

26-ГГц ВЕКТОРНИЙ АНАЛИЗАТОР СВЧ ЦЕПЕЙ НА ОСНОВЕ Е-ПЛОСКОСТНОЇ КРЕСТООБРАЗНОЇ ЛИНЗИ

Карлов В. А., к.т.н., доцент

Днепропетровский национальный университет им. Олеся Гончара
г. Днепропетровск, Украина

Одним из известных методов при разработке СВЧ векторных анализаторов, который в своих математических моделях использует теорию цепей, является метод 12-ти полюсных рефлектометров.

В докладе рассматривается электродинамический подход при разработке анализаторов комплексного коэффициента отражения, в измерительных преобразователях которых используется Е-плоскостная крестообразная линза (“ECL”, E-plane Crossed Lens) с расчетными параметрами.

На рис. 1 представлена структурная схема 26-ГГц анализатора.

На рис. 2 представлена геометрическую модель анализатора на комплексной плоскости виртуального коэффициента отражения (КО) G .

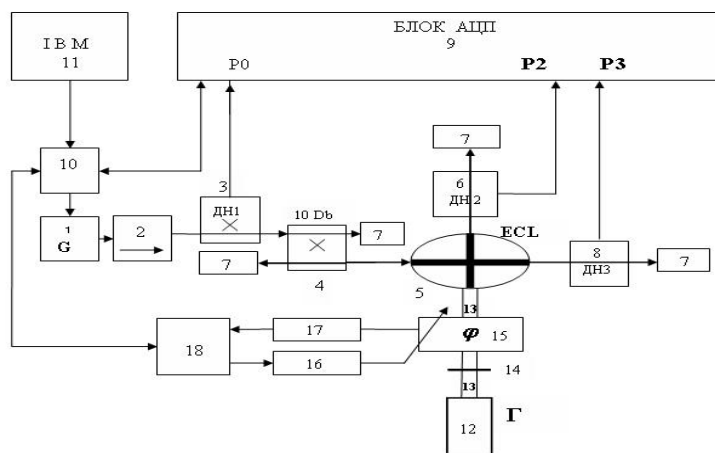


Рисунок 1. Структурная схема анализатора: ДН — детекторы направленные.

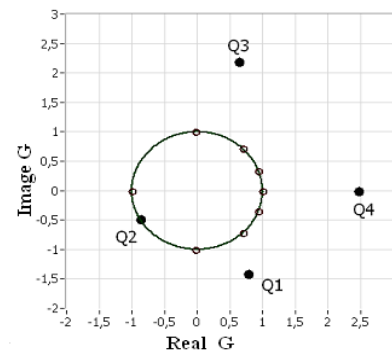


Рисунок 2. Геометрическая модель анализатора.

Рассматриваемая схема (рис.1) отличается от ранее рассмотренных схем на основе крестообразных преобразователей тем, что в резонатор 13 введен фокусирующий фазовращатель “ ϕ ” 15 с элементами 16, 17, 18 блока фокусировки [1].

Из рис. 2 видно, как параметры резонатора 13, который возбуждается между неоднородностью крестообразного делителя с КО $\dot{S}_{44} = -|\dot{S}_{44}|$ (в данном случае) и неоднородностью исследуемой нагрузки с КО $\dot{\Gamma}$, например, подвижной КЗ-пластиной с КО $\dot{\Gamma} = -1 e^{-jn\pi/4}$ ($n=0,1,2,\dots,8$), влияют на показания индикаторов мощности (ИМ). Когда $n=0$, КЗ-пластина с КО $\dot{G} = \dot{\Gamma} = -1$, согласно рис. 2, находится в самом неустойчивом сечении волново-

дної лінії передачі (для $P_2 \approx 0$ – це сечення “вузол” вихідної хвилі). Неблизьке відхилення параметрів аналізатора, які входять в електродинамічну модель приладу, викликає найбільшу похибку вимірювання модуля комплексного КО (до 10%), по порівнянню з іншими n -сеченнями. При $n=4$ (КО $\dot{G} = \dot{\Gamma} = 1$) вимірювана неоднорідність знаходиться в самому стійкому сеченні вимірювального каналу ділильника (для $P_2 \approx P_{2_{\max}}$ – це сечення “пучність” вихідної хвилі).

З проведеного аналізу випливає головна особливість методики вимірювання комплексного КО з використанням зразкового Е-хреста:

– **прежде чем измерять комплексный КО неизвестной неоднородности нужно сфокусировать на нее крестообразную неоднородность:** наприклад, в сектор, де показання ІМ $P_2 \approx P_{2_{\max}}$.

Під Е-плоскісною крестообразною лінзою розуміється вимірювальний канал ділильника 5, в склад якого входить область неоднорідності Е-хреста (активний чотирьохполюсник з втратами); вихід неоднорідності навантажено на узгоджений ІМ P_2 , а к вхідному плечу неоднорідності, через пристрій “фокусування” (“селективності”) “Ф” 15, підключається досліджувана навантаження з невідомим КО Γ .

Введення фокусувального пристрою в крестообразний чотирьохплечий перетворювач дозволило зменшити похибку вимірювання модуля комплексного КО в декілька раз [2].

Розроблений програмний інтерфейс крестообразною лінзою забезпечує 360 градусну фокусування-обертання по “колу” Γ -плоскості вектора невідомої неоднорідності, в якому б сеченні навантаженого резонатора 13 він б не знаходився. Модуль КО знаходиться методом медіанної фільтрації, а фаза — методом лінійної апроксимації, при умові змінення фази фокусувального фазообертача по лінійному закону.

Проведені експериментальні дослідження неідеального узгодження градуировочної навантаження для аналізатора (для ІМ P_2, P_3), як одного з джерел похибки вимірювання комплексного КО.

Методом “ECL” вимірено комплексний КО двох поглинаючих клинів. По результатах вимірювань отримано: перший клин має $|\Gamma_1| = 0.018 \pm 0.003$ (КСВН1 ≤ 1.037), а другою — $|\Gamma_2| = 0.006 \pm 0.004$ (КСВН2 ≤ 1.012).

Проведені повторні два цикли вимірювань продольно свипіруючої неоднорідності з $|\Gamma| = 0.452$.

При першому циклі досліджень аналізатор градуировався з використанням клина, який аттестовано з $|\Gamma_1| = 0.018$. Як видно з рис.2, модуль комплексного КО скануючої неоднорідності рівно $|\Gamma| = 0.455 \pm 0.02$. Таким чином, похибка вимірювання модуля КО досліджуваної неоднорідності (± 0.02) рівна неідеальності узгодженого клина з власним відбиттям $|\Gamma_1| = 0.018$ (КСВН1 ≤ 1.04).

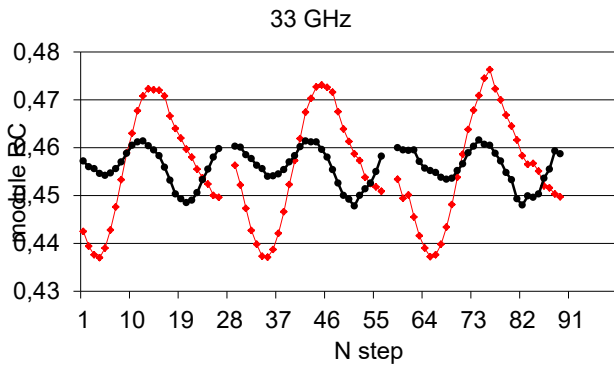


Рисунок 2. Измеренный модуль КО, когда $|\Gamma|$ калибровочных нагрузок равен 0.005 и 0.02

При втором цикле исследований анализатор градуировался с использованием клина, который аттестован с $|\Gamma_2|=0.006$. Как видно из рис.2, модуль комплексного КО сканирующей неоднородности равен $|\Gamma|=0.455\pm 0.005$. Таким образом, погрешность измерения модуля КО исследуемой неоднородности (± 0.005) равна неидеальности согласованного

клина с собственным отражением $|\Gamma_2|=0.006$.

Выводы. В разработанном 26-ГГц векторном анализаторе погрешность измерения методом “ECL” комплексного КО для пассивных нагрузок с КСВН ≥ 3.0 равна 1% по модулю КО и $\pm 2^\circ$ по фазе; для нагрузок с КСВН ≤ 3.0 погрешность измерения модуля КО не более, чем КСВН согласованной градуировочной (калибровочной) нагрузки с КСВН=1.01.

Погрешности измерений комплексного КО методом “ECL” от имеющихся в крестообразном преобразователе источников меньше, чем погрешность, вызванная “согласованной” нагрузкой с КСВН=1.01, которая используется для предварительной калибровки анализатора.

Перечень источников

1. Патент України 104257, МПК: G01R 27/32. Пристрій для вимірювання комплексного коефіцієнта відбиття / Карлов В.А.; заявл. 08.05.2015; опубл. 25.01.2016, Бюл. №2/2016.

2. Карлов В. А. Разработка анализаторов комплексного коэффициента отражения на основе E-плоскостной крестообразной линзы // DOI:10.13140/RG.2.1.4880.0728 2015-11-02 Т 13:41:33 UTC. — С. 1—42. — Режим доступа: сайт *researchgate.net*.

Анотація

Розглянута можливість використання E-площинної хрестоподібної лінзи у векторних аналізаторах СВЧ ліній передачі.

Ключові слова: векторний аналізатор, хрестоподібна лінза, коефіцієнт відбиття.

Аннотация

Рассмотрена возможность использования E-плоскостной крестообразной линзы в векторных анализаторах СВЧ цепей.

Ключевые слова: векторный анализатор, крестообразная линза, коэффициент отражения.

Abstract

The possibility of using the E-plane Crossed Lens for the microwave vector network analyzer is consider.

Keywords: VNA, cross-shaped lens, reflection coefisient.