



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113484549 B

(45) 授权公告日 2022.07.26

(21) 申请号 202110681569.9

G01R 29/08 (2006.01)

(22) 申请日 2021.06.18

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 110418364 A, 2019.11.05

申请公布号 CN 113484549 A

SE 1930150 A1, 2020.09.29

(43) 申请公布日 2021.10.08

审查员 杜雯

(73) 专利权人 华南理工大学

地址 510640 广东省广州市天河区五山路 381号

(72) 发明人 陈海东 林伟杰 王帅 罗泽文

车文荃 薛泉

(74) 专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限

公司 44102

专利代理师 何淑珍 江裕强

(51) Int. Cl.

G01R 1/04 (2006.01)

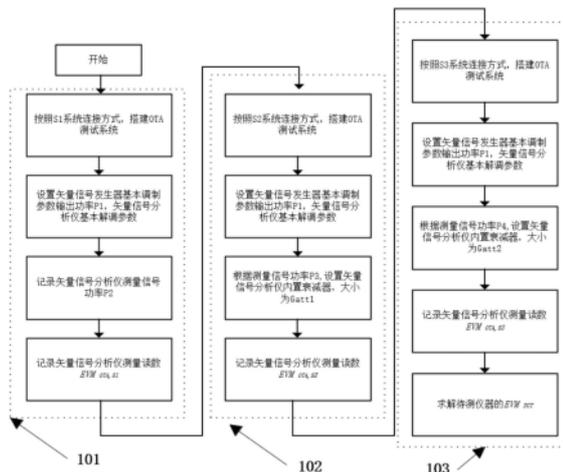
权利要求书2页 说明书9页 附图3页

(54) 发明名称

一种适用于OTA测试的EVM测量方法

(57) 摘要

本发明公开了一种适用于OTA测试的EVM测量方法,包括以下步骤:步骤一、搭建不同的误差矢量幅度测量系统,所述误差矢量幅度测量系统包括第一测量系统、第二测量系统、第三测量系统;步骤二、在不同的误差矢量幅度测量系统下进行误差矢量幅度测量;步骤三、获取不同的误差矢量幅度测量系统的误差矢量幅度测量值;步骤四、根据不同的测量系统下得到的误差矢量幅度测量值计算待测器件自身引起的误差矢量幅度值。本测量方法适用OTA测试条件下,通过搭建三种测试链路,计算得到仪器因素带来的矢量调制误差和环境因素带来的矢量调制误差,通过矢量差计算消除以上两种干扰,因而测量和计算得到较为精确的待测器件自身矢量调制误差。



1. 一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤一、搭建不同的误差矢量幅度测量系统,所述误差矢量幅度测量系统包括第一测量系统、第二测量系统、第三测量系统;第一测量系统包括第一矢量信号发生器VSG、第一矢量信号分析仪VSA、第一1号射频线缆、第一2号射频线缆、第一测试天线1号、第一测试天线2号;第二测量系统包括第二矢量信号发生器VSG、第二矢量信号分析仪VSA、第二1号射频线缆、第二2号射频线缆、第二测试天线、待测器件DUT;第三测量系统包括第三矢量信号发生器VSG、第三矢量信号分析仪VSA、第三1号射频线缆、第三2号射频线缆;

步骤二、在不同的误差矢量幅度测量系统下进行误差矢量幅度测量;

步骤三、获取不同的误差矢量幅度测量系统的误差矢量幅度测量值;

步骤四、根据不同的测量系统下得到的误差矢量幅度测量值计算待测器件自身引起的误差矢量幅度值,其中,在第一测量系统中,EVM的直接测量值 $EVM_{OTA,S1}$ 表示为:

$$EVM_{OTA,S1} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1}) + EVM_{A12}^2 + EVM_{A11}^2} \quad (1)$$

其中 $EVM_{OTA,S1}$ 是第一测量系统下EVM的直接测量值, $P_{TX1}$ 为第一矢量信号发生器VSG发射信号的功率大小,单位dBm, $P_{RX1}$ 为第一矢量信号分析仪VSA接收信号的功率大小,单位dBm, $EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1})$ 为在发射信号功率为 $P_{TX1}$ ,接收信号功率为 $P_{RX1}$ 条件下,第一矢量信号发生器VSG和第一矢量信号分析仪VSA共同引入的误差矢量幅度, $EVM_{A11}^2$ 为第一测量系统OTA测试条件下第一测试天线1号引入的误差矢量幅度, $EVM_{A12}^2$ 为第一测量系统OTA测试条件下第一测试天线2号引入的误差矢量幅度;

在第二测量系统中,EVM的直接测量值 $EVM_{OTA,S2}$ 表示为:

$$EVM_{OTA,S2} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX2}, P_{TX2}) + EVM_{DUT}^2(P_{TX2}) + EVM_{A22}^2} \quad (2)$$

$$EVM_{DUT}(P_{TX2}) = \sqrt{EVM_{RF}^2(P_{TX2}) + EVM_A^2} \quad (3)$$

其中 $EVM_{OTA,S2}$ 是第二测量系统下EVM的直接测量值, $EVM_{DUT}^2(P_{TX2})$ 为在第二矢量信号发生器VSG发射信号功率为 $P_{TX2}$ 条件下,待测器件引入的误差矢量幅度, $EVM_{A22}^2$ 为第二测量系统OTA测试条件下,第二测试天线引入的误差矢量幅度; $EVM_{RF}^2(P_{TX2})$ 代表待测器件的射频模块引入的误差矢量幅度, $EVM_A^2$ 代表待测器件的天线模块引入的误差矢量幅度, $EVM_{RF}^2(P_{TX2})$ 和 $EVM_A^2$ 共同构成待测仪器的误差矢量幅度 $EVM_{DUT}(P_{TX2})$ ;

在第三测量系统中,EVM的直接测量值 $EVM_{OTA,S3}$ 表示为:

$$EVM_{OTA,S3} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX3}, P_{TX3})} \quad (4);$$

其中 $EVM_{OTA,S3}$ 是第三测量系统下EVM的直接测量值, $P_{RX3}$ 为第三矢量信号发生器VSG发射信号的功率大小, $P_{TX3}$ 为第三矢量信号分析仪VSA接收信号的功率大小,经过三个测量系统的测量,得到EVM直接测量值 $EVM_{OTA,S1}$ 、 $EVM_{OTA,S2}$ 、 $EVM_{OTA,S3}$ ;

而待测器件的EVM测量值 $EVM_{DUT}^2(P_{TX})$ 计算公式如下:

$$EVM_{DUT}^2(P_{TX}) = \sqrt{EVM_{OTA,S2}^2 - EVM_{OTA,S3}^2 - \frac{EVM_{OTA,S1}^2 - EVM_{OTA,S3}^2}{2}} \quad (5)。$$

2. 根据权利要求1所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,第一测试天线1号、第一测试天线2号和第二测试天线性能、外型完全一致;第一1号射频线缆、第一2号射频线缆、第二1号射频线缆、第二2号射频线缆、第三1号射频线缆及第三2号射频线缆为同款等长线缆,性能及其外型完全一致。

3. 根据权利要求2所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,第一测量系统测量的距离L1与第二测量系统的测量距离L2大小相同。

4. 根据权利要求3所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,各测量系统矢量信号发生器VSG发射信号功率一致, $P_{TX1} = P_{TX2} = P_{TX3}$ ;保持各测量系统矢量分析仪VSA接收信号功率一致, $P_{RX1} = P_{RX2} = P_{RX3}$ 。

5. 根据权利要求4所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,第一测量系统操作如下:

设置第一矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第一矢量信号分析仪VSA,设置第一矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第一矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P2;记录下当前第一矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S1}$ 。

6. 根据权利要求5所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,第二测试系统操作如下:

设置第二矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率为P1;打开第二矢量信号分析仪VSA,设置第二矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第二矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P3;调节第二矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为 $G_{att1}$  ( $G_{att1} \approx P3 - P2$ ),使得经过衰减器后,第二矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小等于P2;记录下当前第二矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S2}$ 。

7. 根据权利要求6所述的一种适用于OTA测试的EVM测量方法,其特征在于,第三测试系统操作如下:

设置第三矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第三矢量信号分析仪VSA,设置第三矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第三矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P4;调节第三矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为 $G_{att2}$ ,使得 $G_{att2}$  ( $G_{att2} \approx P4 - P2$ ),既经过衰减器后,第三矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小等于P2;记录下当前第三矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S3}$ 。

## 一种适用于OTA测试的EVM测量方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及无线通信领域射频终端测试技术领域,涉及一种适用于OTA测试的EVM测量方法。

### 背景技术

[0002] 误差矢量幅度[Error Vector Magnitude,EVM],是在给定时刻内理想基准信号与测量信号的矢量差,是评价通信系统中矢量调制后信号质量的重要指标,能直观反应测量信号和基准信号之间的幅度误差,相位误差。误差矢量幅度可以通过比较测量信号和基准信号的矢量值之差计算而来,如图1所示。

[0003] 空口辐射(Over The Air,OTA)测试,是在微波暗室内对无线传输环境进行模拟,在模拟的无线传输环境下对待测器件进行性能测试。新一代5G无线通信技术其中包含着5G有源天线系统,5G有源天线系统将天线与射频RRU模块集成为一体,其中的射频RRU模块输出端口成为系统内部接口,导致无法用传统的传导法测试转而采用远场的OTA测试法对待测器件进行EVM测量。

[0004] 矢量调制信号的EVM测试,必须使用矢量信号发生器(Vector Signal Generator,VSG)和矢量信号分析仪(Vector Signal Analyzer,VSA)分别对发射机和接收机部分进行测量。矢量信号发生器和矢量信号分析仪中的非线性元器件(混频器和放大器)在不同的输出功率和接收功率情况,会对待测器件的EVM测量引入不同的设备测量误差,导致无法准确进行待测器件EVM测量,尤其在OTA测试中,由于测试系统插入损耗极大,导致VSA接收到信号功率较低,需要VSA内部的前置放大器对接收的信号进行放大,引入了来自于设备自身的非线性影响,干扰待测器件的EVM测量。

[0005] 在现有技术中,仅在传导法下,对EVM测试仪器进行了误差矢量幅度的补偿,缺少在OTA测试条件下进行EVM测试仪器自身引起的误差矢量幅度误差进行测量与补偿(公布号CN 102546036 A,一种误差矢量幅度的补偿方法);此外有只考虑矢量信号分析仪VSA自身引入的误差矢量幅度误差,而没有考虑到矢量信号发生器VSG自身也会引入误差矢量幅度误差,导致测量结果不准确,存在仪器误差的情况(CN 110518988 A,一种测量器件矢量调制误差的装置及方法)。

### 发明内容

[0006] 鉴于以上所述现有技术的缺点,本发明的目的在于提供一种在OTA测试条件下的误差向量幅度测量方法,用于解决现有OTA测试条件下仪器因素,环境因素导致EVM测量结果不准确的问题,从而测量与计算得到待测器件准确的EVM值。

[0007] 本发明至少通过如下技术方案之一实现。

[0008] 一种适用于OTA测试的EVM测量方法,包括以下步骤:

[0009] 步骤一、搭建不同的误差矢量幅度测量系统,所述误差矢量幅度测量系统包括第一测量系统、第二测量系统、第三测量系统;

[0010] 步骤二、在不同的误差矢量幅度测量系统下进行误差矢量幅度测量；

[0011] 步骤三、获取不同的误差矢量幅度测量系统的误差矢量幅度测量值；

[0012] 步骤四、根据不同的测量系统下得到的误差矢量幅度测量值计算待测器件自身引起的误差矢量幅度值。

[0013] 优选的,所述第一测量系统包括第一矢量信号发生器VSG、第一矢量信号分析仪VSA、第一1号射频线缆、第一2号射频线缆、第一测试天线1号、第一测试天线2号；

[0014] 第二测量系统包括第二矢量信号发生器VSG、第二矢量信号分析仪VSA、第二1号射频线缆、第二2号射频线缆、第二测试天线、待测器件DUT；

[0015] 第三测量系统包括第三矢量信号发生器VSG、第三矢量信号分析仪VSA、第三1号射频线缆、第三2号射频线缆。

[0016] 优选的,第一测试天线1号、第一测试天线2号和第二测试天线性能、外型完全一致;第一1号射频线缆、第一2号射频线缆、第二1号射频线缆、第二2号射频线缆、第三1号射频线缆及第三2号射频线缆为同款等长线缆,性能及其外型完全一致。

[0017] 优选的,在第一测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0018] \quad EVM_{OTA,S1} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1}) + EVM_{A12}^2 + EVM_{A11}^2} \quad (1)$$

[0019] 其中 $EVM_{OTA,S1}$ 是第一测量系统下EVM的直接测量值, $P_{TX1}$ 为第一矢量信号发生器VSG发射信号的功率大小,单位dBm, $P_{RX1}$ 为第一矢量信号分析仪VSA接收信号的功率大小,单位dBm, $EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1})$ 为在发射信号功率为 $P_{TX1}$ ,接收信号功率为 $P_{RX1}$ 条件下,第一矢量信号发生器VSG和第一矢量信号分析仪VSA共同引入的误差矢量幅度, $EVM_{A11}^2$ 为第一测量系统OTA测试条件下第一测试天线1号引入的误差矢量幅度, $EVM_{A12}^2$ 为第一测量系统OTA测试条件下第一测试天线2号引入的误差矢量幅度;

[0020] 在第二测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0021] \quad EVM_{OTA,S2} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX2}, P_{TX2}) + EVM_{DUT}^2(P_{TX2}) + EVM_{A22}^2} \quad (2)$$

$$[0022] \quad EVM_{DUT}(P_{TX2}) = \sqrt{EVM_{RF}^2(P_{TX2}) + EVM_A^2} \quad (3)$$

[0023] 其中 $EVM_{OTA,S2}$ 是第二测量系统下EVM的直接测量值, $EVM_{DUT}^2(P_{TX2})$ 为在第二矢量信号发生器VSG发射信号功率为 $P_{TX2}$ 条件下,待测器件引入的误差矢量幅度, $EVM_{A22}^2$ 为第二测量系统OTA测试条件下,第二测试天线引入的误差矢量幅度; $EVM_{RF}^2(P_{TX2})$ 代表待测器件的射频模块引入的误差矢量幅度, $EVM_A^2$ 代表待测器件的天线模块引入的误差矢量幅度, $EVM_{RF}^2(P_{TX2})$ 和 $EVM_A^2$ 共同构成待测仪器的误差矢量幅度 $EVM_{DUT}(P_{TX2})$ 。

[0024] 在第三测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0025] \quad EVM_{OTA,S3} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX3}, P_{TX3})} \quad (4)$$

[0026] 其中 $EVM_{OTA,S3}$ 是第三测量系统下EVM的直接测量值, $P_{RX3}$ 为第三矢量信号发生器VSG发射信号的功率大小, $P_{TX3}$ 为第三矢量信号分析仪VSA接收信号的功率大小,经过三个测量

系统的测量,得到EVM直接测量值 $EVM_{OTA,S1}$ 、 $EVM_{OTA,S2}$ 、 $EVM_{OTA,S3}$ 。

[0027] 优选的,第一测量系统测量的距离L1与第二测量系统的测量距离L2大小相同。

[0028] 优选的,各测量系统矢量信号发生器VSG发射信号功率一致, $P_{TX1}=P_{TX2}=P_{TX3}$ ;保持各测量系统矢量分析仪VSA接收信号功率一致, $P_{RX1}=P_{RX2}=P_{RX3}$ 。

[0029] 优选的,待测元件的EVM测量值 $EVM_{DUT}^2(P_{TX})$ 为:

$$[0030] \quad EVM_{DUT}^2(P_{TX}) = \sqrt{EVM_{OTA,S2}^2 - EVM_{OTA,S3}^2 - \frac{EVM_{OTA,S1}^2 - EVM_{OTA,S3}^2}{2}} \quad (5)。$$

[0031] 优选的,第一测量系统操作如下:

[0032] 设置第一矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第一矢量信号分析仪VSA,设置第一矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第一矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P2;记录下当前第一矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S1}$ 。

[0033] 优选的,第二测试系统操作如下:

[0034] 设置第二矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率为P1;打开第二矢量信号分析仪VSA,设置第二矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第二矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P3;调节第二矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为 $G_{att1}$  ( $G_{att1} \approx P3 - P2$ ),使得经过衰减器后,第二矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小等于P2;记录下当前第二矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S2}$ 。

[0035] 在第三测试系统下,第三矢量信号发生器VSG产生的数字调制信号以传导法的形式,直接通过第三1号射频线缆、第三2号射频线缆进入到第三矢量信号分析仪VSA的接收端口。

[0036] 第三测试系统操作如下:

[0037] 设置第三矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第三矢量信号分析仪VSA,设置第三矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第三矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P4;调节第三矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为 $G_{att2}$ ,使得 $G_{att2}$  ( $G_{att2} \approx P4 - P2$ ),既经过衰减器后,第三矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小等于P2;记录下当前第三矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S3}$ 。

[0038] 将三个测量系统条件下测量得到的EVM直接测量值,代入到公式(4)中计算得到待测器件的EVM测量值。

[0039] 本测量方法适用OTA测试条件下,通过搭建三种测试链路,计算得到仪器因素带来的矢量调制误差和环境因素带来的矢量调制误差,通过矢量差计算消除以上两种干扰,因而测量和计算得到较为精确的待测器件自身矢量调制误差。

[0040] 与现有的技术相比,本发明的有益效果为:

[0041] 为天线前端一体化待测仪器或多通道待测仪器提供一种基于OTA测试条件下的EVM测量方法。与应用在传导法条件下的EVM测量方法相比,本发明适用在OTA测量条件下,能同时对多个收发通道的待测仪器进行测试,提高了EVM测试速度,测试条件更接近于待测仪器实际工作条件。

## 附图说明

- [0042] 图1为本发明方法涉及的矢量调制误差的定义示意图；  
 [0043] 图2为本发明实施例第一测量系统示意图；  
 [0044] 图3为本发明实施例第二测量系统示意图；  
 [0045] 图4为本发明实施例第三测量系统示意图；  
 [0046] 图5为本发明实施例的EVM测量流程图；  
 [0047] 图6为本发明实施例3的DUT待测器件结构图。

## 具体实施方式

[0048] 为使本发明的目的,技术方案和优点更加清楚明白,以下举实施例,对本发明进一步详细说明。

[0049] 实施例1:

[0050] 一种适用于OTA测试的EVM测量方法,包括以下步骤:

[0051] 步骤一、不同搭建方式的EVM测量系统说;所述EVM测量系统包括第一测量系统、第二测量系统、第三测量系统;

[0052] 第一测量系统的搭建方式如图2所示,S1代表第一测量系统S1包括第一矢量信号发生器VSG、第一矢量信号分析仪VSA、第一1号射频线缆、第一2号射频线缆、第一测试天线1号、第一测试天线2号。第一矢量信号发生器VSG通过第一1号射频线缆与第一测试天线1号连接,第一矢量信号发生器VSG产生的调制信号经过第一测试天线1号向自由空间传播;第一矢量信号分析仪VSA通过第一2号射频线缆与第一测试天线2连接,第一测试天线1号口径平面与第一测试天线2号口径平面的水平距离为L,第一测试天线2号将接收到的调制信号传输给VSA进行信号解调;

[0053] 第二测量系统的搭建方式如图3所示,第二测量系统S2包括第二矢量信号发生器VSG、第二矢量信号分析仪VSA、第二1号射频线缆、第二2号射频线缆、第二测试天线、待测器件DUT。第二矢量信号发生器VSG通过第二1号射频线缆与待测器件DUT连接,第二矢量信号发生器VSG产生的调制信号经过DUT向自由空间传播;第二矢量信号分析仪VSA通过第二2号射频线缆与第二测试天线连接,DUT的天线口径平面与第二测试天线口径平面的水平距离为L,第二测试天线将接收到的调制信号传输给VSA进行信号解调;

[0054] 第三测量系统的搭建方式如图4所示,第三测量系统S3包括第三矢量信号发生器VSG、第三矢量信号分析仪VSA、第三1号射频线缆、第三2号射频线缆。第三矢量信号发生器VSG产生的调制信号,经过第三1号射频线缆与第三2号射频线缆到达第三矢量信号分析仪VSA的接收端口,第三矢量信号分析仪VSA对接受到的信号进行信号解调;

[0055] 在测量系统S1、S2和S3中,第一测试天线1号,第一测试天线2号和第二测试天线性能、外型完全一致;第一1号射频线缆,第一2号射频线缆,第二1号射频线缆,第二2号射频线缆,第三1号射频线缆,第三2号射频线缆均为同款等长线缆;

[0056] 步骤二、构建仪器因素、环境因素与EVM的关系;

[0057] 在第一测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0058] \quad EVM_{OTA,S1} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1}) + EVM_{A12}^2 + EVM_{A11}^2} \quad (1)$$

[0059] 其中 $EVM_{OTA,S1}$ 是第一测量系统下,EVM的直接测量值, $P_{TX1}$ 为第一矢量信号发生器VSG发射信号的功率大小,单位dBm, $P_{RX1}$ 为第一矢量信号分析仪VSA接收信号的功率大小,单位dBm, $EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX1}, P_{TX1})$ 为在发射信号功率为 $P_{TX1}$ ,接收信号功率为 $P_{RX1}$ 条件下,第一矢量信号发生器VSG和第一矢量信号分析仪VSA共同引入的误差矢量幅度, $EVM_{A11}^2$ 为在OTA测试距离为L的条件下第一测试天线1号引入的误差矢量幅度, $EVM_{A12}^2$ 为OTA测试距离为L的条件下第一测试天线2号引入的误差矢量幅度,由于第一测试天线1号与第一测试天线2号为完全相同的天线,所以 $EVM_{A12}^2$ 大小等于 $EVM_{A11}^2$ 。

[0060] 在第二测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0061] \quad EVM_{OTA,S2} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX2}, P_{TX2}) + EVM_{DUT}^2(P_{TX2}) + EVM_{A22}^2} \quad (2)$$

$$[0062] \quad EVM_{DUT}(P_{TX2}) = \sqrt{EVM_{RF}^2(P_{TX2}) + EVM_A^2} \quad (3)$$

[0063] 其中 $EVM_{OTA,S2}$ 是第二测量系统下,EVM的直接测量值, $EVM_{DUT}^2(P_{TX2})$ 为在第二矢量信号发生器VSG发射信号功率为 $P_{TX2}$ 条件下,待测器件引入的误差矢量幅度。 $EVM_{RF}^2(P_{TX2})$ 代表在第二矢量信号发生器VSG发射信号功率为 $P_{TX2}$ 条件下,待测器件的射频模块引入的误差矢量幅度, $EVM_A^2$ 代表待测器件的天线模块引入的误差矢量幅度,两者共同构成待测仪器的误差矢量幅度,如公式(3)所表达。

[0064] 在第三测量系统中,EVM的直接测量值表示为:

$$[0065] \quad EVM_{OTA,S3} = \sqrt{EVM_{RFEQUIP}^2(P_{RX3}, P_{TX3})} \quad (4)$$

[0066] 其中 $EVM_{OTA,S3}$ 是第三测量系统下,EVM的直接测量值。

[0067] 经过三个测量系统的测量,得到EVM直接测量值 $EVM_{OTA,S1}$ 、 $EVM_{OTA,S2}$ 、 $EVM_{OTA,S3}$ ,通过公式(1)~公式(4)计算得到在矢量信号发生器VSG发射功率为 $P_{TX}$ 条件下,待测元件的EVM测量值 $EVM_{DUT}^2(P_{TX})$ ,表示为:

$$[0068] \quad EVM_{DUT}^2(P_{TX}) = \sqrt{EVM_{OTA,S2}^2 - EVM_{OTA,S3}^2 - \frac{EVM_{OTA,S1}^2 - EVM_{OTA,S3}^2}{2}} \quad (5)。$$

[0069] 步骤三、在不同测量系统下进行误差矢量幅度EVM测量;

[0070] 在第一测量系统下,第一矢量信号发生器VSG产生的数字调制信号经过第一测试天线1号转化为在自由空间中传播的电磁波,被距离为L远的第一测试天线2号接收,其中L为第一测试天线1号口径平面与第一测试天线2号口径平面的水平距离,L的大小必须达到第一测试天线2号的远场条件距离, $L > \frac{2D^2}{\lambda}$ , $\lambda$ 为电磁波的波长,D为第一测试天线2号的孔径。

第一测量系统操作如下:

[0071] 设置第一矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第一矢量信号分析仪VSA,设置第一矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第一矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P2;记录下当前第一矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S1}$ 。

[0072] 在S2测试系统下,第二矢量信号发生器VSG产生的数字调制信号经过待测器件DUT转化为在自由空间中传播的电磁波,被距离为L远的第二测量天线2号接收,其中L为待测器件DUT自身天线口径平面与第二测试天线口径平面的水平距离;第二矢量信号发生器VSG将接收信号分解为I,Q分量信号,通过将分解得到I,Q分量信号与理想解调状态下的I进行对比计算,得到所需的EVM直接测量值。

[0073] S2测试系统操作如下:

[0074] 设置第二矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率为P1;打开第二矢量信号分析仪VSA,设置第二矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第二矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P3;调节第二矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为Gatt1 ( $Gatt1 \approx P3 - P2$ ),使得经过衰减器后,第二矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小约等于P2;记录下当前第二矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S2}$ 。

[0075] 在S3测试系统下,第三矢量信号发生器VSG产生的数字调制信号以传导法的形式,直接通过第三1号射频线缆、第三2号射频线缆进入到第三矢量信号分析仪VSA的接收端口。

[0076] S3测试系统操作如下:

[0077] 设置第三矢量信号发生器VSG输出数字调制信号,输出功率P1;打开第三矢量信号分析仪VSA,设置第三矢量信号分析仪VSA解析信号参数,使得第三矢量信号分析仪VSA可以正常解调接收信号,此时接收信号功率大小为P4;调节第三矢量信号分析仪VSA的衰减器大小为Gatt2,使得 $Gatt2 \approx P4 - P2$ ,既经过衰减器后,第三矢量信号分析仪VSA接收到的信号功率大小约等于P2;记录下当前第三矢量信号分析仪VSA测量得到的EVM值,为 $EVM_{OTA,S3}$ 。

[0078] 将三个测量系统条件下测量得到的EVM直接测量值,代入到公式(5)中,通过计算消除了仪器因素带来的矢量调制误差和环境因素带来的矢量调制误差,得到待测器件自身的矢量调制误差 $EVM_{DUT}^2(P_{TX})$ ,本发明的测量方式在OTA条件下,消除了仪器因素与环境因素对待测器件EVM测量造成的影响。

[0079] 实施例2:

[0080] 根据图2、图3、图4中第一测量系统(S1)、第二测量系统(S2)、第三测量系统(S3)示意图,搭建EVM测量系统,设置矢量信号发生器与矢量信号分析仪系统参数,设备软硬件条件具体配置如表1、表2所示:

[0081] (1) 矢量信号发生器SMW200A

[0082] 表1 SMW200A参数配置图

[0083]

| 矢量信号发生器 | 调制方式  | 中心频率    | 符号率              | 发射滤波器    | $\alpha$ 系数 | 输出电平大小 |
|---------|-------|---------|------------------|----------|-------------|--------|
| SMW200A | 64QAM | 28.5GHz | 10M<br>symbols/s | Gaussian | 0.25        | -25dBm |

[0084] (2) 矢量信号分析仪R&S FSW43

[0085] 表2 R&S FSW43参数配置图

| 测试系统      | 矢量分析仪        | 解调方式  | 中心频率    | 符号率              | 发射滤波器    | $\alpha$ 系数 | 衰减值  |
|-----------|--------------|-------|---------|------------------|----------|-------------|------|
| [0086] S1 | R&S<br>FSW43 | 64QAM | 28.5GHz | 10M<br>symbols/s | Gaussian | 0.25        | 40dB |
| S2        | R&S<br>FSW43 | 64QAM | 28.5GHz | 10M<br>symbols/s | Gaussian | 0.25        | 0dB  |
| S3        | R&S<br>FSW43 | 64QAM | 28.5GHz | 10M<br>symbols/s | Gaussian | 0.25        | 20dB |

[0087] (3) 三个测量系统的第一测试天线1号、第一测试天线2型号,第二测试天线皆为英联微波的多倍频程喇叭天线LB-180400-KF;

[0088] 如图5所示,所述一种适用于OTA测试的EVM测量的操作方法,包括以下步骤:

[0089] 步骤101、对矢量信号发生器输出功率进行设置,记录在当前矢量信号发生器的输出功率P1,矢量信号分析仪接收到的功率信号P2与EVM测量值。5次重复测量值和平均值计算结果如表3所示。

[0090] 表3根据步骤101操作下实验测量结果和计算结果

| [0091] | 调制方式  | 输出功率<br>P1 (dBm) | 衰减设置值<br>(dB) | 测量功率<br>P2 (dBm) | $EVM_{OTA,S1}(\%)$ |      |
|--------|-------|------------------|---------------|------------------|--------------------|------|
| [0092] | 64QAM | -25              | 0             | 1                | -53.37             | 7.94 |
| 2      |       |                  |               | -53.55           | 7.85               |      |
| 3      |       |                  |               | -53.56           | 7.66               |      |
| 4      |       |                  |               | -53.44           | 8.01               |      |
| 5      |       |                  |               | -53.50           | 7.96               |      |
| 平均值    |       |                  |               | -53.48           | 7.88               |      |

[0093] 步骤102、对矢量信号发生器输出功率进行设置,保持当前矢量信号发生器的输出功率为P1,根据矢量信号分析仪接收到的功率信号P3的大小设置衰减器Gatt1大小,使得 $P3-Gatt2 \approx P2$ 。5次重复测量值和平均值计算结果如表4所示。

[0094] 表4根据步骤102操作下实验测量结果和计算结果

|        | 调制方式  | 输出功率<br>P1 (dBm) | 衰减设置值<br>(dB) | 测量功率<br>P3 (dBm) | $EVM_{OTA,S2}(\%)$ |
|--------|-------|------------------|---------------|------------------|--------------------|
| [0095] | 64QAM | -25              | 41            | -11.97           | 9.48               |
|        |       |                  |               | -11.86           | 9.45               |
|        |       |                  |               | -11.96           | 9.42               |
|        |       |                  |               | -11.85           | 9.58               |
|        |       |                  |               | -11.97           | 9.74               |
|        |       |                  |               | 平均值              | -11.92             |

[0096] 步骤103、对矢量信号发生器输出功率进行设置,保持当前矢量信号发生器的输出功率为P1,根据矢量信号分析仪接收到的功率信号P4的大小设置衰减器Gatt2大小,使得 $P4-Gatt2 \approx P2$ 。5次重复测量值和平均值计算结果如表5所示。

[0097] 表5根据步骤103操作下实验测量结果和计算结果

|        | 调制方式  | 输出功率<br>P1 (dBm) | 衰减设置值<br>(dB) | 测量功率<br>P3 (dBm) | $EVM_{OTA,S3}(\%)$ |
|--------|-------|------------------|---------------|------------------|--------------------|
| [0098] | 64QAM | -25              | 23            | -29.32           | 6.87               |
|        |       |                  |               | -29.31           | 7.20               |
|        |       |                  |               | -29.37           | 7.28               |
|        |       |                  |               | -29.39           | 7.42               |
|        |       |                  |               | -29.45           | 7.24               |
| [0099] | 平均值   |                  |               | -29.37           | 7.20               |

[0100] 对于本实施例,经过步骤101~步骤103测量得到 $EVM_{OTA,S1} = 7.88\%$ ,  $EVM_{OTA,S2} = 9.53\%$ ,  $EVM_{OTA,S3} = 7.20\%$ 。经过公式(4)的计算,得到OTA测试情况下待测器件自身引起的矢量误差为 $EVM_{DUT}^2(-25dBm) = 5.82\%$ 。

[0101] 实施例3:

[0102] 为验证本发明EVM测量结果的准确性,实施例2采用的待测器件DUT组成如图6所示,由三个部分组成:DUT射频模块、DUT天线和DUT射频线缆;DUT射频线缆连接着DUT射频模块与DUT天线,可以通过拆除DUT射频线缆的方式使DUT射频模块和DUT天线分开,其中DUT射频模块由LNA功放模块构成,DUT天线为英联微波的多倍频程喇叭天线LB-180400-KF,与实施例2所采用的天线一致,DUT射频线缆与实施例2所采用的射频线缆一致。

[0103] 由于DUT天线与实施例2所采用的天线一致,可认为 $EVM_A^2 = EVM_{A11}^2 = EVM_{A12}^2 = EVM_{A22}^2$ ;通过公式(1)~公式(4)计算得到在矢量信号发生器VSG发射功率为 $P_{TX}$ 条件下,待测器件中DUT射频模块EVM值 $EVM_{RF}^2(P_{TX})$ ,  $EVM_{RF}^2(P_{TX})$ 表示为:

$$[0104] \quad EVM_{RF}^2(P_{TX}) = \sqrt{EVM_{OTA,S2}^2 - EVM_{OTA,S1}^2} \quad (5)。$$

[0105] 采用实施例2测量到的数据,经过公式(5)的计算,得到OTA测试情况下待测器件的DUT射频模块自身引起的矢量误差为 $EVM_{RF}^2(-25dBm) = 5.36\%$

[0106] 对DUT射频模块采用传导法进行EVM测量,测量结果为5.23%

[0107] 对于DUT射频模块,将传导法EVM测量结果和本发明EVM测量结果进行对比,数据对比如表6所示:

[0108] 表6传导法EVM测量结果与本发明EVM测量结果对比

| [0109] | 传导法EVM测量 | 本发明EVM测量 | 两者差值 |
|--------|----------|----------|------|
| EVM(%) | 5.23     | 5.36     | 0.13 |

[0110] 从实施例3测试结果可以表明,在OTA测试系统中,利用三种不同的硬件连接方式,分离得到待测仪器中的DUT射频模块误差矢量值,和传导法测量得到的结果相差在0.13%,可以视为在实验误差范围之内。

[0111] 本实施例采用一种适用于OTA测试环境下的EVM测量方法。通过三种不同的硬件连接方式,排除了设备因素,环境因素对待测器件EVM的测量影响,计算得到由待测器件自身引起的误差矢量幅度。为天线与射频模块一体化的待测器件提供一种新的EVM测量方法。

[0112] 本发明虽然已以较佳实施例公开如上,但其并不是用来限定本发明,任何本领域技术人员在不脱离本发明的精神和范围内,都可以利用上述揭示的方法和技术内容对本发明技术方案做出可能的变动和修改,因此,凡是未脱离本发明技术方案的内容,依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化及修饰,均属于本发明技术方案的保护范围。

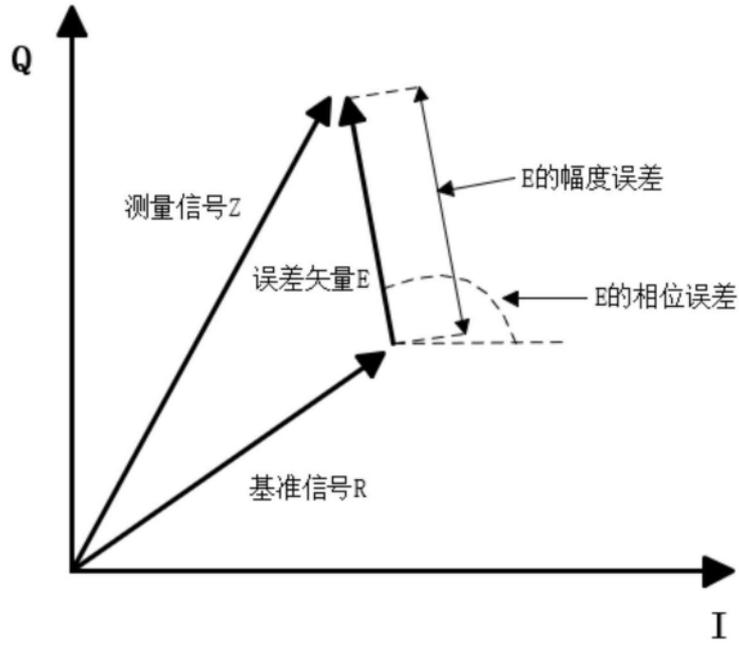


图1

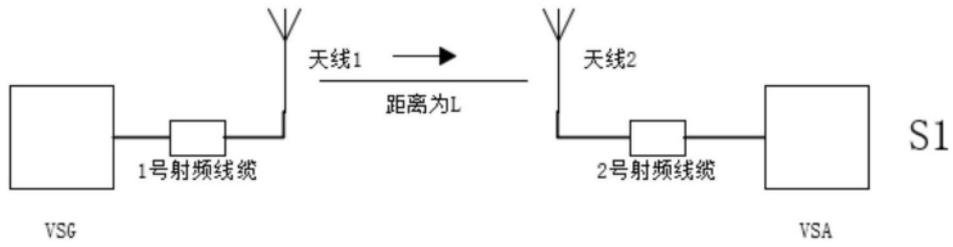


图2

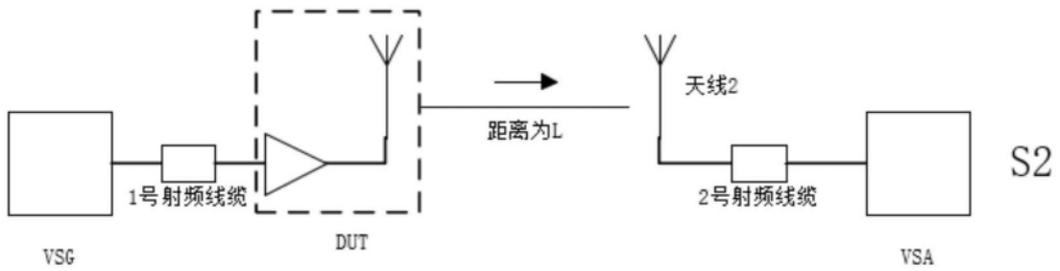


图3

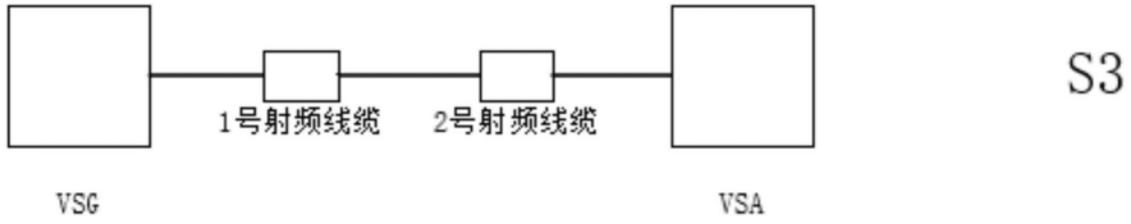


图4

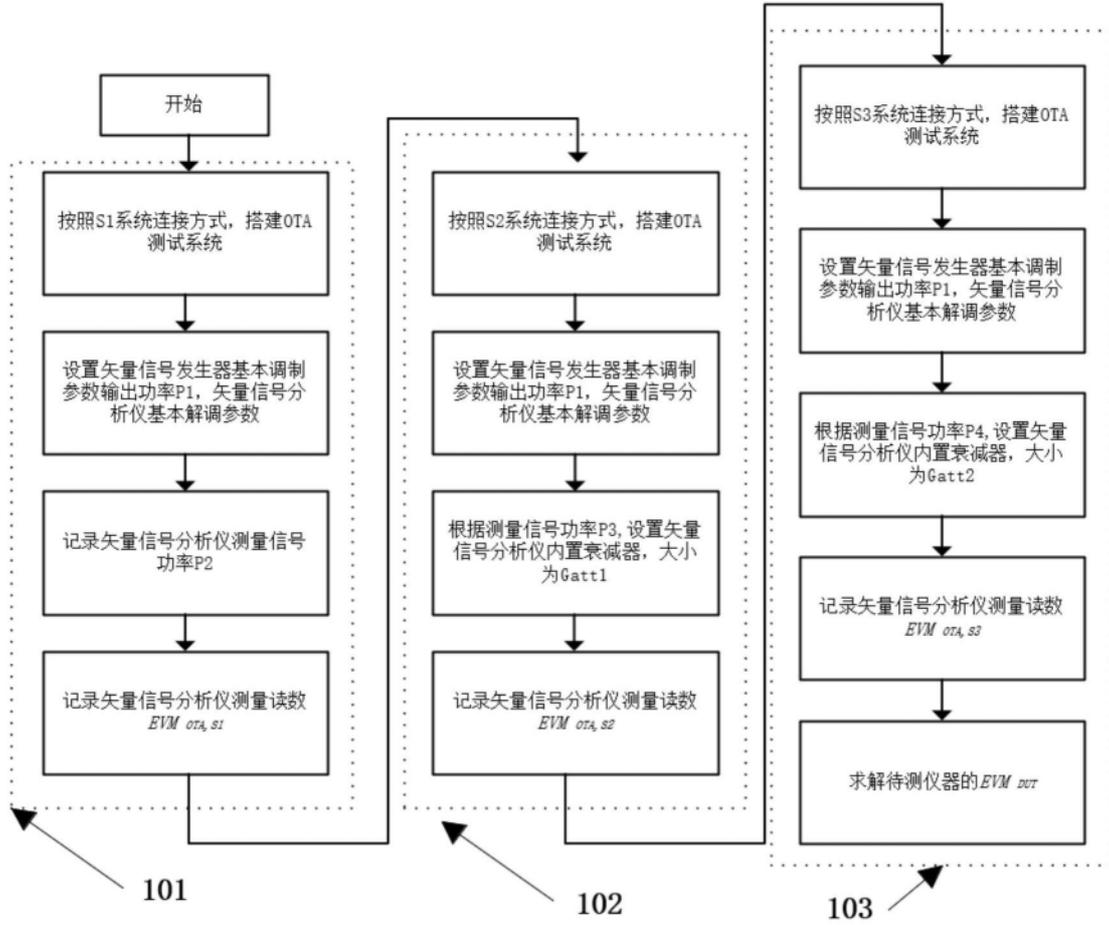


图5

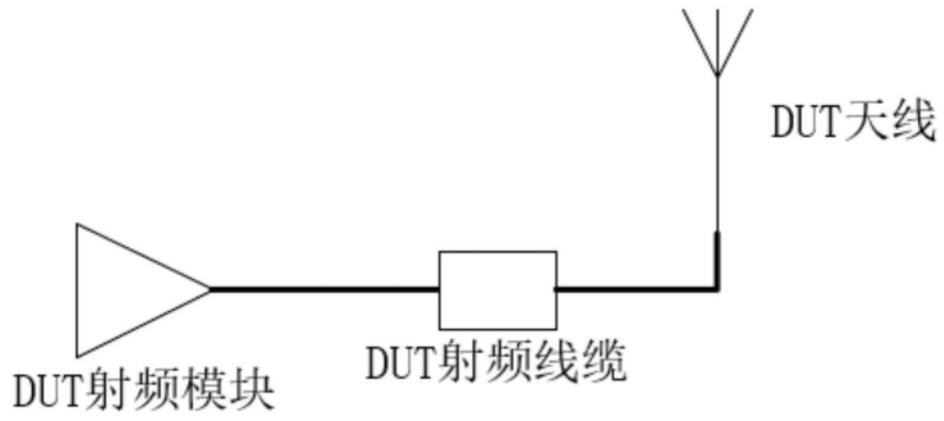


图6