

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ АВТОГЕНЕРАТОРНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВОЛОГОСТІ З ЄМНІСНИМ ЧУТЛИВИМ ЕЛЕМЕНТОМ У СЕРЕДОВИЩІ MAPLE

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі запропоновано метод моделювання автогенераторних перетворювачів вологості в середовищі Maple. Показано приклад моделювання автогенераторного перетворювача вологості на основі від'ємного опору в часовому домені. Отримано залежності функцій перетворення для первинного чутливого елемента, а також визначено форму вихідного сигналу для автогенераторного перетворювача вологості.

Ключові слова: вологість, автогенератор, перетворювач, ємнісний чутливий елемент, від'ємний опір.

Abstract

The paper presents the method of modeling of selfgenerator converters humidity in Maple. Example of modeling the selfgenerator converter humidity based on negative resistance in the time domain is showed. The dependences of conversion functions for the primary sensing element and the form of the output signal for selfgenerator converter humidity are obtained.

Keywords: humidity, selfgenerator, converter, capacitive sensing element, negative resistance.

Вступ

На сьогоднішній день, моделювання та симуляція поведінки електронних схем, є обов'язковою ланкою звичайного циклу розробки вимірювальних пристроїв. Тому розширення і покращення інструментів, яким володіє конструктор при виконанні своєї роботи є одним з першочергових завдань науковців, що створюють нові типи приладів.

Розвиток комп'ютерної техніки призвів до значного спрощення схемотехнічного моделювання схем. Проте іншою стороною такого прогресу стала суттєва втрата розробником контролю за поведінкою схеми. Можна лише взяти певні існуючі елементи, побудувати з них схему та отримати результати моделювання за жорстко визначеним алгоритмом. Не завжди прийнятними бувають як результати, так і тривалість такого моделювання, особливо при використанні аналізу в часовому домені [1]. Тому виникає необхідність звертатися до методів низькорівневого моделювання, з застосуванням еквівалентних схем та елементарних моделей.

Метою роботи є висвітлення особливостей моделювання автогенераторних перетворювачів у середовищі Maple, на прикладі розробки автогенераторних перетворювачів вологості з ємнісним чутливим елементом в часовому домені. В роботі [2] продемонстровані основні переваги таких засобів вимірювання та можлива схема їх застосування, а також обґрунтовано методику вибору вимірювального конденсатора в якості первинного сенсора для даних перетворювачів.

Розробка моделей автогенераторних перетворювачів для вимірювання вологості

Відомий метод створення моделей і розрахунку автогенераторних перетворювачів за допомогою застосування рівнянь Кірхгофа, для знаходження еквівалентної ємності контуру, з наступною підстановкою у формулу Томсона, для знаходження частоти генерації. Проте даний підхід має певні недоліки, зокрема неможливість моделювати і спостерігати форму отримуваних коливань та обраховувати нелінійні спотворення, що з нею пов'язані, складність моделювання багатогармонікових генераторів тощо.

В роботі запропоновано більш оптимальний метод моделювання частотно-часових пристроїв у часовому домені, за допомогою методу змінних стану.

На рис.1 наведено електричну та еквівалентну схему автогенераторного перетворювача вологості. Дана еквівалентна схема заснована на моделях окремих радіоелектронних компонентів, що входять до складу перетворювача [3, 4].

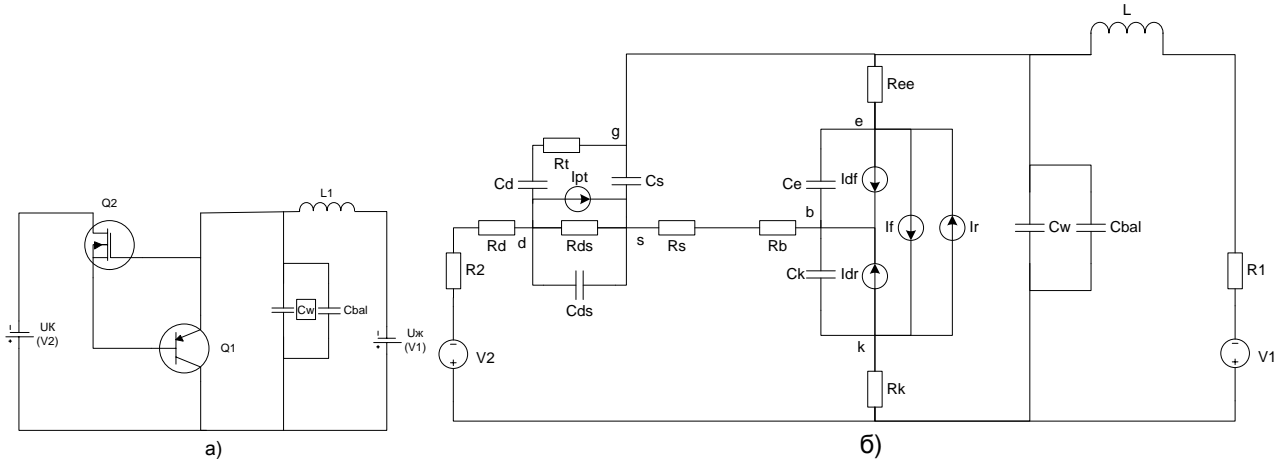


Рис. 1. Електрична принципова (а) та еквівалентна (б) схеми автогенераторного перетворювача вологості

Застосуємо для розрахунку схеми метод змінних стану. На першому етапі перетворимо вищенаведену еквівалентну схему, представивши ємності у вигляді незалежних джерел напруги, а індуктивність – струму, і складемо для неї систему рівнянь за законами Кірхгофа та Ома. Крім того, два джерела I_f і I_r перетворимо в одне $I_{bit} = (I_f - I_r)/QB$, а дві ємності C_w і C_{bal} на одну $C_i = C_w + C_{bal}$. Потім розв'яжемо отриману систему відносно U_L , $i_{C_{ds}}$, i_{C_d} , i_{C_s} , i_{C_i} , i_{C_e} , i_{C_k} , вважаючи відомими значення напруг на ємностях та струму через індуктивність. На другому етапі, підставимо отримані для кожного реактивного елемента розв'язки у рівняння виду $U_L(t) = L \frac{di_L(t)}{dt}$ та $i_C(t) = C \frac{dU_C(t)}{dt}$, отримаємо систему рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} L \frac{di_L(t)}{dt} = U_1 - (U_{C_i}(t) + i_L(t)R_1), \\ C_d \frac{dU_{C_d}(t)}{dt} = \frac{U_{C_s}(t) - U_{C_{ds}}(t) - U_{C_d}(t)}{R_t}, \\ C_{ds} \frac{dU_{C_{ds}}(t)}{dt} = \frac{(A_1 U_{C_s}(t) - A_4 U_{C_d}(t))R_{ds} + (I_{pt}A_4 - U_{C_i}(t)R_t + U_2) \cdot R_t R_{ds} - B_{10} U_{C_{ds}}(t)}{A_4 \cdot R_{ds} \cdot R_t}, \\ C_s \frac{dU_{C_s}(t)}{dt} = \frac{B_5 U_{C_s}(t) + B_6 U_{C_{ds}}(t) + B_7 U_{C_d}(t) + (B_4 U_{C_i}(t) + B_8 U_{C_e}(t) - B_9 U_{C_k}(t) + B_3 U_2) \cdot R_t}{A_4 \cdot B_3 \cdot R_t}, \\ C_i \frac{dU_{C_i}(W,t)}{dt} = \frac{B_{11} U_{C_i}(t) + B_7 i_L(t) + B_4 U_{C_s}(t) + A_6 A_4 U_{C_k}(t) + A_3 A_4 U_{C_e}(t) + B_3 (U_2 - U_{C_{ds}}(t))}{A_4 \cdot B_3 \cdot R_t}, \\ C_k \frac{dU_{C_k}(t)}{dt} = \frac{A_6 (U_{C_i}(t) - U_{C_k}(t)) - A_3 U_{C_e}(t) - U_{C_s}(t) R_{ee} + (I_{bit} - I_{dr}) B_3}{B_3}, \\ C_e \frac{dU_{C_e}(t)}{dt} = \frac{-A_3 (U_{C_i}(t) - U_{C_k}(t)) - A_5 U_{C_e}(t) + U_{C_s}(t) R_k + (I_{bit} + I_{df}) B_3}{B_3}, \end{array} \right. \quad (1)$$

Отримана система рівнянь є нелінійною оскільки містить в якості складових елементів нелінійні залежні джерела струмів I_{pt} , I_{bit} , I_{dr} , I_{df} . Формули для обрахунку цих та інших елементів і параметрів моделі представлені в роботі [3].

Система (1) є динамічною математичною моделлю автогенераторного перетворювача вологості, таким чином розв'язання цієї системи з використанням зворотної підстановки у систему рівнянь Кірхгофа, дозволить знайти значення напруги або струму у будь-якій точці кола в будь-який заданий момент часу. Наступним кроком буде обчислення частоти вихідних коливань f_z , що будуть існувати на виході перетворювача. Основою для таких обрахунків є результат розв'язання указаної системи, а саме залежність вихідної напруги (що в даному випадку співпадає з напругою на конденсаторі C_i) від часу.

В результаті отримується залежність виду $f_z = f(C_i)$. В обох випадках також можливе застосування перетворення Фур'є для отримання спектру сигналу, та оцінки коефіцієнту нелінійних спотворень.

Наступним кроком для отримання функції перетворення приладу, є підстановка в отримані залежності виразу $C_i = f(W)$ (зміна ємності від вимірюваної вологості).

Розрахунок проведений вищевказаним чином в середовищі Maple показує, що на виході схеми дійсно будуть існувати періодичні коливання, частота яких залежить від значення підключеної вимірювальної ємності, а та, в свою чергу, залежить від відносної вологості повітря. На рис. 2 показаний графік змодельованих вихідних коливань в діапазоні часу 0..5 мкс в режимі і не в режимі при двох різних значеннях ємності первинного сенсора C_i .

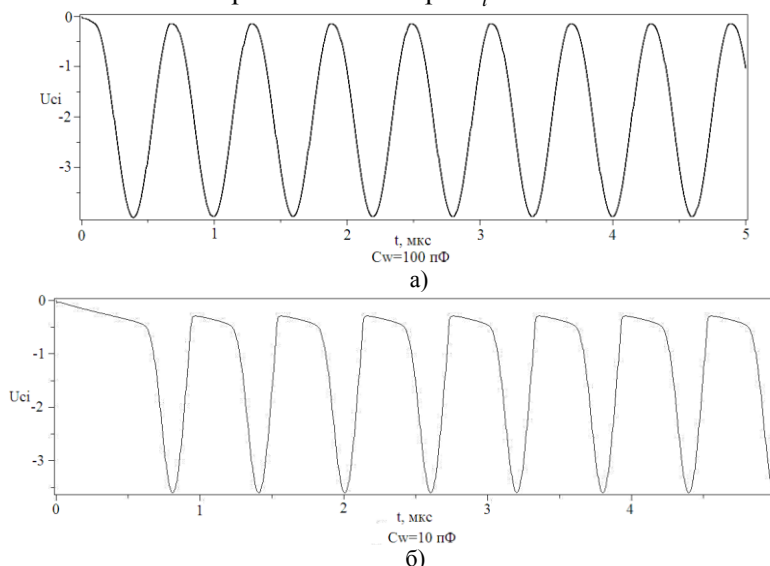


Рис. 2. Змодельовані вихідні коливання в різних робочих режимах: а) в режимі, б) не в режимі

Висновки

Середовище Maple є особливо зручним у розв'язанні задач моделювання автогенераторних перетворювачів, оскільки поряд зі звичним для аналітичних пакетів чисельним ядром, в нього інтегровані потужні аналітичні методи обчислень.

Даний пакет поєднує можливості декларативного програмування (звичні для пакетів такого роду) та імперативного. Це дозволяє реалізовувати власні збережені функції (на основі алгоритмічних структур) для обробки масивів даних отриманих в імперативний спосіб.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Болотовский Ю. Опыт моделирования систем силовой электроники в среде OrCAD 9.2.Ч.1-Ч.3 / Ю. Болотовский, Г. Таназлы // Силовая электроника. - 2004 - №1.
2. Осадчук В. С. Проблемы вимірювання вологості нафтопродуктів та метод підвищення його точності / В.С. Осадчук, О.В. Осадчук, О.С. Звягін // Нові Технології. – 2010. – №1 (27). – С. 135 – 139.
3. Разевиг В. Д. Система сквозного проектирования электронных устройств DesignLab 8.0. - Москва: Солон-Пресс, 1999. - 698 с.
4. Петраков О. Создание аналоговых PSPICE- моделей радиоэлементов.Ч.1. // Схемотехника. – 2001. – №2. – С. 36-37.

Звягін Олександр Сергійович – к.т.н., доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, zviahin86@gmail.com

Савицький Антон Юрійович – к.т.н., доцент кафедри радіотехніки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Крилик Людмила Вікторівна – к.т.н., доцент кафедри комп'ютерних наук, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Zviahin Oleksandr Serhiiovych – Ph.D., Associate Professor of the Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: zviahin86@gmail.com

Savytskyi Anton Yuriiovych – Ph.D., Associate Professor of the Department of Radio Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Krylyk Lyudmyla Viktorivna – Ph.D., Associate Professor of the Department of Computer Science, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia