

Розроблено методику візуалізації структури неусталених потоків рідин в круглих трубах. Виготовлено діючу експериментальну установку, яка забезпечує кіно-та фотореєстрацію структури реальних нестационарних потоків рідин в круглих трубопроводах.

Для вимірювань швидкостей потоків рідин використаний лазерний доплерівський вимірювач швидкості, придатний для вимірювань швидкостей потоків рідин і газів у місцевих опорах круглих трубопроводів, а також у круглих трубах з криволінійною повздожньою віссю.

Література

1. Гнатів, Р. М. Експериментальні дослідження періодичних неусталених течій в трубах [Текст] / Р. М. Гнатів, І. П. Вітрух // Промислова гідраліка і пневматика. — 2009. — № 4(26). — С. 28–31.
2. Гнатів, Р. М. Фізичні дослідження неусталених потоків лазерним доплерівським вимірювачем швидкості [Текст] / Р. М. Гнатів, В. Ю. Петриниць, В. В. Чернюк // Вісник НУВГП. — 2009. — Вип. 3(47). — С. 264–268.
3. Букреев, В. И. Экспериментальное исследование энергии турбулентности при неустановившемся течении в трубе [Текст] / В. И. Букреев, В. М. Шахин // Динамика сплошной среды. — 1975. — Вып. 22. — С. 65–74.
4. Шахин, В. М. Проверка некоторых математических моделей неустановившегося турбулентного течения в трубе [Текст] / В. М. Шахин // Динамика сплошной среды (СО АН СССР). — 1976. — Вып. 27. — С. 152–158.
5. Kirmse, R. Experimented Untersuchungen pulsierend turbulenter Wasserströmungen in geraden Kreiskohr unter Verwendung eines Laser-Doppler-Anemometers [Text] / R. Kirmse // Diss. Dokt. Jng. Tech. Univ. München. — 1976. — 110 p.
6. Mizushima, T. Structure of the turbulence in pulsating pipe flows [Text] / T. Mizushima, T. Maruyama, H. Hirasawa // J. Chem. Engr. Japan. — 1975. — № 8, No. 3. — P. 210–216.
7. Maruyama, T. Transition to turbulence in starting pipe flows [Text] / T. Maruyama, Y. Kato, T. Mizushima // J. Chem. Engr. Japan. — 1978. — № 11, No. 5. — P. 346–353.
8. А. с. 1679384 СССР, МКИ G 01P 3/36. Лазерный доплеровский измеритель скорости потока жидкости [Текст] / А. С. Ники-

форов, А. В. Бонч-Бруевич, В. В. Чернюк и др. (СССР). — № 4748853/10; Заявлено 16.10.89; Оpubл. 23.09.91, Бюл. № 35. — 4 с.

9. Чернюк, В. В. Визуализация структуры потока жидкости в местных сопротивлениях круглых трубопроводов и каналах переменного сечения [Текст] / В. В. Чернюк // Труды II Межреспубл. конф. «Оптические методы исследования потоков». — Новосибирск: Ин-т теплофизики СО РАН. — 1993. — С. 91–92.
10. Гнатів, Р. М. Влияние геометрических характеристик местных сопротивлений на эффект Томса [Текст] : дис. канд. техн. наук / Р. М. Гнатів. — М., 1991. — 189 с.
11. Гнатів, Р. М. Дослідження методами візуалізації неусталеного руху плинного середовища в трубопроводах гідралічних систем [Текст] / Р. М. Гнатів, І. Ф. Рип'як, В. В. Чернюк // Промислова гідраліка і пневматика. — 2010. — № 1(27). — С. 47–51.

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ПОТОКА С ИЗМЕРЕНИЕМ ПОЛЕЙ СКОРОСТЕЙ ПРИ НЕУСТАНОВИВШЕМСЯ ДВИЖЕНИИ ЖИДКОСТИ

На основании проведенного анализа научных работ о неустановившемся движении жидкости в трубах установлено, что наиболее точное изучение структуры потока можно получить путем визуализации потока в сочетании с измерением полей скоростей и характеристик турбулентности.

Обосновано использование лазерного доплеровского измерителя скорости для исследования структуры нестационарного потока жидкости. Разработана методика исследований потоков при помощи скоростной киносъемки и фотосъемки.

Ключевые слова: неустановившейся, нестационарный, движение жидкости, распределение скоростей, структура потока, визуализация потока.

Гнатів Роман Маріанович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра гідраліки і сантехніки, Національний університет «Львівська політехніка», Україна, e-mail: roman.gnativ@mail.ru.

Гнатів Роман Маріанович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра гідраліки і сантехніки, Національний університет «Львівська політехніка», Україна.

Gnativ Roman, National University «Lviv Polytechnic», Ukraine, e-mail: roman.gnativ@mail.ru

УДК 621.396.96

Карлов В. А.

СВОЙСТВА Е-ПЛОСКОСТНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОМПЛЕКСНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ОТРАЖЕНИЯ

Представлен анализ основных параметров двенадцатиполосного крестообразного преобразователя анализатора комплексного коэффициента отражения. Исследованы фазовые сдвиги между эквивалентными зондами-плечами измерительного канала преобразователя в зависимости от частоты и геометрических размеров многоплечей отсчетной неоднородности. Показано, что четырехзондовая модель преобразователя справедлива только для случая одномодового режима, как во входных плечах делителя, так и в области многоплечей неоднородности.

Ключевые слова: векторный анализатор цепей, четырехплечая неоднородность, коэффициент отражения.

1. Введение

Основные успехи в области СВЧ измерений связаны с использованием микропроцессов и ЭВМ в составе

радиоизмерительного комплекса не только для обработки полученных результатов, но и для управления процессом измерения. Сформировался и находится на стадии исследования новый класс приборов — векторные

анализаторы цепей (ВАЦ), предназначенные для измерения комплексного отношения СВЧ волн в широкой полосе частот [1].

Одним из перспективных методов при создании ВАЦ миллиметрового диапазона является метод двенадцати-полюсного рефлектометра (ДПР) [2]. В отличие от согласованных 12-ти полюсных измерительных преобразователей ДПР, в измерительном плече «крестообразного» анализатора комплексного коэффициента отражения возникают переотражения (стоячая волна) между неоднородностью исследуемой нагрузки и входной неоднородностью Е-креста.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В согласованных «12-ти полюсных» измерительных преобразователях (ИП) [3] происходит векторное суммирование опорной волны генератора и волны, отраженной от исследуемой неоднородности, поэтому математическая и геометрическая модели строятся непосредственно на комплексной плоскости исследуемого коэффициента отражения (Γ -плоскости).

При использовании в преобразователе Е-плоскостного делителя-рассеивателя на его неоднородности происходит дисперсия распространяющихся в прямоугольном волноводе волн от генератора и отраженных от исследуемой неоднородности. С оптической точки зрения измерительный канал Е-креста имеет оптическую ось с пространственно разнесенными неоднородностями [4].

Простая конструкция крестообразных волноводных делителей мощности позволяет аттестовать их по геометрическим размерам и построить электродинамическую модель для численного нахождения коэффициентов матрицы рассеяния [5]. Как показано в статье [6], матрица рассеяния Е-плоскостного делителя мощности формируется на основе высших типов волн.

При построении электродинамической модели Е-креста предполагается, что неоднородность возбуждается сторонней магнитной нитью с током (вектором Герца $\vec{P}_x^{(M)}$, который параллелен оси цилиндра). Решается скалярная задача по дисперсии продольных волн на многоплечей неоднородности с цилиндрической симметрией. Источниками вторичных волн в выходных плечах делителя являются неоднородные граничные условия при решении соответствующей краевой задачи Неймана методом частичных пересекающихся областей [7]. Неоднородные граничные условия являются такими же источниками электромагнитного поля, как и сторонний источник [8]. Следовательно, вторичные рассеянные продольные LE -волны возбуждает магнитная компонента $\vec{H}_x(y, z)$ при $x = \text{const}$. Поэтому эквивалентную схему Е-плоскостных Х-сочленений можно представить в виде строго последовательного расположения магнитных зондов-плеч [9].

В статье анализируются основные параметры двенадцати-полюсного «крестообразного» преобразователя анализатора комплексного коэффициента отражения: фазовые сдвиги между эквивалентными зондами-плечами измерительного канала преобразователя в зависимости от частоты и геометрических размеров многоплечей отсчетной неоднородности.

3. Математическое моделирование и экспериментальные исследования эквивалентной схемы крестообразного преобразователя

На рис. 1 показан графический интерфейс для анализа фазовых сдвигов между эквивалентными зондами Е-плоскостных Х-сочленений.

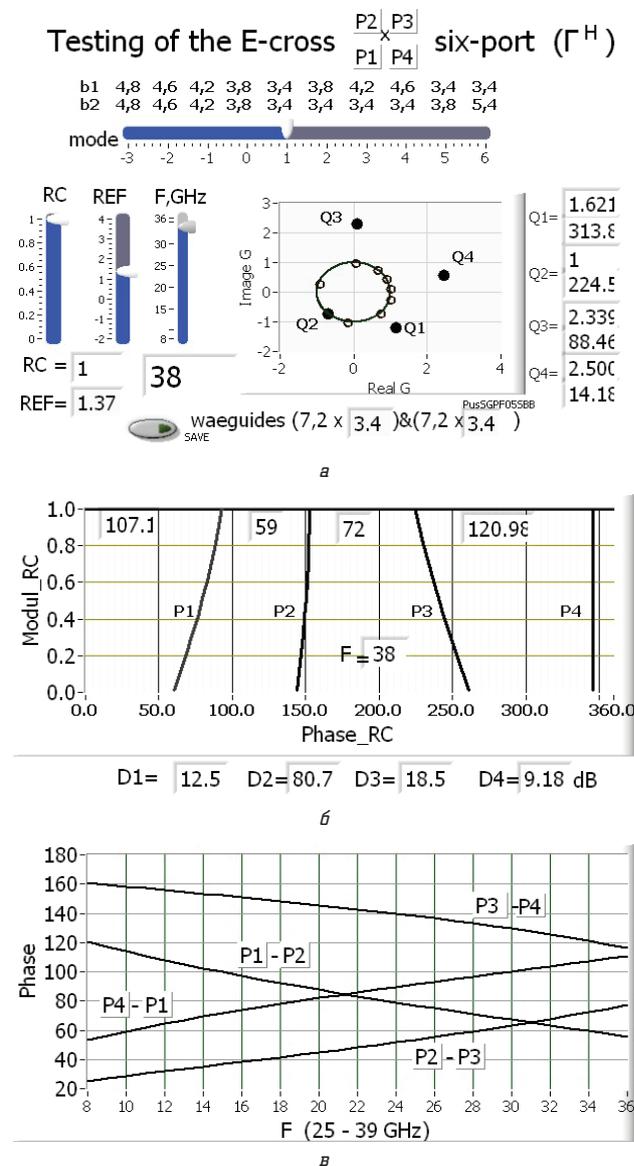


Рис. 1. Графический интерфейс для анализа основных свойств Е-плоскостных Х-сочленений: а — геометрическая модель преобразователя на Γ -плоскости; б — зависимость фазовых сдвигов от модуля КО; в — зависимость разности фазовых сдвигов от частоты

На рис. 1, а, показана геометрическая модель 14-полюсного крестообразного ИП на комплексной плоскости виртуального КО G .

На рис. 1, б приведены кривые местоположений зондов-индикаторов в зависимости от модуля КО исследуемой нагрузки для частоты $F = 38$ GHz. С уменьшением модуля КО параметры ИП приближаются к идеальным.

На рис. 1, в показаны частотные зависимости фазовых сдвигов между соседними эквивалентными зондами при заданном модуле КО $|\Gamma| = RC = 1,0$.

При проведении экспериментальных исследований методом вибрирующей нагрузки [10], из анализа показаний индикаторов мощности находятся реальные фазовые сдвиги между эквивалентными зондами. Это позволяет откорректировать геометрические размеры многоплечей неоднородности, которые используются в электродинамической модели, до нескольких микрон, при известной частоте генератора. По результатам экспериментальных исследований расхождения между численными и расчетными значениями фазовых сдвигов составили, примерно, один градус для 12-ти полюсного ИП.

Из анализа основных параметров многоплечих X-сочленений следует, что их можно использовать в измерительных преобразователях анализаторов комплексного коэффициента отражения только в том случае, если и в прямоугольных волноводах делителя, и в неоднородной области сочленения выходных плеч сохраняется одноименный режим. В противном случае, происходит пространственная перефокусировка взаимных расположений оптических неоднородностей делителя-рассеивателя. Происходит «разрушение» эквивалентной схемы делителя, которая построена в рамках теории цепей.

5. Выводы

Основными параметрами E-плоскостных крестообразных преобразователей являются фазовые сдвиги между соседними плечами-зондами. Разработанный графический интерфейс позволяет настроить крестообразный делитель мощности на реальные фазовые сдвиги и, в дальнейшем, использовать его в качестве встроенного многопараметрового эталона для калибровки внешних нагрузок.

Литература

1. Li, C. A novel six-port circuit based on four quadrature hybrids [Text] / C. Li, H. Zhang and P. Wang // International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering. — 2010. — Vol. 20. — P. 128–132.
2. Engen, G. F. The six-port reflectometer: an alternative network analyzer [Text] / G. F. Engen // IEEE Trans. Microwave Theory Tech. — 1977. — V. MTT-25, № 12. — P. 1075–1080.
3. Карлов, В. А. 26-ГГц векторный анализатор цепей [Текст] / В. А. Карлов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 6/11(60). — С. 52–55.
4. А.с. СССР № 1814076, кл. G 01 R 27/06. Устройство для измерения комплексного коэффициента отражения / Е. Л. Бар-

ташевский, В. Ф. Борулько, В. А. Карлов, В. В. Лысоконь, И. В. Славин. — 1992.

5. Карлов, В. А. 30-ГГц крестообразный анализатор комплексного коэффициента отражения [Текст] / В. А. Карлов, К. К. Тарасов // 22-я Международная Крымская конференция «СВЧ техника и телекоммуникационные технологии». — Севастополь, 2012. — С. 807–808.
6. Карлов, В. А. Учет числа высших типов волн в электродинамической модели крестообразного анализатора комплексного коэффициента отражения [Текст]: сб. докл. / В. А. Карлов // VI-я МНК «Актуальные вопросы современной техники и технологии». — Липецк, 2012. — С. 74–81.
7. Прохода, И. Г. Метод частичных пересекающихся областей для исследования волноводно-резонаторных систем сложной формы [Текст] / И. Г. Прохода, В. П. Чумаченко // Изв. вузов. Радиофизика. — 1973. — Т. 16, № 10. — С. 1578–1581.
8. Морс, Ф. М. Методы теоретической физики [Текст] / Ф. М. Морс, Г. Фешбах. — Т. 1. — М.: ИЛ, 1958. — 1960 с.
9. Karlov, V. Equivalent circuit of X-shaped converter of complex reflection coefficient analyzer [Text] / V. Karlov // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2013. — № 4/9(64). — С. 8–11.
10. Карлов, В. А. Быстродействующий измеритель комплексного коэффициента отражения миллиметрового диапазона [Текст]: сб. докл. / В. А. Карлов // II-я МНЗК «Актуальные вопросы современной техники и технологии». — Липецк, 2010. — С. 135–138.

ВЛАСТИВОСТІ Е-ПЛОЩИННИХ ХВИЛЕВОДНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ КОМПЛЕКСНОГО КОЕФІЦІЕНТУ ВІДБИТТЯ

Представлено аналіз головних параметрів дванадцятиполюсного хрестоподібного перетворювача аналізатору комплексного коефіцієнту відбиття. Проведено дослідження фазових зсувів між еквівалентними зондами-плечима вимірювального каналу перетворювача в залежності від частоти та геометричних розмірів багатоплечої відлікової неоднорідності. Показано, що чотирьохзондова модель перетворювача достовірна тільки у випадку одноименового режиму, як у входних плечах дільника, так і у області багатоплечої неоднорідності.

Ключові слова: векторний аналізатор кіл, чотирьохплеча неоднорідність, коефіцієнт відбиття.

Карлов Владимир Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры прикладной и компьютерной радиофизики, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара, Украина, e-mail: cdep@mail.dsu.dp.ua.

Карлов Володимир Анатолійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра прикладної та комп'ютерної радіофізики, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Україна.

Karlov Volodymyr, Dnipropetrovsk national university Oles Honchar, Ukraine, e-mail: cdep@mail.dsu.dp.ua

УДК 330.34.002.68

Малей О. В.

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ У СФЕРІ ПОВОДЖЕННЯ З ВІДХОДАМИ

У роботі досліджено сучасну систему управління у сфері поведження з відходами в Україні. Визначено деякі відмінності у вітчизняній системі управління у порівнянні з розвиненими країнами світу. Виявлено основні негативні аспекти діючої системи управління у сфері поведження з відходами. Запропоновано шляхи вдосконалення системи управління у сфері поведження з відходами.

Ключові слова: економічний механізм, система управління, мінімізація відходів, поведження з відходами, економічні важелі.

1. Вступ

В Україні докладено значних зусиль зі створення системи управління у сфері поведження з відходами

та її нормативно-правового і економічного забезпечення. Її формування та становлення характеризується непослідовністю цих процесів. Негативними ознаками існуючої системи управління платежами у сфері