

УДК 621.373

Криночкін Р.В., Осадчук О.В. (Україна, Вінниця)

ВИКОРИСТАННЯ ЧАСТОТНИХ ГЕНЕРАТОРІВ НА ВІД'ЄМНОМУ ОПОРІ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГИ

Контроль та вимірювання параметрів виробничих процесів займає важливе місце в забезпеченні екологічності та економічності продукту, що випускається. Концептуальна схема сучасної промислової лінії в обов'язковому порядку включає інформаційно-вимірювальну та контрольну системи, що виконують функції зворотного зв'язку, перевірки якості вихідного продукту з одночасним діагностуванням рівня впливу на навколишнє середовище.

З іншого боку досягнення високого рівня відповідності між заданими технічними умовами та реальними параметрами продукції дозволяє не лише зменшити втрати виробництва, але і більш ефективно використовувати не відновлювані енергетичні та сировинні ресурси, що в свою чергу позитивно впливає на інтегральний показник екологічності підприємства.

Однак незважаючи на досить активний розвиток галузі вимірювальної техніки, досягнення високої точності вимірювання, частіше за все супроводжується дуже значним збільшенням вартості пристрою контролю, та зменшенням надійності, що робить економічно і технічно не доцільним його використання. Таким чином для можливості масового застосування вимірювальних систем на виробництві, необхідно забезпечити не лише високі метрологічні, а ще й сприятливі економічні показники. В іншому разі навіть найбільш високоякісні вимірювачі знайдуть застосування лише у вигляді лабораторних макетів або у «космічних» галузях, де такі витрати можуть бути виправдані.

Одним з можливих виходів є використання радіовимірювальних систем на основі від'ємного опору (РСВО) [1]. Структурна схема такого перетворювача складається з малої кількості електронних компонентів, однак при цьому здатна забезпечити високу чутливість, точність та діапазон вимірювання в порівнянні з аналогічними перетворювачами заснованими на інших фізичних ефектах. Окрім того вихідний сигнал такого вимірювального генератора є функцією зміни частоти, що дозволяє отримати всі переваги частотної модуляції [2,3] інформаційного параметру.

Структурна схема РСВО представлена на рис.1 [пор.4]. Система працює наступним чином: вимірювана величина (вага) діє на первинний сенсор (напр. тензорезистор), перетворюючись таким чином в аналоговий сигнал (опір, напругу розбалансу тощо), який впливає на внутрішні параметри частотного перетворювача з від'ємним опором (ЧПВО).

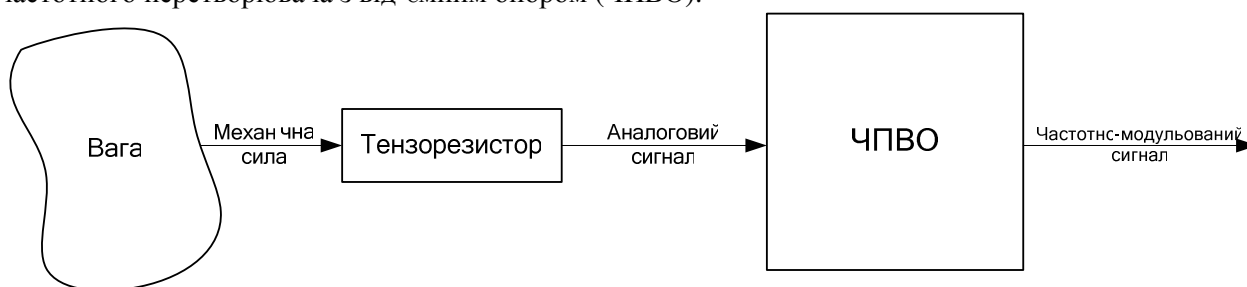


Рисунок 1 – Структурна схема радіовимірювальної системи на основі від'ємного опору (РСВО) для вимірювання ваги

Блок-схема ЧПВО показана на рисунку 2. У випадку необхідності узгодження рівнів аналоговий сигнал направляєтся до вхідного перетворювача. Після чого передається до транзисторної структури з від'ємним опором, що є основним елементом перетворювача. В зв'язку з досить високою вимірювальною чутливістю схеми, для досягнення якісних результатів необхідно використовувати стабілізоване джерело живлення з генератором стабільної напруги (ГСН). Для захисту прецизійного джерела від оберненого проходження напруги змінної амплітуди використовується схема захисту. З іншого боку вона захищає генератор від випадкових кидків напруги живлення (особливо якщо немає можливості застосувати ГСН).

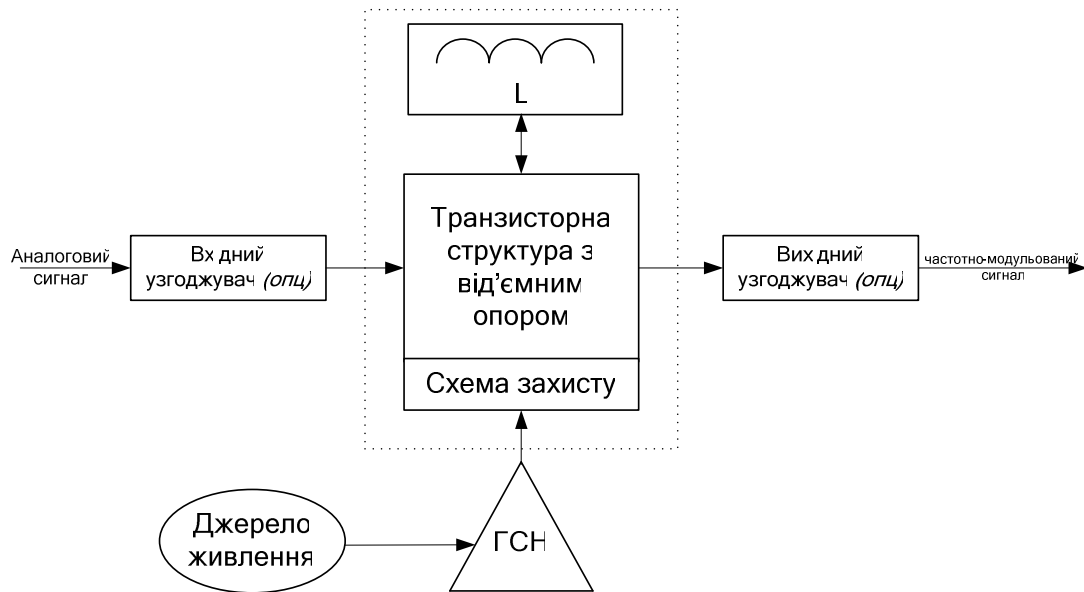


Рисунок 2 – Блок схема частотного перетворювача з від'ємним опором

«Серцем» такого перетворювача є транзисторна структура з від'ємним опором, що виконує функцію еквівалентної ємності в коливальному резонансному LC-контурі. Причому величина цієї ємності керується електрично за допомогою вхідного сигналу, таким чином досягається кореляція між вимірювальним аналоговим сигналом і частотою генерації.

Принципова електрична схема ЧПВО може бути різною, однією з найбільш зручних і простих в застосуванні є генератор на основі двох транзисторів різних типів. Приклад такої схеми показаний на малюнку 3.

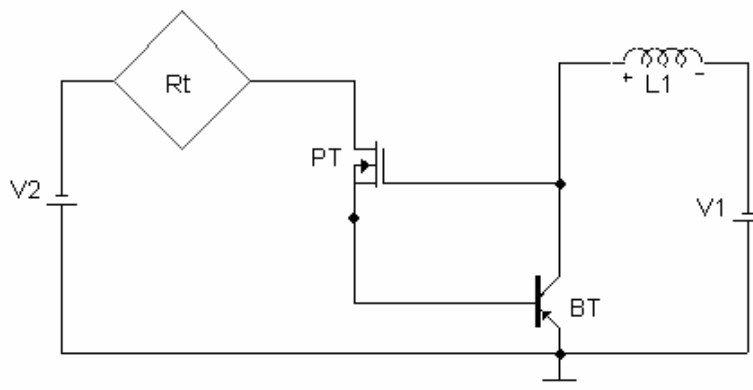


Рисунок 3 – Електрична принципова схема ЧПВО для визначення ваги

Для проведення практичних вимірювань був створений дослідний зразок генератора. В якості польового МДН транзистора було використано двухзатворні транзистори: наш КП327 або імпортований аналог BF998, що дають кращі показники в порівнянні з аналогічними однозатворними. Біполярний транзистор застосований типу КТ363БМ (аналог 2N4261). Чутливим елементом у схемі є тензорезистивний міст R_t , що змінює свій опір під дією деформації, що виникає у пружному елементі при прикладенні певної ваги [5]. Відповідно змінюється напруга стік-витік польового транзистора PT, що призводить до значної зміни частоти генерації.

Для первинного моделювання та вибору оптимального режиму роботи генератора було використано два пакети схемотехнічного аналізу: Micro-Cap 8.1.1.0 [6] та Cadence OrCAD16 [7] з відповідними SPICE моделями транзисторів.

В результаті побудови першої серії моделей в середовищі Micro-Cap було отримано сімейство вольт-амперних характеристик, показаних на рисунку 4 а). Данні ВАХ показують залежність струму в гілці індуктивності L_1 (тобто через вихід схеми) від напруги джерела живлення V_1 (Уж), при різних

значеннях напруги керування V_2 (Uк). Аналогічні характеристики зняті в пакеті OrCAD 16 представлені на малюнку 4 б). Найбільшою чутливістю та стабільністю, з одночасно максимально широким діапазоном вимірювання, дана схема буде володіти якщо робоча точка буде обрана на середині спадної ділянки ВАХ (ділянки з від'ємним опором), тому для даної схеми напруга живлення має бути приблизно в діапазоні 1.15-1.3 В.

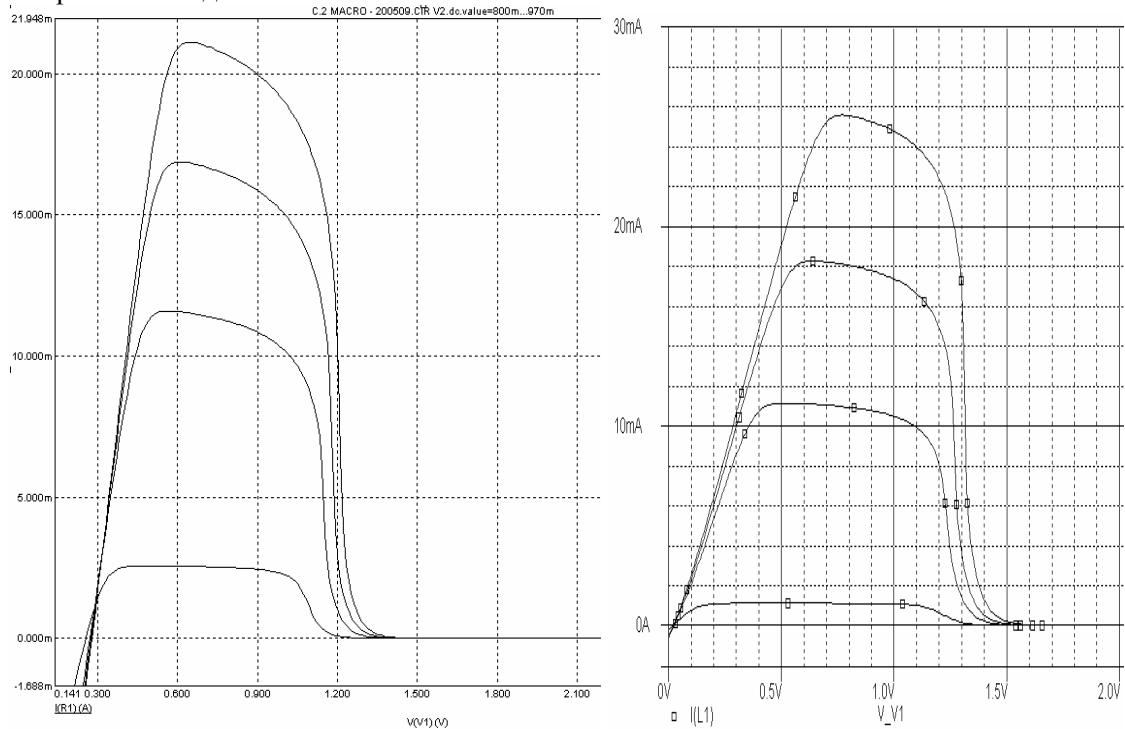


Рисунок 4 – Моделювання ВАХ ЧПВО при різних значеннях напруги керування в середовищах: а) – Micro-Cap 8; б) – OrCAD 16

Реальні характеристики дослідної моделі генератора, представлені на рисунку 5, показують добре співпадіння з результатами моделювання. Форма експериментальних кривих при високих напругах керування, дещо загострена в порівнянні з моделлю, що пов'язано очевидно зі зсувом робочої точки польового транзистора РТ при зміні напруги сток-витік. Область від'ємного опору в реальності є менш крутою та починається при більших напругах, а тому, для досягнення максимальної чутливості та діапазону вимірювання, режим роботи вимірювального генератора має бути скоректований відповідно до експериментальних результатів. Отже оптимальна напруга живлення для даної схеми буде рівною приблизно 1.5 - 2 В.

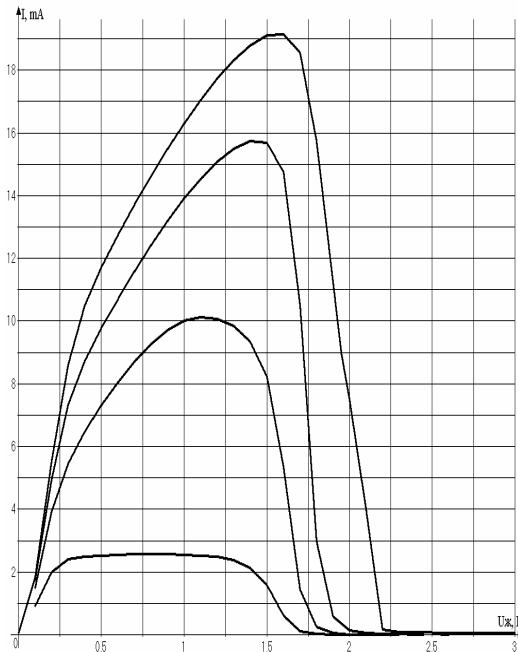


Рисунок 5 – Дослідні ВАХ ЧПВО для вимірювання ваги

Моделювання в часовій області показує, що в такій транзисторній структурі з від'ємним опором дійсно будуть існувати періодичні коливання. Для визначення оптимальної напруги керування необхідно отримати сімейство залежностей частоти генерації від напруги живлення при різних напругах керування. Данні залежності представлені на малюнку 7, з якого видно, що найбільша чутливість генератора буде при використанні напруг керування близьких до 0.9 В.

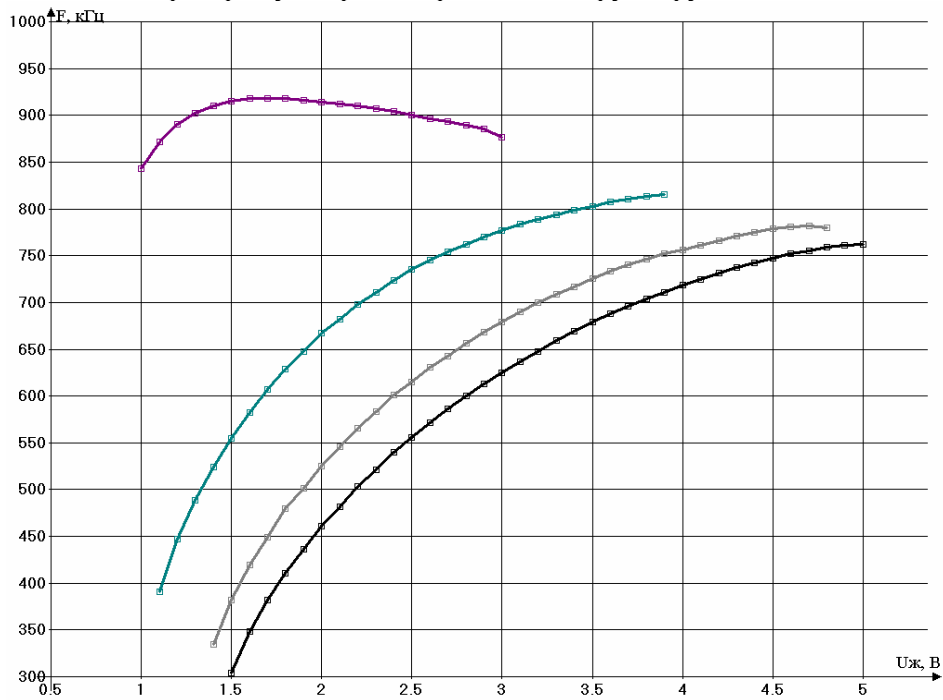


Рисунок 7 – Залежність частоти генерації ЧПВО від напруги живлення при різних напругах керування (зверху вниз – 0.8; 0.9; 1.0; 1.1 В)

У випадку якщо тензорезистор включений у коло напруги керування (тобто фактично при зміні ваги змінюється U_k) то навіть при невеликих її змінах можна отримати значну зміну частоти генерації, а значить і високу чутливість перетворювача (мінімум 4-5 кГц/мВ).

Висновки

В роботі показано можливість використання частотних генераторів на від'ємному опорі для вимірювання ваги. Представлено зіставлення результатів макромодельовання у різних схемотехнічних пакетах з експериментальними дослідженнями. На прикладі конкретної схеми показано вибір оптимального режиму роботи вимірювального генератора, при якому досягається найбільша чутливість з широким діапазоном вимірювання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Осадчук В.С. Реактивні властивості транзисторів і транзисторних схем / В.С Осадчук., О.В.Осадчук– Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 1999. – 275 с. – ISBN 966-7199-67-3.
2. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник для вузов.- М.: Высшая школа, 1988.
3. Сергиенко А.Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: Питер, 2003. – 608 с.
4. Криночкін Р.В., Осадчук О.В. Проблеми вимірювання товщини нанесеного покриття та методи підвищення його точності//Нові технології. – 2009. - № 1. – С. 102-105.
5. Клокова Н.П. Тензорезисторы: теория, методики расчета, разработки. - Москва: Машиностроение, 1990. - 224 с.
6. Амелина М. А., Амелин С. А. Программа схемотехнического моделирования Micro-Cap. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с.
7. 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.