

хибки вимірювання лінійних розмірів температурних фрагментів, що надзвичайно важливо при вимірюванні параметрів зони розплаву в технології БЗП.

Просторово-частотний підхід при умові використання реальних значень вхідного контрасту та з врахуванням особливостей формування сигналу дозволяє отримати найбільш достовірні оцінки лінійних розмірів.

Підвищення точності вимірювання лінійних розмірів температурних фрагментів дозволить також вирішити задачу контролю розподілу температури в межах ділянки кристалізації, яка відіграє надзвичайно важливу роль в процесі зонної плавки.

Література

1. Порев В.А. Телевізійна пірометрія / В.А.Порев. – К. : АБЕРС, 2002. – 196 с.
2. Маркін М.О. Мультиспектральні телевізійні прилади контролю високотемпературних технологій / М.О.Маркін, Г.М.Згуровський, В.А.Порев, Є.О.Белорусов, І.В.Бойко // Восточно-европейский журн. передовых технологий. – 2006. – №4/2 (22). – С. 24-26.
3. Пфанн В. Зонная плавка [Текст] / В.Пфанн. – М.: Мир, 1970. – 366 с.
4. Порев В.А. Контроль температурного поля зоны плавки [Текст] / В.А.Порев // Дефектоскопия. – 2001. – № 5. – С. 7-11.
5. Порев В.А. Застосування приладів з електронним розгортанням зображення для аналізу параметрів зони плавки [Текст] / В.А.Порев // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 1998. – № 3. – С. 25-34.
6. Порев В.А. Телевізійна пірометрія [Текст] / В.А.Порев. – К. : АБЕРС, 2002. – 196 с.
7. Маркін М.О. Оцінка похибки вимірювання геометричних параметрів за допомогою телевізійних інформаційно-вимірювальних систем [Текст] / М.О.Маркін, О.М.Маркіна // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування, – 2009. – Вип. 38. – С. 102-106.
8. Коркунов Ю.Ф., Корнышев Н.П. Измерение геометрических параметров объектов при воздействии шума // Техника средств связи, серия «техника телевидения», –1990. –Вып. 3.–С.76-80.
9. Рыфтин Я.А. Телевизионная система. Теория [Текст] / Я.А.Рыфтин. – М.: Сов. радио, 1967. – 271 с.
10. Брацлавец П.Ф. Космическое телевидение [Текст] / П.Ф.Брацлавец, И.А.Роселевич, Л.И.Хромов. – М.: Связь, 1973. – 245 с.
11. Шостацкий Н.Н. Применение теории дискретизации для анализа разложения изображений на матрицах ПЗС [Текст] / Н.Н.Шостацкий // Техника средств связи. Сер. «Техника телевидения». – 1982. – Вып.2. – С.3-14.
12. Шульман М.Я. Измерение передаточных функций оптических систем [Текст] /М.Я.Шульман. – Л.: Машиностроение, 1980. – 208 с.

Обґрунтовано структурну схему та проведено аналіз цифрового синтезатора частоти в якості збудника рефлектометра для дистанційного зондування біологічних об'єктів.

Ключові слова: цифровий синтезатор частоти, рефлектометричні системи, дистанційне зондування біологічних об'єктів.

Обоснована структурная схема и проведен анализ цифрового синтезатора частоты в качестве возбудителя рефлектометра для дистанционного зондирования биологических объектов.

Ключевые слова: цифровой синтезатор частоты, рефлектометрические системы, дистанционное зондирование биологических объектов.

Substantiates the structural scheme and made the analysis of digital frequency synthesizer as the causative agent scatterometer for remote sensing of biological objects.

Keywords: digital frequency synthesizer, reflectometric systems, remote sensing of biological objects.

УДК 621.317

ОБОСНОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ СИНТЕЗАТОРА ЧАСТОТЫ В КАЧЕСТВЕ ВОЗБУДИТЕЛЯ РЕФЛЕКТОМЕТРА

И. В. Борохов

Ассистент кафедры «Охрана труда и безопасность жизнедеятельности»

Таврический государственный агротехнологический университет
пр. Б.Хмельницького, 18, г. Мелитополь, Запорожская обл.,
Украина, 72316

Контактный тел.: (0619) 42-11-52

E-mail: Bogdan110378@rambler.ru

А. Н. Мороз

Доктор технических наук, доцент

Доцент кафедры автоматизированных электромеханических систем
Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. Петра Василенка
ул. Артема, 44, г. Харьков, Украина, 61002

Контактный тел.: 096-372-55-59

E-mail: moroz-fekt@inbox.ru

1. Введение

Измерение электрофизических параметров биологических объектов в области медицины и сельского хозяйства является методологически основной задачей по контролю состава и свойств биовеществ и материалов. Кроме того, применение электромагнитных измерений для лечения людей и животных требует измерения диэлектрических параметров тканей и органов в широкой полосе частот дистанционным методом. Создание рефлектометрических систем для дистанционного исследования электрофизических параметров биологических веществ невозможно без разработки возбuditелей на основе цифровых синтезаторов частоты [1, 2].

2. Анализ предшествующих исследований

В настоящее время существуют рефлектометрические схемы для измерения электрофизических параметров веществ и материалов, но они не могут быть использованы для дистанционного измерения из-за отсутствия высокостабильных широкополосных возбuditелей [3, 4].

3. Цель статьи

Проведение анализа структурной схемы возбuditеля рефлектометрической системы на основе цифрового синтезатора частоты.

4. Изложение основного материала

В качестве возбuditеля рефлектометрической системы выбран цифровой синтезатор частоты (СЧ) с фазовой автоматической подстройкой частоты (ФАПЧ), в обратной цепи которой помещен делитель частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД) (рис. 1).

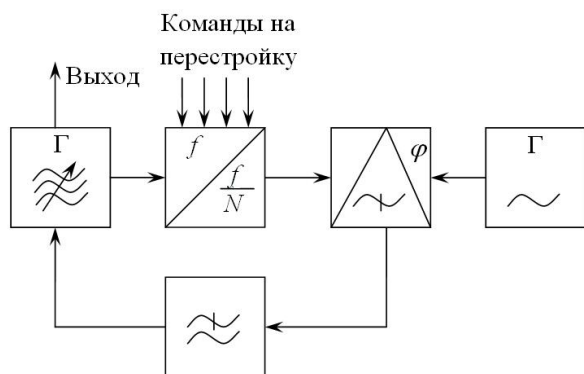


Рис. 1. Структурная схема синтезатора частоты

Петля состоит из генератора, управляемого напряжением (ГУН), делителя частоты с переменным коэффициентом деления (ДПКД), фазового дискриминатора (ФД) и фильтра нижних частот (ФНЧ). Частота ГУН делится и сравнивается со стабильной опорной частотой. Напряжение ошибки, вырабатываемое ФД, используется

для стабилизации частоты ГУН. Установка выходной частоты производится командой от ЭВМ или с панели управления, которая меняет коэффициент деления ДПКД. Меняя коэффициент деления ДПКД на выходе синтезатора можно получить сетку частот с шагом

$$f_{\text{вых}} = N \cdot f_{\text{ср}}, \tag{1}$$

где N – коэффициент деления ДПКД;
 $f_{\text{ср}}$ – частота сравнения (шаг) на входе ФД.

Следуя методике, предложенной в [3], обобщенную структурную схему синтезатора, изображенную на рис.1, можно привести к линеаризованной эквивалентной схеме петли цифровой ФАПЧ (рис. 2).

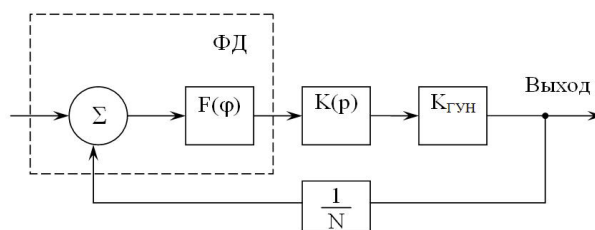


Рис. 2. Эквивалентная схема петли цифровой ФАПЧ

Система подобного типа описывается дифференциальным уравнением

$$p\varphi + \frac{\Omega_y K(p) F(\varphi)}{N} = \Delta\omega_n \tag{2}$$

Где $p = \frac{d}{dt}$ – оператор дифференцирования;

$F(\varphi)$ – нормированная характеристика фазового детектора;

$K(p)$ – коэффициент передачи фильтра нижних частот (ФНЧ);

Ω_y – полоса удержания;

$\Delta\omega_n$ – начальная расстройка.

На выходе фазового детектора (ФД) создается напряжение

$$e_{\text{ФД}} = \psi(U_{\text{ОГ}}, U_{\text{ДПКД}}, \varphi^*) \tag{3}$$

где $e_{\text{ФД}}$ – напряжение на выходе фазового детектора, зависящее от амплитуд и мгновенной разности фаз двух сравниваемых колебаний $U_{\text{ОГ}}$ и $U_{\text{ДПКД}}$ опорного генератора и ДПКД соответственно;

φ^* – мгновенная разность фаз колебаний на входе ФД.

Эти величины связаны с параметрами схемы следующими соотношениями:

$$U_{\text{ДПКД}} = k_{\text{ДПКД}} U_{\text{ГУН}} \tag{4}$$

$$\varphi^* = \varphi_{\text{ОГ}} - \frac{\varphi_{\text{ГУН}}}{N} \tag{5}$$

где $U_{\text{ГУН}}$ – амплитуда напряжения генератора управляемого напряжением (ГУН);

$k_{\text{ДПКД}}$ – коэффициент передачи напряжения ДПКД;

N – коэффициент деления ДПКД;

$\varphi_{\text{ГУН}}$ – мгновенная фаза колебаний ГУН;

$\varphi_{\text{ОГ}}$ – мгновенная фаза колебаний опорного генератора (ОГ).

Стабильность частоты выходного сигнала синтезатора определяется не только стабильностью кварцевого генератора, но зависит от схемы кольца ФАПЧ. Влияние схем кольца ФАПЧ на стабильность выходного сигнала синтезатора определяется возникающей в различных блоках случайной фазовой (частотной) модуляцией, обусловленной собственными шумами элементов схемы.

Учитывая, что возмущения малы и не выводят схему ФАПЧ из состояния синхронизма, тогда линеаризацией нелинейного уравнения ФАПЧ вблизи устойчивого состояния было получено следующее линейное дифференциальное уравнение:

$$\varphi^* + K_{\Phi НЧ} \Omega_y \left| F'(\theta) \right| \varphi = \omega_{ГУН} - \omega_{ОГ} \quad (6)$$

где $\omega_{ГУН}$ – флуктуации частоты кварцевого генератора;

$\omega_{ОГ}$ – флуктуации частоты опорного генератора;

$$\theta = \arccos\left(-\frac{\Delta\omega_H}{\Omega_y}\right).$$

Коэффициент передачи линеаризованной системы ФАПЧ имеет вид:

$$K(j\omega) = \frac{1}{1 + G(j\omega)} \quad (7)$$

$$G(j\omega) = j \frac{K_{\Phi Д} S_{уэ} K_{\Phi НЧ}}{\omega} \quad (8)$$

где $S_{уэ}$ – крутизна управляющего элемента ГУН. Выражение для спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций ГУН $S_{\varphi Вых}$ получим через спектральные плотности мощности фазовых флуктуаций свободного ГУН и опорного генератора соответственно $S_{\varphi ГУН}$ и $S_{\varphi ОГ}$

$$S_{\varphi Вых} = S_{\varphi ГУН} \frac{1}{|1 + G(j\omega)|^2} + S_{\varphi ОГ} \left| \frac{G(j\omega)}{1 + G(j\omega)} \right|^2. \quad (9)$$

Для дальнейшего анализа конкретизируем тип фазового детектора. Выберем вид характеристики, которая описывается:

$$F(\theta) = \cos \theta, \quad (10)$$

$$\theta(t) = \theta_0 + \varphi(t) \quad (11)$$

где $\varphi(t)$ – малое $\{\varphi^2\} \ll 1$ случайное отношение фаз. В качестве ФНЧ применим пропорционально-интегрирующий фильтр, поскольку он распространен в данных схемах, коэффициент передачи которого имеет вид [5]

$$K_{\Phi НЧ} = \frac{1 + j\omega T_1}{1 + j\omega T} \quad (12)$$

где $T = (R + R_1) C$ и $T_1 = R_1 C_1$.

Подставляя (10) и (12) в (9) получим:

$$K(j\omega) = \frac{(1 + j\omega T) j\omega}{(1 + j\omega T) j\omega + \Omega_y (1 + j\omega T_1) \sin \theta} \quad (13)$$

Как известно, флуктуации частоты выходного сигнала СЧ, кроме внешних возмущений (флуктуации опорного генератора) и собственных (флуктуации ГУН) могут быть обусловлены внутренними шумами, которые вместе с сигналом подстройки попадают непосредственно на управляющий элемент ГУН. В этом случае, например, для схемы СЧ с преобразованием, приведенной на рис. 3, в спектральной плотности мощности фазовых флуктуаций выходного сигнала СЧ появляются дополнительные слагаемые.

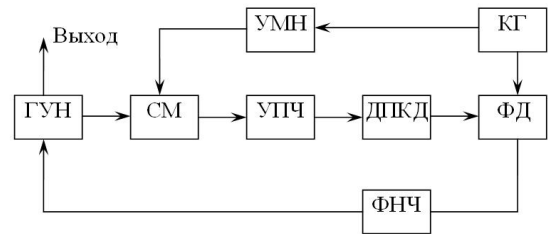


Рис. 3. Структурная схема ЦСЧ с преобразованием

$$S_{\varphi Вых} = S_{\varphi ГУН} K_1^2(j\omega) + [S_{\varphi ОГ} + S_{\varphi ДПКД} + S_{\varphi УПЧ} + S_{\varphi УМН}] K_2^2(j\omega), \quad (14)$$

где

$$K_1^2(j\omega) = \frac{\omega^2(1 + \omega^2 T^2)}{\omega^4 T^2 + \omega^2(1 + T_1 \Omega_y \sin \theta_0)^2 - 2\omega^2 T \Omega_y \sin \theta_0 + (\Omega_y \sin \theta_0)^2},$$

$$K_2^2(j\omega) = \frac{(\Omega \sin \theta_0)^2 (1 + \omega^2 T_1^2)}{\omega^4 T^2 + \omega^2(1 + T_1 \Omega_y \sin \theta_0)^2 - 2\omega^2 T \Omega_y \sin \theta_0 + (\Omega_y \sin \theta_0)^2},$$

где $S_{\varphi ОГ}$ – спектральная плотность мощности фазовых флуктуаций опорного генератора;

$S_{\varphi ГУН}$ – спектральная плотность мощности фазовых флуктуаций ГУН;

$S_{\varphi УПЧ}$ – спектральная плотность мощности фазовых флуктуаций УПЧ;

$S_{\varphi УМН}$ – спектральная плотность мощности фазовых флуктуаций умножителя частоты.

Величина шумов, вносимых усилителями и смесителями в ветви обратной связи петли ФАПЧ, может быть сведена к пренебрежимо малой таким выбором уровней колебаний на их входах, чтобы заведомо удовлетворить требования к отношению сигнал-шум.

5. Выводы

Проведенный анализ показал, что основной структурой построения возбудителя рефлектометра является цифровой синтезатор частоты, структура которого может быть хорошо проанализирована на основе предложенной методики.

Литература

- Лоутон Р.Э. Импульсные измерения во временной области / Р.Э. Лоутон, С.М. Риад, Дж.Р. Эндрюс // ТИИЭР. – 1986. – Т.74. – №1. – С.87-92.
- Гоникман А.Б. Временной рефлектометр для измерения параметров структурно-сложных СВЧ трактов / А.Б. Гоникман, Н.И. Горлов, Н.Ф. Дубик // Методология и точные измерения. – 1976. – №1 – С.10.
- Губернаторов О.И. Цифровые синтезаторы частот радиотехнических систем. / О.И. Губернаторов, Ю.Н. Соколов. – Л.: «Энергия», 1973. – 176с.
- Зарецкий М.М. Синтезаторы частоты с кольцом фазовой автоподстройки / М.М. Зарецкий, М.Е. Мовшович. – Л.: «Энергия», 1974. – 256с.
- Антенны и устройства СВЧ. Проектирование фазированных антенных решеток / [Филиппов В. С., Пономарев Л. И., Гринев А. Ю. и др.]; под ред. Д. И. Воскресенского). – М. Радио и связь. 1994. – 592с.