик.

Исходными данными для расчета приведенной АЧХ и ФЧХ являются приведенные АЧХ и ФЧХ компонентов.

Исходные данные заданы в форме:

номинальных функций $A_{1н\text{ом}}(\omega i)$, $A_{2н\text{ом}}(\omega i)$, $\Phi_{1н\text{ом}}(\omega i)$, $\Phi_{2н\text{ом}}(\omega i)$ и границ допускаемых отклонений от них $\pm\Delta A_1(\omega i)$, $\pm\Delta A_2(\omega i)$, $\pm\Delta\Phi_1(\omega i)$, $\pm\Delta\Phi_2(\omega i)$ для нормальных условий

$$\begin{aligned} A_1(\omega i) &= A_{1н\text{ом}}(\omega i) \pm \Delta A_1(\omega i) \\ A_2(\omega i) &= A_{2н\text{ом}}(\omega i) \pm \Delta A_2(\omega i) \\ \Phi_1(\omega i) &= \Phi_{1н\text{ом}}(\omega i) \pm \Delta\Phi_1(\omega i) \\ \Phi_2(\omega i) &= \Phi_{2н\text{ом}}(\omega i) \pm \Delta\Phi_2(\omega i) \end{aligned} \quad (3.94)$$

а также границ допускаемых отклонений от них, обусловленных изменением внешних влияющих величин (т.е. в виде дополнительных погрешностей)

$$\begin{aligned} & \pm \Delta A_{1\partial on}(\omega i); \pm \Delta A_{2\partial on}(\omega i) \\ & \pm \Delta \Phi_{1\partial on}(\omega i); \pm \Delta \Phi_{2\partial on}(\omega i) \end{aligned}$$

для рабочих условий, т.е.

$$\begin{cases} A_1(\omega i) = A_{1ном}(\omega i) \pm \Delta A_1(\omega i) \pm \Delta A_{1\partial on}(\omega i) \\ A_2(\omega i) = A_{2ном}(\omega i) \pm \Delta A_2(\omega i) \pm \Delta A_{2\partial on}(\omega i) \\ \Phi_1(\omega i) = \Phi_{1ном}(\omega i) \pm \Delta \Phi_1(\omega i) \pm \Delta \Phi_{1\partial on}(\omega i) \\ A_2(\omega i) = \Phi_{2ном}(\omega i) \pm \Delta \Phi_2(\omega i) \pm \Delta \Phi_{2\partial on}(\omega i) \end{cases} \quad (3.95)$$

либо

граничных функций $A_{1ниж}(\omega i)$, $A_{1верх}(\omega i)$, $A_{2ниж}(\omega i)$, $A_{2верх}(\omega i)$, $\Phi_{1ниж}(\omega i)$, $\Phi_{1верх}(\omega i)$, $\Phi_{2ниж}(\omega i)$, $\Phi_{2верх}(\omega i)$

для нормальных условий

$$\begin{cases} A_{1ниж}(\omega i), A_{1верх}(\omega i) \\ A_{2ниж}(\omega i), A_{2верх}(\omega i) \\ \Phi_{1ниж}(\omega i), \Phi_{1верх}(\omega i) \\ \Phi_{2ниж}(\omega i), \Phi_{2верх}(\omega i) \end{cases} \quad (3.96)$$

а также дополнительных погрешностей $\pm \Delta A_{1\partial on}(\omega i)$, $\pm \Delta A_{2\partial on}(\omega i)$, $\pm \Delta \Phi_{1\partial on}(\omega i)$, $\pm \Delta \Phi_{2\partial on}(\omega i)$ для рабочих условий, т.е.

$$\begin{cases} A_{1ниж}(\omega i), A_{1верх}(\omega i), \pm \Delta A_{1\partial on}(\omega i) \\ A_{2ниж}(\omega i), A_{2верх}(\omega i), \pm \Delta A_{2\partial on}(\omega i) \\ \Phi_{1ниж}(\omega i), \Phi_{1верх}(\omega i), \pm \Delta \Phi_{1\partial on}(\omega i) \\ \Phi_{2ниж}(\omega i), \Phi_{2верх}(\omega i), \pm \Delta \Phi_{2\partial on}(\omega i) \end{cases} \quad (3.97)$$

Если приведенные АЧХ и ФЧХ компонентов заданы в виде (3.94), (3.95), то результирующие характеристики записываются в виде

$$\begin{aligned} A(\omega i) &= A_{ном}(\omega i) \begin{matrix} + \Delta A_+(\omega i) \\ - \Delta A_-(\omega i) \end{matrix} \\ \Phi(\omega i) &= \Phi_{ном}(\omega i) \begin{matrix} + \Delta \Phi_+(\omega i) \\ - \Delta \Phi_-(\omega i) \end{matrix} \end{aligned} \quad (3.98)$$

для нормальных условий;

$$\begin{aligned} A(\omega i) &= A_{ном}(\omega i) \begin{matrix} + \Delta A_+(\omega i) + \Delta A_{\partial on+}(\omega i) \\ - \Delta A_-(\omega i) - \Delta A_{\partial on-}(\omega i) \end{matrix} \\ \Phi(\omega i) &= \Phi_{ном}(\omega i) \begin{matrix} + \Delta \Phi_+(\omega i) + \Delta \Phi_{\partial on+}(\omega i) \\ - \Delta \Phi_-(\omega i) - \Delta \Phi_{\partial on-}(\omega i) \end{matrix} \end{aligned} \quad (3.99)$$

для рабочих условий,

где

$$A_{ном}(\omega i) = A_{1ном}(\omega i) A_{2ном}(\omega i) \quad (3.100)$$

$$\Phi_{ном}(\omega i) = \Phi_{1ном}(\omega i) + \Phi_{2ном}(\omega i) \quad (3.101)$$

$$\Delta A_+(\omega i) = A_{1н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_2(\omega i) + A_{2н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_1(\omega i) + \Delta A_1(\omega i)\Delta A_2(\omega i) \quad (3.102)$$

$$\Delta A_-(\omega i) = [A_{1н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_2(\omega i) + A_{2н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_1(\omega i) - \Delta A_1(\omega i)\Delta A_2(\omega i)] \quad (3.103)$$

$$\Delta \Phi_+(\omega i) = \Delta \Phi_1(\omega i) + \Delta \Phi_2(\omega i); \quad -\Delta \Phi_-(\omega i) = -\Delta \Phi_+(\omega i) \quad (3.104)$$

$$\Delta A_{\partial\omega n+}(\omega i) = A_{1н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) + A_{2н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta A_1(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) + \Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta A_2(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) \quad (3.105)$$

$$\Delta A_{\partial\omega n-}(\omega i) = [A_{1н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) + A_{2н\omega\omega}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) - \Delta A_1(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) - \Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) - \Delta A_2(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i)] \quad (3.106)$$

$$\Delta \Phi_{\partial\omega n+}(\omega i) = \Delta \Phi_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta \Phi_{2\partial\omega n}(\omega i) \quad (3.107)$$

$$-\Delta \Phi_{\partial\omega n-}(\omega i) = -[\Delta \Phi_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta \Phi_{2\partial\omega n}(\omega i)] \quad (3.108)$$

Если приведенные АЧХ и ФЧХ компонентов заданы по (3.96), (3.97), результирующие характеристики записываются в виде:

$$\begin{cases} A_{\text{ниж}}(\omega i), A_{\text{верх}}(\omega i) \\ \Phi_{\text{ниж}}(\omega i), \Phi_{\text{верх}}(\omega i) \end{cases} \quad (3.109)$$

для нормальных; условий;

$$\begin{cases} A_{\text{ниж}}(\omega i), -\Delta A_{\partial\omega n-} \\ A_{\text{верх}}(\omega i), +\Delta A_{\partial\omega n+} \\ \Phi_{\text{ниж}}(\omega i), -\Delta \Phi_{\partial\omega n-} \\ \Phi_{\text{верх}}(\omega i), +\Delta \Phi_{\partial\omega n+} \end{cases} \quad (3.110)$$

для рабочих условий, где

$$A_{\text{ниж}}(\omega i) = A_{1\text{ниж}}(\omega i)A_{2\text{ниж}}(\omega i) \quad (3.111)$$

$$A_{\text{верх}}(\omega i) = A_{1\text{верх}}(\omega i)A_{2\text{верх}}(\omega i) \quad (3.112)$$

$$\Phi_{\text{ниж}}(\omega i) = \Phi_{1\text{ниж}}(\omega i) + \Phi_{2\text{ниж}}(\omega i) \quad (3.113)$$

$$\Phi_{\text{верх}}(\omega i) = \Phi_{1\text{верх}}(\omega i) + \Phi_{2\text{верх}}(\omega i) \quad (3.114)$$

$$\Delta A_{\partial\omega n+}(\omega i) = A_{1\text{верх}}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) + A_{2\text{верх}}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) \quad (3.115)$$

$$\Delta A_{\partial\omega n-}(\omega i) = [A_{1\text{ниж}}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i) + A_{2\text{ниж}}(\omega i)\Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i) - \Delta A_{1\partial\omega n}(\omega i)\Delta A_{2\partial\omega n}(\omega i)] \quad (3.116)$$

$$\Delta \Phi_{\partial\omega n+}(\omega i) = \Delta \Phi_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta \Phi_{2\partial\omega n}(\omega i) \quad (3.117)$$

$$-\Delta \Phi_{\partial\omega n-}(\omega i) = -[\Delta \Phi_{1\partial\omega n}(\omega i) + \Delta \Phi_{2\partial\omega n}(\omega i)] \quad (3.118)$$

Примечание: Отсчеты приведенных АЧХ и ФЧХ компонентов и значения результирующих характеристик берутся и получены для одних и тех же частот ωi

Содержание

Информационные данные.....	1
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	1
2. ПЕРЕЧЕНЬ РАССЧИТЫВАЕМЫХ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК	2
3. РАСЧЕТ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА	2