

онных технологий при построении графа электротехнических объектов. Проведено программирование расчетов кратчайших расстояний между вершинами графа и описана методика выбора оптимальных маршрутов доступа к электротехническим объектам.

Моделирование, алгоритм Флойда-Уоршола, граф, оптимальные пути, программирование, информационные технологии.

The problem of modeling the plan of electrical service work for the maintenance of energy systems facilities. The ways to use information technology in the construction of the graph of electrical facilities were identified. Programming calculations of the shortest distances between vertices of the graph were produced of the methodology and the selection of optimal routes of the access to electrical installations was describes.

Modelling, algorithm of Floyd-Warshall, graph, the optimal ways, programming, information technology.

УДК 631.371

СИСТЕМИ СИНТЕЗУ ЧАСТОТ ДИСТАНЦІЙНОГО ВИМІРЮВАННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ БІОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Ю.М. Федюшко, доктор технічних наук

І.І. Сілі, інженер

Таврійський державний агротехнологічний університет

А.П. Марисюк, старший викладач

ВП НУБіП України "Бережанський агротехнічний інститут"

Проаналізовано основні функціональні параметри систем синтезу частот, надвисокого частотного діапазону рефлектометричних систем дистанційного визначення діелектричних параметрів біологічних об'єктів.

Біологічний об'єкт, діелектричні властивості, системи синтезу частот, спектроскопія.

Для дистанційних рефлектометричних досліджень біологічних об'єктів у вільному просторі переважним є застосування багаточастотної рефлектометричної системи (РС) з швидкою перебудовою частоти задаючого генератора. Найпоширенішим способом зміни вхідної частоти в багаточастотних РС є швидка перебудова частоти малопотужного задаючого генератора надвисоких частот (НВЧ) з подальшим посиленням (якщо це необхідно) сигналів, що генеруються ним, в широкосмуговому підсилювачі потужності [1, 2].

Відомо, що потенційні значення тактико-технічних характеристик (ТТХ) визначаються параметрами зондуючих сигналів і системою їх обробки [2]. При вибраних параметрах сигналу і системи обробки реалізація основних потенційних ТТХ залежить від стабільності параметрів зондуючих сигналів та фазових характеристик, які визначаються сумарним впливом різних причин [4]. Також відомо, що сумарний вплив зміни фази визначається виразом (1), [2]:

$$\sigma_{\Sigma}^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \sigma_3^2 + \sigma_4^2 + \sigma_5^2, \quad (1)$$

де σ_{Σ} – дисперсія фази зондуючого сигналу; σ_1 – дисперсія фази в приймально-передавальному тракті; σ_2 – дисперсія фази за рахунок зміни положення РС; σ_3 – дисперсія фази за рахунок розповсюдження сигналу; σ_4 – дисперсія фази при віддзеркаленні сигналу від об'єктів; σ_5 – дисперсія фази в системі обробки.

Вказані причини зміни фази призводять до зміни вихідного сигналу і зрештою погіршують потенційні характеристики РС. Для діелектричної спектроскопії при ближньопольному зондуванні біооб'єктів доданки, σ_2 , σ_3 дуже малі і ними можна знехтувати.

Відомо, що основними характеристиками рефлектометра для діелектричної спектроскопії біооб'єктів у вільному просторі є розподільна здатність і точність вимірювань, яка забезпечується в основному за рахунок високої чистоти спектра вихідного сигналу рефлектометра.

При ідеальній стабільності цього тракту відсутні випадкові зміни прийнятого сигналу, які обумовлені флуктуаціями амплітуди і фази зондуючого сигналу, а також відбитого сигналу в результаті його проходження через приймальний пристрій.

Мета досліджень – розробка основних функціональних параметрів систем синтезу частот, надвисокого частотного діапазону рефлектометричних систем дистанційного визначення діелектричних параметрів біологічних об'єктів, обґрунтування та визначення основних ТТХ генераторів частоти, які б достатньо забезпечили роботу систем у широкому частотному діапазоні.

Матеріали та методика досліджень. Короткочасна стабільність частоти збудника, у тому числі й синтезатора, визначається сумарною дією детермінованих і флуктуаційних збурень у спектрі вихідного сигналу, на відміну від ідеального синтезатора, спектр вихідного коливання якого містить тільки одну корисну дискретну спектральну лінію.

Якщо спектр перешкоди вихідного коливання синтезатора є не тільки суцільним, але і містить n дискретних спектральних ліній, і якщо всі компоненти перешкоди взаємно некорельовані, то чистота спектра реального синтезатора характеризується виразом (2):

$$D = \frac{P_n}{P_C} = \frac{P_{nu} + \sum_{K=1}^n P_{ng}}{P_C} = \frac{P_{nu}}{P_C} + \sum_{K=1}^n \frac{P_{ng}}{P_C}, \quad (2)$$

де P_{nw} – перешкода, що має шумовий спектр; P_{ng} – перешкода, що має тільки одну дискретну лінію.

Ґрунтуючись на результатах, можна зробити висновок про те, що для отримання високої роздільної здатності рефлектометра $\leq 1\%$ необхідно, щоб дискретні компоненти в спектрі вихідного сигналу синтезатора були пригнічені до рівня власних фазових шумів синтезатора, тобто до 160 дБ.

Враховуючи, що для роботи РС в сантиметровому і міліметровому діапазонах, задана швидкодія і висока чистота спектра забезпечується застосуванням синтезаторів частоти, проведемо аналіз існуючих методів побудови систем синтезу частот (ССЧ), надвисокого частотного (НВЧ) діапазону з метою використання їх як збудників – гетеродинів рефлектометрів для дослідження біооб'єктів у вільному просторі.

Основними вимогами, що висувуються до ССЧ рефлектометра для діелектричної спектроскопії, є забезпечення достатньо швидкої перебудови з однієї робочої частоти на іншу в межах заданого діапазону частот і висока спектральна чистота вихідного сигналу при необхідному для зондування у вільному просторі рівні потужності.

Результати досліджень. Найповніше задовільнення вимог щодо основних характеристик ССЧ, в сантиметровому і тим більше в міліметровому діапазонах хвиль, можна отримати шляхом непрямого методу синтезу на основі аналогових і цифрових систем фазового автопідстроювання частоти (ФАПЧ). Це викликано тією обставиною, що прямий метод синтезу не дозволяє отримати високу спектральну чистоту вихідного сигналу, оскільки множення та інші нелінійні перетворення частоти опорних генераторів в області міліметрового діапазону призводить до неприпустимого рівня флуктуаційних і дискретних побічних складових у спектрі вихідного сигналу.

Власне синтезатор частоти працює в діапазоні 7,2...7,4 ГГц і виконаний на основі цифрової ФАПЧ. За рахунок застосування в НВЧ підстроюваному автогенераторі високодобротного резонатора ($Q \geq 2,3 \cdot 10^4$) з титанату барія, дасть можливість отримати спектральну щільність потужності фазових шумів - 130 дБ/Гц на частоті 1 кГц від вхідної. Проте перенесення частоти такого синтезатора в область 93 ГГц і вище за допомогою діодного помножувача збільшує рівень потужності фазових шумів до 75 дБ/Гц на частоті 1 кГц і до - 105 дБ/Гц - на 100 кГц від вхідної. Тобто подальше множення частоти ще більше погіршує спектральні характеристики вихідного сигналу.

Застосування прямого методу синтезу в чистому вигляді навіть у сантиметровому діапазоні хвиль дає неприпустимий рівень дискретних побічних складових. Множення частоти такого сигналу в міліметровому діапазоні хвиль призведе до неприпустимого їх рівня, оскільки в процесі множення їх рівень зростає з приростами 6 дБ на октаву.

Такі ж недоліки має і метод розширення діапазону частот синтезатора, в якому для цієї мети на виході синтезатора включають декілька по-

множувачів із смуговими фільтрами і фільтром низьких частот, які застосовуються для придушення гармонік частоти вищих порядків.

Розробка і застосування ССЧ з множенням пояснюється перш за все можливістю використання вже існуючих синтезаторів дециметрового і сантиметрового діапазонів на необхідному відрізку міліметрового діапазону. Проте отримувані при цьому спектральні характеристики вихідних сигналів не задовольняють вимогам багатьох випадків застосування.

Найпростішим способом перенесення частоти існуючих синтезаторів у міліметровий діапазон хвиль з одночасним отриманням необхідних спектральних характеристик є застосування систем ФАПЧ як активних фільтрів при множенні частоти синтезатора.

Для цієї мети використовується промисловий синтезатор Ч6-31 (1Гц - 50 МГц) і 4 кільця системи ФАПЧ, за допомогою яких вихідна частота синтезатора множиться до метрового, трьохсантиметрового, чотирьохміліметрового і субміліметрового діапазонів хвиль. При цьому перше кільце використовується як вузькосмуговий фільтр, який дозволяє подавити побічні дискретні складові в спектрі сигналу синтезатора Ч6-31.

Основним недоліком такої системи формування сітки частот є складність і відносно вузький діапазон перебудови вихідної частоти.

Із серійних зарубіжних зразків вимірювальних приладів, які випускаються нині є синтезатори НВЧ діапазону [3]. Необхідно відзначити функціональний генератор 8375 фірм Agilent Technologies, котрий побудований на базі цифрового синтезатора частоти з системою ФАПЧ, що забезпечує високу стабільність формованих сигналів. Генератори призначені для формування сигналів у діапазоні від 10 МГц до 20 ГГц з кроком 1 Гц. Рівень гармонік у діапазоні 10 МГц...1,5 ГГц не більше 30 дБ, а в діапазоні 1,5...20 ГГц - 45 дБ.

Висновки

За результатами досліджень, пов'язаних з розробкою ССЧ міліметрового діапазону, можна зробити такі висновки:

- прямий метод синтезу сітки частот не може бути застосований у міліметровому діапазоні радіохвиль, оскільки він не дозволяє забезпечити високі вимоги щодо спектрально-флуктуаційних характеристик;

- застосування багатокільцевих аналогових і цифрових систем ФАПЧ у синтезаторах дозволяє отримати сітку частот практично в будь-якому діапазоні радіохвиль з високими спектрально-флуктуаційними, енергетичними та іншими характеристиками, що дозволить реалізувати вимоги, які висуваються до збудників рефлектометричних систем дистанційного дослідження діелектричної проникності біооб'єктів у вільному просторі.

Відсутність вирішення вищезгаданих завдань стримує вирішення питань з реалізації необхідних показників якості збудника рефлектометричних систем для дистанційного вимірювання діелектричної проникності біооб'єктів.

Список літератури

1. Дулевич В. Е. Теоретические основы радиолокации / В. Е. Дулевич. –М.: Сов. радио, 1978. – 608 с.

2. Кочемасов В. Н. Формирование сигналов с линейной частотной модуляцией / В. Н. Кочемасов, Л. А. Белов . –М.: Радио и связь, 1983. – 190 с.
3. Пат. 403/19/06 США. Frequency Synthesizer extending method and apparatus USA Secretary of the Army / Rost Gustaf, Bertey-Thowes A. № 924640. 328//8.
4. Федюшко Ю.М. Аналіз характеристик рефлектометричних систем для дистанційного вимірювання діелектричних параметрів біоб'єктів / Ю.М. Федюшко, І.В. Борохов // Науковий вісник Львівського НУВМБ ім. С.З. Гжицького. – 2011. – Т. 13, ч. 4. – С. 139 – 143.

Проанализированы основные функциональные параметры систем синтеза частот, сверхвысокого частотного диапазона рефлектометрических систем дистанционного определения диэлектрических параметров биологических объектов.

Биологический объект, диэлектрические свойства, системы синтеза частот, спектроскопия.

The article is devoted the analysis of basic functional parameters of the systems of synthesis of frequencies, sverkhvysokogo frequency range of the reflektometric systems of the controlled from distance determination of dielectric parameters of biological objects.

Biological object, dielectric properties, systems of synthesis of frequencies, spectroscopy.

УДК 621.384.4:581.141

СТИМУЛЯЦІЯ РОСТУ ПРОРОСТКІВ НАСІННЯ ОГІРКА ЗА ДІЇ КОМБІНОВАНОГО ОПТИЧНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

**Л.С. Червінський, доктор технічних наук
О.І. Романенко, аспірант***

Досліджено вплив оптичного випромінювання на параметри росту проростків насіння огірка. Виявлено, що за дії комбінованого оптичного випромінювання для різного часу обробки зростають морфометричні параметри досліджуваних проростків насіння.

Ультрафіолетове опромінення, інфрачервоне опромінення, насіння, посівні якості, режим обробки.

Особливості росту та розвитку рослин передбачають використання сучасних технологій обробки насіннєвого матеріалу для підвищення врожайності [6]. До цих технологій належать стимуляція проростання насіння за дії регуляторів росту, а також за дії певних фізичних чинників, зокрема обробка ультрафіолетовим, інфрачервоним та лазерним опроміненням, опромінення електромагнітним полем тощо.

* Науковий керівник – доктор технічних наук, професор Л.С. Червінський

© Л.С. Червінський, О.І. Романенко, 2014