

УДК 681.31

Ю.П. Белокурский, Ю.В. Козлов, И.В. Руженцев

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

ОПТИМИЗАЦИЯ ИТЕРАЦИОННОГО АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-ТРАКТОВ

Рассмотрена возможность оптимизации итерационного алгоритма определения параметров СВЧ-трактов и, как следствие, уменьшения количества и времени итераций за счет выбора начальных условий перебора параметров.

многозондовый метод, СВЧ-сигналы, итерационный алгоритм

Введение

Обоснование и разработка алгоритмов измерения параметров СВЧ-сигналов и трактов, учитывающих реальные условия функционирования и взаимодействия элементов системы генерации, передачи и использования сигналов, представляет собой сложную оптимизационную задачу [1], не получившую до последнего времени приемлемого для практики законченного решения.

В качестве одного из возможных решений данной задачи был предложен итерационный алгоритм определения модуля и фазы комплексного коэффициента отражения нагрузки на основе многозондового метода [2]. Суть алгоритма заключается в восстановлении характеристики распределения волны в линии передачи (рис. 1) методом последовательного перебора параметров нагрузки.

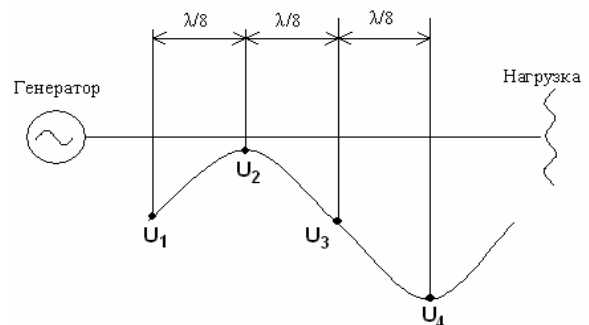


Рис. 1. Метод последовательного перебора

Для каждого варианта перебора N определяется параметр V_N , характеризующий отклонение восстанавливаемой функции от действительной:

$$V_N = (U_{1p} - U_{1д})^2 + \dots + (U_{np} - U_{нд})^2, \quad (1)$$

где $U_{1p} \dots U_{np}$ – расчетные значения напряжений, сня-

тых с зондов дискретной измерительной линии, полученные для текущих значений перебора по модулю и фазе комплексного коэффициента отражения; $U_{нд} \dots U_{нд}$ – действительные значения напряжений, снятых с зондов дискретной измерительной линии, полученные путем компьютерного моделирования.

В процессе перебора (рис. 2) определяется единственный глобальный минимум параметра V_N , который и является решением задачи.

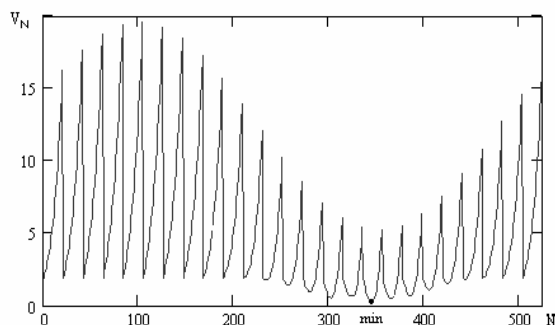


Рис. 2 Определение глобального минимума

Анализ результатов моделирования [3] показал:

- при уменьшении шага перебора восстанавливаемая характеристика приближается к действительной, причем уменьшение шага перебора вдвое приводит к пропорциональному уменьшению погрешности восстановления характеристики распределения волны в линии передачи;

- погрешность восстановления модуля и фазы комплексного коэффициента отражения не превышает половины шага перебора.

Однако, стоит отметить, что при уменьшении шага перебора резко возрастает и количество вариантов перебора. Это определяет **актуальность и цель данной публикации** – оптимизация алгоритмов определения параметров СВЧ-трактов за счет уменьшения числа вариантов перебора.

Результаты исследований

Для решения поставленной задачи был выполнен вычислительный эксперимент при следующих условиях: коэффициенты передачи зондов равны; зонды расположены эквидистантно на расстоянии $\lambda/8$; зонды пронумерованы по возрастанию от генератора к нагрузке.

В результате исследования соотношений напряжений, снятых с зондов, при различных значениях фазы комплексного коэффициента отражения нагрузки (рис. 3) был найден вариант решения: определены восемь характерных точек (табл. 1), согласно которым интервал перебора по фазе был разделен на восемь подинтервалов. Анализируя значения напряжений, снятых с зондов, например, в подинтервале от 0 до $\pi/4$ (рис. 4), можно сделать вывод, что их соотношение однозначно определено и неизменно на всем подинтервале – $U_1 > U_4 > U_2 > U_3$.

Анализ всего диапазона изменения фазы позволяет установить соотношения напряжений, снятых с зондов, характерные и однозначно определенные для каждого из подинтервалов (табл. 2).

Следовательно, по соотношению напряжений, снятых с зондов, можно однозначно определить подинтервал перебора фазы комплексного коэффициента отражения нагрузки с точностью до $\pi/4$.

Таким образом, последовательность операций алгоритма приобретёт следующий вид:

- производится сравнение напряжений, снятых с зондов;

- по соотношению напряжений выбирается подинтервал перебора;

- производится последовательный перебор модуля комплексного коэффициента отражения нагрузки в диапазоне от 0 до 1 и фазы в выбранном поддиапазоне с заданным шагом перебора и определяется единственный глобальный минимум согласно алгоритму [2].

Таблица 1

Характерные соотношения напряжений зондов

Значение фазы ККО	$0; 2\pi$	$\pi/4$	$\pi/2$	$3\pi/4$
Соотношение напряжений зондов	$U_2=U_4; U_1>U_3$	$U_1=U_4>U_2=U_3$	$U_1=U_3; U_4>U_2$	$U_1=U_2<U_4=U_3$
Значение фазы ККО	π	$5\pi/4$	$3\pi/2$	$7\pi/4$
Соотношение напряжений зондов	$U_2=U_4; U_3>U_1$	$U_1=U_4<U_2=U_3$	$U_1=U_3; U_2>U_4$	$U_1=U_2>U_4=U_3$

Таблица 2

Зависимость подинтервалов перебора от соотношений напряжений зондов

Интервал значений фазы ККО	$(0; \pi/4)$	$(\pi/4; \pi/2)$	$(\pi/2; 3\pi/4)$	$(3\pi/4; \pi)$
Соотношение напряжений зондов	$U_1>U_4>U_2>U_3$	$U_4>U_1>U_3>U_2$	$U_4>U_3>U_1>U_2$	$U_3>U_4>U_2>U_1$
Интервал значений фазы ККО	$(\pi; 5\pi/4)$	$(5\pi/4; 3\pi/2)$	$(3\pi/2; 7\pi/4)$	$(7\pi/4; 2\pi)$
Соотношение напряжений зондов	$U_3>U_2>U_4>U_1$	$U_2>U_3>U_1>U_4$	$U_2>U_1>U_3>U_4$	$U_1>U_2>U_4>U_3$

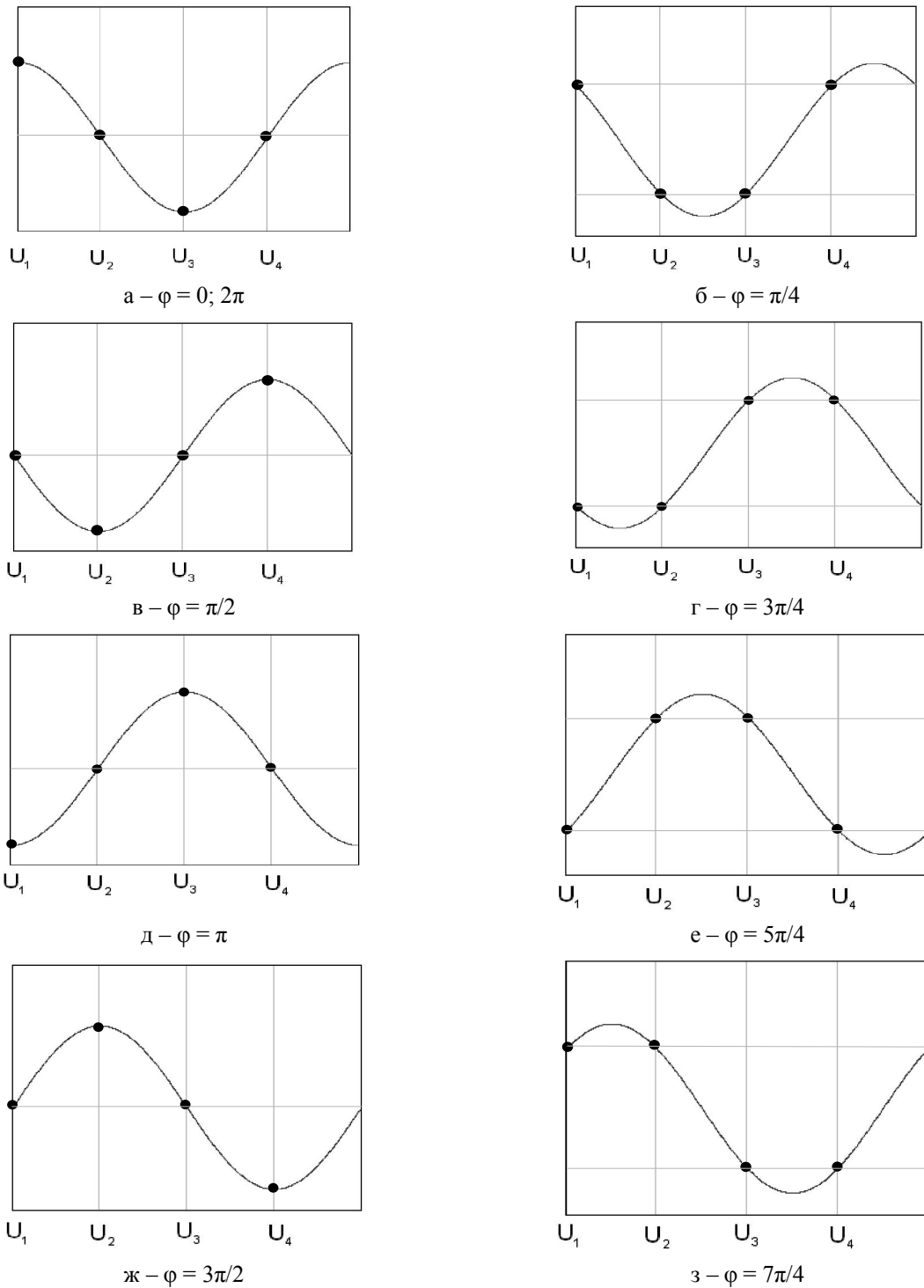


Рис. 3. Исследования соотношений напряжений, снятых с зондов

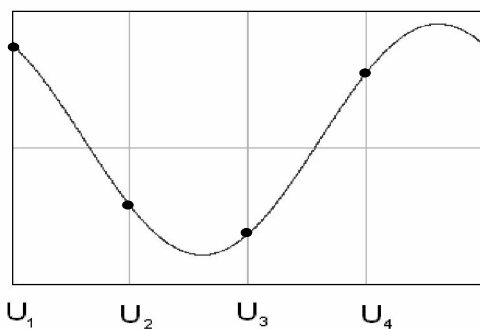


Рис. 4. Результаты анализа значения напряжений

Вывод

Предложена оптимизация итерационного алгоритма за счет выбора одного из подинтервалов фазы комплексного коэффициента отражения нагрузки по соотношению напряжений, снятых с зондов. В выбранном подинтервале осуществляется перебор по модулю и по фазе.

Это позволяет уменьшить число вариантов перебора в восемь раз, не увеличивая погрешность восстановления характеристики распределения волны в линии передачи.

Список литературы

1. Механников А. И., Перепелкин В. А. Микроволновый мультиметр и алгоритмы его работы // Измерительная техника. – 1994. – Вып. 3. – С. 52-56.

2. Белокурский Ю.П., Козлов Ю.В., Козлова А.Н., Руженцев И.В. Итерационный алгоритм определения параметров СВЧ-трактов на основе многозондового метода // Системы обробки інформації. – X.: ХУ ПС. – 2007. – Вып. 5 (63). – С. 122-124.

3. Козлов Ю.В. Алгоритм определения параметров СВЧ-трактов // Матеріали 15-го Міжнародного семінару метрологів “Методи і техніка перетворення сигналів при фізичних вимірюваннях”. – Львів-Ряшів. – 2007. – С. 86.

Поступила в редколлегию 22.11.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.М. Крюков, Академія внутрішніх військ МВС України, Харків.