



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105846920 B

(45)授权公告日 2018.08.14

(21)申请号 201610353304.5

CN 102279376 A,2011.12.14,

(22)申请日 2016.05.19

审查员 孙肇杰

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105846920 A

(43)申请公布日 2016.08.10

(73)专利权人 中电科仪器仪表有限公司

地址 266555 山东省青岛市黄岛区香江路  
98号

(72)发明人 庄志远 郭永瑞 李树彪 袁国平

刘丹 李明太 赵立军 杨明飞

(51)Int.Cl.

H04B 17/21(2015.01)

(56)对比文件

CN 103605095 A,2014.02.26,

CN 103399286 A,2013.11.20,

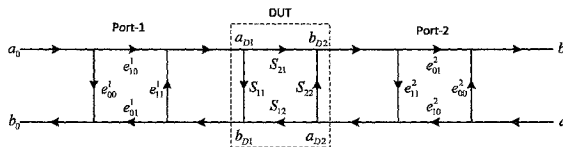
权利要求书1页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法

(57)摘要

本发明提出了一种N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,第一步,在矢量网络分析仪1、2端口使用精密校准件进行插入式的SOLT校准,得到全部的10项误差;第二步,由第一步中的10项误差及公式(1)得到开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ;第三步,进行开关误差项的求解,并计算系统误差,得到8项误差;第四步,利用所述公式(2),得到10项误差模型的方向性、源匹配、反射跟踪、传输跟踪误差,利用公式(4),得到10项误差模型的负载匹配误差;第五步,测量被测件参数,并使用系统误差进行修正。本发明可以使N+1接收机结构矢量网络分析仪在不变动硬件结构的情况下,应用以8项误差模型为基础的各类校准方法。



1. 一种N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,其特征在于,包括以下步骤:

第一步,在矢量网络分析仪1、2端口使用校准件进行插入式的SOLT校准,得到全部的10项误差: $E_D(1,1)$ 、 $E_D(2,2)$ 、 $E_R(1,1)$ 、 $E_R(2,2)$ 、 $E_S(1,1)$ 、 $E_S(2,2)$ 、 $E_L(2,1)$ 、 $E_L(1,2)$ 、 $E_T(2,1)$ 、 $E_T(1,2)$ ;

第二步,由第一步中的10项误差及公式(1)得到开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,

$$\begin{aligned}\Gamma(2,1) &= \frac{E_L(2,1) - E_S(2,2)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \\ \Gamma(1,2) &= \frac{E_L(1,2) - E_S(1,1)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))}\end{aligned}\quad (1)$$

上式中, $\Gamma$ 为开关误差项, $E$ 代表10项误差参数,下标代表误差参数类型, $D$ 为方向性误差, $S$ 为源匹配误差、 $R$ 为反射跟踪误差、 $T$ 为传输跟踪误差、 $L$ 为负载匹配误差,括号内的第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口;

第三步,利用10项误差模型与8项误差模型的转化关系来进行开关误差项的求解,并计算系统误差,得到8项误差,其中,10项误差模型与8项误差模型的转化关系为:

$$\begin{aligned}e_{00}^1 &= E_D(1,1) & e_{11}^1 &= E_S(1,1) & e_{01}^1 e_{10}^1 &= E_R(1,1) \\ e_{00}^2 &= E_D(2,2) & e_{11}^2 &= E_S(2,2) & e_{01}^2 e_{10}^2 &= E_R(2,2)\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}e_{01}^2 e_{10}^1 &= \frac{E_R(2,2)E_T(2,1)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \\ e_{01}^1 e_{10}^2 &= \frac{E_R(1,1)E_T(1,2)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))}\end{aligned}\quad (3)$$

上述公式中, $e$ 代表误差模型中的独立项,上标代表端口,下标00代表靠近端口的误差项,下标01代表返回端口的误差项,下标10代表从端口出去的误差项,下标11代表远离端口的误差项; $E$ 代表10项误差参数,下标代表误差参数类型, $D$ 为方向性误差, $S$ 为源匹配误差、 $R$ 为反射跟踪误差、 $T$ 为传输跟踪误差、 $L$ 为负载匹配误差,括号内的第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口;

第四步,利用所述公式(2)和公式(3),得到10项误差模型的方向性、源匹配、反射跟踪、传输跟踪误差,利用公式(4),得到10项误差模型的负载匹配误差:

$$\begin{aligned}E_L(2,1) &= e_{11}^2 + \frac{e_{10}^2 e_{01}^2 \Gamma(2,1)}{1 - e_{00}^2 \Gamma(2,1)} \\ E_L(1,2) &= e_{11}^1 + \frac{e_{10}^1 e_{01}^1 \Gamma(1,2)}{1 - e_{00}^1 \Gamma(1,2)}\end{aligned}\quad (4)$$

在此过程中,读入开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,并用于计算;

第五步,测量被测件参数,并使用系统误差进行修正。

2. 如权利要求1所述的N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,其特征在于,所述第二步完成后,存储开关误差项到文件中。

3. 如权利要求2所述的N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,其特征在于,存储开关误差项到文件后,依被测件端口类型重新连接电缆,然后进行所述第三步操作。

## N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及测试技术领域,特别涉及一种矢量网络分析仪误差校准方法。

### 背景技术

[0002] N+1接收机结构的矢量网络分析仪指网络仪含有1个参考接收机和N个测量接收机组成的N端口矢量网络分析仪。

[0003] 对于N+1接收机结构的矢量网络分析仪,由于其只含有一个参考接收机,所以无法含有两个及以上参考通道的信号(如 $a_1|_{source=2}$ )。矢量网络分析仪在测量器件之前需要校准,而现有校准方法中的TRL、SOLR等都是以8项误差模型为基础的,中间计算过程中需要用到开关误差项( $\Gamma(i, j) = \frac{a_i}{b_j}|_{source=j}$ ),所以N+1接收机结构矢量网络分析仪无法进行TRL、SOLR等以8项误差模型为基础的校准。

[0004] 现有N+1接收机结构矢量网络分析仪无法使用TRL校准,只能用SOLT校准来替代,缩减了此类网络仪的使用范围。此类网络仪针对非插入器件,使用零长度直通、定义直通、适配器移除校准代替SOLR校准。而零长度直通校准将直通件默认为0衰减0延时,降低了校准精度;定义直通需要精确设定直通参数,对于操作者而言,难以获得直通件的详细参数;适配器移除校准方法校准过程繁琐,通常两端口校准,最少需要13步,是传统SOLT校准步数(7步)的近两倍。

[0005] 然而TRL在波导校准、夹具校准、计量级校准上有着广泛的应用,SOLR校准是现在主流的非插入校准方式之一。所以,在N+1接收机结构的矢量网络分析仪完成使用8项误差的校准势在必行。

### 发明内容

[0006] 为解决现有技术中的不足,本发明提出了一种N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法。

[0007] 本发明的技术方案是这样实现的:

[0008] 一种N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,包括以下步骤:

[0009] 第一步,在矢量网络分析仪1、2端口使用精密校准件进行插入式的SOLT校准,得到全部的10项误差: $E_D(1,1)$ 、 $E_D(2,2)$ 、 $E_R(1,1)$ 、 $E_R(2,2)$ 、 $E_S(1,1)$ 、 $E_S(2,2)$ 、 $E_L(2,1)$ 、 $E_L(1,2)$ 、 $E_T(2,1)$ 、 $E_T(1,2)$ ;

[0010] 第二步,由第一步中的10项误差及公式(1)得到开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,

$$\Gamma(2,1) = \frac{E_L(2,1) - E_S(2,2)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \quad (1)$$

$$\Gamma(1,2) = \frac{E_L(1,2) - E_S(1,1)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))}$$

[0012] 上式中, $\Gamma$ 为开关误差项,E代表10项误差参数,下标代表误差参数类型,D为方向性误差,S为源匹配误差、R为反射跟踪误差、T为传输跟踪误差、L为负载匹配误差,括号内的

第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口;

[0013] 第三步,利用10项误差模型与8项误差模型的转化关系来进行开关误差项的求解,并计算系统误差,得到8项误差,其中,10项误差模型与8项误差模型的转化关系为:

$$[0014] \quad \begin{aligned} e_{00}^1 &= E_D(1,1) & e_{11}^1 &= E_S(1,1) & e_{01}^1 e_{10}^1 &= E_R(1,1) \\ e_{00}^2 &= E_D(2,2) & e_{11}^2 &= E_S(2,2) & e_{01}^2 e_{10}^2 &= E_R(2,2) \end{aligned} \quad (2)$$

$$[0015] \quad \begin{aligned} e_{01}^2 e_{10}^1 &= \frac{E_R(2,2)E_T(2,1)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \\ e_{01}^1 e_{10}^2 &= \frac{E_R(1,1)E_T(1,2)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))} \end{aligned} \quad (3)$$

[0016] 上述公式中,e代表误差模型中的独立项,上标代表端口,下标00代表靠近端口的误差项,下标01代表返回端口的误差项,下标10代表从端口出去的误差项,下标11代表远离端口的误差项;E代表10项误差参数,下标代表误差参数类型,D为方向性误差,S为源匹配误差,R为反射跟踪误差、T为传输跟踪误差、L为负载匹配误差,括号内的第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口;

[0017] 第四步,利用所述公式(2),得到10项误差模型的方向性、源匹配、反射跟踪、传输跟踪误差,利用公式(4),得到10项误差模型的负载匹配误差:

$$[0018] \quad \begin{aligned} E_L(2,1) &= e_{11}^2 + \frac{e_{10}^2 e_{01}^2 \Gamma(2,1)}{1 - e_{00}^2 \Gamma(2,1)} \\ E_L(1,2) &= e_{11}^1 + \frac{e_{10}^1 e_{01}^1 \Gamma(1,2)}{1 - e_{00}^1 \Gamma(1,2)} \end{aligned} \quad (4)$$

[0019] 在此过程中,读入开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,并用于计算;

[0020] 第五步,测量被测件参数,并使用系统误差进行修正。

[0021] 可选地,所述第二步完成后,存储开关误差项到文件中。

[0022] 可选地,存储开关误差项到文件后,依被测件端口类型重新连接电缆,然后进行所述第三步操作。

[0023] 本发明的有益效果是:

[0024] (1)使N+1接收机结构矢量网络分析仪在不变动硬件结构的情况下,应用以8项误差模型为基础的各类校准方法;

[0025] (2)拓展了N+1接收机结构矢量网络分析仪的应用范围,提高了非插入器件校准的精度。

## 附图说明

[0026] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0027] 图1为N+1接收机结构矢量网络分析仪系统图;

[0028] 图2为10项误差模型(正向)示意图;

[0029] 图3为10项误差模型与8项误差模型转化的中间模型(正向)示意图;

[0030] 图4为8项误差模型示意图。

### 具体实施方式

[0031] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0032] 现有N+1接收机结构矢量网络分析仪无法使用TRL校准,只能用SOLT校准来替代,缩减了此类网络仪的使用范围。

[0033] 本发明提出了一种N+1接收机结构矢量网络分析仪8项误差校准方法,包括以下步骤:

[0034] 第一步,在矢量网络分析仪1、2端口使用精密校准件进行插入式的SOLT校准,得到全部的10项误差: $E_D(1,1)$ 、 $E_D(2,2)$ 、 $E_R(1,1)$ 、 $E_R(2,2)$ 、 $E_S(1,1)$ 、 $E_S(2,2)$ 、 $E_L(2,1)$ 、 $E_L(1,2)$ 、 $E_T(2,1)$ 、 $E_T(1,2)$ 。

[0035] 第二步,参见图2、图3和图4,由第一步中的10项误差及公式(1)得到开关误差项 $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,

$$\begin{aligned} \Gamma(2,1) &= \frac{E_L(2,1) - E_S(2,2)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \\ \Gamma(1,2) &= \frac{E_L(1,2) - E_S(1,1)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))} \end{aligned} \quad (1)$$

[0037] 上式中, $\Gamma$ 为开关误差项,E代表10项误差参数,下标代表误差参数类型,D为方向性误差,S为源匹配误差,R为反射跟踪误差,T为传输跟踪误差,L为负载匹配误差,括号内的第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口。

[0038] 第三步,参见图2、图3和图4,利用10项误差模型与8项误差模型的转化关系来进行开关误差项的求解,并计算系统误差,得到8项误差,其中,10项误差模型与8项误差模型的转化关系为:

$$\begin{aligned} e_{00}^1 &= E_D(1,1) & e_{11}^1 &= E_S(1,1) & e_{01}^1 e_{10}^1 &= E_R(1,1) \\ e_{00}^2 &= E_D(2,2) & e_{11}^2 &= E_S(2,2) & e_{01}^2 e_{10}^2 &= E_R(2,2) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} e_{01}^2 e_{10}^1 &= \frac{E_R(2,2)E_T(2,1)}{E_R(2,2) + E_D(2,2)(E_L(2,1) - E_S(2,2))} \\ e_{01}^1 e_{10}^2 &= \frac{E_R(1,1)E_T(1,2)}{E_R(1,1) + E_D(1,1)(E_L(1,2) - E_S(1,1))} \end{aligned} \quad (3)$$

[0041] 上述公式中,e代表误差模型中的独立项,上标代表端口,下标00代表靠近端口的误差项,下标01代表返回端口的误差项,下标10代表从端口出去的误差项,下标11代表远离端口的误差项;E代表10项误差参数,下标代表误差参数类型,D为方向性误差,S为源匹配误差,R为反射跟踪误差,T为传输跟踪误差,L为负载匹配误差,括号内的第一个数字代表接收端口,第二个数字代表源端口。

[0042] 第四步,利用公式(2),得到10项误差模型的方向性、源匹配、反射跟踪、传输跟踪误差,利用公式(4),得到10项误差模型的负载匹配误差:

$$\begin{aligned}
 E_L(2,1) &= e_{11}^2 + \frac{e_{10}^2 e_{01}^2 \Gamma(2,1)}{1 - e_{00}^2 \Gamma(2,1)} \\
 E_L(1,2) &= e_{11}^1 + \frac{e_{10}^1 e_{01}^1 \Gamma(1,2)}{1 - e_{00}^1 \Gamma(1,2)}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

[0044] 在此过程中,读入开关误差项  $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ ,并用于计算。

[0045] 第五步,测量被测件参数,并使用系统误差进行修正。

[0046] 由于开关误差项以文件形式存储,所以对于矢量网络分析仪只需要在第一次通过计算得到开关误差项,之后的校准从文件中获取即可。

[0047] 开关误差项代表由源开关引起的匹配变化,完全是矢量网络分析仪内部的参数,不依赖于外部元器件或者连接方式。

[0048] 下面结合具体实施例对本发明的8项误差校准方法进行详细说明,该实施例以矢量网络分析仪的1、2端口TRL校准为例进行分析,本领域技术人员可以根据本发明的教导应用到SOLR校准、TRM校准、LRL校准。

[0049] 8项误差TRL校准具体包括以下步骤:

[0050] 步骤(1),在矢量网络分析仪1、2端口使用精密校准件进行插入式的SOLT校准,得到全部的10项误差: $E_D(1,1)$ 、 $E_D(2,2)$ 、 $E_R(1,1)$ 、 $E_R(2,2)$ 、 $E_S(1,1)$ 、 $E_S(2,2)$ 、 $E_L(2,1)$ 、 $E_L(1,2)$ 、 $E_T(2,1)$ 、 $E_T(1,2)$ 。

[0051] 步骤(2),由上一步的10项误差及公式(1)得到开关误差项  $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$ 。

[0052] 步骤(3),存储开关误差项到文件中。

[0053] 步骤(4),依被测件端口类型重新连接电缆。

[0054] 步骤(5),进行TRL校准,并计算系统误差,得到8项误差:

[0055]  $e_{00}^1$ 、 $e_{11}^1$ 、 $e_{01}^1 e_{10}^1$ 、 $e_{00}^2$ 、 $e_{11}^2$ 、 $e_{01}^2 e_{10}^2$ 、 $e_{01}^1 e_{10}^1$ 、 $e_{01}^2 e_{10}^2$ 。

[0056] 其中: $e$ 代表误差模型中的独立项;上标代表端口;下标00代表靠近端口的误差项,下标01代表返回端口的误差项,下标10代表从端口出去的误差项,下标11代表远离端口的误差项。

[0057] 步骤(6),利用公式(2),得到10项误差模型的方向性、源匹配、反射跟踪、传输跟踪误差,利用公式(4),得到10项误差模型的负载匹配误差:

$$\begin{aligned}
 E_L(2,1) &= e_{11}^2 + \frac{e_{10}^2 e_{01}^2 \Gamma(2,1)}{1 - e_{00}^2 \Gamma(2,1)} \\
 E_L(1,2) &= e_{11}^1 + \frac{e_{10}^1 e_{01}^1 \Gamma(1,2)}{1 - e_{00}^1 \Gamma(1,2)}
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

[0059] 在此过程中,将文件中存储的开关误差项  $\Gamma(2,1)$ 、 $\Gamma(1,2)$  读入,并用于计算。

[0060] 步骤(7),测量被测件参数,并使用系统误差进行修正。

[0061] 由于开关误差项以文件形式存储,所以对于网络仪只需要在第一次通过计算得到开关误差项,之后的校准从文件中获取即可。

[0062] 本发明可以使N+1接收机结构矢量网络分析仪在不变动硬件结构的情况下,应用以8项误差模型为基础的各类校准方法,拓展了N+1接收机结构矢量网络分析仪的应用范围,提高了非插入器件校准的精度。

[0063] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已,并不用以限制本发明,凡在本发明的精

神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

### N+1接收结构

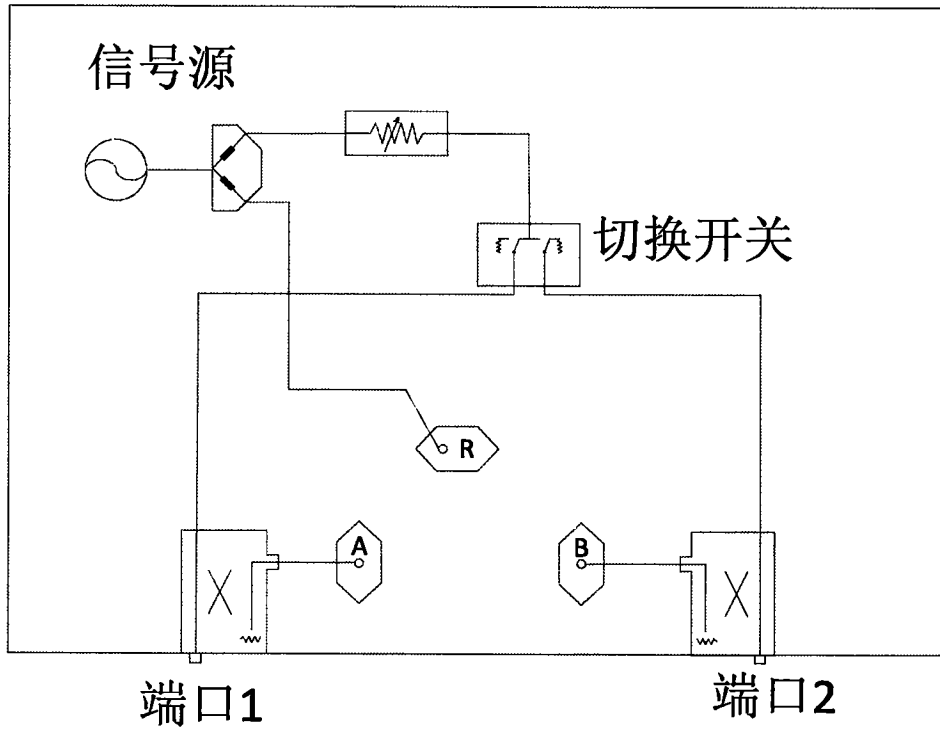


图1

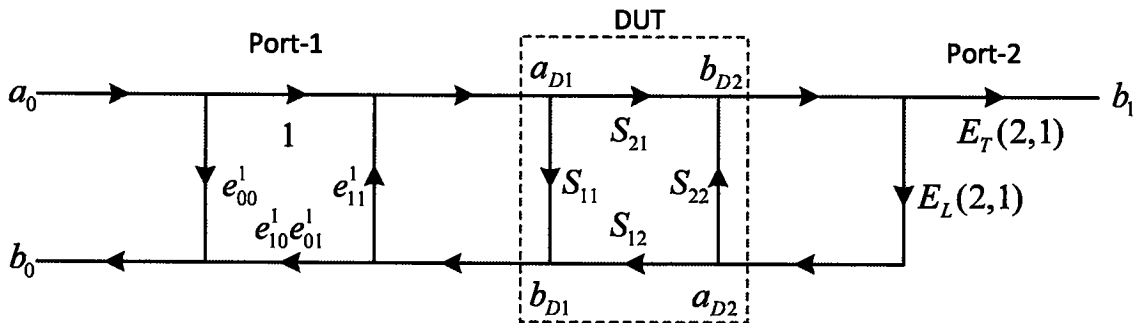


图2



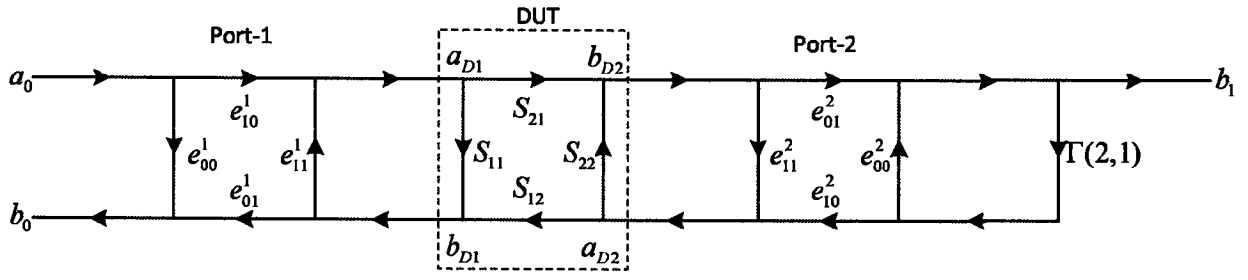


图3

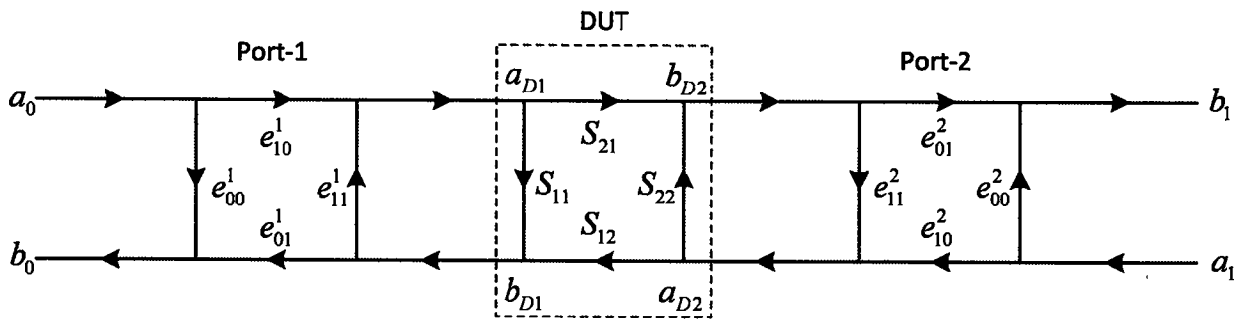


图4