



УДК 621.385.6

АВТОМАТИЧНИЙ ВИМІРЮВАЧ ПОТУЖНОСТІ НВЧ ГЕНЕРАТОРА ПРИСТРОЮ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КОМБІКОРМУ З ВИКОРИСТАННЯМ МІКРОКОНТРОЛЕРУ

Мунтян В.О., д.т.н.,

Лобода О.І., інженер.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.: (0619) 42-57-97

Анотація – в роботі розглянуті аспекти побудови вимірювального приладу виміру потужності НВЧ генератора пристрою знезараження комбікорму з використанням AVR-мікроконтролеру з внутрішньою пам'яттю та виводом інформації на цифровий індикатор та можливість роботи з персональним комп'ютером.

Ключові слова – датчик, знезараження, інструментальний підсилювач, комбікорм мікроконтролер, міст Уінстона, надвисока частота (НВЧ), потужність, термісторний зонд.

Постановка проблеми. Аналіз тенденцій розвитку сучасних технічних систем і пристроїв з використанням мікрохвильових технологій у сільському господарстві (сушіння і знезараження зернових культур, розмороження харчових продуктів, стимулювання росту рослин та інше) показує, що існує проблема виміру параметрів НВЧ поля [1].

Надвисокочастотні (НВЧ) вимірювання – вимірювання характеристик поля НВЧ діапазону (потужність, щільність потоку, поляризація). Ефективність НВЧ генератору залежить від коливального контуру, який розташований у вихідному каскаді кожного пристрою, системи хвильоводів та інших компонентів НВЧ пристрою, причому в кожній частині можливі втрати енергії. В цьому випадку використовуються спеціалізовані датчики параметрів НВЧ енергії.

Існують різні датчики вимірювання НВЧ потужності (діодний детектор, датчик Хола, термісторний зонд, термопара). Так термісторний зонд змінює свій опір під дією НВЧ потужності. Ця зміна опору фіксується по вимірювальним приладам (аналоговим або цифровим). Такі датчики мають деяку інерційність, так як відбувається НВЧ нагрівання термісторів. Також недоліком є те, що для різних діапазонів

надвисокої частоти необхідно використовувати окремі термісторні зонди, з нелінійною залежністю опору від температури у широкому частотному діапазоні (0,1...10 ГГц). [2].

Аналіз останніх досліджень. На протязі багатьох років промисловість виготовляла тільки аналогові НВЧ ватметри, для яких характерні такі недоліки: це використання аналогового віднімання, компенсації сигналів для подання вимірних значень у первинному вигляді, що значно знижує точність та збільшує час виміру; великі габаритні розміри і маса; тривалий час для прогріву і використання достатньо потужних джерел живлення; складна схематична конструкція; неможливість працювати в широкому діапазоні частот і потужностей через нелінійності первинних перетворювачів.

Розвиток сучасних цифрових технологій зробив можливим обробляти нелінійні дані з цифрових датчиків. Для цього потрібно скласти таблиці відповідності вхідних та вихідних значень.

Промисловістю випускається багата номенклатура приладів по виміру НВЧ потужності. Наприклад, Boonton 4200 фірми Boonton, E4418B та E4419B фірми Agilent Technologies, Gigratronics 8541C фірми Gigratronics та інші. При тому що вони мають широкий діапазон вимірювальної частоти (у середньому від 9 кГц до 110 ГГц) в діапазоні потужності від -70 дБм до +44 дБм, при дуже великій швидкості виміру (до 100 зчитувань за секунду, а також існує можливість підключення до комп'ютеру через інтерфейс RS-232/RS-422, але існує суттєвий недолік це їх вартість від 2500 до 4600 умовних одиниць, що істотно буде впливати на вартість кінцевого продукту [3].

Сьогодні, коли промисловість випускає PIC та AVR мікроконтролери (МК) з широкою номенклатурою різноманітних моделей існує можливість розробляти вимірювачі НВЧ потужності відносно не дорого та з достатньою точністю виміру для конкретної частоти НВЧ генератору. Основною метою використання МК в приладі виміру НВЧ потужності є обробка даних і управління процесом вимірювання. Як правило, характеристики перетворювачів НВЧ сигналу, тобто енергії, мають нелінійний характер. Таким чином, для представлення вимірюваного значення НВЧ потужності в лінійній формі використовується лінеаризація характеристик датчика. Таким чином, це можна зробити без складних схем через розрахунки потрібного значення.

В даний час для виміру НВЧ потужності використовується в основному два типи первинних перетворювачів: термоелектричні (термопарні) і терморезисторні (термісторні). На певному етапі розвитку пристроїв цього типу були кращими термоелектричні перетворювачі, незважаючи на те, що терморезисторні перетворювачі мають вищу чу-

тливiсть. Це пояснюється тим, що разом з високою чутливiстю, терморезисторнi перетворювачi мають такi недолiки, як: значнi варiацiї параметрiв, нелiнiйнiсть i нестабiльнiсть iх характеристик, а також велику iнерцiю, а це викликає значнi труднощi для побудови автоматизованих високошвидкiсний вимiрювачiв НВЧ потужностi, якi забезпечували б високу точнiсть при змiнi умов оточуючого середовища.

Формулювання цiлей статтi та постановка завдання. Враховуючи сказане вище, i незважаючи на iснування промислових приладiв з вимiру НВЧ потужностi генераторiв, антен, хвильоводiв та iнших НВЧ пристроiв на практицi виникає необхiднiсть мати простий вимiрювач НВЧ потужностi з достатньо малим значенням похибки, з вузьким частотним дiапазоном, цифровою внутрiшньою структурою, можливистю запам'ятовувати невеликi масиви вимiрянних даних, можливистю пiдключатися до зовнiшнього комп'ютера та з незалежним джерелом живлення – це можна зробити, якщо використовувати промисловий термiсторний датчик НВЧ дiапазону, а в якостi керуючого i аналізуючого блоку - мiкроконтролер, наприклад серiї AVR, PIC або iнший.

Основна частина. В основу автоматичного цифрового вимiрювача НВЧ потужностi з мiкропроцесорним керуванням покладено самобалансуючий термiсторний мiст з iмпульсним живленням. Структурна схема вимiрювача НВЧ потужностi зображена на рис. 1.

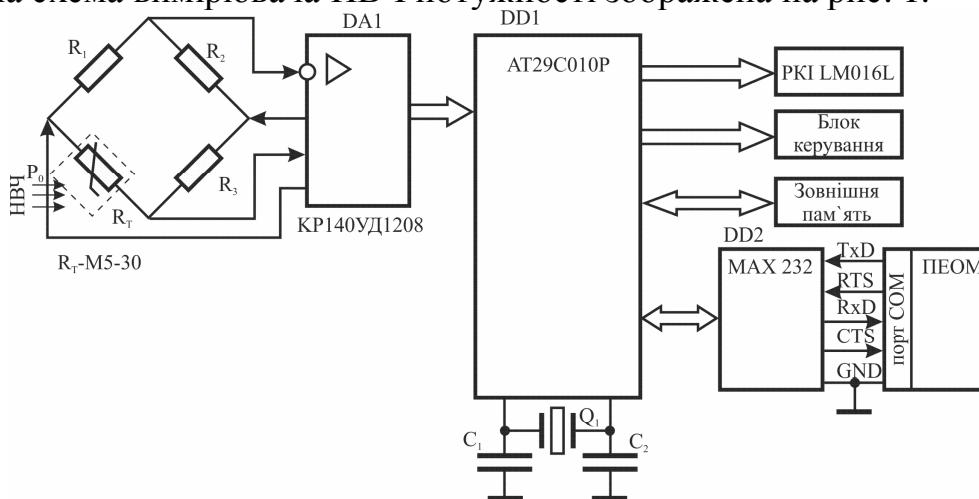


Рис. 1. Структурна схема вимiрювача НВЧ потужностi.

НВЧ випромiнювання попадає на термiстор R_T термiчного перетворювача М5-30, який включено до резисторного мiста (мiст Уiттона) i пiд дiєю НВЧ випромiнювання змiнює свiй опiр. В результатi збалансований мiст вийде з балансу. Сигнал розбалансування подається на вхiд операцiйного пiдсилювача DA (KP140UD1208), який виконує роль суматор. В схемi пiдключення операцiйного пiдсилювача

передбачено усунення зміщення нуля та корекція по струму. У зв'язку з тим, що цей операційний підсилювач може працювати при напрузі живлення від +2,4 В до +18 В, в пристрої відсутня стабілізація напруги його живлення. Підсилений таким чином сигнал виміру НВЧ потужності поступає в інструментальний підсилювач, що знаходиться в МК (АТmega). З виходу МК перетворені данні по-байтово передаються до енергонезалежної пам'яті (АТ29С010А) [4], після чого данні в цифровому вигляді перетворюються у відповідні семисегментні коди і виводяться на РКІ (LM016L) [5]. Для утворення синхронізуючих сигналів мікроконтролеру використовується зовнішній кварц Q₁. Після закінчення виміру існує можливість передати данні з зовнішньої пам'яті мікроконтролеру АТ29С010А, яка має 1 мегабайт (128 × 6) пам'яті та швидкодію 70...120 нс, через внутрішній інтерфейс до комп'ютера, але раніше необхідно погодити рівні сигналів між МК і послідовним портом (СОМ-порт) комп'ютера. На СОМ-порті комп'ютера вхідна напруга може змінюватися від -12 до +12В, а для МК необхідні п'ятивольтові рівні. Для узгодження цих рівнів напруги використовується мікросхема перетворення рівнів типу MAX 232.[4]

В запропонованому приладі передбачається використовувати первинний вимірювальний перетворювач типу М5 -30, який призначено для виміру малої НВЧ потужності у хвильовидних трактах круглого перетину з розміром хвильоводу Ø10×4,6 мм. Цей перетворювач має такі основні характеристики: діапазон частот перетворення складає 1,0...3,0 ГГц, максимальна вимірювальна НВЧ потужність - 7,5 мВт, коефіцієнт ефективності (К_{ЕФ}) перетворювача в заданому діапазоні частот дорівнює 0,9, коефіцієнт стоячої хвилі (КСВН) входу перетворювача не більш ніж 1,3, робочий опір дорівнює 75 Ом [6].

При подачі НВЧ потужності на перетворювач частина потужності не поглинається термістором, а відбивається за рахунок неповного узгодження перетворювача з іншим вимірювальним трактом. В цьому випадку потужність, що підводиться до перетворювачу визначається за виразом

$$P = P_M \cdot \frac{1 + |\Gamma_T|^2}{K_{EF}}$$

де P_П - потужність, що подається на вхід перетворювача (виміряна потужність);

P_М - потужність, що вимірюється вихідним ватметром термісторного мосту;

K_{ЕФ} - коефіцієнт ефективності перетворення

Γ_Т - коефіцієнт відбиття термісторного зонду [7].

Попередні виміри характеристик термістору у вимірювальному зонді показали, що залежність НВЧ потужності від напруги розбалансу моста на частоті 2,45 ГГц має лінійний характер (рис. 2, а), а залежність напруги зсуву на термісторі від струму, що протікає через нього, має залежність, яка представлена на рис. 2. б. За допомогою першої залежності в МК обчислюється вимірювана зондом НВЧ потужність, а за допомогою другої – обирається робочий струм зонду (≈ 3 мА).

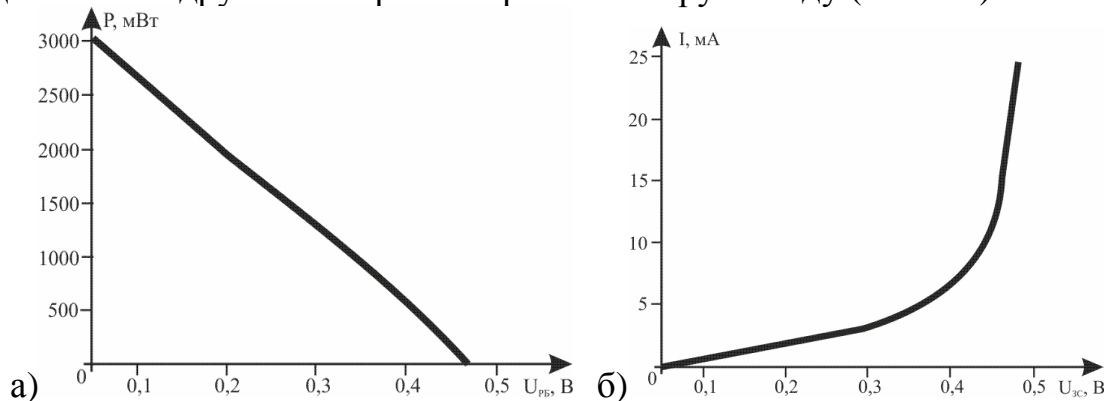


Рис. 2. Характеристики вимірювача НВЧ потужності: а) залежність падаючої НВЧ потужності від напруги розбалансу для термісторного зонду М5-30 (експериментальні дані); б) залежність напруги зсуву від струму, що протікає через термістор (експериментальні дані).

При використанні термісторних датчиків виникає проблема лінеаризації їх характеристик. Лінійну функцію можна отримати, якщо заміщати вхідний (вимірювальний) сигнал сигналом зворотного зв'язку, деякі параметри якого лінійно пов'язані з рівнем сигналу, що заміщає і, відповідно, з вхідним сигналом. В цьому випадку потужність P_{RT} , що розсіюється на терморезисторі R_T , включеного в одно із пліч мостової схеми (рис. 1) визначається співвідношенням [8]

$$P_{RT} = \frac{U_{\max}^2 \cdot \tau_{\text{имп}}}{4 \cdot R_T} F,$$

де U_{\max} – амплітудне значення напруги живлення мостової схеми;
 $\tau_{\text{имп}}$ – тривалість імпульсів;
 F – частота напруги.

Операція виводу термістору у робочу точку зміною додаткової потужності розігріву і калібрування є попередньою операцією і здійснюються зміною вихідного струму операційного підсилювача, під керуванням мікроконтролера, при відсутності вимірюваної НВЧ потужності на вході датчика.

Для програмування мікроконтролера представлено частина алгоритму роботи вимірювача НВЧ потужності (рис. 3).

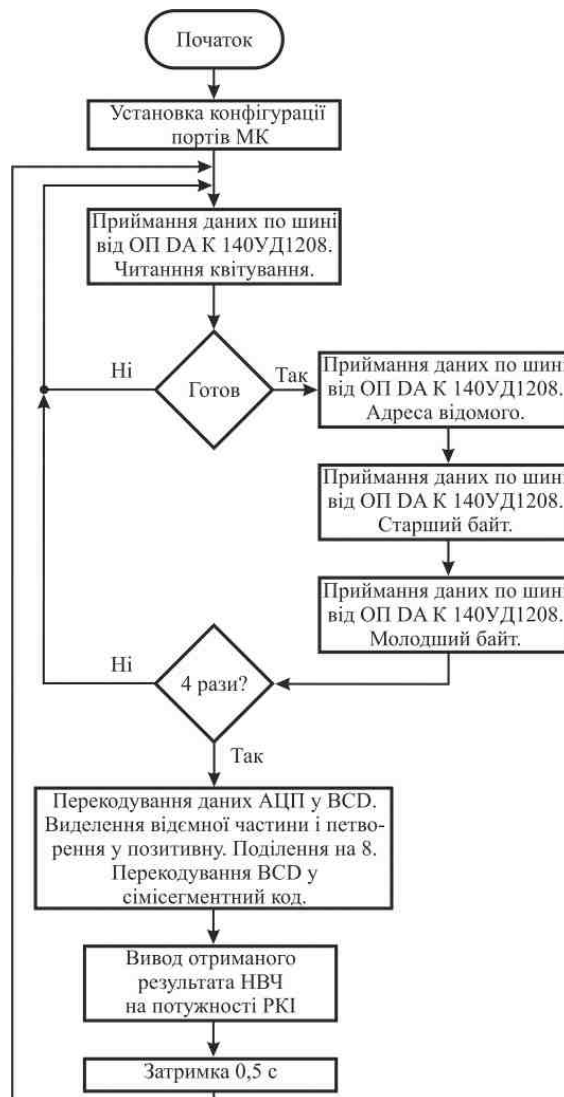


Рис. 3. Алгоритм роботи вимірювача НВЧ потужності.

Висновок. В результаті виконаної роботи спроектовано портативний вимірювач НВЧ потужності на основі термісторного датчика М5-30 і мікроконтролеру АТmega, за допомогою якого можливо вимірювати НВЧ потужність та будувати діаграму спрямованості НВЧ пристроїв на персональному комп'ютері. Цей приладів подальшому може бути прототипом при розробці приладів подібного класу. Прилад має такі технічні характеристики: верхня межа потужності - 6 мВт, частотний діапазон $-1,0 \dots 3,0$ ГГц, напруга живлення - 9 В, споживаний струм (при вимірах) - 10 мА.

Література

1. Чернушенко А.М. Измерение параметров электронных приборов дециметрового и сантиметрового диапазонов волн / А.М. Чернушенко, А.В. Майбородин. – М.: Радио и связь, 1986. – 336 с.

2. *Калиниченко А.В.* Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / *А.В. Калиниченко, Н.В. Уваров, В.В. Двойников.* - М.: "Инфа-Инженерия, 2008. – 576 с.
3. Khalus Electronics. Измерители мощности. [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://univgroure.com/ru/main/>
4. *Рюмик С.М.* 1000 и одна микроконтроллерная схема. Вып. 1 / *С.М. Рюмик.* – Додэка-XXI, 2010/ - 356 с.
5. *Зихла Ф.* ЖКИ, светоизлучающие и лазерные диоды: схемы и готовые решения: пер. с нем / *Ф. Зихла.* – СПб.: БХВ – Петербург, 2012. - 336 с.
6. Энергия. Термический преобразователь М5-30: [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://http://energoprib.ru>
7. *Билько М.И.* Измерение мощности на СВЧ / *М.И.Билько, А.К.Томашевский, П.П. Шаров, Е.А. Баймуратов.* - М.: Советское радио, 1976. – 168 с.
8. *Данилин А.А.* Измерения в технике СВЧ: Учеб. пособие для кузов / *А.А. Данилин.* – М.: Радиотехника, 2008. -184 с.

АВТОМАТИЧЕСКИЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ СВЧ ГЕНЕРАТОРА УСТРОЙСТВА ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КОМБИКОРМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА

Мунтян, В.А., Лобода А.И.

Аннотация – рассмотрены некоторые аспекты построения измерительного устройства измерения мощности СВЧ генератора устройства обеззараживания комбикорма с использованием AVR-контроллера с внутренней памятью и выводом информации на цифровой индикатор и возможностью работы с компьютером

AUTOMATIC MEASURING DEVICE OF POWER MICROWAVE TO GENERATOR DEVICE OF DISINFESTATION OF THE MIXED FODDER WITH THE USE TO MICROCONTROLLER

V. Myntian, A. Loboda

Summary

Aspects of construction of measuring device are in-process considered for measuring of power microwave to the generator of device of disinfestation of the mixed fodder with the use of AVR to the microcontroller with internal memory and conclusion of information on a digital indicator and works with the PC.