

## ДОСЛІДЖЕННЯ АДАПТИВНОГО СЕНСОРА ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ

© Костенко В.Л., Швець Є.Я., Кісельов Є.М., 2002

Наведено результати розробок і досліджень сенсора потужності випромінювання методом побудови імітаційних макетів і вивчення їхнього поведіння під впливом керуючих сигналів, що моделюють вплив вимірюваного параметра.

The results of investigations of a sensor control of an immersed radiated power by a method of build-up of imitative experimental models and study of their behavior under influence of pilot signals simulative influence of measured parameter are reduced.

Істотним недоліком систем збору вимірювальної інформації є обмеженість у можливості адаптації вимірювальних перетворювачів до вхідної величини. Тому актуальними є дослідження нових видів сенсорів, що володіють здатністю адаптивного регулювання і виконаних із застосуванням мікроелектронної технології. До такого типу приладів відносяться розроблені нами сенсори, на основі синтезу піроелектричного перетворювача з комбінованою транзисторною структурою (КТС) [1].

Дослідження пропонованого сенсора потужності випромінювання (СПВ) виконувалися методом побудови імітаційних макетів і вивчення їхнього поведіння під впливом керуючих сигналів, що моделюють вплив вимірюваного параметра.

Схема макета і варіанти підключення КТС наведені на рис.1. У залежності від режиму роботи СПВ в макеті використовувалися два типи генераторів:

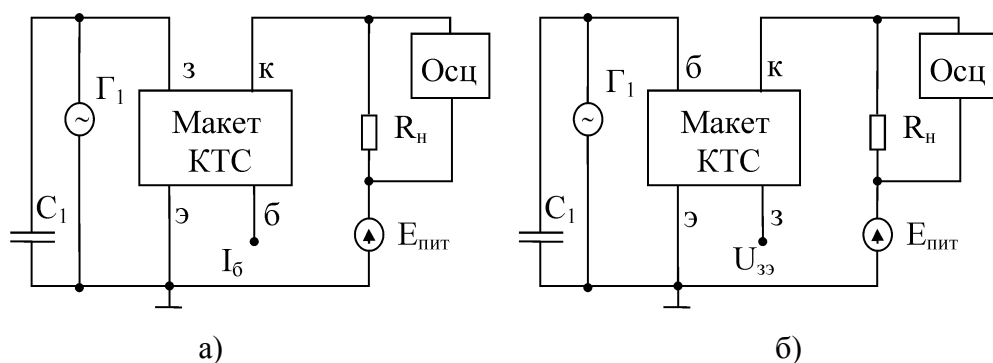


Рис. 1. Схема макета СПВ з входом : а) базою; б) затвором.

$G_1$  - генератор, що моделює вихідний сигнал підсистеми "поглинач - піроелектрик";  $C_1$  - конденсатор, що моделює власну ємність підсистеми "поглинач - піроелектрик";  $E_{пит}$  - джерело живлення;  $R_n$  - навантажувальний опір; Осц - осцилограф; э, б, к, з - електроди КТС: емітер, база, колектор і затвор відповідно.

- генератори постійного струму імітуючи реєстрацію модульованого випромінювання;
- генератори сигналів спеціальної форми , що імітують реєстрацію випромінювання з постійною інтенсивністю і частотою.

Рівні сигналів генераторів, що відповідають потужності випромінювання у діапазоні 0 - 15 мВт, були визначені на основі моделювання підсистеми СПВ “поглинач – піроелектрик”. Діапазон потужності випромінювання обрано за результатами експериментальних досліджень чутливого елемента сенсора на основі плівки тригліцинсульфату з зачерненою поверхнею при опроміненні її гелій - неоновим лазером ЛГ - 79 на довжині хвилі 0.67 мкм за схемою, описаної в [2]. З урахуванням результатів попередніх досліджень [3] реакція чутливого елемента на опромінення моделювалася імпульсами пилкоподібної напруги. Зміна вихідного струму КТС реєструвалася електронним осцилографом С1-93. У схемах макетів, наведених на рис. 1., конденсатор  $C_1$  призначений для обліку власної ємності підсистеми СПВ “поглинач - піроелектрик”. Величина ємності  $C_1$  обумовлюється матеріалом піроелектрика.

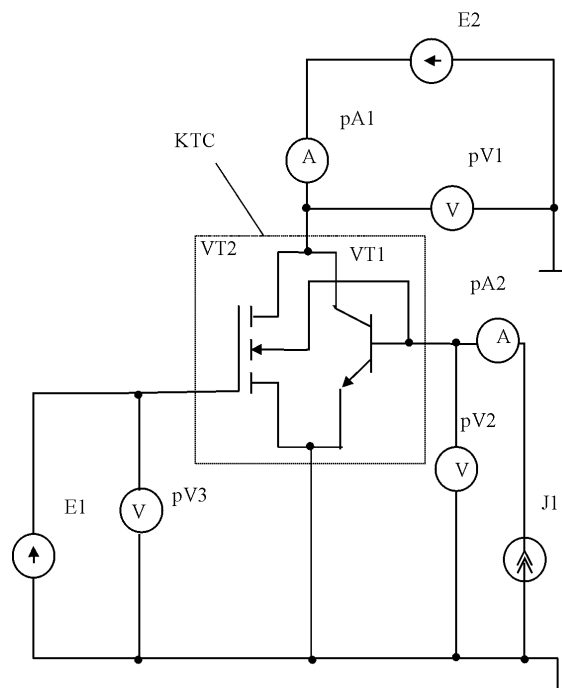


Рис.2. Схема установки для виміру параметрів КТС

pV1, pV2, pV3 - вольтметри для виміру напруги колектор - емітер, база - емітер і затвор - емітер відповідно; pA1, pA2 - амперметри для виміру струму колектора і струму бази відповідно; E1, E2 - джерела напруги база – емітер і колектор - емітер відповідно; J1 - джерело струму бази.

Макетування КТС здійснювалося на основі схеми заміщення [4], представленої на рис. 2. За результатами фізико-топологічного моделювання, з урахуванням рівнів вимірюваної потужності, у якості біполярного компонента КТС використовується дискретний транзистор КТ315Е, як польова частина - інтегральний р - канальний МОН-транзистор, що входить до складу ІС серії К176 . При макетуванні інтегрального СПВ використовувався елемент ІС

К176ЛП1, ув'язнений між выводами : 5 - стік; 4 - витік; 3 - затвор; 7 - підкладка. У цьому випадку всі інші виводи не використовувалися. Виміри ВАХ здійснювалися для вихідних характеристик при  $I_B = 50 \text{ мкА}$ ; передатних - при  $U_{КЭ} = 0.8 \text{ В}$ . Результати вимірів наведені на рис. 3.

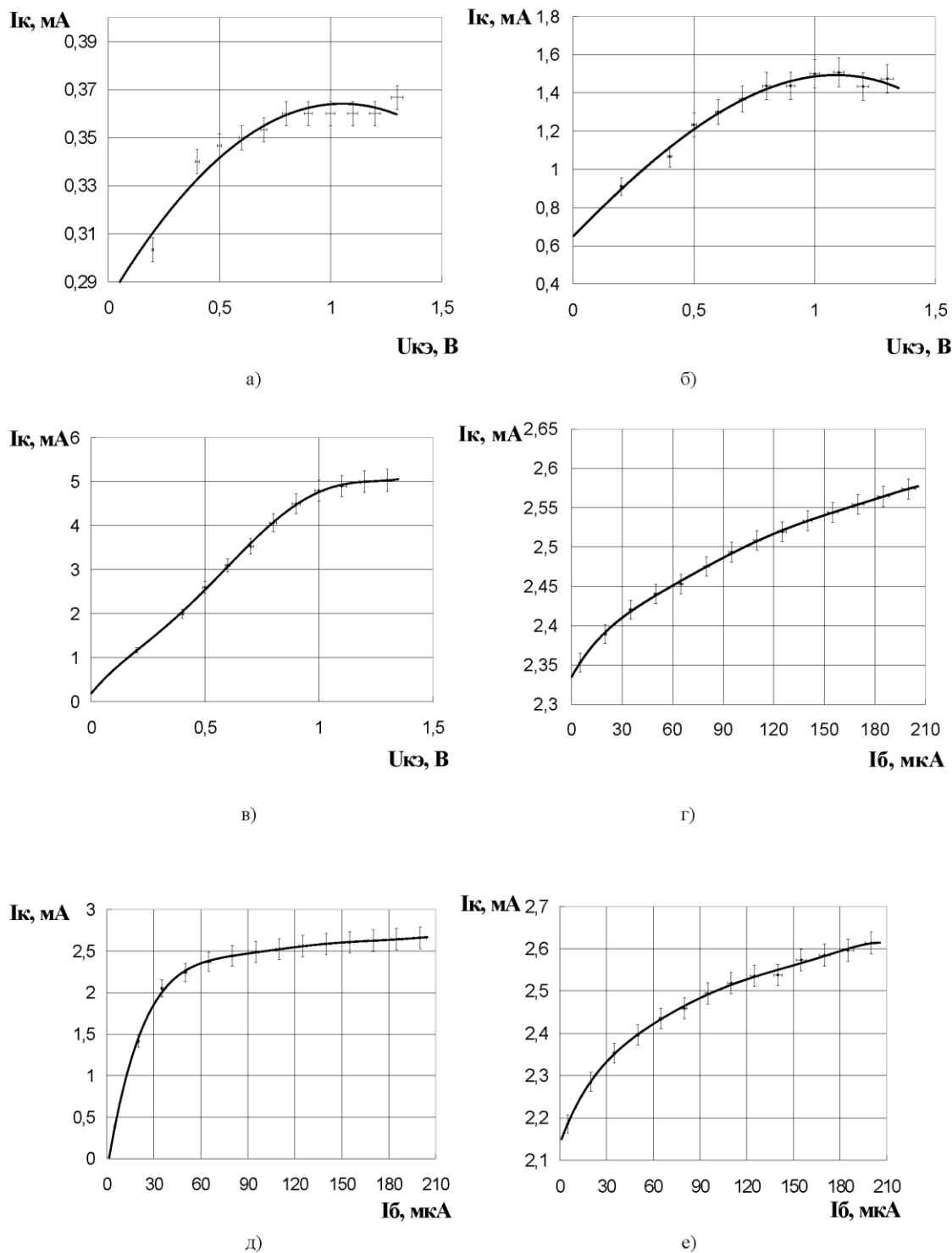


Рис. 3. Діаграми залежності вихідного струму сенсора потужності випромінювання від напруги живлення ( а-в) і струму бази (г-е) при різних значеннях потужності випромінювання: а, в - 0 мВт; б, д - 7 мВт; г, е - 15 мВт.

Особливої уваги в роботі приділялося забезпеченню вірогідності отриманих результатів. З цією метою результати макетування порівнювалися з результатами відомих досліджень [2], результатами моделювання сенсора в середовищі МАЭС-П, Electronics Workbench, Micro-Cap і статистичної обробки в програмі СТАТИСТИКА 2.2. Результати статистичної обробки наведені на рис. 4.

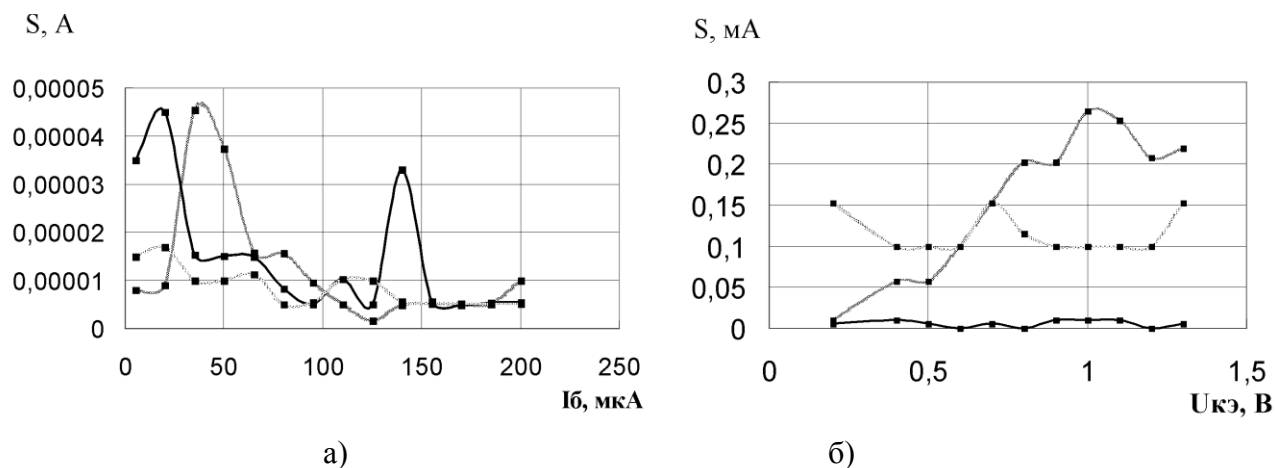


Рис. 4. Графіки залежності середньоквадратичної помилки виміру вихідного струму сенсора від : а - струму бази; б - напруги живлення; при різних значеннях потужності: 1 - 0 мВт; 2 - 7 мВт; 3 - 15 мВт.

На рис. 3 суцільною лінією представлені апроксимуючі криві, математично описувані статеchnими багаточленами різного порядку. Для рис. 3а - 3б це кубічні багаточлени, а для інших - багаточлени п'ятого порядку. Вибір порядку апроксимуючого рівняння провадився з міркування найбільш близького розташування аналітичних і експериментальних точок. На рис. 3а - 3б, деякі з експериментальних значень не збігаються з регресійною кривою.

Як видно з результатів статистичної обробки, максимальне значення середньоквадратичної помилки не перевищує  $2,64 \cdot 10^{-4}$  А при вимірі залежності від напруги живлення і  $4,55 \cdot 10^{-5}$  А при вимірі залежності від струму бази, а всі отримані величини не виходять за межі 95 % - довірчого інтервалу.

При малих значеннях струму бази похибки вимірів приблизно виникають в основному через похибки установки малих значень регулюючого впливу; при середніх і високих значеннях домінуючу роль, мабуть, грають похибки, що виникають при переході до більш високого діапазону керуючого впливу. Коли на значення струмів і напруг у схемі впливають паразитні реактивності - ємності й індуктивності сполучних провідників, зовнішніх виводів елементів, корпусів приладів і вимірювальних пристроїв. Однак, як видно з порівняння результатів моделювання й отриманих експериментальних даних, з ростом величини керуючого сигналу, погрішність вимірів знижується.

При вимірі залежності вихідного струму від напруги живлення СПВ, погрішність вимірів, з ростом величини потужності випромінювання збільшується. Це можна пояснити тим, що при фіксованому значенні струму бази (50 мкА), на роботу макета істотний вплив здійснюють еквіваленти підсистеми сенсора "чутливий елемент - керуючий елемент", що

мають кінцеві значення внутрішніх опорів. Такі тенденції більш яскраво виявляються при впливі на досліджувану структуру великих значень зовнішніх факторів.

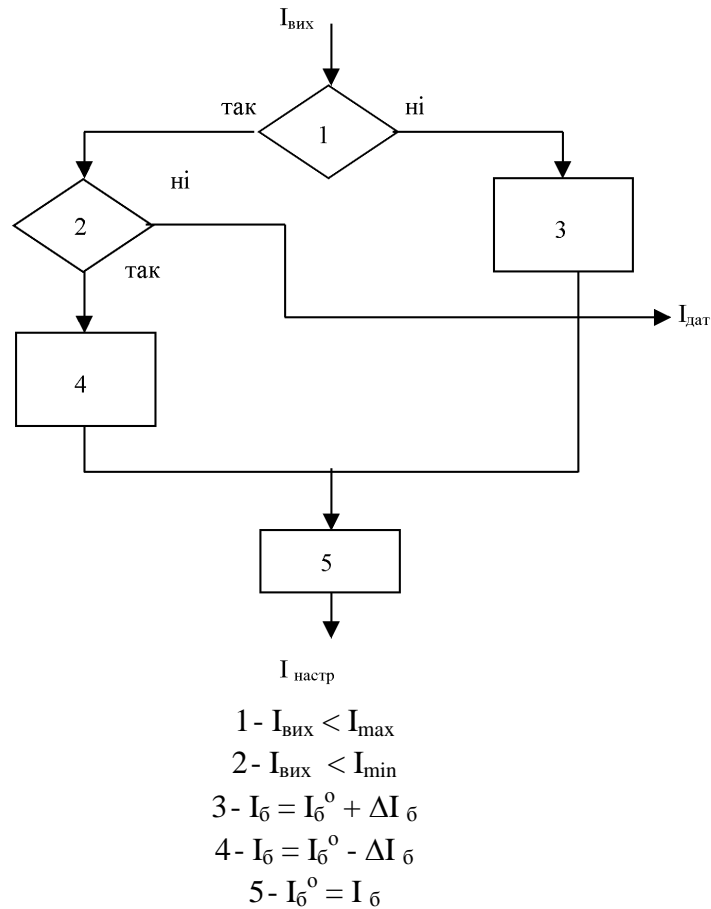


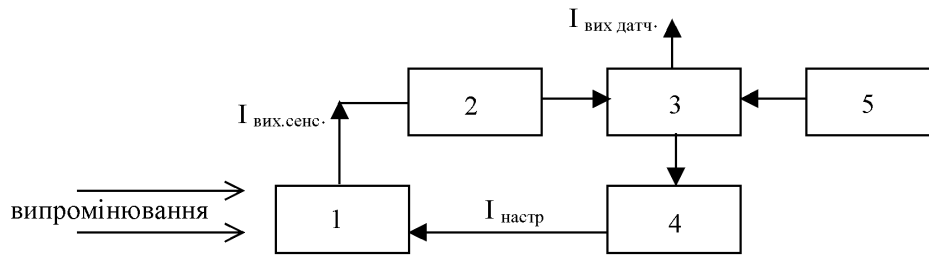
Рис. 5. Алгоритм адаптивного керування сенсором.

Результати підтвердили можливість використання регресійного аналізу для визначення параметрів моделі СППВ.

Як видно з результатів вимірів, рівень вихідного сигналу сенсора – колекторного струму залежить від величини потужності випромінювання вихідної напруги і базового струму КТС. У досліджуваному макеті зміна базового струму є наслідком зміни процесів струмопереносу в спільній для біполярної і польової частини КТС області напівпровідника в процесі адаптації сенсора до вхідного сигналу.

Адаптивне керування сенсором здійснювалося по алгоритму, показаному на рис. 5. Якщо величина вихідного струму сенсора менше настановного максимального значення і більше мінімального значення, то сенсор знаходиться на лінійній ділянці передатної характеристики. При цьому величина вихідного струму сенсора адекватна потужності випромінювання. Якщо ж вихідний струм вимірювального перетворювача менше граничного значення, то до початкового струму бази додається негативне по величині збільшення, що дозволяє зрушити передатну характеристику в область менших значень потужності випромінювання. Після зміни струму настроювання здійснюється перевірка умов, що обумовлюють функціонування вимірювального перетворювача на робочій ділянці передатної характеристики. Якщо ці умови не виконуються, то повторюється процес збільшення струму настрою-

вання. Подібним же чином відбувається адаптація сенсора до рівня потужності випромінювання, більше максимального, при відповідному струмі настроювання.



- 1 – СПВ;  
2 – аналого-цифровий перетворювач;  
3 – мікропроцесор;  
4 – цифро-аналоговий перетворювач;  
5 – постійний запам'ятовуючий пристрій.

Рис. 6. Функціональна схема датчика з мікропроцесорним керуванням

Відповідно до алгоритму адаптивного керування сенсором функціональна схема містить:

- пристрій обробки вихідного сигналу і керування СПВ, що реалізує представлений алгоритм;
- пристрій перетворення, що зв'язує СПВ із пристроєм обробки.

Як пристрій обробки і керування нами використаний мікропроцесор КМ1813ВЕ1. Функціональна схема вимірювального перетворювача буде мати вид показаний на мал. 6. У показаній функціональній схемі не враховуються джерела живлення, синхронізації і внесення ланцюга корекції. МП дозволяє представити вихідний сигнал датчика, як в аналоговій так і в цифровій формі. Це дає можливість сполучати СПВ в адаптивному режимі з інформаційно - вимірювальними системами.

Проведені дослідження підтвердили правильність зроблених нами припущень про фізичні процеси в розглянутому СПВ і можливість його адаптації до рівня вхідних впливів.

## Література

1. Костенко В.Л. Твердотельный измерительный преобразователь мощности на СВЧ// "Измерительная техника", 1996, №2, с.13-14.
2. Достижения в технике передачи и воспроизведения изображений. Под. ред. Кейзана Б., т.3, М., "Мир", 1980, с.12-88.
3. Киселев Е.Н., Костенко В.Л. Дистанционное измерение тепловых потоков малой мощности / Состояние, проблемы и направления развития производства цветных металлов в Украине. – Запорожье: ЗГИА, 2001. С.352-357.
4. Киселев Е.Н., Костенко В.Л. Моделирование характеристик комбинированной транзисторной структуры / Сб. Науч. Трудов ЗГИА " Состояние, проблемы и направления развития производства цветных металлов в Украине " - под. Ред. Колобова Г.А. - Запорожье, 1998, с. 352-357.