

## КРЕСТООБРАЗНЫЙ АНАЛИЗАТОР КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА ДЛИН ВОЛН

Карлов В. А., к.т.н., доцент

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара  
Днепропетровск, Украина

Одним из известных методов при разработке векторных анализаторов СВЧ цепей является метод двенадцатиполусного рефлектометра (ДПР) [1]. Конструкции согласованных 12-ти полюсных преобразователей рассматриваются, как «черный ящик», а их параметры-константы находятся в результате предварительных калибровок с использованием, не менее четырех, образцовых мер комплексного коэффициента отражения (КО).

В докладе рассматривается электродинамический подход разработки анализаторов комплексного КО, в измерительном преобразователе которого используется четырехплечая неоднородность симметричного  $E$ -плоскостного волноводного крестообразного делителя мощности ( $E$ -крест).

На рис. 1 представлена структурная схема анализатора, а на рис. 2 его геометрическая модель на комплексной плоскости виртуального КО  $G$ .

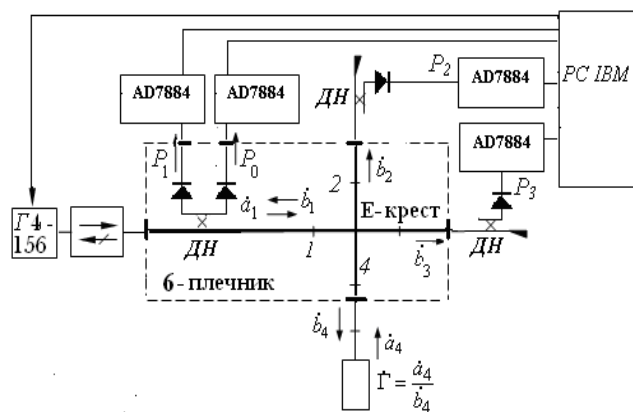


Рисунок 1. Структурная схема шестиплевого анализатора: ДН – детекторы направленные

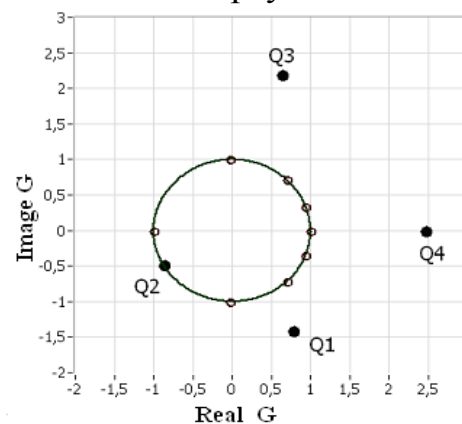


Рисунок 2. Геометрическая модель анализатора на комплексной плоскости виртуального КО

В рамках теории цепей, возможность использования  $E$ -креста в качестве широкополосного измерительного преобразователя, обусловлена следующими его свойствами:

- строгой последовательностью смежных выходных плеч делителя, согласно его эквивалентной схеме;
- широкополосностью коэффициентов отражения и прохождения по мощности, если рассматривать делитель, как скачок волнового сопротивления,

— а также простой конструкцией делителя, при его изготовлении во всех диапазонах миллиметровых длин волн.

Как видно из рис. 1, Е-крест, нагруженный в плече 4 на неоднородность с неизвестным КО, включен в измерительные каналы трех скалярных рефлектометров, типа P2-. Поскольку направленные детекторы (ДН) используются по прямому назначению, то при построении математической модели анализатора предполагается, что матрицей рассеяния преобразователя является матрица рассеяния Е-креста.

С электродинамической точки зрения, простота конструкции делителя мощности заключается в том, что ее можно разбить на простые области с известными собственными функциями. Численные значения коэффициентов матрицы рассеяния (КМР) делителя находятся методом частичных пересекающихся областей [2]. КМР рассчитываются в зависимости от размеров поперечного сечения прямоугольных волноводов, частоты возбуждения и числа учитываемых высших типов волн в разложении полей,  $\dot{S}_{ij}(a, b, F, N)$  [3].

Основные свойства крестообразного делителя-рассеивателя удобнее анализировать на комплексной плоскости виртуального КО  $\dot{G}$  [4].

На рис. 2 представлена геометрическая модель крестообразного анализатора, которая построена на комплексной плоскости виртуального КО. Как и для согласованных 12-ти полюсных ИП, основными параметрами преобразователя являются центры  $Q_i$ . От взаимного расположения центров и единичной окружности на плоскости измеряемого КО зависит разрешающая способность анализатора.

Для исследования основных свойств крестообразного преобразователя-рассеивателя разработана четырехзондовая модель его измерительного канала. Месторасположение зондов-индикаторов совпадает с минимальными показаниями индикаторов.

Основные свойства четырехзондовой модели крестообразного преобразователя представлены на рис. 3.

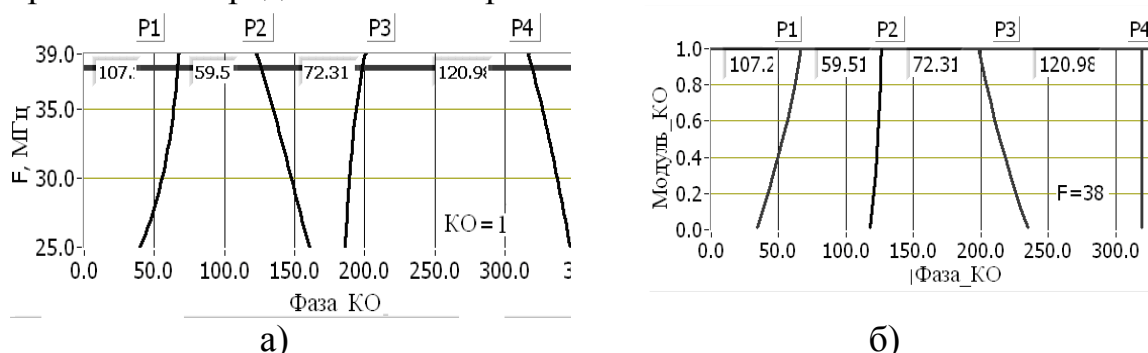


Рисунок 3. Зависимости местоположений эквивалентных зондов анализатора: а) — от частоты, б) — от модуля КО

На рис. 3,а показаны зависимости расположения эквивалентных зондов P1, P2, P3, P4 от частоты для заданного модуля КО  $|G|=|\Gamma|=1.0$  на отрезке прямоугольного волновода длиной  $\lambda_w/2$  (для фазы КО  $0^0 \leq \theta \leq 360^0$ ).

На рис. 3,б приведены кривые местоположений зондов-индикаторов в зависимости от модуля КО исследуемой нагрузки для заданной частоты  $F=38$  ГГц; визирная линия установлена на значение  $|\Gamma|=1.0$ .

Как показали результаты экспериментальных исследований, разработанная конструкция крестообразного анализатора обеспечивает 10% погрешность измерения комплексного КО [5].

#### **Литература**

1. Engen, G. F. The six-port reflectometer: an alternative network analyzer / G. F. Engen // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. — 1977. — V. MTT-25, № 12. — P. 1075—1080.
2. Прохода И. Г. Метод частичных пересекающихся областей для исследования волноводно-резонаторных систем сложной формы / И. Г. Прохода, В. П. Чумаченко // Изв. вузов. Радиофизика. — 1973. — Т.16, № 10. — С. 1578—1581.
3. Карлов В. А. Учет числа высших типов волн в электродинамической модели крестообразного анализатора комплексного коэффициента отражения / В. А. Карлов // VI-я МНК “Актуальные вопросы современной техники и технологии”. Сборник докладов. — Липецк, 2012. — С. 74—81. (Available at <http://tehnika.sciense-conf.ru>).
4. Karlov V. Equivalent circuit of X-shaped converter of complex reflection coefficient analyzer / V. Karlov // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — №4/9 (64). — С. 8—11.
5. Карлов В. А. Крестообразный рассеиватель-сумматор шестиплевого преобразователя векторного анализатора цепей / В. А. Карлов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — №6/9 (66). — С.8—14.

#### **Анотація**

Представлена конструкція 12-ти полюсного вимірювального перетворювача, у якому застосовано Е-площиний хвилеводний хрестоподібний дільник потужності та чотири спрямованих детектора.

Ключові слова: аналізатор, чотирьохплеча неоднорідність, коефіцієнт відбиття.

#### **Аннотация**

Представлена конструкция 12-ти полюсного измерительных преобразователя анализатора комплексного коэффициента отражения, в которых используются Е-плоскостной волноводный крестообразный делитель мощности и четыре направленных детектора.

Ключевые слова: анализатор, четырехплечая неоднородность, коэффициент отражения.

#### **Abstract**

The design of 12-pole measuring converters was studied in the paper, in which the E-plane waveguide X-shaped power divider and four directional detectors are used.

Keywords: analyzer, four-port discontinuity, reflection coefficient.