

2000. 3. Емкостины / Ф.Б.Гриневиц, М.Н.Сурду, А.С.Левицкий и др.; Отв. ред. А.И. Новик – К., 1990.  
4. Головки Д.Б., Скрипник Ю.О. Методи та засоби частотно-дисперсійного аналізу речовин та матеріалів // Вимірювальні схеми та прилади. К., 2000. 5. Походило Є.В Вимірювання параметрів імітансу в задачах кваліметрії // Вимірювальна техніка та метрологія. 2002, №59 – С. 22–27.  
6. Походило Є.В., Столярчук П.Г. Вимірювач інформативного параметра емнісного сенсора. Патент України № 63413А. Опубл. в Бюл. №1, 2004.

УДК 621.335 (088.8)

З.Р.Мичуда

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра автоматики та телемеханіки

## **МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ СТРУМІВ ВИТІКАННЯ В ЛОГАРИФМІЧНИХ АЦП З НАКОПИЧЕННЯМ ЗАРЯДУ НА ПАСИВНИХ ПАРАЛЕЛЬНИХ КОНДЕНСАТОРНИХ КОМІРКАХ**

© Мичуда З.Р., 2004

**Запропоновано математичні моделі похибок від струмів витікання логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на пасивних паралельних конденсаторних комірках, наведено результати моделювання та оцінку точності.**

**The mathematical models leakage currents of errors of logarithmic ADC, based on accumulation of a charge in passive parallel condensers cells, are offered, the results of modelling are presented and the valuation of accuracy are given.**

### **1. Вступ**

Сучасний прогрес у пристроях логарифмічного аналого-цифрового перетворення зумовлений використанням нових явищ, зокрема перерозподілу та накопичення заряду в комутованих конденсаторах [1–4]. Відрізняються ці два явища тим, що при перерозподілі заряду на деякому (накопичувальному) конденсаторі заряд зменшується, а при накопиченні – збільшується. Краще досліджені логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі (ЛАЦП) з перерозподілом заряду [1,2], оскільки вони з'явилися значно раніше. ЛАЦП з накопиченням заряду [3, 4] досліджені нині недостатньо.

У статті досліджено вплив струмів витікання на точність ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивних паралельних конденсаторних комірках.

### **2. Фізична модель ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивній паралельній конденсаторній комірці**

Спрощена функціональна схема ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивній паралельній конденсаторній комірці (КК) зводиться до схеми, наведеної на рис. 1, де БК – буферний каскад, СВ – схема віднімання, Км – компаратор, К0–К2 – аналогові ключі, С<sub>н</sub> і С<sub>д</sub> – накопичувальний і дозувальний конденсатори, U<sub>о</sub> – опорна напруга, U<sub>у</sub> – напруга управління, КП – сигнал “Кінець перетворення”.

Використавши функціональну схему (рис. 1) і враховуючи зміну структури ЛАЦП під час перетворення, побудуємо модель ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивних конденсаторних комірках, яка враховує вплив струмів витікання елементів схеми. Ця модель наведена на рис. 2 – 5.

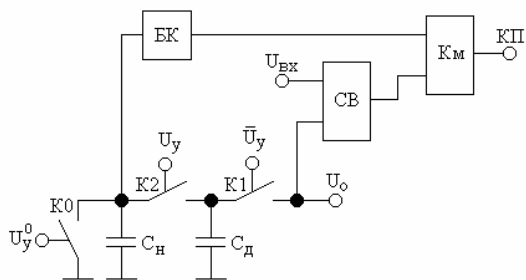


Рис. 1. Спрощена функціональна схема ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній КК

Особливістю моделі є те, що вона змінюється відповідно до змін структури ЛАЦП в окремих фазах перетворення ( $\Phi 1$ – $\Phi 4$ ).

У моделі враховано опори витікання накопичувального ( $r_{ВН}$ ) і дозувального ( $r_{ВД}$ ) конденсаторів, вхідний опір буферного каскаду ( $r_{ВХ}$ ) і опори аналогових ключів К0–К2 стік–витік ( $r_{СВ}$ ), затвор–стік ( $r_{ЗС}$ ) і затвор–витік ( $r_{ЗВ}$ ).

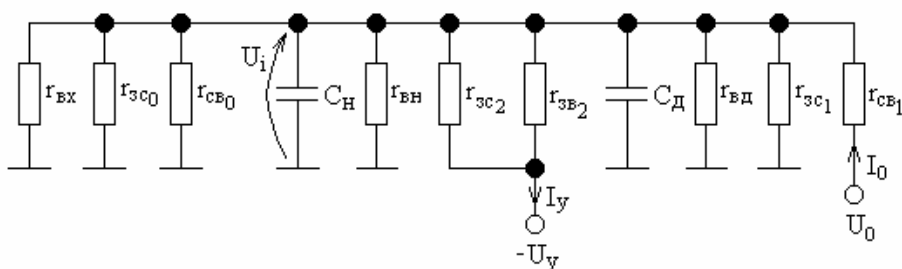


Рис. 2. Модель ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній КК, що враховує струми витікання у фазі  $\Phi 1$

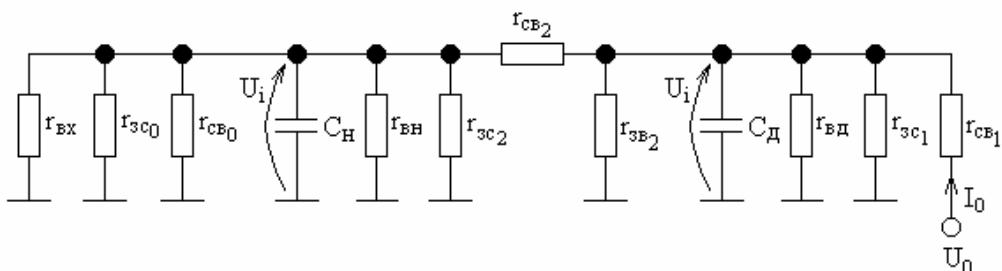


Рис. 3. Модель ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній КК, що враховує струми витікання у фазі  $\Phi 2$

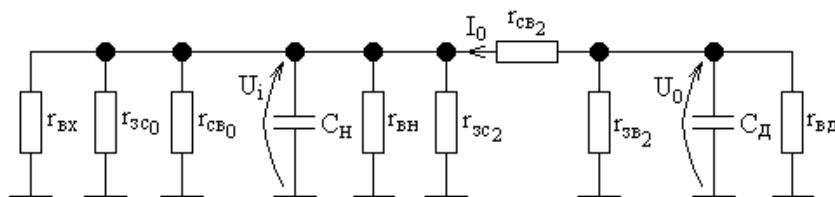


Рис. 4. Модель ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній КК, що враховує струми витікання у фазі  $\Phi 3$

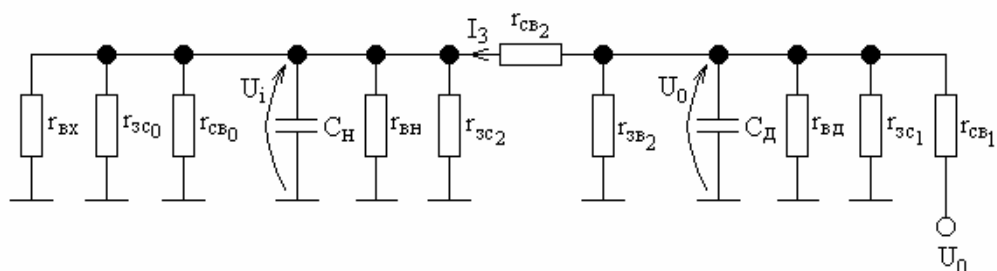


Рис. 5. Модель ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній КК, що враховує струми витікання у фазі  $\Phi 4$

### 3. Аналіз впливу струмів витікання ЛАЦП з НЗ на пасивній паралельній конденсаторній комірці

Вплив струмів витікання в ЛАЦП з НЗ на пасивних паралельних конденсаторних комірках призводить до небажаної зміни напруги на накопичувальному конденсаторі.

Абсолютну похибку напруги на накопичувальному конденсаторі від струмів витікання можемо визначити, скориставшись загальновідомою формулою про зміну напруги на конденсаторі ємністю  $C$  упродовж інтервалу часу  $\Delta T$ , викликану деяким струмом  $I$ :

$$\frac{\Delta U}{\Delta T} = \frac{I}{C}.$$

Враховуючи, що в одному такті перетворення є чотири фази  $\Phi 1$ – $\Phi 4$ , можемо записати формулу для визначення абсолютної похибки напруги на накопичувальному конденсаторі ЛАЦП з НЗ на пасивних конденсаторних комірках, яка матиме вигляд

$$\Delta U_{Ni} = \frac{1}{C_H} \sum_{k=1}^{k=4} I_{\Phi k} \cdot t_{\Phi k} \cdot N, \quad (1)$$

де  $\Delta U_{Ni}$  – абсолютна похибка напруги на накопичувальному конденсаторі від струмів витікання на  $N$ -му такті перетворення;

$I_{\Phi k}$  – сумарний струм через накопичувальний конденсатор у фазі перетворення “ $k$ ”, причому  $k=1, 2, 3, 4$ ;

$t_{\Phi k}$  – тривалість фази перетворення “ $k$ ”.

Визначимо сумарні струми через накопичувальний конденсатор у кожній фазі перетворення, скориставшись рис. 2 – 5.

Сумарний струм у фазі перетворення  $\Phi 1$  знаходимо з урахуванням з’єднань між елементами моделі (рис. 2) за формулою

$$I_{\Phi 1} = I_0 - I_1 - I_y, \quad (2)$$

$$\text{де } I_0 = \frac{U_0 - U_i}{r_{св}}; \quad I_y = (U_i + U_y) \cdot \left( \frac{1}{r_{зв}} + \frac{1}{r_{зс}} \right); \quad I_1 = U_i \left( \frac{2}{r_{зс}} + \frac{1}{r_{св}} + \frac{1}{r_{вд}} + \frac{1}{r_{вн}} + \frac{1}{r_{вх}} \right);$$

$U_i$  – напруга на накопичувальному конденсаторі в  $i$ -му такті перетворення.

Сумарний струм у фазі перетворення  $\Phi 2$  знаходимо з урахуванням з’єднань між елементами моделі (рис. 3) і того, що струм через резистор  $r_{св2}$  дорівнює нулю, оскільки він увімкнений між вузлами з однаковим потенціалом:

$$I_{\Phi 2} = -I_2, \quad (3)$$

$$\text{де } I_2 = U_i \left( \frac{1}{r_{св}} + \frac{2}{r_{зс}} + \frac{1}{r_{вн}} + \frac{1}{r_{вх}} \right).$$

Сумарний струм у фазі перетворення  $\Phi 3$  визначаємо з урахуванням з’єднань між елементами моделі (рис. 4) за формулою:

$$I_{\Phi 3} = I_0 - I_2. \quad (4)$$

Сумарний струм у фазі перетворення  $\Phi 4$  знаходимо з урахуванням з’єднань між елементами моделі (рис. 5) за формулою:

$$I_{\Phi 4} = I_0 - I_2. \quad (5)$$

Тривалість окремої фази перетворення  $t_{\Phi_k}$  залежить від конкретних вимог до ЛАЦП і в частковому випадку, який найпростіше реалізувати, тривалість всіх фаз однакова, тобто  $t_{\Phi_1} = t_{\Phi_2} = t_{\Phi_3} = t_{\Phi_4} = \frac{1}{4} T$  (де  $T$  – тривалість одного такту перетворення).

Графік абсолютної похибки напруги на накопичувальному конденсаторі ( $\Delta U_{Ni}$ ) від струмів витікання, обчислений за виведеними вище формулами, наведено на рис. 6.

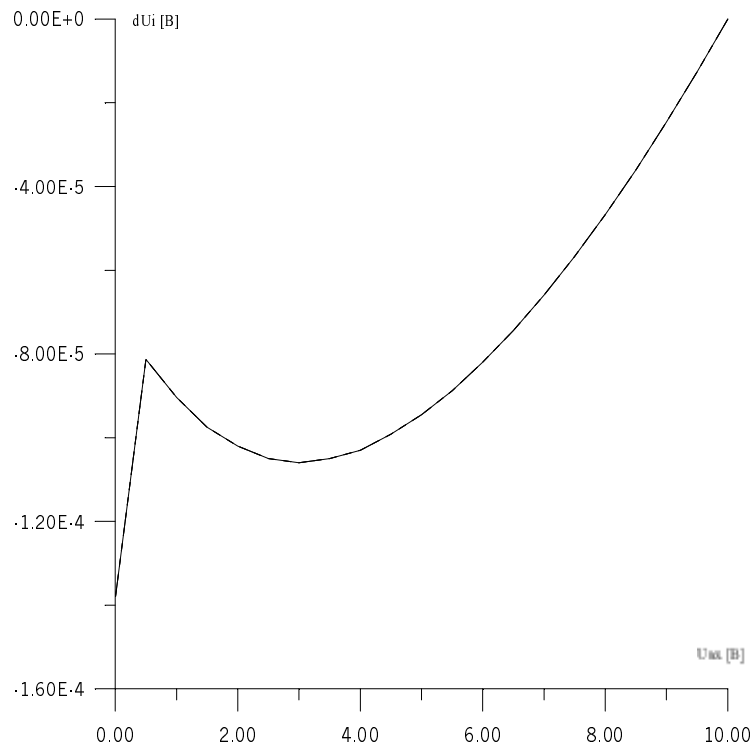


Рис. 6. Абсолютна похибка від впливу струмів витікання

При обчисленнях було задано  $t_{\Phi_1} = t_{\Phi_3} = 2\text{мкс}$  і  $t_{\Phi_2} = t_{\Phi_4} = 0,5\text{мкс}$ , тобто – тривалість одного такту перетворення  $T_T=5$  мкс; похибка квантування  $\delta_k = 0,1\%$ ; діапазон вхідних сигналів  $U_{вх}=1\text{мВ}-10\text{В}$  (максимальне значення вихідного коду  $N=9215$ ).

З рис.6 можна зробити висновок, що похибка від дії струмів витікання є від'ємною, зростає за абсолютним значенням при збільшенні часу перетворення  $T_n$  (значення вихідного коду  $N$ ) і не перевищує  $0,14$  мВ при  $T_n \leq 50$  мс ( $N \leq 10000$ ).

#### 4. Висновки

Виконавши дослідження ЛАЦП з накопиченням заряду на пасивних паралельних конденсаторних комірках, ми отримали математичну модель похибки від впливу струмів витікання. Значення цієї похибки не перевищує  $0,0015\%$  в діапазоні зміни вхідних сигналів  $1$  мВ –  $10$  В і її необхідно врахувати в ЛАЦП, призначених для роботи в діапазоні  $60$  дБ і більше.

Отримані результати корисні для комп'ютерного моделювання ЛАЦП на комутованих конденсаторах, оскільки дають змогу підвищити точність визначення характеристик ЛАЦП аналітично.

1. Мичуда З.Р. Аналого-цифрові перетворювачі з логарифмічною характеристикою перетворення. Огляд. Частина 1// Вимірювальна техніка і метрологія. – Л., 2000. Вип. 56, С. 94–100. 2. Мичуда З.Р. Аналого-цифрові перетворювачі з логарифмічною характеристикою перетворення. Огляд. Частина 2// Вимірювальна техніка і метрологія. 2000. Вип. 57. С. 16–27. 3. Матецька Л.А.,

Мичуда З.Р. Логарифмічний аналого-цифровий перетворювач з накопиченням заряду // Вісник ДУ "Львівська політехніка" 2000. № 389. С. 140–146. 4. Мичуда З.Р. Моделювання впливу паразитних міжелектродних ємностей логарифмічних АЦП з накопиченням заряду на пасивних конденсаторних комірках // Вимірювальна техніка і метрологія 2001. № 58. С. 26–32.

УДК 621.335 (088.8)

З.Р. Мичуда

Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра автоматики та телемеханіки

## СЛІДКУЮЧИЙ ЛОГАРИФМІЧНИЙ АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ

© Мичуда З.Р., 2004

**Запропоновано новий клас логарифмічних АЦП – слідкуючі логарифмічні АЦП, викладено принципи побудови, розглянуто особливості реалізації, дано оцінку точності та швидкодії.**

**The new class logarithmic ADC - monitoring logarithmic ADC is offered, the principles of construction are set up, the singularities of realization are considered, the valuation of accuracy and speed are given.**

### 1. Вступ

Розроблені нами [8–12] логарифмічні аналого-цифрові перетворювачі на комутованих конденсаторах мають вищу точність і швидкодію порівняно з відомими ЛАЦП, відповідають за цими показниками лінійним АЦП, проте значно переважають лінійні АЦП за функціональними можливостями, найважливіші з яких – широкий динамічний діапазон вхідних сигналів, сталі значення відносної похибки перетворення у всьому діапазоні та можливість виконання операцій з оброблення отриманої інформації у логарифмічній арифметиці. Останнє підкреслимо особливо, оскільки у логарифмічній арифметиці такі найтриваліші операції у звичайній арифметиці, як множення та ділення, зводяться відповідно до додавання та віднімання, що значно підвищує швидкодію.

Використовуючи розроблені нами [1–12] ЛАЦП на комутованих конденсаторах, можна не тільки значно підвищити швидкодію засобів і систем на їх основі, а й створити принципово нові засоби систем автоматики, обробки та передачі інформації, інформаційно-вимірювальної техніки тощо.

У статті описано розроблення слідкуючих логарифмічних АЦП, дослідження особливостей їх реалізації, оцінка їх точності та швидкодії.

### 2. Функціональна схема слідкуючого ЛАЦП і особливості його реалізації

Реалізація автором [3] ЛАЦП з наростаючою розгорткою забезпечила створення слідкуючих ЛАЦП, оскільки слідкуючий ЛАЦП є фактично комбінацією ЛАЦП зі спадною та ЛАЦП з наростаючою розгорткою.

Як ЛАЦП зі спадною, так і ЛАЦП з наростаючою розгорткою реалізовані за однією і тією самою схемою. Внаслідок цього стало можливим об'єднання переважної більшості функціональних вузлів, а для реалізації режиму стеження роботи введено додатково схему віднімання (СВ), RS-тригер (Т2), два елементи затримки (Е31 і Е32), елемент АБО і два ключі (К5 і К6).

Функціональна схема розробленого автором слідкуючого ЛАЦП з накопиченням заряду в активних конденсаторних комірках наведена на рис.1, де: СВ – схема віднімання, ДОН – джерело