

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Способы рН-преобразования развиваются от пассивных датчиков к рН биологически активным датчикам, от постоянно токовых к импульсным с нормированными мерами в исследуемом диапазоне. Необходима оценка их эффективности по динамическим характеристикам.

**Цель:** провести оценку эффективности способов определения кислотности по динамическим характеристикам.

**Задачи:** 1. Рассмотреть модель погрешности по расширению диапазона и выбора меры точности. 2. Оценить модель относительно погрешности по фиксированному диапазону. 3. Оценить модель относительно диапазона по фиксированной погрешности.

Для оценки эффективности необходимо определить нелинейность и погрешность преобразования способов, которые определены через широту импульсов. Известно, что код  $N = F_0 \tau$ , тогда умножив правую и левую части уравнений системы на  $F_0$  (с учетом, что  $F_0 T = N_{\max}$ ), получим, что широта в кодах равна:

$$\begin{cases} N = N_{\max} \ln \left( \frac{E_{\text{pH}} - U_{01}}{E_{\text{pH}} - U_{02}} \right), \\ N_0 = N_{\max} \ln \left( \frac{E_0 - U_{01}}{E_0 - U_{02}} \right). \end{cases} \quad (1)$$

где  $U_1$ ,  $U_2$  – нижний и верхний порог напряжения соответственно;  $T$  – постоянная времени;  $E$  – максимальное значение напряжения, соответствующее определяемому значению рН.

После несложных преобразований найдем установившееся значение исследуемого  $E_{\text{pH}}$  относительно нормируемого значения  $E_0$ :

$$\begin{cases} E_{\text{pH}} = \frac{U_{02} - U_{01} \cdot e^{-\frac{N}{N_{\max}}}}{1 - e^{-\frac{N}{N_{\max}}}}, \\ E_0 = \frac{U_{02} - U_{01} \cdot e^{-\frac{N_0}{N_{\max}}}}{1 - e^{-\frac{N_0}{N_{\max}}}}. \end{cases} \quad (2)$$

---

\* Работа выполнена под руководством д-ра техн. наук, проф. ТГТУ Е.И. Глинкина.

Рассчитаем нелинейность  $\eta$  преобразования инновации, поделив 1-е уравнение системы (2) на 2-е уравнение системы, которую примем за обобщенную математическую модель.

$$\eta = \frac{\left( U_{02} - U_{01} \cdot e^{\frac{-N}{N_{\max}}} \right) \left( 1 - e^{\frac{-N_0}{N_{\max}}} \right)}{\left( 1 - e^{\frac{-N}{N_{\max}}} \right) \left( U_{02} - U_{01} e^{\frac{-N_0}{N_{\max}}} \right)}. \quad (3)$$

Обобщенная модель может быть представлена в виде двух моделей: пороговая модель, модель, учитывающая характеристики.

Оценим погрешность  $\varepsilon$  способа для трех моделей нелинейности:

$$\varepsilon = |1 - \eta|. \quad (4)$$

Результаты расчетов для обобщенной модели сведены в таблицу.

$N_0 / N_{\max}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5
$\eta$	0,73	0,82	0,86	0,92	0,96	1	0,97	0,94	0,91	0,99	0,99
$\varepsilon$	27	18	14	8	4	0	3	6	9	1	1

Для различных моделей расчеты производятся аналогично. При фиксированной погрешности применяется формула:

$$\eta = \frac{\left( 1 - e^{\frac{-N_0}{N_{\max}}} \right)}{\left( 1 - e^{\frac{-N}{N_{\max}}} \right)}. \quad (5)$$

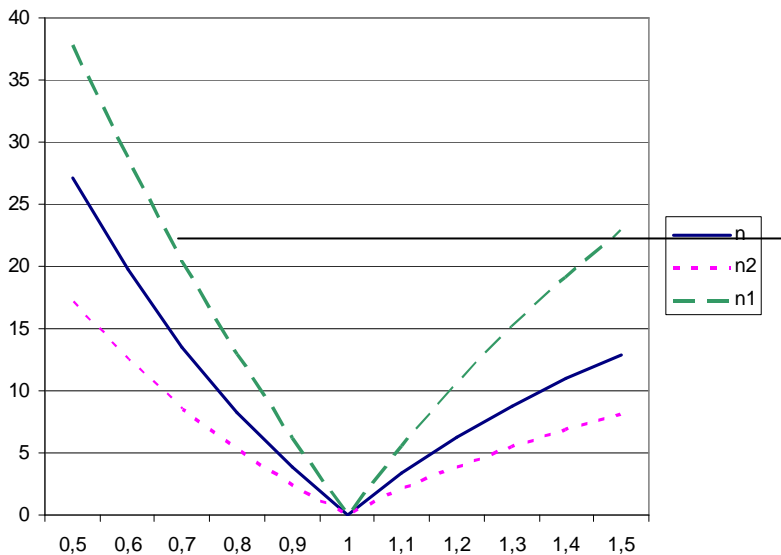
При фиксированном диапазоне применяется формула:

$$\eta = \frac{\left( U_{02} - U_{01} e^{\frac{-N}{N_{\max}}} \right)}{\left( U_{02} - U_{01} e^{\frac{-N_0}{N_{\max}}} \right)}. \quad (6)$$

Для фиксированной погрешности, например 10%, получим диапазоны:  $n_1 - 0,85 \dots 1,20$  (для модели по характеристикам);  $n_2 - 0,65 \dots 1,6$  (для пороговой модели);  $n - 0,75 \dots 1,35$  (для обобщенной модели).

Для метрологической оценки рациональна модель по характеристикам.

Для измерения рационально использовать пороговую модель.



### Выводы.

1. Предложены модели погрешности по порогам, по характеристикам, обобщенная модель.
2. Проведена оценка эффективности относительно погрешности по фиксированному диапазону.
3. Проведена оценка эффективности относительно диапазона по фиксированной погрешности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 2167416 РФ, МКИ G 01 N 27/416. Способ и устройство для определения концентрации ионов водорода / И.К. Гвоздев, Б.И. Герасимов, В.Ф. Калинин, Е.И. Глинкин. – 2001. – Бюл. № 14.
2. Пат. 2110207 РФ, МКИ А 61 В 5/00. Способ определения кислотности желудочного содержимого / В.И. Комиссаров. – 1998.
2. Пат. 2316761 РФ, МКИ G 01 N 27/416. Способ и устройство определения концентрации ионов водорода / С.В. Петров, Л.В. Пономарев, Е.И. Глинкин. – 2008. – Бюл. № 4.

*Кафедра "Биомедицинская техника", ТГТУ*