

УДК: 621.382: 681.586.776

Барабан С.В., Осадчук О.В., Осадчук В.С. (Україна, Вінниця)

### МІКРОЕЛЕКТРОННИЙ ЧАСТОТНИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ТЕМПЕРАТУРИ ДОВКІЛЛЯ

У сучасній термометрії застосовується велика кількість різноманітних методів вимірювання, що пов'язане з відмінностями вимог для різних діапазонів температур, розмаїттям об'єктів вимірювання та умов на них, особливостями характеристик робочих речовин, температуру яких вимірюють тощо. Особливе місце в сучасній термометрії посідає моніторинг температури довкілля, оскільки він необхідний як і в багатьох сферах професійної діяльності людини, так і нашому побутовому житті. Існує достатня кількість методів та засобів моніторингу температури довкілля [1], але, як відомо, досконалість не має меж. Ми пропонуємо перетворювач температури з частотним виходом на основі транзисторної структури з від'ємним опором і піроелектричним конденсатором.

На рис. 1 представлена електрична схема мікроелектронного частотного перетворювача для моніторингу температури довкілля. Робота пристрою базується на основі автогенератора, утвореного транзисторною структурою VT1 і VT2 і індуктивністю L.

Транзисторна структура складається із р-п-р біполярного транзистора і n-канального двох затворного МДН-транзистора. Дане включення транзисторів забезпечує утворення між колектором біполярного транзистора і стоком польового транзистора від'ємного опору, який приводить до виникнення електричних коливань в контурі, утвореному послідовним включенням повного опору з ємнісним характером на електродах колектор–стік біполярного транзистора VT1 і польового транзистора VT2 та індуктивним опором пасивної індуктивності L. В якості чутливого елементу використано піроелектричний конденсатор  $C_{\text{пір}}$ , який в схемі ввімкнуто паралельно до транзисторної структури. Під дією температури довкілля піроелектричний конденсатор змінює власну ємність за відомим механізмом [2], змінюючи при цьому значення ємності коливального контуру, утвореного послідовним включенням повного опору з ємнісним характером на електродах колектор–стік біполярного транзистора VT1 і польового транзистора VT2 та індуктивним опором пасивної індуктивності L, а це викликає зміну резонансної частоти коливального контуру.

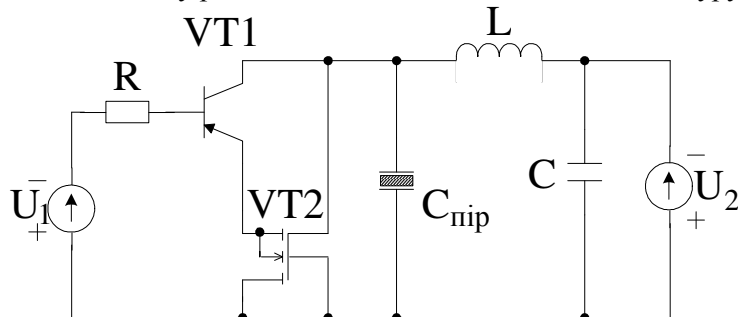


Рисунок 1 – Електрична схема мікроелектронного частотного перетворювача для моніторингу температури довкілля

Проведемо схемотехнічне моделювання даного пристрою для полегшення проведення експериментальних досліджень перетворювача температури.

#### Моделювання мікроелектронного частотного перетворювача для моніторингу температури довкілля

Для моделювання даного пристрою скористаємось пакетом програм Orcad Family Release 9.2. Даний пакет програм має ряд переваг над іншими для схемотехнічного моделювання [3]. В якості біполярного транзистора візьмемо транзистор марки BC857, а в якості польового транзистора – BF998. В процесі моделювання перетворювача температури стало зрозумілим, що для утворення від'ємного опору в транзисторній структурі VT1-VT2 (рис. 1) необхідно використати дільник напруги для джерела напруги  $U_2$ , який ми і під'єднали в коло першого затвору МДН-транзистора VT2. Піроелектричний конденсатор  $C_{\text{пір}}$  представимо у вигляді його еквівалентної схеми [4], параметри до якої візьмемо з роботи [5].

На рис. 2 представлено сімейство вольт-амперних характеристик досліджуваного пристрою, отриманих внаслідок моделювання в Orcad Family Release 9.2. Знизу до верху на рис. 3 ВАХ змінюються в залежності від прикладеної напруги керування V1 – нижня характеристика знята при V1=1,5 В, далі напруга керування збільшувалась на 0,5 В до верхньої характеристики, яка була знята при V1=3,5 В.

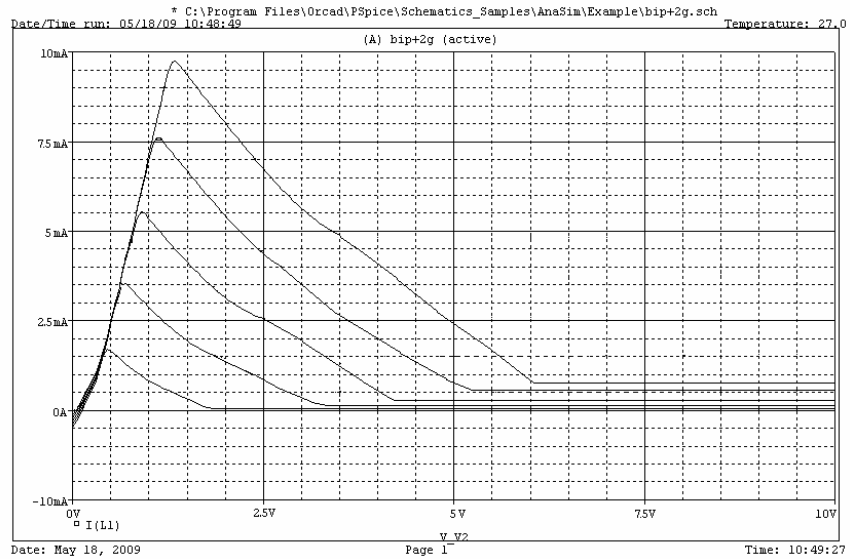


Рисунок 2 – ВАХ перетворювача температури при різних значеннях напруги керування

На рис. 3 представлено залежність зміни вихідного струму з часом досліджуваного перетворювача температури, отриману в програмному середовищі PSpice.

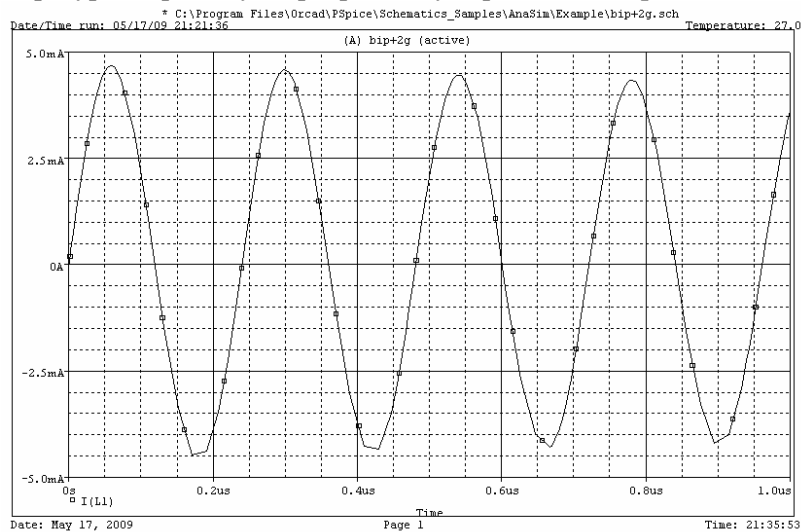


Рисунок 3 – Залежність зміни вихідного струму з часом перетворювача температури, отримана в PSpice

Таким чином, моделювання перетворювача температури для моніторингу довкілля (рис. 1) в Orcad Family Release 9.2 довело можливість створення на практиці даного пристрою і завдяки проведеному моделюванню стало зрозумілим, яку елементну базу краще використовувати.

### Експериментальні дослідження

При проведенні експериментальних досліджень було використано піроелектричний конденсатор, виготовлений з  $BaTiO_3$ , розміром  $15 \times 10 \times 1$  мм, ємністю 1,168 нФ. Замість МДН-транзистора BF 998 було використано вітчизняний двохзатворний n-канальний польовий транзистор марки КП 327АІ, що дозволило відмовитись від використання дільника напруги).

Експериментальна установка для дослідження ВАХ перетворювача подана на рис. 4. Під час проведення експерименту використовувались джерела постійної напруги (ДПН) типу ВИП009, Б5-43, міліамперметр типу УТ70В, вольтметри типу В7-35, значення параметрів схеми:  $R_1=1$  кОм, опір індуктивності  $L$  складав 7 Ом,  $C_1=470$  нФ.

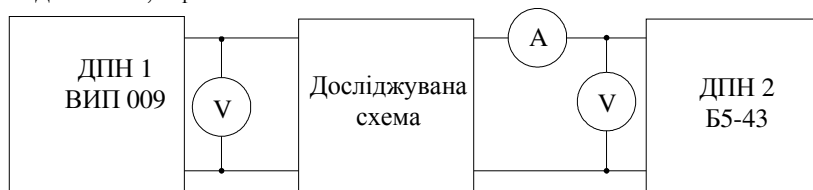


Рисунок 4 – Блок-схема вимірювальної установки для дослідження ВАХ перетворювача

На рис. 5 подані експериментальні ВАХ частотного перетворювача для моніторингу температури доквілля (на основі транзисторів ВС 557В та КП 327АИ).

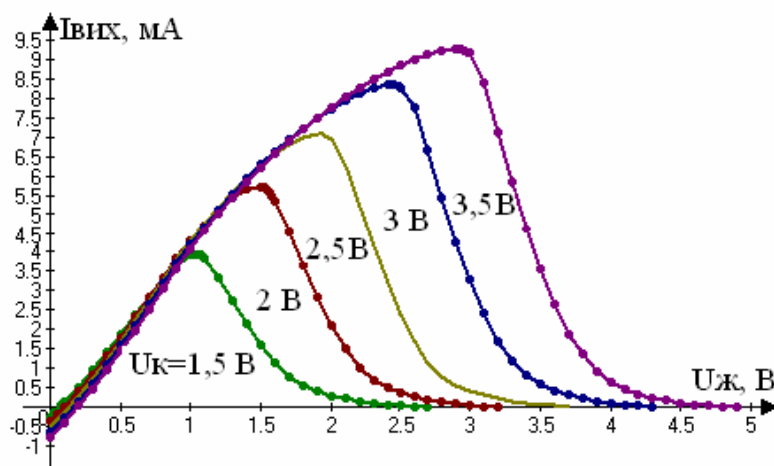


Рисунок 5 – Експериментальні ВАХ частотного перетворювача для моніторингу температури доквілля на основі транзисторів ВС 557В та КП 327АИ

Експериментальна установка для дослідження частоти генерації перетворювача від температури подана на рис. 6. Під час проведення експерименту використовувались джерела постійної напруги (ДПН) типу ВИП009, Б5-43, міліамперметр типу УТ70В, вольтметри типу В7-35, частотомір електроннолічильний ЧЗ-35, осцилограф С1-93, значення параметрів схеми:  $R_1=1$  кОм, індуктивність  $L=94,6$  мкГн,  $C_1=470$  нФ. Чутливий елемент досліджуваної схеми закріплюється в спеціально виготовлену контактну рамку і розміщувався в печі. Вимірювання температури проводилось за допомогою переносного пірометра типу Смотрич-4ПМ1.

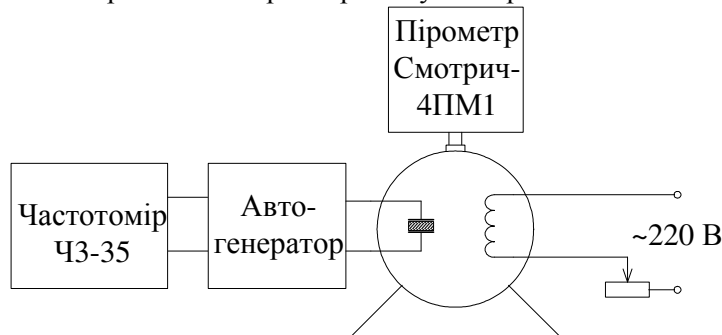


Рисунок 6 – Блок-схема вимірювальної установки для дослідження залежності частоти генерації від температури

На рис. 7 подані експериментальні залежності частоти генерації при різних режимах живлення від температури навколишнього середовища. Як видно з рисунка оптимальним діапазоном робочих температури є інтервал від  $+20$  °С до  $160$  °С.

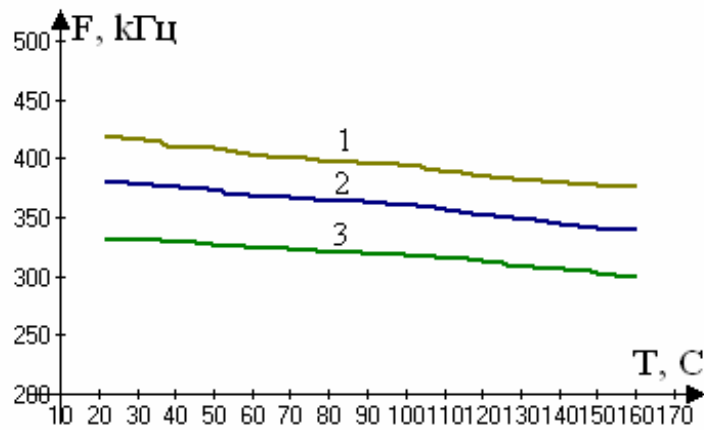


Рисунок 7 – Експериментальна залежність частоти генерації від температури для частотного перетворювача: 1 -  $U_k=1.5$  В  $U_{ж}=4$  В; 2 -  $U_k=3$  В  $U_{ж}=4$  В; 3 -  $U_k=2$  В,  $U_{ж}=2$  В.

Отже, експериментальні дослідження довели можливість використання мікроелектронного перетворювача температури на основі піроелектричного конденсатора для моніторингу довкілля.

### Висновки

В даній роботі було запропоновано оригінальну електричну схему мікроелектронного частотного перетворювача для моніторингу температури довкілля на основі піроелектричного конденсатора і транзисторної структури з від'ємним опором. Було проведено схемотехнічне моделювання даної схеми в пакеті програм Orcad Family Release 9.2, а також експериментальні дослідження перетворювача, завдяки чому отримані сімейство ВАХ і залежності частоти генерації від температури.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гордов А.Н. Основы температурных измерений / Жагулло О.М, Иванова А.Г. / М.: Энергоатомиздат, 1992 – 296 с.
2. Осадчук В.С. Аналіз методів вимірювання температури на основі піроелектриків / Осадчук О.В., Барабан С.В., Ільченко О.М. / Матеріали 4-ої Міжнародної науково-практичної конференції «Современные научные достижения – 2008» / Том 17 / Технические науки / Электротехника и радиоэлектроника / Przemysl. Nauka i studia – С. 3-11.
3. Разевиг В. Д. Применение программ P-CAD и PSpice для схемотехнического моделирования на ПЭВМ. Выпуск 3. Моделирование аналоговых устройств. – М.: Радио и связь, 1992. – 72 с.
4. Осадчук В.С. Розробка мікроелектронних перетворювачів теплової потужності у частоту на основі транзисторних структур з від'ємним опором / Осадчук О.В., Барабан С.В., Ільченко О.М. // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2008 - №1 – С. 133 – 139.
5. Новик В.К. Пироэлектрические преобразователи / Гаврилова Н.Д., Фельдман Н.Б. – М.: Советское радио, 1979. – 176 с.