

УДК 621.38

ПОВЫШЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛЬНОСТИ ДИФФУЗИОННЫХ ИНТЕГРИРУЮЩИХ ТЕТРОДОВ

Чмут В.В., Бабейко С.К.

Предложены и теоретически обоснованы изменения в конструкции диффузионных интегрирующих тетродов (ДИТ) с целью уменьшения зависимости их чувствительности от температуры. Метод термокомпенсации основан на применении деформирующегося биметаллического электрода.

Дальнейшее развитие и совершенствование систем управления и автоматики связано с улучшением характеристик, использующихся в них элементов, и расширением их функциональных возможностей. Теоретическое и экспериментальное исследование диффузионных интегрирующих тетродов основано на получении их передаточных функций. Практический интерес представляет ДИТ как звено систем автоматики, позволяющее осуществить интегрирование с большой постоянной времени, передаточная функция которого от тока к току, полученная с учетом конечной скорости диффузионного массопереноса [1], имеет вид

$$W(p) = \Delta I_{\text{вых}}(p) / I_{\text{вх}}(p) = 1 / (ch \sqrt{p(1 + \tau p) \delta^2 / D} - 1), \quad (1)$$

где $\Delta I_{\text{вых}}(p)$ и $I_{\text{вх}}(p)$ – изображения по Лапласу приращения выходного тока и входного тока соответственно; $\tau = D/v^2$ – время релаксации; D – коэффициент диффузии окислителя; v – скорость распространения массы; δ – расстояние между общим и выходным электродами.

Разлагая в выражении (1) косинус гиперболический в ряд, получаем:

$$W(p) = \frac{K}{p(1 + \tau p) \left[1 + \frac{\delta^2 p(1 + \tau p)}{12D} + \frac{\delta^4 p^2(1 + \tau p)^2}{360D^2} + \dots \right]},$$

где $K = 2D/\delta^2$ – чувствительность ДИТ.

Недостатком, ухудшающим метрологические свойства ДИТ, является зависимость чувствительности от температуры, обусловленная влиянием температуры на коэффициент диффузии окислителя

$$D(T_0 + \Delta T) = D(T_0)(1 + \alpha_T \Delta T), \quad (2)$$

где $D(T_0)$ – коэффициент диффузии при номинальной температуре T_0 ; α_T – температурный коэффициент; ΔT – отклонение температуры от номинальной.

В настоящее время известны различные схемные методы уменьшения температурной погрешности диффузионных приборов (ДП), однако им присущи определенные недостатки [2].

Перспективным с нашей точки зрения представляется метод термокомпенсации погрешности ДП, основанный на применении деформирующихся биметаллических электродов, химически инертных к используемому электролиту [2]. Применение биметаллических электродов проиллюстрируем применительно к конструкции ДИТ, схематически показанной на рисунке 1.

Выходная цепь тетрода работает в режиме предельного тока диффузии, и ток в ней пропорционален концентрации окислителя в измерительном объеме

W_u электролита между биметаллическим выходным 1 и общим 2 электродами. Протекание во входной цепи тока $I_e(t)$ между входным 3 и общим 2 электродами вызывает в измерительном объеме изменение

концентрации окислителя на величину $\Delta C(t) = (1/nFWu) \int_0^t I_{ex}(t) dt$ и

соответствующее изменение выходного тока. Здесь n – число электронов, участвующих в реакции, F – число Фарадея.

Для осуществления электролитической связи между резервуарным и измерительным отсеками они соединены капилляром 4. В капилляре 4 размещены катоды 5, 6 полного поглощения окислителя, который попадает в капилляр при перетекании его из резервуарного отсека в измерительный или наоборот.

При увеличении температуры на ΔT в соответствии с соотношением (2) увеличивается коэффициент диффузии, что приводит к росту чувствительности ДИТ. При этом одновременно происходит деформация биметаллического катода, который выгибается в сторону активного слоя биметалла (слоя с большим температурным коэффициентом расширения), как показано на рисунке 1.

За счет этого увеличивается среднее расстояние между электродами 1 и 2, что вызывает уменьшение чувствительности ДИТ. Таким образом, действие температуры на изменение чувствительности ослабляется. При деформации катода происходит вытеснение электролита из резервуарного отсека в измерительный. Чтобы при этом окислитель не попадал в

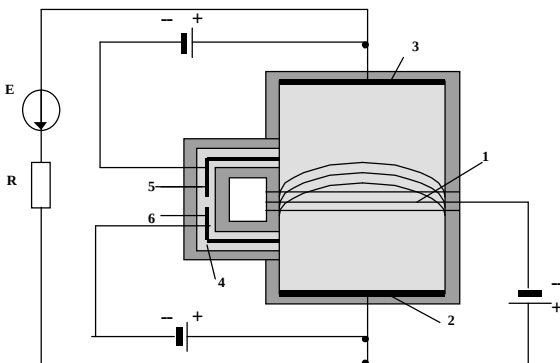


Рисунок 1 – Диффузионный интегрирующий тетрод

измерительный отсек (что привело бы к появлению погрешности интегрирования), установлен катод 5 полного поглощения окислителя.

При уменьшении температуры относительно номинальной биметаллический электрод прогнется в противоположную сторону, и все процессы протекают в обратном порядке. При этом функцию катода полного поглощения окислителя выполняет катод 2.

Для получения соотношений, определяющих необходимые конструктивные параметры биметаллического катода, рассмотрим вспомогательную задачу, заключающуюся в определении стационарного тока через катод двухполюсника при деформации катода. Предполагаем, что при этом поверхность катода образует параболоид и радиус катода R равен радиусу анода. На рисунке 2 изображена модель двухполюсника с деформирующимся катодом

Для узкой кольцеобразной зоны шириной Δx и длиной $2\pi x$ на поверхности катода устанавливается значение тока

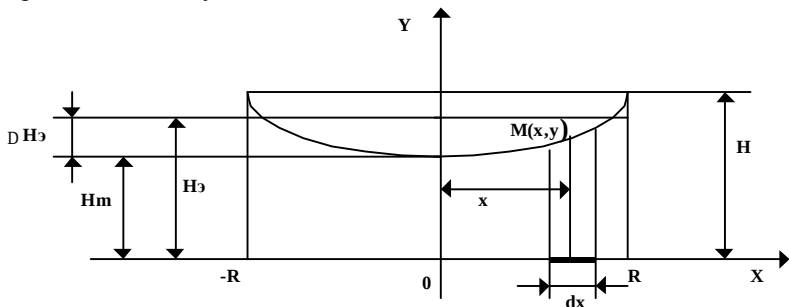


Рисунок 2 – Модель двухполюсника с деформирующимся катодом

$$dI_y = 2\epsilon\pi x dx / (ax^2 + H_m), \quad (3)$$

где α – параметр параболоида; H_m – ордината вершины параболоида; $\epsilon = 2nFDC_o/n_1$. Здесь C_o – средняя концентрация окислителя в измерительном объеме, n_1 – число ионов окислителя, участвующих в реакции в данный момент.

С учетом соотношения (3) полный ток через катод равен

$$I_y = \int_0^R dI_y = \frac{2nFDC_o\pi R^2}{n_1(H - H_m)} \ln \frac{H}{H_m}, \quad (4)$$

где H – исходное расстояние между электродами.

Найдем некоторое эквивалентное расстояние H_0 между плоскопараллельными электродами, при котором выходной ток

$$I_0 = \frac{2nFDC_0\pi R^2}{n_1 H_0} \quad (5)$$

где A , D_n – удельный прогиб центра электрода и его диаметр соответственно, h – толщина биметалла.

Приравнявая правые части соотношений (10) и (11), находим требуемую толщину биметалла

$$h = A D_n^2 / (2\alpha\delta_0).$$

Изложенный способ компенсации температурной

нестабильности ДИТ доступен в практической реализации, так как

незначительно усложняет конструкцию тетрода и не вызовет

технологических трудностей.

Библиография

1 Чмут В.В. К вопросу о передаточной функции диффузионного тетрода / В.В. Чмут // Приборостроение: Респ. межведомств. научн.-техн. сб. — 1975. — Вып. 18. — С. 64–69.

2 Чмут В.В. Диффузионные преобразователи с компенсацией температурной неустойчивости выходных сигналов / В.В. Чмут // Приборостроение: Респ. межведомств. научн.-техн. сб. — 1993. — Вып. 44. — С. 7–12.

3 Башин Ю.А. Термобиметаллы / Ю.А. Башин, Ф.Б. Улановский, И.М. Перепелица. — М.: Машиностроение, 1986. — 134 с.

Поступила в редакцию 3.07.2001 г.