



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103217589 A

(43) 申请公布日 2013. 07. 24

(21) 申请号 201310092672. 5

(22) 申请日 2013. 03. 21

(71) 申请人 陕西飞机工业(集团)有限公司
地址 723213 陕西省汉中市陕西汉中 34 号
信箱

(72) 发明人 周继春 杨智辉 刘焱 张秦洲
石彩云 苏陆锋 李汉西 高小红
张青 许晓岚

(74) 专利代理机构 中国航空专利中心 11008
代理人 杜永保

(51) Int. Cl.
G01R 29/10(2006. 01)

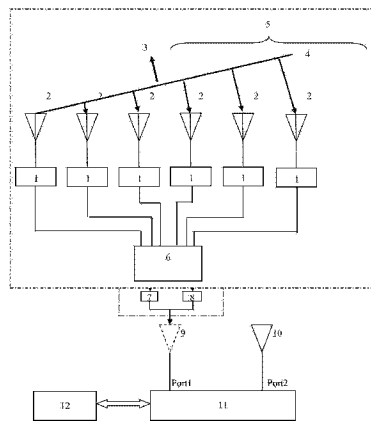
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种相控阵列天线等效隔离度测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种飞机天线工程等效测试方法,特别是一种相控阵列天线等效隔离度测试方法。本发明首先对阵列天线隔离度进行计算,随后选定相控阵列天线中的任意单元阵子作为测试参考点,然后计算阵列天线的增益修正系数。本发明能够成功解决由于阵列天线相位合成变化引起天线主瓣及天线增益的不确定性导致的工程测试偏差。通过引入相位合成后的增益、天线阵列角度对波束宽度偏差等修正系数,将相控阵列天线变成等效单元天线。这种方法适合相控阵列天线与单元天线、阵列天线与阵列天线之间的隔离度工程测试,也可推广到各类武器装备平台上的阵列天线隔离度工程测试。



1. 一种相控阵列天线等效隔离度测试方法,其特征在于,利用到一个由测控计算机为核心的测试系统,采集相控阵列天线的信息和等效链路(5)另一端的耦合能量,测试系统由测控计算机(12)和矢量网络分析仪(11)组成,通过矢量网络分析仪(11)采集相控阵列天线的角度(14)、频率(15)与幅值(13)等数据信息,输送到测控计算机(12)进行数据处理并自动绘制输出角度(14)、频率(15)与幅值(13)的三维曲线;

包括以下步骤:

步骤一、选定相控阵列天线中的任意单元阵子作为测试参考点;

步骤二、计算阵列天线的增益修正系数:

相控阵列单元间隔为半个波长的相控阵列天线的增益修正系数可由下式求出:

$$G(\text{dB}) = 10\lg(N)$$

其中, G 为相控阵列天线的增益修正系数; N 为相控阵列的单元数;

步骤三、计算阵列天线角度对波束宽度的修正系数:

$$C(\text{dB}) = 10\lg(\cos\theta)$$

其中, $C(\text{dB})$ 是阵列天线角度对波束宽度的修正系数, θ 为视轴偏离角;

步骤四、对阵列天线隔离度进行计算:

$$L_{\text{antenna}}(\text{dB}) = L_{\text{measurement}}(\text{dB}) - G(\text{dB}) - C(\text{dB})$$

其中 $L_{\text{antenna}}(\text{dB})$ 为阵列天线隔离度, $L_{\text{measurement}}(\text{dB})$ 为未经修正前矢量网络分析仪(11)实际测量值, $G(\text{dB})$ 为步骤二所得的阵列天线的增益修正系数, $C(\text{dB})$ 为步骤三所得的阵列天线角度对波束宽度的修正系数。

一种相控阵列天线等效隔离度测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种飞机天线测试领域,具体地说,是关于相控阵列天线与单元天线、阵列天线与阵列天线之间的等效隔离度测试方法。

背景技术

[0002] 天线隔离度测试主要用于飞机天线布局设计,对于特种飞机的研制至关重要。国内在相控阵列天线隔离度测试方法上,还是以阵列天线的每个单元阵子为测试对象,分别与其它相关联的单元天线一一对应测试,开展了基于研究单元天线对象特点的隔离度测试方法研究,取得了一定的成果。目前飞机的天线隔离度测试方法是建立在单元天线机载收发设备间能量传输关系的基础上。不足之处是这种测试方法都是基于单元天线之间的隔离度测试方法,对于相控阵列天线来说,阵列天线的波束辐射特性主要通过相位合成实现,阵列单元天线已无法表征阵列天线的辐射特性,而且阵列天线由几十个甚至上百个单元阵子天线组成,每个阵子距离和方向性不一致,通过单元阵子天线测试得到的数据不能准确反映相控阵列天线与单元天线之间、阵列天线与阵列天线之间的真实隔离度结果,结果偏差太大,不符合设计的实际情况,而且对阵子单元分别测试的周期长,工程应用性差。为此,需要研究一种阵列天线等效成单元天线的方法,保证工程测试结果的准确性。

发明内容

[0003] 发明目的:本发明提供了一种相控阵列天线等效隔离度工程测试方法,克服了现有技术中的不足。

[0004] 技术方案:

[0005] 一种相控阵列天线等效隔离度测试方法,利用到一个由测控计算机为核心的测试系统,采集相控阵列天线的信息和等效链路 5 另一端的耦合能量,测试系统由测控计算机 12 和矢量网络分析仪 11 组成,通过矢量网络分析仪 11 采集相控阵列天线的角度 14、频率 15 与幅值 13 等数据信息,输送到测控计算机 12 进行数据处理并自动绘制输出角度 14、频率 15 与幅值 13 的三维曲线;

[0006] 包括以下步骤:

[0007] 步骤一、选定相控阵列天线中的任意单元阵子作为测试参考点;

[0008] 步骤二、计算阵列天线的增益修正系数:

[0009] 相控阵列单元间隔为半个波长的相控阵列天线的增益修正系数可由下式求出:

[0010] $G(\text{dB}) = 10\lg(N)$

[0011] 其中, G 为相控阵列天线的增益修正系数; N 为相控阵列的单元数;

[0012] 步骤三、计算阵列天线角度对波束宽度的修正系数:

[0013] $C(\text{dB}) = 10\lg(\cos\theta)$

[0014] 其中, $C(\text{dB})$ 是阵列天线角度对波束宽度的修正系数, θ 为视轴偏离角。

[0015] 步骤四、对阵列天线隔离度进行计算:

[0016] $L_{\text{antenna}}(\text{dB}) = L_{\text{measurement}}(\text{dB}) - G(\text{dB}) - C(\text{dB})$

[0017] 其中 $L_{\text{antenna}}(\text{dB})$ 为阵列天线隔离度, $L_{\text{measurement}}(\text{dB})$ 为未经修正前矢量网络分析仪(11)实际测量值, $G(\text{dB})$ 为步骤二所得的阵列天线的增益修正系数, $C(\text{dB})$ 为步骤三所得的阵列天线角度对波束宽度的修正系数。

[0018] 有益效果:与现有技术相比,本发明解决了单元天线测试方法应用到相控阵列天线测试产生的偏差和不足,提高了相控阵列天线隔离度测试的精度和测试效率。本发明提高了测试结果精度,相比单元天线,由于相控阵列天线的单元距离、角度、极化方式等因素影响,导致测试数据偏差较大,以理论计算和仿真计算综合测试数据对比分析,测试精度提高 80 % 左右。本发明还提升了测试工作的效率,传统的相控阵列天线测试,需要对每个阵子单元与相关的单元天线或者其它阵列天线的单元阵子一一对应测试,然后对每个阵子单元的隔离度结果进行分析。以两个相控阵列天线之间的隔离度测试为例,每个相控阵列天线包含 40 个阵子单元,按照一台设备同时 4 个通道进行测试,需要测试 1600 组(40×40)数据,每组数据测试采集需要 5 分钟,完成两个阵列天线测试工作需要 30 小时。而将相控阵列天线看成一个单元天线测试,只需要一台设备 1 个通道工作,仅需 5 分钟,工作效率提高很多。特别是阵列天线单元比较多时,更能节约时间,提高工作效率。

[0019] 该等效测试方法也可以用于其他工作原理的阵列天线隔离度工程测试。

附图说明

[0020] 图 1 是相控阵列天线等效测试系统构成示意图。

[0021] 图 2 是由角度、频率和幅度组成的三维坐标系。

[0022] 图 3 是相控阵列天线角度对波束宽度的影响。

[0023] 其中,1- 移相器,2- 阵列单元,3- 阵列天线选定的方向,4- 相对相位延迟,5- 等效链路,6- 信号分路器和合成器,7- 阵列天线增益系数,8- 角度对波束宽度的修正系数,9- 等效单元发射天线,10- 单元接收天线,11- 矢量网络分析仪,12- 测控计算机,13- 幅度,14- 角度,15- 频率,16- 偏离视轴的角度,17- 波束方向。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明,请参阅图 1 至图 3。

[0025] 如图 1 所示,为本发明利用到的测试系统构成示意图;本发明利用到一个由测控计算机为核心的测试系统,采集相控阵列天线的信息和等效链路 5 另一端的耦合能量,测试系统由测控计算机 12 和矢量网络分析仪 11 组成,通过矢量网络分析仪 11 采集相控阵列天线的角度 14、频率 15 与幅值 13 等数据信息,输送到测控计算机 12 进行数据处理并自动绘制输出角度 14、频率 15 与幅值 13 的三维曲线。

[0026] 依据相控阵列天线工作原理,分析相控阵列天线的相位合成时每个阵子单元的角度对阵列天线波束宽度的影响、每个阵子单元的角度对天线增益的影响,分析相控阵列天线主瓣方向、波束宽度和增益变化给测试带来的变化,采集相控阵列天线的相关参数,建立收发天线之间角度 14、频率 15 和幅度 13 三维坐标系,采取工程方法来研究在阵列天线选定的方向 3 和相对相位延迟 4 上的等效链路 5,计算阵列天线增益修正系数 7、角度对波束宽度的修正系数 8 来抵消这种影响。附图 1 相控阵是与移相器 1 相连的一组天线。用做发射

天线时,待发射的信号被分配在天线中,调节每个天线的信号的相位以使从某个阵列天线选定方向 3 观察的所有信号均同相,从而这些信号将叠加。当从其他角度观察的信号不同相时,信号就不叠加,这就形成了天线波束。用做接收天线阵时,移相器 1 使从阵列天线选定方向 3 接收的信号在信号分路器和合成器 6 中同相叠加。

[0027] 在线阵中,天线位于一条直线上,该直线受位于一个平面如水平面的移相器 1 的限制和控制。在这种情况下,阵列的波束宽度只取决于该平面的移相器 1。在其他方位如垂直方向的波束宽度则取决于该方向的各个天线的波束宽度。在平面阵中,天线排列在垂直和水平方向以控制垂直和水平方向的波束宽度,同时可由移相器 1 进行调节。移相器 1 产生的距离延迟等于信号波长 \times (相移 / 360°)。就宽频带工作来说,移相器 1 实际上就是“实时延迟”器件,它将使信号延迟一段时间,但延迟时间与信号的频率无关。如同其他类型的天线一样,相控阵列天线的波束宽度和增益也将相互影响。

[0028] 因为相控阵列天线对天线主瓣方向、波束宽度和增益变化给测试和分析带来的变化,必须结合相控阵的相关参数进行数据的采集,给出修正系数来抵消这种影响。测试或分析不可能仅仅局限在频率 15 和幅度 13 的关系上,而应该体现在由角度 14、频率 15 和幅度 13 组成的三维坐标系附图 2 当中,这样就可以形成一个跟角度 14 相关的一个隔离度平面,所有针对相控阵列天线与飞机上其他天线形成的链路的研究都应该是基于这个平面的。有了这个平面,任何单个角度上获得的结论都是片面的。

[0029] 通过修正后的相控阵列天线可以形成等效发射天线 9,等效发射天线 9 经过信号分路器和合成器 6 后通过矢量网络分析仪 11 测量端口 Port1,接收天线 10 通过矢量网络分析仪 11 测量端口 Port2,测量收发天线之间的角度 14 与频率 15 之间的幅值 13,输送到测控计算机 12 计算出隔离度 13。这种将相控阵列天线等效成单元天线后,可以保证工程测试的科学性和精确性。

[0030] 包括以下步骤:

[0031] 步骤一、选定相控阵列天线中的任意单元阵子作为测试参考点。分析该单元阵子与相控阵列天线之间的增益修正关系、角度对波束宽度的修正关系,分别计算修正系数;

[0032] 步骤二、计算阵列天线的增益修正系数:

[0033] 相控阵列单元间隔为半个波长的相控阵列天线的增益修正系数可由下式求出:

[0034] $G(\text{dB}) = 10 \lg(N)$

[0035] 其中, G 为相控阵列天线的增益修正系数; N 为相控阵列天线的单元数;

[0036] 例如,如果每个单元天线的增益为 6dB,且有 10 个单元数,那么相控阵列天线的增益将相比单元天线增加 10dB,即 16dB。

[0037] 步骤三、计算阵列天线角度对波束宽度的修正系数:

[0038] 相控阵列天线角度对波束宽度的影响,如同其他类型的天线一样,相控阵列天线的波束宽度和增益也将相互影响。具有偶极子阵元的相控阵的波束宽度由公式可以计算出来。具有偶极子阵元的相控阵的波束宽度由下式确定:

[0039] 波束宽度 = $102/N$

[0040] 其中, N 为阵列天线的单元数,波束宽度的单位为度。

[0041] 例如,10 个单元的水平阵列天线的水平波束宽度为 10.2° ,这是在与阵列天线的方位成直角的方向上的波束宽度。对增益较高的阵列天线而言,波束宽度等于阵元波束宽

度除以 N 。随着波束偏离阵列视轴一个角度,波束宽度将增大的倍数等于该角度的余弦值。在波束宽度为 10.2° 的情况下,若波束被控制到距视轴 45° 的位置,则波束宽度会增加到 14.4° ,相应相控阵列天线的增益下降的倍数等于视轴偏离角 (16) 的余弦。

[0042] 阵列天线角度对波束宽度的修正系数为:

$$[0043] \quad C(\text{dB}) = 10 \lg(\cos \theta)$$

[0044] 其中, $C(\text{dB})$ 是阵列天线角度对波束宽度的修正系数, θ 为视轴偏离角。

[0045] 步骤四、对阵列天线隔离度进行计算:

$$[0046] \quad L_{\text{antenna}}(\text{dB}) = L_{\text{measurement}}(\text{dB}) - G(\text{dB}) - C(\text{dB})$$

[0047] 其中 $L_{\text{antenna}}(\text{dB})$ 为阵列天线隔离度, $L_{\text{measurement}}(\text{dB})$ 为未经修正前矢量网络分析仪(11)实际测量值, $G(\text{dB})$ 为步骤二所得的阵列天线的增益修正系数, $C(\text{dB})$ 为步骤三所得的阵列天线角度对波束宽度的修正系数。

[0048] 例如,有 10 个单元的相控阵列天线,选定中间某个单元天线为参考点,利用矢量网络分析仪实际测量值为 75dB ,步骤二计算所得的阵列天线的增益修正系数 $G(\text{dB})$ 为 10dB ,在 45° 视轴偏离角的位置,步骤三所得的阵列天线角度对波束宽度的修正系数 $C(\text{dB})$ 为 -1.5dB ,计算等效隔离度最终结果为 66.5dB 。

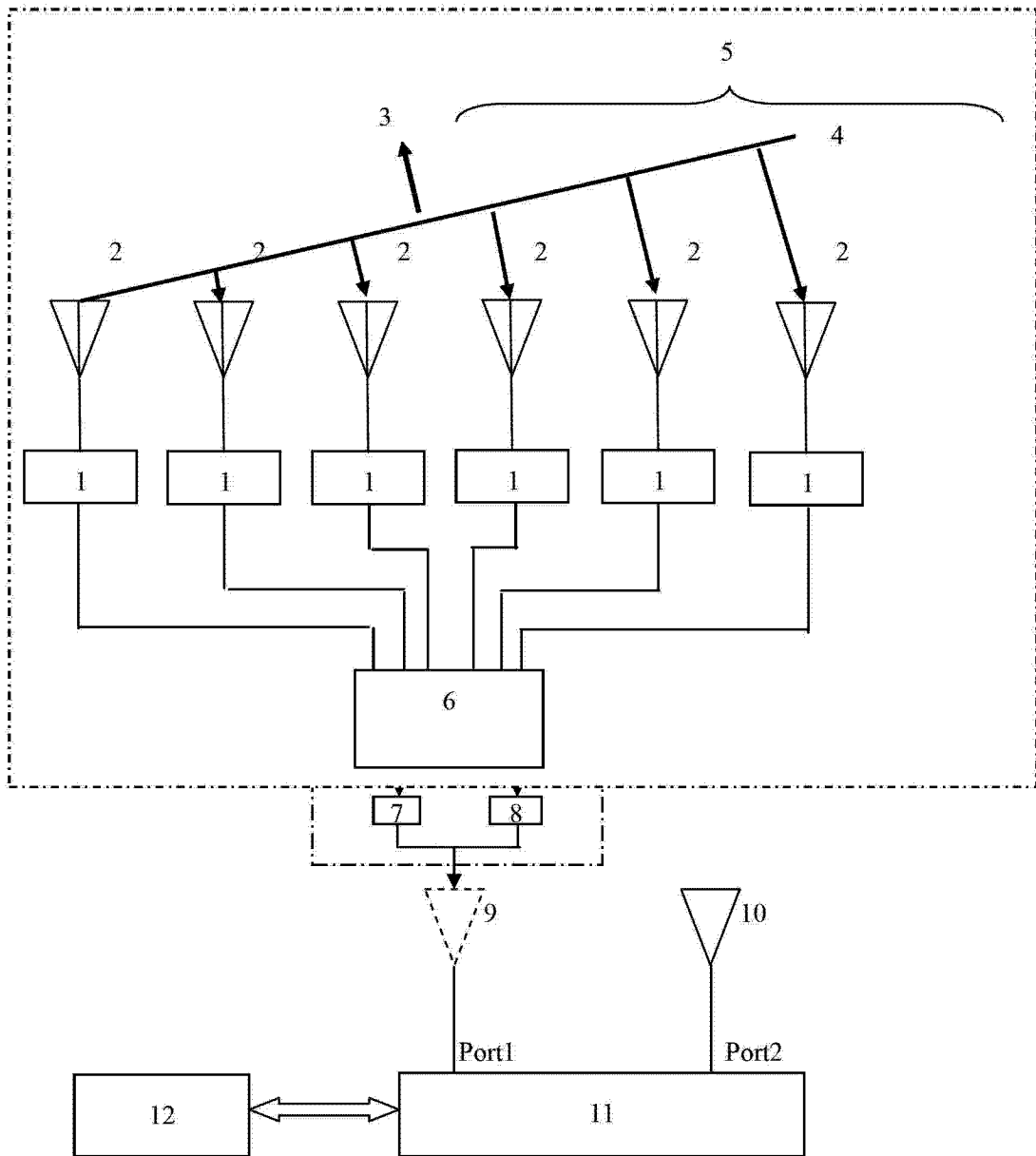


图 1

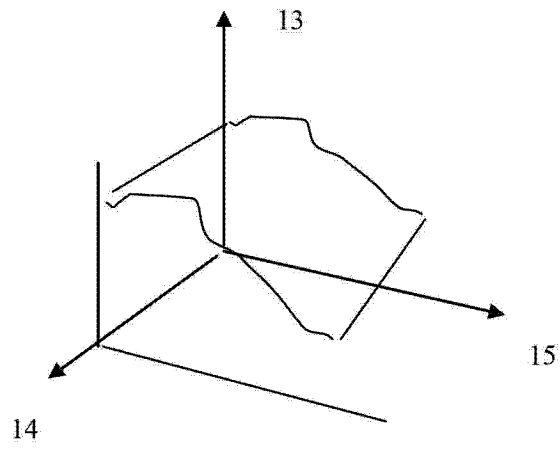


图 2

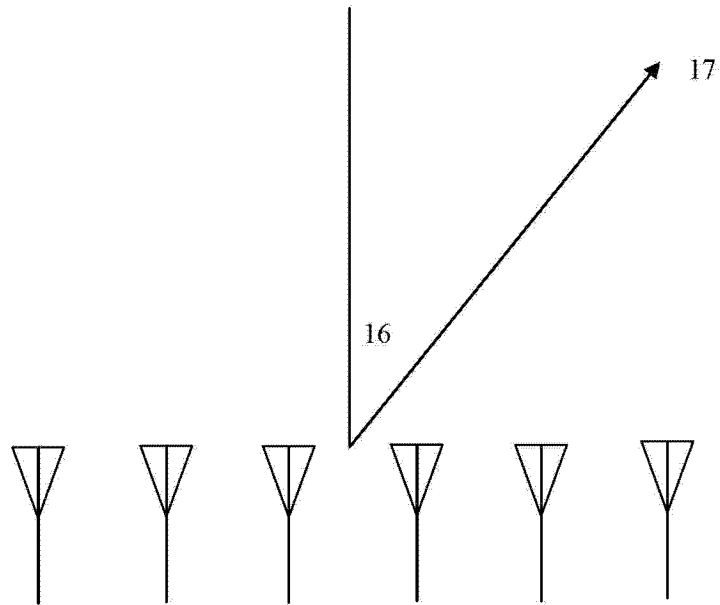


图 3