

**УДК 628.93.001**

**О.І. Масира, І.Р. Козбур**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ АНАЛОГОВО-ЦИФРОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У СИСТЕМАХ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ**

**O.I. Masyra, I.R. Kozbur**

### **ENHANCEMENT OF ACCURACY OF ANALOG-DIGITAL CONVERTERS IN ELECTRICITY ACCOUNTING SYSTEMS**

Проблема обліку спожитої електричної енергії та контролю її якості завжди була актуальною. Це пов'язано з тим, що використання сучасного технологічного (верстати з ЧПУ й автоматизовані системи керування) та інформаційного обладнання (персональні комп'ютери, мережі й засоби зв'язку) приводить до збільшення споживання електричної енергії та підвищення вимог до її якості. На ринку існує велика кількість пристроїв, що дозволяють проводити облік та контролювати якість електроенергії. Серед усього цього різноманіття можна виділити як окремі пристрої, так і цілі системи обліку та контролю якості електроенергії. Сучасні системи, у більшості випадків, розроблені на базі спеціалізованих цифрових контролерів, які у своїй основі містять аналогово-цифрові перетворювачі (АЦП). Тому важливо в сучасних системах обліку та контролю якості електроенергії вирішувати наступні задачі:

- підвищення точності аналого-цифрових перетворювачів електроенергії;
- підвищення точності АЦП у системах контролю показників якості електроенергії;
- побудова засобів вимірювань факторів інтегральної напруги з покращеними метрологічними характеристиками.

Основні аналітичні залежності аналого-цифрових перетворювачів електроенергії (АЦПЕ) представлені наступними виразами.

Частотний вихідний сигнал ПНЧ (перетворювач напруга–частота), що є пропорційним потужності навантаження ( $P$ ), –

$$P = K_{nn} K_{an} K_{nnc} U_{ш} U_{\delta},$$

де  $K_{nn}$  – коефіцієнт передачі перемикача полярності вхідного блоку;  $K_{an}$  – коефіцієнт перетворення аналогового перемножувача;  $K_{nnc}$  – коефіцієнт перетворення ПНЧ;  $U_{ш}$  – напруга на виході шунта вхідного блоку, що рівна добутковій струму мережі ( $I$ ) на опір ( $R_{ш}$ ) шунта  $U_{ш} = IR_{ш}$ ;  $U_{\delta}$  – напруга на виході дільника напруги вхідного блоку, що рівна добутковій напруги мережі ( $U$ ) на коефіцієнт ділення ( $K_{\delta}$ ) дільника напруги  $U_{\delta} = UK_{\delta}$ .

Вихідний сигнал АПЧМ ( $F$ ) рівний  $F = K_{анчм} U_{вх1} U_{вх2}$ , де  $U_{вх1}$  і  $U_{вх2}$  – відповідно сигнали на першому і другому входах АПЧМ,  $K_{анчм}$  – коефіцієнт перетворення АПЧМ.

Частотний вихідний сигнал АПЧМ, що є пропорційним активній потужності навантаження ( $P$ ), підводиться до елемента порівняння ЕП, на виході якого утворюється число-імпульсний код, значення якого  $N$  пропорційне кількості спожитої електроенергії, –  $N = FT_i$ , де  $T_i$  – час інтегрування, тобто час, протягом якого через АЦПЕ протікає споживана енергія.

Відповідно вихідний сигнал АЦПЕ, пропорційний спожитій електроенергії, становитиме  $N = U_{ш} U_{\delta} K_{анчм} K_{вн}^2 T_i$ , а результат виміру спожитої електроенергії  $N$

визначатиметься як  $N = F/K_{\text{оч}} \cdot T_{\text{в}}$ ,  $N_{\text{к}} = FT_{\text{к}}$ ,  $N_{\text{к}} = N$ ,  $T_{\text{к}} = T_{\text{в}}/K_{\text{оч}}$ , де  $F$  – частота повторення імпульсів на виході ПНЧ;  $K_{\text{оч}}$  – коефіцієнт ділення подільника частоти ДЧ;  $T_{\text{в}}$  – час виміру,  $T_{\text{к}}$  – час виміру контрольним АЦПЕ.

З метою підвищення точності та покращення експлуатаційних характеристик компенсаційного перетворювача напруга-струм, на базі проведеного аналізу сучасної елементної бази, рекомендовано у якості АЦПЕ використовувати  $\Sigma\Delta$ -АЦП (сігма-дельта АЦП) фірми Analog Devices. Основні характеристики  $\Sigma\Delta$ -АЦП та структурна схема представлено на рис.1.

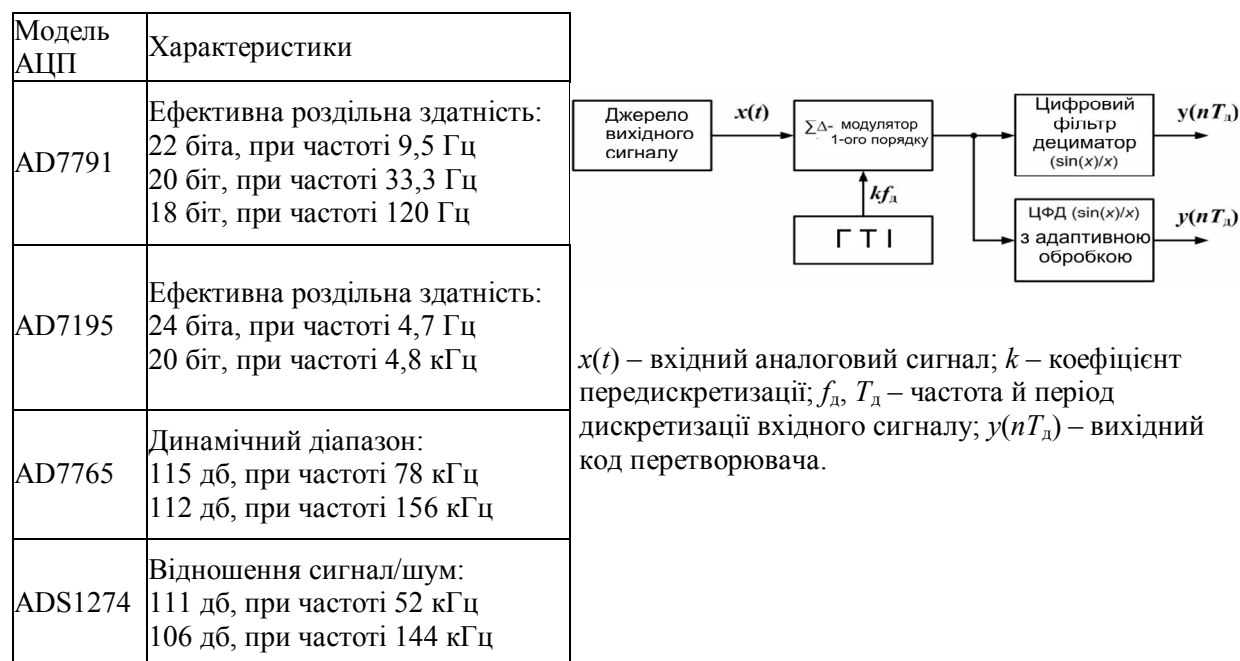


Рисунок. 1. Структурна схема  $\Sigma\Delta$ -АЦП та залежності точності від частоти перетворення

Проведений аналіз показав, що для підвищення точності вимірювальної інформації можуть бути використані вже застосовувані  $\Sigma\Delta$ -АЦП разом з методами адаптивної обробки. Адаптивна обробка здійснюється в цифровому виді, що не вимагає зміни аналогової частини  $\Sigma\Delta$ -АЦП (структури модулятора, вхідних підсилювачів, джерел опорних напруг і т.д.), і може виконуватися цифровим процесором, що є обов'язковою складовою будь-якого  $\Sigma\Delta$ -перетворювача.

Таким чином, при проектуванні систем обліку спожитої електричної енергії та контролю її якості підвищення точності перетворених даних можливе за рахунок використання  $\Sigma\Delta$ -АЦП більш високого класу точності. Однак дане рішення може привести до збільшення кінцевої вартості, до того ж, більшість високоточних АЦП, представлених сьогодні на ринку, не задовольняють рішення поставленого завдання по швидкодії. Альтернативою може служити використання алгоритмів адаптивної обробки в застосовуваних  $\Sigma\Delta$ -перетворювачах, що забезпечують необхідну швидкодію.

#### Література.

- 1.W. Kester. ADC Architectures III: Sigma-Delta ADC Basics. Analog Devices, MT-022 Tutorial. // [www.analog.com/static/imported-files/tutorials/MT-022.pdf](http://www.analog.com/static/imported-files/tutorials/MT-022.pdf)
- 2.Вопросы повышения точности АЦП в системах контроля показателей качества электроэнергии / А. М.Июффе, А. В. Куц, М. Л. Куц, К. Пискаев. // Молодой ученый. №12, т.1. Москва.– 2011. – С. 24–27.