

переваги. Всі КС в мережі оновляються антивірусні бази, якщо хоча б одна КС має оновлені антивірусні бази.

Доступ до серверу оновлень для всіх КС в мережі стає не обов'язковим, і у випадку неможливості отримання останніх оновлень з сервера даний метод дозволяє завантажити оновлення у тих КС, які отримали його раніше, або якщо мають зв'язок з іншим сервером (віддаленим або локальним).

Завантаження оновлень в кількох ботів одночасно дозволяє в процесі отримання оновлень перевіряти КС-донорів на наявність новішої антивірусної бази.

Використання розробленого методу отримання оновлень антивірусних баз підвищує рівень захищеності КС в мережі від шкідливого програмного забезпечення, що, в свою чергу, дозволяє скоротити фінансові втрати.

### Література

1. Гостев А. Kaspersky Security Bulletin 2009. Развитие угроз в 2009 году [Електронний ресурс] / Гостев А., Масленников Д., Асеев Е. – Режим доступу: [http://www.securelist.com/ru/analysis/208050608/Kaspersky\\_Security\\_Bulletin\\_2009\\_Razvitie\\_ugroz\\_v\\_2009\\_godu](http://www.securelist.com/ru/analysis/208050608/Kaspersky_Security_Bulletin_2009_Razvitie_ugroz_v_2009_godu). – 2010.
2. Савенко О.С. Дослідження методів антивірусного діагностування комп'ютерних мереж / О.С. Савенко, С.М. Лисенко // Вісник Хмельницького національного університету. – 2007. – № 2, Т. 2. – С. 120-126.
3. Текущий рейтинг антивирусов. Лучший антивирус [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.antivirus.ru/AntiVirPS.html>. – 2009.
4. Дериев И. Корпоративные антивирусы: богатство выбора / И. Дериев // Компьютерное обозрение – 2007. – № 24 (690). – С. 19-23.
5. Гуркин Ю.Н. P2P. Файлообменные сети: принципы работы, используемые протоколы, безопасность / Ю.Н. Гуркин, Ю.А. Семенов // Телекоммуникационные сети и системы. – 2006. – № 11. – С. 62.
6. Камлюк В. Ботнеты / В. Камлюк [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.securelist.com/ru/analysis/204007610/Botnety>. – 2008.

Надійшла 16.5.2010 р.

УДК 621.382

Ю.С. КРАВЧЕНКО, В. С. ОСАДЧУК, С. Ю. КРАВЧЕНКО

Вінницький національний технічний університет

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕМІСІЙНО-СПЕКТРАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ПЛАЗМОХІМІЧНОГО ПРОЦЕСУ

*Розроблена математична модель частотного емісійно-спектрального перетворювача для контролю плазмохімічного процесу. Перетворювач містить лямда-діод, який утворено на базі двох біполярних транзисторів, активний індуктивний елемент та фоторезистор. Отримано аналітичний вираз функції перетворення та чутливості. Проведено теоретичні та експериментальні дослідження, які показали, що їх розбіжність складає  $\pm 5\%$ .*

*A mathematical model is developed frequency emission-spectral transformer for control of plasmochemical process. A transformer is contained by a  $\lambda$ -diode which is formed on the base of two BPT, active inductive element and photoresistor. Analytical expression of function of transformation and sensitiveness is got. Theoretical and experimental researches, which rotined that their divergence made, are conducted  $\pm 5\%$ .*

Ключові слова: емісійно-спектральний перетворювач, плазмо-хімічні процеси.

### Вступ

Основним напрямком в технології ВІС та НВІС при формуванні топології інтегральної схеми є застосування методів "сухого" травлення, які ґрунтуються на застосуванні принципів фізичної, хімічної або фізико-хімічної взаємодії активних частинок низькотемпературної нерівноважної плазми (атомів, іонів, радикалів) з поверхнею оброблюваного матеріалу [1, 2].

Серед сучасних методів контролю і діагностики плазмових процесів [3 – 6] найбільше застосування знайшли методи безконтактного контролю [7], які базуються на реєстрації та використанні власного оптичного випромінювання нерівноважної плазми, дослідженні спектру такого випромінювання і розробці ефективних перетворювачів оптичного випромінювання для аналізу та контролю параметрів нерівноважної плазми і технологічного процесу. Такі методи діагностики і контролю вирізняються високим ступенем достовірності, надійності та економічності. Оптична емісійна діагностика і контроль не впливають на хід цільового процесу, не вносять додаткових збурень у саму плазму, достатньо просто вписуються в системи автоматизованого контролю і управління загальним технологічним процесом.

### Експериментальні дослідження

Електрична схема оптичного частотного перетворювача надана на рис. 1.

Вона складається з трьох біполярних транзисторів  $VT1$ ,  $VT2$ ,  $VT3$ . В якості чутливого до випромінювального спектру використовується фотоприймальний резистор  $LDR$ . Для визначення основних параметрів, які характеризують роботу перетворювача, необхідно розрахувати повний опір згідно еквівалентної схеми (рис. 2).

Перетворимо її на зручнішу для проведення розрахунків (рис. 3).

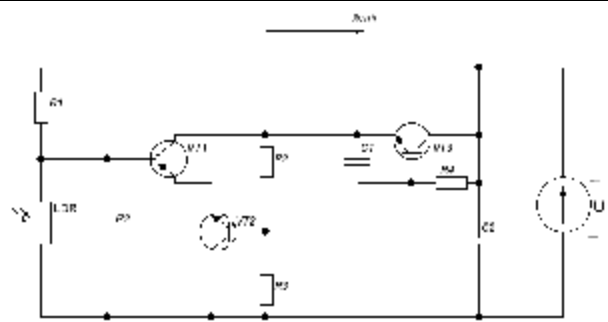


Рис. 1. Електрична схема оптичного частотного перетворювача на основі двох біполярних транзисторів та з активним індуктивним елементом

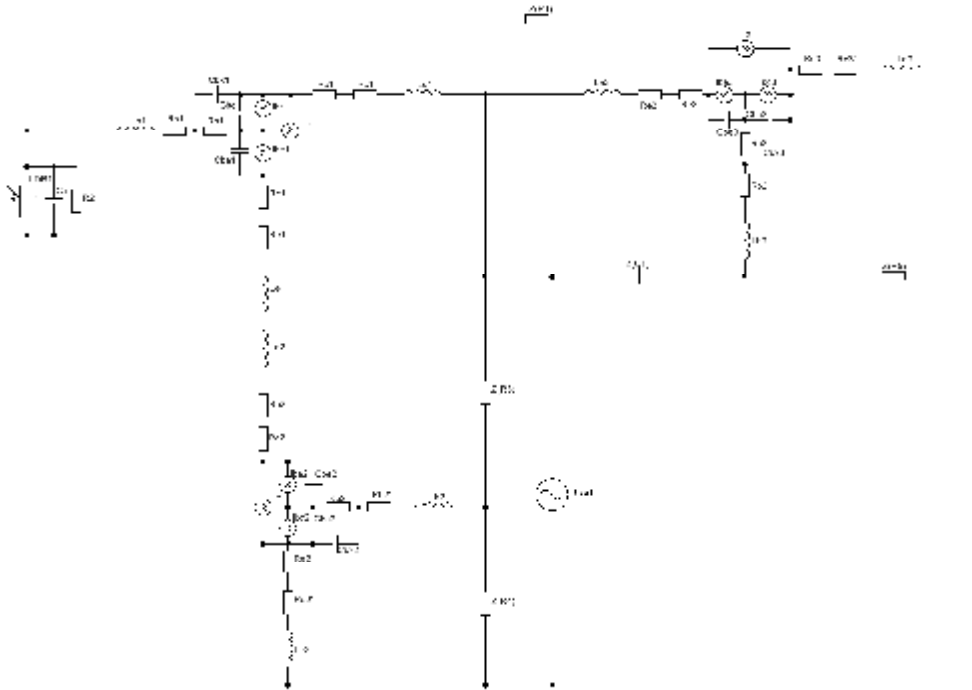


Рис. 2. Нелінійна еквівалентна схема оптичного частотного перетворювача

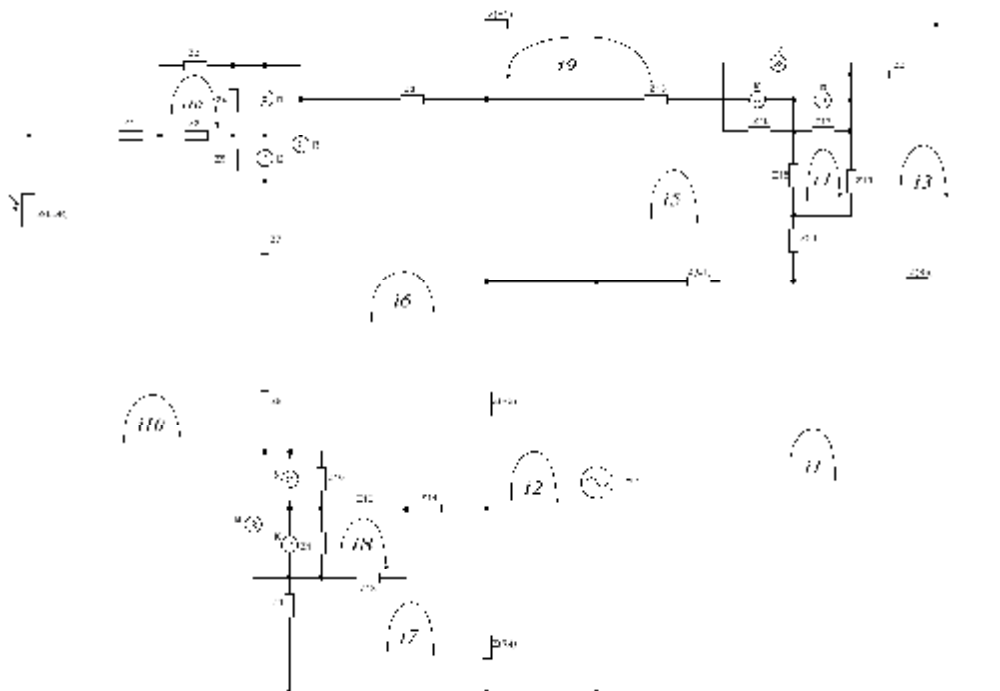


Рис. 3. Перетворена нелінійна еквівалентна схема оптичного частотного перетворювача

Згідно з обраними контурами складемо систему рівнянь Кірхгофа

$$\begin{aligned}
 U_{out} &= (Z_{C_2} + Z_{R_5} + Z_{C_1})i_1 - Z_{R_5}i_3 + Z_{C_1}i_5; \\
 U_{out} &= (Z_{R_3} + Z_{R_4})i_2 + Z_{R_3}i_6 + Z_{R_4}i_7; \\
 0 &= (Z_{R_5} + Z_{20} + Z_{19} + Z_{21})i_3 - Z_{R_5}i_1 + Z_{20}i_5 + Z_{19}i_4 + Z_{21}i_9; \\
 0 &= (Z_{18} + Z_{19} + Z_{17})i_4 - Z_{19}i_3 + Z_{18}i_5 + Z_{17}i_9 - Z_{17}I_9 + Z_{17}I_7; \\
 0 &= (Z_{15} + Z_{16} + Z_{18} + Z_{20} + Z_{C_1})i_5 - (Z_{15} + Z_{16})i_9 + Z_{18}i_4 + Z_{20}i_3 + Z_{C_1}i_1 - Z_5I_8 + Z_{16}I_7; \\
 0 &= (Z_4 + Z_5 + Z_6 + Z_7 + Z_8 + Z_{12} + Z_{14} + Z_{R_3} + Z_{10})i_6 + Z_{R_3}i_2 - Z_6i_5 + Z_4i_{11} - Z_4I_1 + Z_4I_3 - \\
 &- (Z_5 + Z_7 + Z_6 + Z_8 + Z_{10})i_{10} - Z_5I_2 - Z_5I_3 + Z_{10}I_4 + Z_{12}i_8 - Z_9i_{10} + Z_{10}I_5; \\
 0 &= (Z_9 + Z_{13} + Z_{14} + Z_{R_4})i_7 + Z_{R_4}i_2 - Z_{13}i_6 + Z_{13}i_8 - Z_9i_{10}; \\
 0 &= (Z_{11} + Z_{12} + Z_{13})i_8 + Z_{11}i_{10} + Z_{13}i_7 + Z_{12}i_6 + Z_{11}I_6 - Z_{11}I_4; \\
 0 &= (Z_{R_1} + Z_1 + Z_2 + Z_6 + Z_{15} + Z_{16} + Z_{17} + Z_{21})i_9 - Z_1i_{10} - Z_6i_6 + Z_2i_{11} - (Z_{15} + Z_{16})i_5 + \\
 &+ Z_{17}i_4 + Z_{21}i_3 + Z_{16}I_8 + Z_{16}I_7 - Z_{17}I_9 + Z_{17}I_7; \\
 0 &= (Z_1 + Z_3 + Z_7 + Z_{15} + Z_8 + Z_{10} + Z_{11} + Z_9 + Z_{LDR})i_{10} - Z_1i_9 + Z_3i_{11} - (Z_5 + Z_7 + Z_8 + Z_{10})i_6 - \\
 &- Z_5I_2 - Z_5I_3 - Z_{10}I_5 - Z_{10}I_4 + Z_{11}I_6 - Z_{11}I_4 - Z_{11}i_8 - Z_9i_7; \\
 0 &= (Z_2 + Z_3 + Z_4)i_{11} + Z_2i_9 + Z_4i_6 + Z_3i_{10} - Z_4I_1 + Z_4I_3,
 \end{aligned} \tag{1}$$

де

$$\begin{aligned}
 Z_{LDR} &= \frac{LDR(P)}{1+(wLDR(P)C_H)^2} - j \frac{wLDR^2(P)C_H}{1+(wLDR(P)C_H)^2}, \\
 Z_1 &= R_{b_1} + jwL_{b_1}, \quad Z_2 = R_{b_1}, \quad Z_3 = \frac{1}{jwC_{bx_1}}, \quad Z_4 = \frac{1}{jwC_{bc_1}}, \\
 Z_5 &= \frac{1}{jwC_{be_1}}, \quad Z_6 = R_{c_2} + R_{c_2}' + jwL_{c_2}, \quad Z_7 = R_{e_1} + R_{e_1}' + jwL_{e_1}, \quad Z_8 = R_{e_2} + R_{e_2}' + jwL_{e_2}, \\
 Z_9 &= R_{c_1} + R_{c_1}' + jwL_{c_1}, \quad Z_{10} = \frac{1}{jwC_{be_2}}, \quad Z_{11} = \frac{1}{jwC_{be_2}}, \quad Z_{12} = R_{b_2}, \quad Z_{13} = \frac{1}{jwC_{bx_2}}, \\
 Z_{14} &= R_{b_2}' + jwL_{b_2}, \quad Z_{R_3} = R_3, \quad Z_{R_4} = R_4, \quad Z_{C_1} = \frac{1}{jwC_1}, \quad Z_{15} = R_{e_3} + R_{e_3}' + jwL_{e_3}, \\
 Z_{16} &= \frac{1}{jwC_{be_3}}, \quad Z_{17} = \frac{1}{jwC_{bc_3}}, \quad Z_{18} = R_{b_3}, \quad Z_{19} = \frac{1}{jwC_{bx_3}}, \quad Z_{20} = R_{b_3}' + jwL_{b_3}, \\
 Z_{21} &= R_{c_3} + R_{c_3}' + jwL_{c_3}, \quad Z_{R_5} = R_5, \quad Z_{C_2} = \frac{1}{jwC_2}, \quad Z_{R_1} = R_1.
 \end{aligned}$$

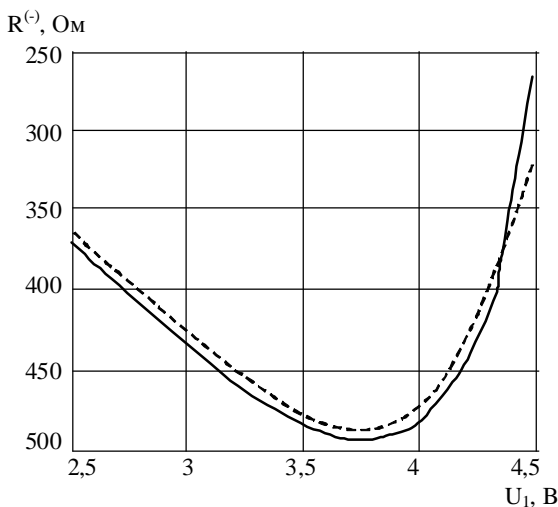


Рис. 4. Теоретична та експериментальна (пунктир) залежності активної складової повного опору від напруги живлення

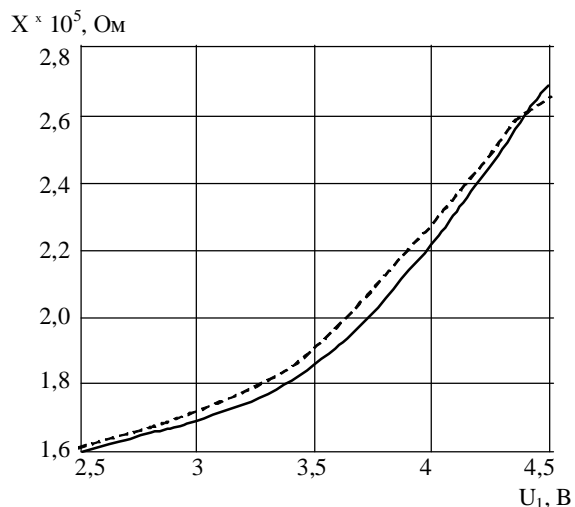


Рис. 5. Теоретична та експериментальна (пунктир) залежності реактивної складової повного опору від напруги живлення

Система рівнянь (1) вирішена за допомогою метода Гауса з використанням пакету прикладних програм *Matlab 5.2* і даних [8, 9]. Це дало можливість отримати теоретичну залежність активної і реактивної складової повного опору від напруги живлення (рис. 4, 5).

Для визначення функції перетворення необхідно знайти залежність частоти генерації від потужності падаючого випромінювання. Це можливо зробити розв'язавши систему рівнянь (1). Функція перетворення в цьому випадку має вигляд

$$F_0 = \frac{1}{2p} \sqrt{\frac{A^2 + 4R_5^2 C_1 C_{bx_1} LDR^2(P) C_n^2 C_{bx_2} (C_{bx_1} + C_{bx_2})}{2R_5^2 C_1 C_{bx_1} LDR^2(P) C_n^2 C_{bx_2}}}, \quad (2)$$

де  $A = LDR^2(P) C_n^2 C_{bx_2} + R_5^2 C_{bx_1} C_n C_{bx_2} + C_{bx_1} LDR^2(P) C_n^2 - R_5^2 C_{bx_1} C_n C_{bx_2}$ .

Вираз для чутливості буде мати наступний вигляд:

$$S_{P_{вип}}^{F_0} = \frac{1}{8} \sqrt{2} (2C_{bx_2} C_n^2 LDR(P) \left( \frac{\partial LDR(P)}{\partial P} \right) + C_{bx_1} C_n^2 LDR(P) \left( \frac{\partial LDR(P)}{\partial P} \right) + \frac{1}{2} \left( 2B_1 \left( 2C_{bx_2} C_n^2 LDR(P) + 2C_{bx_1} C_n^2 LDR(P) \left( \frac{\partial LDR(P)}{\partial P} \right) \right) + 8B_2 \left( \frac{\partial LDR(P)}{\partial P} \right) \right) \Bigg/ \left( \frac{\sqrt{B_1 + 4B_2}}{R_5^2 C_1 C_{bx_1} C_{bx_2} C_n^2 LDR(P)^2} - \frac{2B_1 \sqrt{B_1 + 4B_2} \left( \frac{\partial LDR(P)}{\partial P} \right)}{R_5^2 C_1 C_{bx_1} C_{bx_2} C_n^2 LDR(P)^3} \right) \Bigg/ \left( P \sqrt{\frac{B_1 \sqrt{B_1 + 4B_2}}{R_5^2 C_1 C_{bx_1} C_{bx_2} C_n^2 LDR(P)^2}} \right), \quad (3)$$

де  $B_1 = LDR^2(P) C_n^2 C_{bx_2} + R_5^2 C_{bx_1} C_n C_{bx_2} + C_{bx_1} LDR^2(P) C_n^2 - R_5^2 C_{bx_1} C_n C_{bx_2}$ ;

$B_2 = R_5^2 (C_{bx_1} + C_{bx_2}) C_{bx_1} C_{bx_2} C_n LDR^2(P) C_1$ .

Теоретична та експериментальна залежність частоти генерації від потужності оптичного випромінювання надана на рис. 6.

Експериментально встановлено, що із зростанням потужності світлового променя від 0 до 80 мкВт/см<sup>2</sup> частота генерації зменшується з 794 до 769 МГц

### Висновки

Розроблена математична модель емісійно-спектрального перетворювача на основі нелінійних еквівалентних схем, елементи якої залежать від дії випромінювання нерівноважної плазми. На основі моделі отримані аналітичні вирази для функції перетворення та чутливості. Проведені теоретичні та експериментальні дослідження показали, що їх розбіжність складає  $\pm 5\%$ .

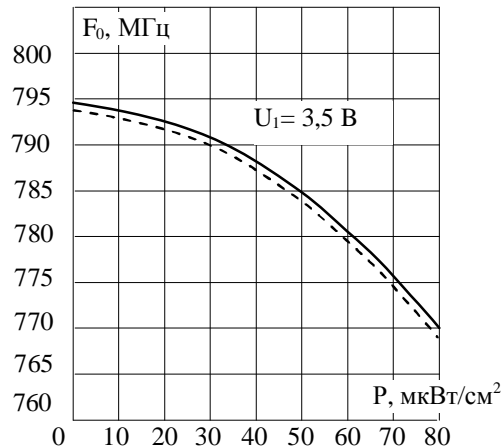


Рис. 6. Теоретична та експериментальна (пунктир) залежності частоти генерації від потужності оптичного випромінювання

### Література

1. Орликовский А.А. Проблемы плазмохимического травления в технологии микроэлектроники / Орликовский А.А., Словецкий Д. И. // Микроэлектроника. – 1987. – Т. 16. – № 6. – С. 497 – 512.
2. Данилин Б.С. Применение низкотемпературной плазмы для травления и очистки материалов / Данилин Б.С., Киреев В.Ю. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 264 с.
3. Орликовский А.А. Диагностика in situ плазменных технологических процессов микроэлектроники: Современное состояние и ближайшие перспективы. Часть IV. / Орликовский А.А., Руденко К.В., Суханов Я.Н // Микроэлектроника. – 2001. – Т. 30. – № 6. – С. 403 – 433.
4. Контроль процессов травления материалов в низкотемпературной газоразрядной плазме // Приборы и техника эксперимента [Данилин В.С., Киреев В.Ю., Каплин В.А. и др.]. – 1981. – № 1. – С. 13 – 28.
5. Специфика диагностики параметров плазмы электрическими зондами в процессах ионно-лучевого и плазмохимического травления / [Фареник В.И., Мальшев Ю.П., Шевченко А.В. и др.] // Труды ФТИАН. – 1999. – Т. 15. – С. 86 – 116.
6. Руденко К.В., Мяконьких А.В., Орликовский А.А. Зондовые измерения параметров плазмы в технологических НДР-реакторах микроэлектроники в условиях осаждения диэлектрических пленок // Микроэлектроника. – 2007. – Т. 33. – № 1. – С. 17 – 30.
7. Даниленко О.О. Оптический емісійно-спектральний контроль процесів травлення в низькотемпературній плазмі / Даниленко О.О., Кравченко Ю.С., Осадчук В.С // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2005. – С. 173 – 180.

Надійшла 14.5.2010 р.

УДК 618.3

С.М. ЗАХАРЧЕНКО, О.В. БОЙКО  
Вінницький національний технічний університет**ЦИКЛІЧНИЙ АЦП ІЗ ВАГОВОЮ НАДЛИШКОВІСТЮ**

*Розглянуто функціонування циклічних АЦП на основі алгоритму Мак-Чарльза. Запропоновано модифікований алгоритм для можливості використання вагової надлишковості, а також новий метод калібрування циклічних АЦП.*

*Functioning of cyclic ADC based on McCharles algorithm is considered. The modified algorithm is offered, for possibility of the using of weight redundancy, and also new method of cyclic ADC calibration is offered.*

Ключові слова: циклічний АЦП, алгоритмічний АЦП, вагова надлишковість, калібрування АЦП.

**Вступ**

Аналого-цифрові перетворювачі широко використовуються в різноманітних пристроях та системах, зокрема в системах збору та обробки інформації, системах зв'язку, різноманітних системах керування технологічним процесом. АЦП послідовного наближення (АЦП ПН) належать до такого класу перетворювачів, які з одного боку мають високу точність, а з іншого – досить високу швидкодію, що зосереджує інтерес фахівців до цих пристроїв.

Питання покращення метрологічних характеристик АЦП ПН, і особливо точності, не втрачають актуальності. Частково проблема підвищення точності може бути вирішена за рахунок покращення технології (використання лазерного припасування елементів). Однак цей підхід, крім суттєвого збільшення вартості виробництва, додатково призводить до погіршення температурних параметрів, зменшує надійність пристроїв. Інший шлях покращення точнісних характеристик АЦП ПН – застосування методів самокалібрування. Проте при використанні двійкової системи числення калібрування здійснюється в цифро-аналоговій формі, що передбачає застосування додаткових коригуючих ЦАП і зменшує швидкодію перетворювача.

Для уникнення зазначених недоліків використовують надлишкові позиційні системи числення, що дозволяє виконати калібрування виключно в цифровій формі і таким чином уникнути головних недоліків цифро-аналогового калібрування. Також використання інформаційної надлишковості у вигляді надлишкової позиційної системи числення дає змогу не тільки спростити процедуру калібрування та зменшити вимоги до точності розрядів, а й суттєво підвищити швидкодію перетворювачів.

**Мета**

Метою дослідження є розробка методу самокалібрування циклічних АЦП із використанням вагової надлишковості.

**Задачі дослідження**

Для досягнення мети необхідно розв'язати такі задачі:

- розглянути алгоритм роботи циклічних АЦП;
- дослідити процес утворення і накопичення похибок циклічного АЦП;
- розробити та дослідити новий метод калібрування;

**Алгоритм функціонування і похибки циклічних АЦП**

Одним із видів АЦП із накопиченням заряду є алгоритмічний (циклічний) АЦП, які вирізняються простою структурою, низькою потужністю споживання і малими фізичними розмірами на кристалі. Крім того, дані АЦП є розрядно-незалежними, тобто збільшення розрядної сітки перетворювача не веде за собою збільшення або ускладнення апаратного забезпечення. Блок-схема алгоритмічного АЦП представлена на рис. 1

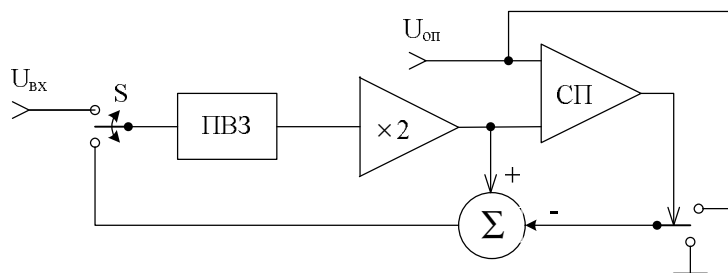


Рис. 1. Циклічний АЦП