

В.Л. Костенко, Є.Я. Швець, Є.М. Кісельов  
Запорізька державна інженерна академія,  
кафедра фізичної і біомедичної електроніки

## 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 адаптивно регулюються і виконані із застосуванням мікроелектронної технології. До такого типу приладів належать розроблені нами сенсори, на основі синтезу піроелектричного перетворювача з комбінованою транзисторною структурою (КТС) [1].

Дослідження запропонованого 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 підімкнення КТС наведені на рис. 1. Залежно від режиму роботи СПВ в макеті використовувалися два типи генераторів:

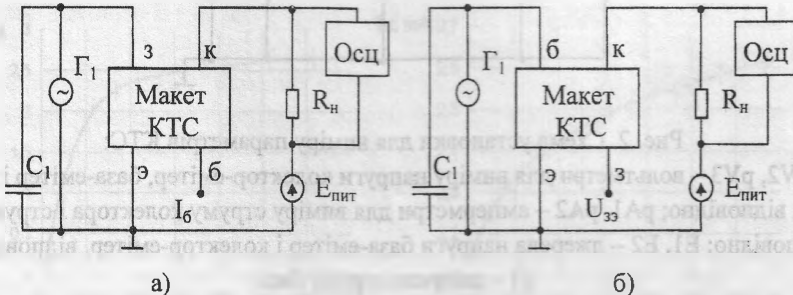


Рис. 1. Схема макета СПВ з входом : а) базою; б) затвором:

$\Gamma_1$  – 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, що імітують 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 зачорненою 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 С<sub>1</sub> призначений для обліку власної ємності підсистеми СПВ “поглинач-піроелектрик”. Ємність С<sub>1</sub> обумовлюється матеріалом піроелектрика.

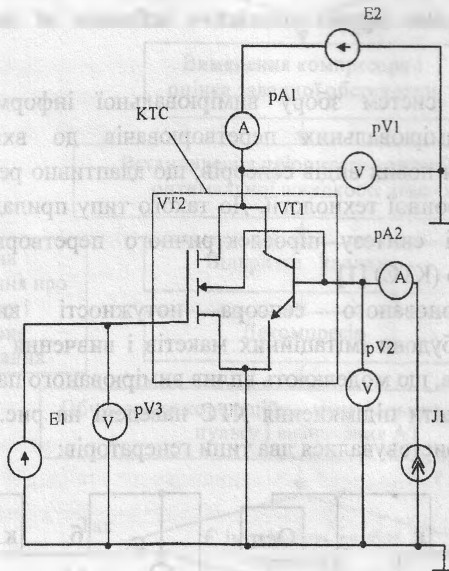


Рис. 2. Схема установки для виміру параметрів КТС:

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], зображеної на рис. 2. За результатами фізико-топологічного моделювання, з урахуванням рівнів вимірюваної потужності, як біполярний компонент 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

K176ЛП1, ув'язнений між виводами : 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.

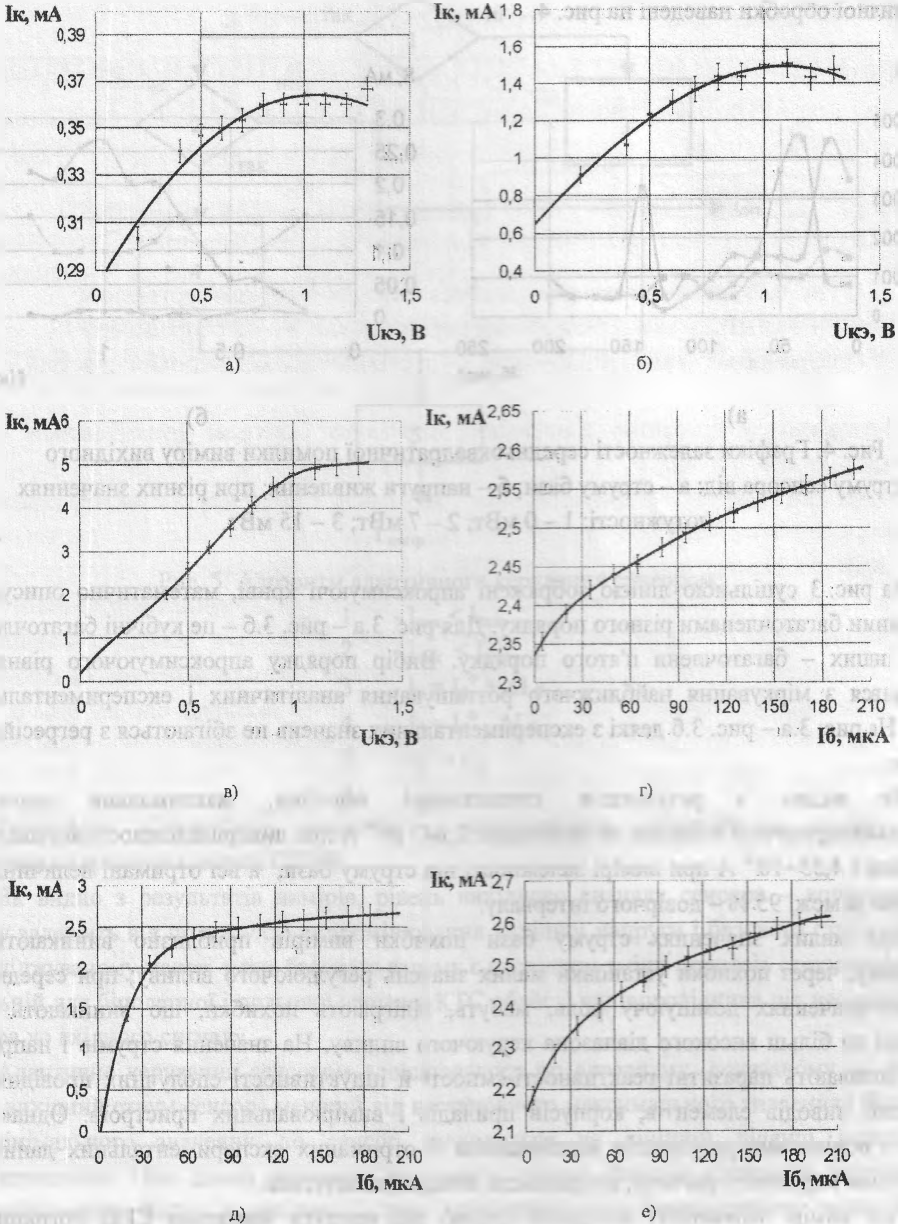


Рис. 3. Діаграми залежності вихідного струму сенсора потужності випромінювання від напруги живлення (а-в) і струму бази (г-е) при різних значеннях потужності випромінювання: а, в – 0 мВт; б, д – 7 мВт; г, е – 15 мВт

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 STATISTIKA 2.2. Результати статистичної обробки наведені на рис. 4.

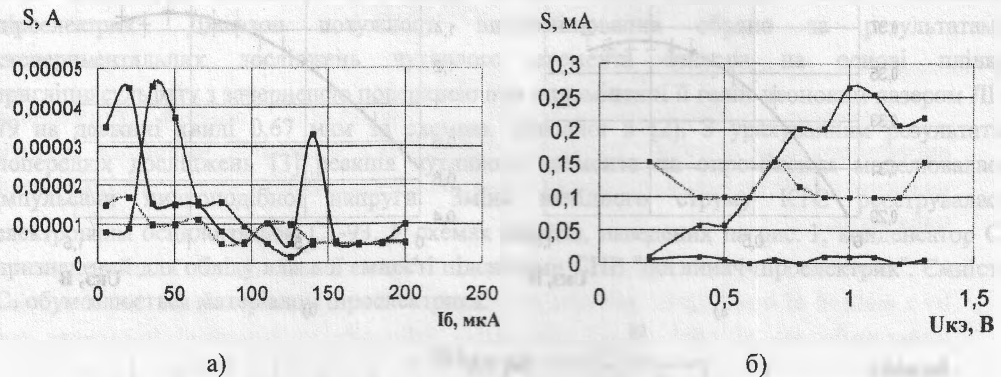


Рис. 4. Графіки залежності середньоквадратичної помилки виміру вихідного струму сенсора від: а – струму бази; б – напруги живлення; при різних значеннях потужності: 1 – 0 мВт; 2 – 7 мВт; 3 – 15 мВт.

На рис. 3 суцільною лінією зображені апроксимуючі криві, математично описувані стачечними багаточленами різного порядку. Для рис. 3.а – рис. 3.б – це кубічні багаточлени, а для інших – багаточлени п'ятого порядку. Вибір порядку апроксимуючого рівняння провадився з міркування найближчого розташування аналітичних і експериментальних точок. На рис. 3.а – рис. 3.б 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, відіграють похибки, що виникають при переході до більш високого діапазона керуючого впливу. 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, із зростанням керуючого сигналу, погрішність вимірів знижується.

При вимірі залежності вихідного струму від напруги живлення СПВ погрішність вимірів із зростанням потужності випромінювання збільшується. Це можна пояснити тим, що при фіксованому значенні струму бази (50 мкА), на роботу макета істотно впливають 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.

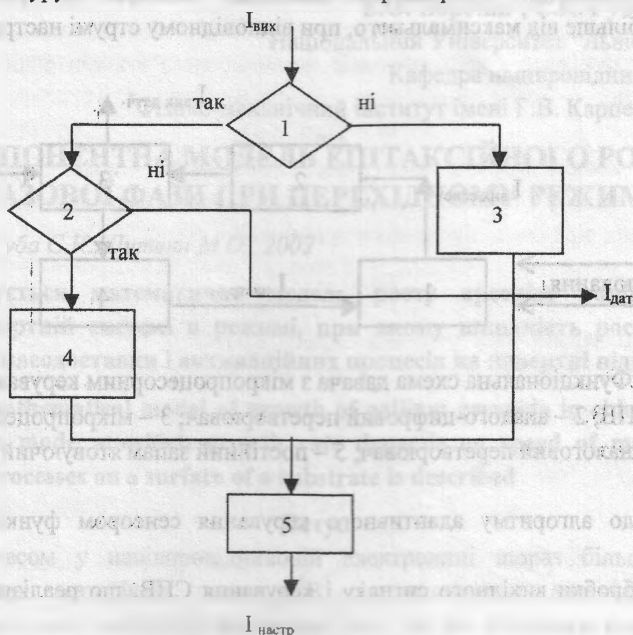


Рис. 5. Алгоритм адаптивного керування сенсором:

- 1 -  $I_{\text{вих}} < I_{\text{max}}$
- 2 -  $I_{\text{вих}} < I_{\text{min}}$
- 3 -  $I_6 = I_6^0 + \Delta I_6$
- 4 -  $I_6 = I_6^0 - \Delta I_6$
- 5 -  $I_6^0 = I_6$

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

Як видно з результатів вимірів, рівень вихідного сигналу сенсора – колекторного струму залежить від 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 під час адаптації сенсора до вхідного сигналу.

Адаптивне керування сенсором здійснювалося по алгоритму, показаному на рис. 5. Якщо вихідний струм сенсора менший від настановного максимального значення і більший від мінімального значення, то сенсор знаходиться на лінійній ділянці передатної характеристики. При цьому значення вихідного струму сенсора адекватне потужності випромінювання. Якщо ж вихідний струм вимірювального перетворювача менший від граничного значення, то до початкового струму бази додається негативне за величиною збільшення, що дозволяє зрушити передатну характеристику в область менших значень потужності випромінювання. Після зміни струму налаштування перевіряються умови, що зумовлюють функціонування вимірювального перетворювача на робочій ділянці передатної

характеристики. Якщо ці умови не виконуються, то повторюється збільшення струму настроювання. Аналогічно відбувається адаптація сенсора до рівня потужності випромінювання, більше від максимального, при відповідному струмі настроювання.



Рис. 6. Функціональна схема давача з мікропроцесорним керуванням:

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

Відповідно до алгоритму адаптивного керування сенсором функціональна схема містить:

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

Як пристрій обробки і керування нами використаний мікропроцесор KM1813BE1. Функціональна схема вимірювального перетворювача буде мати вигляд, показаний на рис. 6. У показаній функціональній схемі не враховуються джерела живлення, синхронізації і внесення ланцюга корекції. МП дає змогу представити вихідний сигнал давача 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.

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. Б. Кейзана. – 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. тр. ЗГИА "Состояние, проблемы и направления развития производства цветных металлов в Украине" / Под. ред. Г.А. Колобова. - Запорожье, 1998. – С. 352–357.