

# ВНЕШНИЕ И ВНУТРЕННИЕ ИСТОЧНИКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ЗОНДОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

А.Т. Рахманов

Узбекистан, Ташкент

Комплексная автоматизация производственного процесса, создание автоматизированных систем контроля с широким использованием вычислительной и другой техники обуславливает необходимость применения большого числа различных по принципу действия физической природе измерительных преобразователей.

Задача построения надежных элементов систем контроля и управления может быть успешно решена только при наличии единого метода синтеза таких элементов и методов оценки их надежности на ранних стадиях проектирования как с учетом основных погрешностей, измерительных систем контроля. Зондовый преобразователь контроля параметров дисперсных сред создавался с учетом того, что одновременно в одной и той же точке будут определяться температура, общее содержание солей и влажность среды без извлечения образцов, что существенно увеличивает функциональные возможности зондового преобразователя. Внешние основные источники дополнительной погрешности вызываются при наличии вблизи зондовых преобразователей различных тепловых, электрических, магнитных и других полей, а также значительно проявляются при изменении распределения полей и колебаниях температуры внешней среды. Изменение температуры сред приводит к изменению электрических сопротивлений чувствительных элементов, электропроводности измеряемой среды и активных сопротивлений обмоток возбуждения. Кроме того, изменение температуры приводит к изменению параметров  $q_i, r_i$  и геометрических параметров потокопроводов.

Сопротивление обмотки и параметры чувствительных элементов зависят от изменения температуры и могут быть определены линейными зависимостями

$$R_i = R_{i0}(1 + \beta_i \Delta t) \quad (1)$$

$$R_j = R_{j0}(1 - \alpha_j \Delta t) \quad (2)$$

где  $R_{i0}, R_{j0}$  - действующие значения сопротивлений при номинальной температуре;

$\beta_i, \alpha_j$  - нормальные температурные коэффициенты.

В магнитных зондовых преобразователях контроля параметров сред наибольшую погрешность вносит изменения сопротивлений обмоток и значение погрешности можно определить из выражения

$$\Delta t_0 = \Delta t / U_2 \partial U_2 / \partial R_0 \partial R_0 / \partial \Delta t \quad (3)$$

В графовой модели зондовых преобразователей контроля и управления параметров погрешности преобразования в цепи физических параметров с учетом влияния и дестабилизации температуры окружающей среды рассматриваются с помощью звеньев на основании параметрических структурных схем и выражения для погрешностей преобразования, приведенных ко входам звеньев, будут иметь вид с учетом температурных изменений

$$\Delta \lambda_{1i} = \Delta \lambda_{2j} / K_{\lambda_i \lambda_j} t_i, \quad (4)$$

$$\Delta \lambda_{1i} = \Delta \lambda_{2j} / K_{\lambda_i \lambda_j} t_i, \quad (5)$$

$$\Delta \beta_i = \Delta \lambda_{2j} / \lambda_{1j} t_j, \quad (6)$$

$$\Delta \lambda_{1i} = \Delta \beta_j / K_{\lambda_i \lambda_j} t_j, \quad (7)$$

где  $\Delta \lambda_{2i} = \lambda_{2i} - \lambda_{2i}^p$ ,  $\Delta \lambda_{2j} = \lambda_{2j} - \lambda_{2j}^p$ ,  $\Delta \beta_i = \beta_i - \beta_i^p$ .

Здесь индекс (р) обозначает фактическое значение параметра. На основании (4 - 7) можно оценить относительные погрешности преобразования для рассматриваемых случаев

$$\gamma\lambda_{1i} = \Delta\lambda_{1i} / \lambda_{1i}\beta_i t_i, \quad (8)$$

$$\gamma\lambda_{1i} = \Delta\lambda_{2i} / \lambda_{1i} K_{\lambda_i\lambda_j} t_i, \quad (9)$$

$$\gamma\beta_i = \Delta\lambda_{2i} / \lambda_{1i}\beta_i t_j, \quad (10)$$

$$\gamma\lambda_{1i} = \Delta\beta_j / \lambda_{1i} K_{\lambda_i\lambda_j} t_j, \quad (11)$$

Используя понятия аддитивной и мультипликативной погрешностей и учитывая, что каждая из них имели систематическую, а также случайную составляющие в структурных схемах зондовых преобразователей можем изображать аддитивную погрешность как вклад к выходному параметру, связывающему выходную величину со входной, что на выходную погрешность в цепи преобразования зондовых преобразователей контроля параметров сред влияют аддитивная, мультипликативная погрешность, дестабилизации температуры окружающей среды в цепи преобразования, а также входная погрешность, связанная с параметрической структурой зондового преобразователя. Введением обозначения для среднего значения погрешности -  $\Delta$  с учетом основных погрешностей и случайную составляющую -  $\delta$ , приводим основные уравнения рассматриваемых структурных схем зондовых преобразователей контроля параметров дисперсных сред и различных растворов

$$\lambda_{2i}^p = [(\Delta\lambda_{2i} \pm \delta\lambda_{2i})] \Delta t_{1i}, \quad (12)$$

$$\lambda_{2i}^p = [(\Delta\lambda_{2i} \pm \delta\lambda_{2i}) + \lambda_{1i} K_{\lambda_i\lambda_j}] \Delta t_{1i}, \quad (13)$$

$$\lambda_{2i}^p = [(\Delta\lambda_{2j} \pm \delta\lambda_{2j}) + \lambda_{1j} \beta_j] \Delta t_{1j}, \quad (14)$$

$$\beta_j^p = [(\Delta\beta_j \pm \delta\beta_j) + \lambda_{1i} K_{\lambda_i\lambda_j}] \Delta t_i \quad (15)$$

Составляющие погрешности на выходе зондового первичного преобразователя определяется

$$\Delta\lambda_{2i} = [(\Delta\lambda_{2i} \pm \delta\lambda_{2i}) + (\Delta\beta_i \pm \delta\Delta\beta_i)\beta_{1i}] \Delta t_{1i},$$

$$\Delta\lambda_{2i} = [(\Delta\lambda_{2i} \pm \delta\lambda_{2i}) + (\Delta k_{\beta_i\beta_j} \pm \delta\Delta k_{\beta_i\beta_j})] \Delta t_{1i}$$

$$\Delta\lambda_{2i} = [(\Delta\lambda_{2i} \pm \delta\lambda_{2i}) + (\Delta\beta_{1j} \pm \delta\Delta\beta_{1j})] \Delta t_{1j},$$

$$\Delta\beta_j = [(\Delta\beta_j \pm \delta\beta_j) + (\Delta k_{\lambda_i\beta_i} \pm \delta\Delta k_{\lambda_i\beta_i})] \Delta t_{1j},$$

соответственно (12), (13), (14), (15), при данной входной погрешности зондового преобразователя сред

$$\Delta\lambda_{1i} = \Delta\lambda_{2j} / \beta_i \Delta t_i, \quad (16)$$

$$\Delta\lambda_{1i} = \Delta\lambda_{2i} / K_{\beta_i\beta_j} \Delta t_i, \quad (17)$$

$$\Delta\beta_j = \Delta\beta_{2j} / \beta_{2j} \Delta t_j, \quad (18)$$

$$\Delta\lambda_{1i} = \Delta\beta_j / K_{\lambda_i\lambda_j} \Delta t_j \quad (19)$$

Рассмотрим обобщенный принцип формирования основных погрешностей с учетом влияние температуры окружающей среды для рассмотренных типов звеньев, где данные коэффициенты связи преобразования для параметра  $\beta_i$  и величины  $\lambda_{3\lambda}$  кратко обозначены, соответственно через  $K_{ij}$  и  $K_{j\lambda}$ . Используя уравнения (8 - 11) и выражения (12 - 15), получим выходную относительную ошибку погрешности преобразования всей структурной схемы в виде

$$\gamma\lambda_{1i} = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 + \sigma_4 + \sigma_5 + \sigma_6 + \sigma_7 + \sigma_8 \quad (20),$$

$$\begin{aligned} \text{где } \sigma_1 &= \Delta\beta_i \pm \delta\beta_i / \beta_i \Delta t_i, & \sigma_2 &= \Delta k_{ij} \pm \delta k_{ij} / k_{ij} \Delta t_{ij}, & \sigma_3 &= \Delta\lambda_i \pm \delta\lambda_i / \lambda_i \Delta t_i, \\ \sigma_4 &= \Delta k_{j\lambda} \pm \delta k_{j\lambda} / k_{j\lambda} \Delta t_{j\lambda}, & \sigma_5 &= \Delta k_{ij} \pm \delta\lambda_{i\lambda} / \lambda_{0i} \beta_i \Delta t_i, & \sigma_6 &= \Delta\beta_i \pm \delta\beta_i / \beta_i \Delta t_i, \\ \sigma_7 &= \Delta\lambda_{2j} \pm \delta\lambda_{2j} / \beta_i \lambda_i k_{ij} \lambda_{0i} \Delta t_{ij}, & \sigma_8 &= \Delta\lambda_{3\lambda} \pm \delta\lambda_{3\lambda} / \beta_i \lambda_j k_{ij} k_{j\lambda} \Delta t_{ij}. \end{aligned}$$

Первые четыре уравнения этого выражения (20) представляет собой относительные выходные и средние мультипликативные погрешности, а остальные члены – относительные аддитивные погрешности всех типов звеньев структурной схемы.

Таким образом, погрешность зондового преобразователя на входе есть сумма выходных аддитивных и мультипликативных погрешностей всех звеньев, входящих в основных параметрических структурных схем.

Как было указано выше, внутренним источникам погрешности зондовых преобразователей контроля и управления параметров дисперсных сред, тел относятся нестабильность параметров магнитного и теплового, электрического потоков и другие. Колебание амплитуды частоты импульсного тока возбуждения, а также несимметричности тока при преобразовании биполярных импульсов приводит также к указанным реальным источникам погрешностей зондовых магнитных преобразователей.

Колебание амплитуды тока возбуждения сопровождается с изменением э.д.с. измерительной обмотки, что в свою очередь приводит к колебаниям начального значения и чувствительности выходного сигнала зондового преобразователя и погрешность определяется выражением в виде

$$\gamma_y = \Delta I_1 / I_1 \quad (21)$$

Погрешность, обусловленная колебанием частоты определяется

$$\lambda_\omega = 1 / U_{1\text{вых}} \partial U_{1\text{вых}} / \partial \omega \Delta \omega, \quad (22)$$

где  $U_{1\text{вых}}$  – напряжения выходного сигнала преобразователя.

Установлены также выражение для максимальной погрешности  $\gamma_\omega$ , соответствующее частоты  $\omega_{\text{max}}$ , т.к. из-за ограниченности размеров колонки можно представить только уравнением для максимальной  $\omega_{\text{max}}$  в следующем виде:

$$\omega_{\text{max}} = \mu_0 r [A(\rho_\mu j_p \ell + S)] / 2 j_p S, \quad (23)$$

где  $A = \ln 8r / a - 2$ ;

$\ell, r, S, a$  – геометрические размеры магнитных преобразователей;

$j_p$  – электропроводность среды;

$\rho_\mu$  – удельное сопротивление.

Отметим, что погрешность снижается при уменьшении удельного сопротивления измерительной обмотки и радиуса провода обмотки.

Магнитные преобразователи обеспечивает высокую точность преобразования входной величины и измерения выходного сигнала.