



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105467245 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201510940440. X

(22) 申请日 2015. 12. 16

(71) 申请人 北京交大思诺科技股份有限公司
地址 100081 北京市海淀区大柳树富海中心
2号楼 1303室

(72) 发明人 王永和 吕彦斌 许宏光 刘洋
刘星宇 赵明 王飞月

(51) Int. Cl.
G01R 31/00(2006. 01)
H04B 17/12(2015. 01)
H04B 17/21(2015. 01)

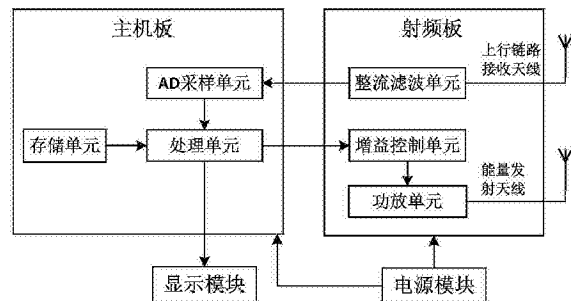
权利要求书4页 说明书12页 附图4页

(54) 发明名称

便携式应答器输入输出特性测试仪及测试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种便携式应答器输入输出特性测试仪,包括主机板,射频板,电源模块,显示模块;所述主机板包括处理单元,存储单元,AD采样单元;所述射频板包括增益控制单元,功放单元,能量发射天线,整流滤波单元,上行链路接收天线;所述便携式应答器输入输出特性测试仪具有测试模式和校准模式。本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪,重量轻、便于携带,因此可以对故障应答器或需要检修的应答器进行现场检测,能够得到使用环境因素影响下的第一手资料,从而减少了因环境改变导致的应答器拆卸回工厂或实验室时应答器故障无法复现的情况。本发明还公开了用于上述便携式应答器输入输出特性测试仪的测试方法。



1. 一种便携式应答器输入输出特性测试仪,包括主机板,射频板,电源模块,显示模块;所述主机板包括处理单元,存储单元,AD采样单元;所述射频板包括增益控制单元,功放单元,能量发射天线,整流滤波单元,上行链路接收天线;所述便携式应答器输入输出特性测试仪具有测试模式和校准模式;在测试模式下,

所述处理单元分别与存储单元、AD采样单元、显示模块、增益控制单元连接,

所述处理单元,用以向增益控制单元发送档位控制命令;并分别读取AD采样单元的测量电压和存储单元中在校准模式下存储的、与所述档位控制命令对应的校准电压进行计算比较;将测量电压和比较结果发送给显示模块;

增益控制单元根据处理单元的档位控制命令,控制功放单元通过能量发射天线发出与档位控制命令对应的标准发射磁通量,使得被测应答器接收到标准接收磁通量;

功放单元用以通过能量发射天线向被测应答器输出具有对应于所述档位控制命令的标准发射磁通量的标准激励信号;

能量发射天线,用以通过电磁耦合方式通过空气接口向被测应答器发射所述标准发射磁通量的标准激励信号;

上行链路接收天线,用以通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气接口传输的上行链路信号;

整流滤波单元用以将上行链路接收天线接收到的上行链路信号进行整流、滤波;

AD采样单元对整流滤波处理后的上行链路信号进行模数转换,得到测量电压。

2. 根据权利要求1所述的便携式应答器输入输出特性测试仪,其特征在于,所述校准模式包括能量发射天线校准阶段和上行链路接收天线校准阶段;

在校准模式下,

所述处理单元,在能量发射天线校准阶段,向增益控制单元发送档位控制命令;

所述处理单元,在上行链路接收天线校准阶段,采集AD采样单元的校准电压,并将其与相应的标准接收磁通量的对应关系存储到存储单元;

所述增益控制单元,在能量发射天线校准阶段,根据处理单元发出的档位控制命令,调整功放单元的输出大小,直至能量发射天线发出的试探磁通量与外部校准设备感应到的标准接收磁通量相同,固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应;

功放单元,在能量发射天线校准阶段,通过能量发射天线向外部校准设备发出试探磁通量;根据所述增益控制单元的调整,改变发出的试探磁通量的大小;

能量发射天线,在能量发射天线校准阶段,用以通过电磁耦合方式通过空气接口向外部校准设备发射具有不同试探磁通量的激励信号;

上行链路接收天线,在上行链路接收天线校准阶段,用以通过电磁耦合方式接收外部校准设备通过空气接口传输的标准上行链路信号;

整流滤波单元,在上行链路接收天线校准阶段,用以将上行链路接收天线接收到的标准上行链路信号进行整流、滤波;

AD采样单元对整流滤波处理后的标准上行链路信号进行模数转换,得到校准电压。

3. 根据权利要求2所述的便携式应答器输入输出特性测试仪,其特征在于,

所述标准接收磁通量为3个,分别是第一标准接收磁通量 Φ_{d1} 、第二标准接收磁通量 Φ

d2、第三标准接收磁通量 $\Phi d3$,其中第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 是被测应答器的启动磁通量,表示在该第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的激励下,应答器必须启动;

所述校准电压为3个,分别是 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$; $Eu1c$ 是外部校准设备或被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,表征上行链路场强的上行链路整流电压的最小允许值; $Eu2c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰下限曲线上的最大值; $Eu3c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰上限曲线上的最大值;

所述测量电压为3个,分别是 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$; $Eu1$ 为被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,对被测应答器此时发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu2$ 为被测应答器感应到第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu3$ 为被测应答器感应到第三标准接收磁通量 $\Phi d3$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; 测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 同时满足以下三式,则认为被测应答器的输入输出特性符合要求:

$$Eu1c < Eu1 < (Eu3c \div \Phi d3) \times \Phi d1;$$

$$Eu2c < Eu2 < Eu3c;$$

$$[(Eu2c - Eu1c) \div (\Phi d2 - \Phi d1)] \times (\Phi d3 - \Phi d1) + Eu1c < Eu3 < Eu3c。$$

4. 根据权利要求2或3所述的便携式应答器输入输出特性测试仪,其特征在于,

所述的标准激励信号和激励信号是27.095MHz的连续正弦波的射频;所述的标准上行链路信号和上行链路信号是4.23MHz的FSK调制信号。

5. 根据权利要求1至4之一所述的便携式应答器输入输出特性测试仪,其特征在于,

所述的便携式应答器输入输出特性测试仪与被测应答器之间的间距为5至30mm。

6. 根据权利要求1至5之一所述的便携式应答器输入输出特性测试仪,其特征在于,

所述能量发射天线的面积为 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 至 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$;所述上行链路接收天线的面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 至 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。

7. 一种用于权利要求1至6之一所述的便携式应答器输入输出特性测试仪的测试方法,包括校准阶段和测试阶段;

所述测试阶段包括以下步骤:

S310: 将能量发射天线、上行链路接收天线与被测应答器按测试配置设置;

S320: 处理单元向增益控制单元发出档位控制命令;所述档位控制命令与档位相对应,所述档位是与标准接收磁通量相对应的档位;

S330: 增益控制单元控制功放单元通过能量发射天线向被测应答器输出与所述档位控制命令相对应的标准激励信号;

S340: 被测应答器接收到所述标准激励信号,并以电磁耦合方式向上行链路接收天线发出上行链路信号;

S350: 上行链路接收天线通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气传输的上行链路信号,经过整流滤波、模数转换后,得到相应的测量电压;

S360: 所述处理单元采集所述测量电压,将所述测量电压与存储单元中在校准模式下存储的校准电压以及标准接收磁通量进行计算比较;

S370: 重复步骤S320至S350,分别以其它标准接收磁通量及其相对应的档位控制命令

分别代替上述步骤中的标准接收磁通量及其档位控制命令,得到与标准接收磁通量及其档位相对应的所有测量电压;

S380:重复步骤360,将所有测量电压进行计算比较;

S390:将上述测量电压和比较结果发送给显示模块。

8.根据权利要求7所述的测试方法,其特征在于,所述校准阶段包括能量发射天线校准阶段和上行链路接收天线校准阶段;外部校准设备包括参考回路;

所述能量发射天线校准阶段包括以下步骤:

S110:将能量发射天线与外部校准设备按测试配置设置;

S120:打开功放单元,使能量发射天线向外部校准设备发出试探磁通量;

S130:根据档位控制命令,调节增益控制单元,从而调整功放单元的输出大小,使能量发射天线发出不断调整的试探磁通量,使得外部校准设备的接收磁通量达到标准接收磁通量;

S140:固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应;

所述上行链路接收天线校准阶段包括以下步骤:

S210:将上行链路接收天线与外部校准设备按测试配置设置;

S220:打开外部校准设备,使其向上行链路接收天线发出上行链路信号;

S230:调整外部校准设备的输出,使其参考回路的环路电流达到标准环路电流,此时参考回路发出的调制信号即为标准上行链路信号;

S240:上行链路接收天线接收所述标准上行链路信号;通过整流、滤波将所述标准上行链路信号整流为直流,再对其通过模数转换,得到与标准环路电流相应的校准电压;

S250:重复步骤S230、S240,以其它的标准环路电流替换步骤230、240的标准环路电流,得到与标准接收磁通量相对应的所有校准电压。

9.根据权利要求7或8所述的测试方法,其特征在于,

所述标准接收磁通量为3个,分别是第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 、第三标准接收磁通量 $\Phi d3$,其中第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 是被测应答器的启动磁通量,表示在该第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的激励下,应答器必须启动;

所述校准电压为3个,分别是 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$; $Eu1c$ 是外部校准设备或被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,表征上行链路场强的上行链路整流电压的最小允许值; $Eu2c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰下限曲线上的最大值; $Eu3c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰上限曲线上的最大值;

所述测量电压为3个,分别是 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$; $Eu1$ 为被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,对被测应答器此时发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu2$ 为被测应答器感应到第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu3$ 为被测应答器感应到第三标准接收磁通量 $\Phi d3$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压;测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 同时满足以下三式,则认为被测应答器的输入输出特性符合要求:

$$Eu1c < Eu1 < (Eu3c \div \Phi d3) \times \Phi d1;$$

$$Eu2c < Eu2 < Eu3c;$$

$[(E_{2c}-E_{1c})\div(\Phi_{d2}-\Phi_{d1})]\times(\Phi_{d3}-\Phi_{d1})+E_{1c}<E_{3c}<E_{3c}。$

便携式应答器输入输出特性测试仪及测试方法

技术领域

[0001] 本发明涉及铁路通信信号领域列车运行控制系统的点式应答器传输系统,尤其是一种便携式应答器输入输出特性测试仪及测试方法。

背景技术

[0002] 应用在我国高速客运专线的列车运行信号控制系统(CTCS-2和CTCS-3)都依赖着地面应答器。地面应答器(简称应答器)是一种通过车地信息传输技术,在线路的关键位置,将行车安全相关的关键线路数据(称为报文)提供给车载控制装置,以实现自动化的高速安全运行控制的点式设备。

[0003] 应答器的工作原理是:地面的各种线路数据(如线路长度、坡度、弯道、公里标、换相等)均由应答器存储;当列车驶入应答器的作用区域时,列车的车载BTM(应答器传输模块,Balise Transmission Module的简称)天线向地面辐射27MHz的能量,应答器得到能量后,立即将其存储的线路数据以载频4.23M的FSK调频方式向列车传送,由车载BTM天线接收。列车接收到应答器的信息后,经过放大、解调、译码最后再由列车控制系统实现自动控车。

[0004] 由于应答器已广泛应用于各大铁路干线及客运专线,如果应答器出现异常,轻则影响行车效率,重则造成列车运行事故,因此对应答器的测试要求越来越高,对应答器测试手段、测试过程的快捷性、方便性的需求也越来越急迫。对于应答器的现场测试,通常采用应答器读写器(也称报文读写器)向应答器写入报文,然后通过读取刚写入的报文检查报文的正确性。但是报文读写器体积大,重量沉,携带不方便,且单价昂贵,而且仅能对应答器中存储的报文的正确性进行测试,而缺少对应答器I/O特性的检测与判断。一旦应答器本身发生故障或应答器传输过程中发生错误,依然会影响到行车效率和行车安全。

[0005] 应答器的输入输出特性(简称I/O特性)是应答器的一个非常重要的参数,用以衡量应答器在接收到一定的磁通量时的输出特性。例如,若应答器很敏感,即应答器接收到的磁通量较低,却输出较高的电流或电压,高于串扰上限曲线(参见图3b),则该应答器有可能会在列车经过其旁边设置的其它应答器时,将自身报文信号发送给列车,从而有可能导致对列车应接收信号的串扰;相反,若应答器接收到的磁通量很大,但输出较低的电流或电压,低于串扰下限曲线(参见图3b),则该应答器在列车经过其上方时,输出的报文信号很弱,无法被列车的车载设备接收,会造成应答器“丢点”。这两种情况在高安全要求的铁路领域都是不允许的。因此应答器的输入输出特性的测试非常重要。而目前仅在实验室的大型应答器测试仪上能测试该参数,不能满足现场测量应答器输入输出特性的要求。

发明内容

[0006] 为了解决上述对应答器输入输出特性的现场测试问题,本发明提供了一种便携式应答器输入输出特性测试仪,能够在应答器发生故障的现场对应答器的输入输出特性进行测量,本发明还提供了一种用于便携式应答器输入输出特性测试仪的测试方法。

[0007] 一种便携式应答器输入输出特性测试仪,包括主机板,射频板,电源模块,显示模块;所述主机板包括处理单元,存储单元,AD采样单元;所述射频板包括增益控制单元,功放单元,能量发射天线,整流滤波单元,上行链路接收天线;所述便携式应答器输入输出特性测试仪具有测试模式和校准模式;在测试模式下,

[0008] 所述处理单元分别与存储单元、AD采样单元、显示模块、增益控制单元连接,

[0009] 所述处理单元,用以向增益控制单元发送档位控制命令;并分别读取AD采样单元的测量电压和存储单元中在校准模式下存储的、与所述档位控制命令对应的校准电压进行计算比较;将测量电压和比较结果发送给显示模块;

[0010] 增益控制单元根据处理单元的档位控制命令,控制功放单元通过能量发射天线发出与档位控制命令对应的标准发射磁通量,使得被测应答器接收到标准接收磁通量;

[0011] 功放单元用以通过能量发射天线向被测应答器输出具有对应于所述档位控制命令的标准发射磁通量的标准激励信号;

[0012] 能量发射天线,用以通过电磁耦合方式通过空气接口向被测应答器发射所述标准发射磁通量的标准激励信号;

[0013] 上行链路接收天线,用以通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气接口传输的上行链路信号;

[0014] 整流滤波单元用以将上行链路接收天线接收到的上行链路信号进行整流、滤波;

[0015] AD采样单元对整流滤波处理后的上行链路信号进行模数转换,得到测量电压。

[0016] 进一步地,所述校准模式包括能量发射天线校准阶段和上行链路接收天线校准阶段;

[0017] 在校准模式下,

[0018] 所述处理单元,在能量发射天线校准阶段,向增益控制单元发送档位控制命令;

[0019] 所述处理单元,在上行链路接收天线校准阶段,采集AD采样单元的校准电压,并将其与相应的标准接收磁通量的对应关系存储到存储单元;

[0020] 所述增益控制单元,在能量发射天线校准阶段,根据处理单元发出的档位控制命令,调整功放单元的输出大小,直至能量发射天线发出的试探磁通量与外部校准设备感应到的标准接收磁通量相同,固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应;

[0021] 功放单元,在能量发射天线校准阶段,通过能量发射天线向外部校准设备发出试探磁通量;根据所述增益控制单元的调整,改变发出的试探磁通量的大小;

[0022] 能量发射天线,在能量发射天线校准阶段,用以通过电磁耦合方式通过空气接口向外部校准设备发射具有不同试探磁通量的激励信号;

[0023] 上行链路接收天线,在上行链路接收天线校准阶段,用以通过电磁耦合方式接收外部校准设备通过空气接口传输的标准上行链路信号;

[0024] 整流滤波单元,在上行链路接收天线校准阶段,用以将上行链路接收天线接收到的标准上行链路信号进行整流、滤波;

[0025] AD采样单元对整流滤波处理后的标准上行链路信号进行模数转换,得到校准电压。

[0026] 进一步地,所述标准接收磁通量为3个,分别是第一标准接收磁通量 Φ_{d1} 、第二标

准接收磁通量 $\Phi d2$ 、第三标准接收磁通量 $\Phi d3$,其中第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 是被测应答器的启动磁通量,表示在该第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的激励下,应答器必须启动;

[0027] 所述校准电压为3个,分别是 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$; $Eu1c$ 是外部校准设备或被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,表征上行链路场强的上行链路整流电压的最小允许值; $Eu2c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰下限曲线上的最大值; $Eu3c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰上限曲线上的最大值;

[0028] 所述测量电压为3个,分别是 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$; $Eu1$ 为被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,对被测应答器此时发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu2$ 为被测应答器感应到第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu3$ 为被测应答器感应到第三标准接收磁通量 $\Phi d3$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; 测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 同时满足以下三式,则认为被测应答器的输入输出特性符合要求:

[0029] $Eu1c < Eu1 < (Eu3c \div \Phi d3) \times \Phi d1$;

[0030] $Eu2c < Eu2 < Eu3c$;

[0031] $[(Eu2c - Eu1c) \div (\Phi d2 - \Phi d1)] \times (\Phi d3 - \Phi d1) + Eu1c < Eu3 < Eu3c$ 。

[0032] 进一步地,所述的标准激励信号和激励信号是27.095MHz的连续正弦波的射频;所述的标准上行链路信号和上行链路信号是4.23MHz的FSK调制信号。

[0033] 进一步地,所述的便携式应答器输入输出特性测试仪与被测应答器之间的间距为5至30mm。

[0034] 进一步地,所述能量发射天线的面积为 $8mm \times 8mm$ 至 $20mm \times 20mm$;所述上行链路接收天线的面积为 $2mm \times 2mm$ 至 $8mm \times 8mm$ 。

[0035] 一种用于上述的便携式应答器输入输出特性测试仪的测试方法,包括校准阶段和测试阶段;

[0036] 所述测试阶段包括以下步骤:

[0037] S310:将能量发射天线、上行链路接收天线与被测应答器按测试配置设置;

[0038] S320:处理单元向增益控制单元发出档位控制命令;所述档位控制命令与档位相对应,所述档位是与标准接收磁通量相对应的档位;

[0039] S330:增益控制单元控制功放单元通过能量发射天线向被测应答器输出与所述档位控制命令相对应的标准激励信号;

[0040] S340:被测应答器接收到所述标准激励信号,并以电磁耦合方式向上行链路接收天线发出上行链路信号;

[0041] S350:上行链路接收天线通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气传输的上行链路信号,经过整流滤波、模数转换后,得到相应的测量电压;

[0042] S360:所述处理单元采集所述测量电压,将所述测量电压与存储单元中在校准模式下存储的校准电压以及标准接收磁通量进行计算比较;

[0043] S370:重复步骤S320至S350,分别以其它标准接收磁通量及其相对应的档位控制命令分别代替上述步骤中的标准接收磁通量及其档位控制命令,得到与标准接收磁通量及其档位相对应的所有测量电压;

- [0044] S380:重复步骤360,将所有测量电压进行计算比较;
- [0045] S390:将上述测量电压和比较结果发送给显示模块。
- [0046] 进一步地,所述校准阶段包括能量发射天线校准阶段和上行链路接收天线校准阶段;外部校准设备包括参考回路;
- [0047] 所述能量发射天线校准阶段包括以下步骤:
- [0048] S110:将能量发射天线与外部校准设备按测试配置设置;
- [0049] S120:打开功放单元,使能量发射天线向外部校准设备发出试探磁通量;
- [0050] S130:根据档位控制命令,调节增益控制单元,从而调整功放单元的输出大小,使能量发射天线发出不断调整的试探磁通量,使得外部校准设备的接收磁通量达到标准接收磁通量;
- [0051] S140:固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应;
- [0052] 所述上行链路接收天线校准阶段包括以下步骤:
- [0053] S210:将上行链路接收天线与外部校准设备按测试配置设置;
- [0054] S220:打开外部校准设备,使其向上行链路接收天线发出上行链路信号;
- [0055] S230:调整外部校准设备的输出,使其参考回路的环路电流达到标准环路电流,此时参考回路发出的调制信号即为标准上行链路信号;
- [0056] S240:上行链路接收天线接收所述标准上行链路信号;通过整流、滤波将所述标准上行链路信号整流为直流,再对其通过模数转换,得到与标准环路电流相应的校准电压;
- [0057] S250:重复步骤S230、S240,以其它的标准环路电流替换步骤230、240的标准环路电流,得到与标准接收磁通量相对应的所有校准电压。
- [0058] 进一步地,所述标准接收磁通量为3个,分别是第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 、第三标准接收磁通量 $\Phi d3$,其中第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 是被测应答器的启动磁通量,表示在该第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的激励下,应答器必须启动;
- [0059] 所述校准电压为3个,分别是 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$; $Eu1c$ 是外部校准设备或被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,表征上行链路场强的上行链路整流电压的最小允许值; $Eu2c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰下限曲线上的最大值; $Eu3c$ 是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰上限曲线上的最大值;
- [0060] 所述测量电压为3个,分别是 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$; $Eu1$ 为被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,对被测应答器此时发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu2$ 为被测应答器感应到第二标准接收磁通量 $\Phi d2$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; $Eu3$ 为被测应答器感应到第三标准接收磁通量 $\Phi d3$ 时,对被测应答器发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压; 测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 同时满足以下三式,则认为被测应答器的输入输出特性符合要求:
- [0061] $Eu1c < Eu1 < (Eu3c \div \Phi d3) \times \Phi d1$;
- [0062] $Eu2c < Eu2 < Eu3c$;
- [0063] $[(Eu2c - Eu1c) \div (\Phi d2 - \Phi d1)] \times (\Phi d3 - \Phi d1) + Eu1c < Eu3 < Eu3c$ 。
- [0064] 本发明的有益效果:本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪,重量轻、便于携

带,因此可以对故障应答器或需要检修的应答器进行现场检测,能够得到使用环境因素影响下的第一手资料,从而减少了因环境改变导致的应答器拆卸回工厂或实验室时应答器故障无法复现的情况。

附图说明

[0065] 下面结合附图及实施方式对本发明作进一步详细的说明:

[0066] 图1a是本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪在能量发射天线校准阶段的结构示意图。

[0067] 图1b是本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪在上行链路接收天线校准阶段的结构示意图。

[0068] 图2是本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪在测试模式下的结构示意图。

[0069] 图3a是标准环路电流表征上行链路场强的应答器输入输出特性曲线示意图。

[0070] 图3b是本发明一个实施例的上行链路整流电压表征上行链路场强的应答器输入输出特性曲线示意图。

[0071] 图3c是本发明一个实施例的上行链路整流电压表征上行链路场强的应答器输入输出特性曲线示意图。

[0072] 图4是本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪在能量发射天线校准阶段的校准示意图。

[0073] 图5是本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪在上行链路接收天线校准阶段的校准示意图。

[0074] 附图标记如下所示:

[0075] 1-参考回路;3-功率计;6-信号源;7-功放;9-能量发射天线;10-上行链路接收天线。

具体实施方式

[0076] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明确,下面结合实施例以及附图对本发明实施例中的技术方案做进一步详细说明。显然,所描述的实施例是本发明的一部分实施例,而不是全部实施例。在此,本发明的示意性实施方式及其说明主要用于解释本发明,但并不作为对本发明的限定。

[0077] 本发明一个实施例的便携式应答器输入输出特性测试仪,如图2所示,包括主机板,射频板,电源模块,显示模块;所述主机板包括处理单元,存储单元,AD采样单元;所述射频板包括增益控制单元,功放单元,能量发射天线;还包括整流滤波单元,上行链路接收天线。由于应答器与车载设备BTM是以电磁耦合方式、以射频通过空气传输,因此将空气称为空气接口。其中,由车载BTM天线向地面应答器发出的27.095MHz射频的空气接口定义为A4接口,该通信方向称为下行链路;应答器接收到上述27.095MHz射频之后启动并向BTM天线发出的4.23MHz的FSK(频移键控)调制信号的空气接口定义为A1接口,该通信方向称为上行链路。

[0078] 所述便携式应答器输入输出特性测试仪具有测试模式和校准模式。

[0079] 所述校准模式,如图1a、图1b所示,包括能量发射天线校准阶段(即能量发射天线通过空气接口的A4接口发射的27.095MHz连续正弦波的校准)和上行链路接收天线校准阶段(即上行链路接收天线通过空气接口的A1接口接收到的4.23MHz的FSK调制信号的校准)。

[0080] 在校准模式下的能量发射天线校准阶段,如图1a所示,所述处理单元向增益控制单元发送档位控制命令;所述增益控制单元,根据处理单元发出的档位控制命令,调整功放单元的输出的大小(比如输出功率或输出电流的大小),直至能量发射天线发出的试探磁通量与外部校准设备感应到的标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 相同,固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应。

[0081] 作为一个实施例,处理单元可以包含3个档位,相应地可以向增益控制单元发送3个档位控制命令。可以以3个二进制数代表3个档位,比如000代表关闭功放,001、010、100分别代表3个档位(档位与档位控制命令相对应),对应于控制功放单元通过能量发射天线由A4接口发出3个标准发射磁通量 $Efd1$ 、 $Efd2$ 、 $Efd3$,所述3个标准发射磁通量 $Efd1$ 、 $Efd2$ 、 $Efd3$ 能够使得外部校准设备/被测应答器的接收天线分别能接收到标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ (分别称为第一标准接收磁通量、第二标准接收磁通量、第三标准接收磁通量)。由档位控制命令指示增益控制单元控制功放单元输出对应的标准发射磁通量 $Efd1$ 、 $Efd2$ 、 $Efd3$ 。当然,除了上述实施例设置档位的方式,所述档位也可以以2个二进制数代表三挡,比如00代表关闭功放,01、10、11分别代表3个档位,上述实施例及本领域技术人员在上述实施例启发下能采用的其它方式也在本发明的保护范围之内。

[0082] 第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 是被测应答器的启动磁通量,表示在该第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的激励下,应答器必须启动。上述的第一接收磁通量 $\Phi d1$ 、第二接收磁通量 $\Phi d2$ 、第三接收磁通量 $\Phi d3$ 均参见《FFFIS for Eurobalise》(欧洲应答器型式适配功能接口规范)subset-036(3.0.0版;2012.2.24发行)(以下简称“规范036”),其具体值如下所示:

[0083] 表1.标准尺寸应答器特性:

[0084]

$Iu1=23mA$	$Iu2=37mA$	$Iu3=116mA$
$\Phi d1=7.7nVs$	$\Phi d2=12.2nVs$	$\Phi d3=9.2nVs$

[0085] 表2.缩小尺寸应答器特性:

[0086]

$Iu1=37mA$	$Iu2=59mA$	$Iu3=186mA$
$\Phi d1=4.9nVs$	$\Phi d2=7.7nVs$	$\Phi d3=5.8nVs$

[0087] 其中 $Iu1$ 、 $Iu2$ 、 $Iu3$ 为图3a中纵轴的、分别对应于横轴的标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 的标准环路电流值。在图3a中,纵轴实质上应为上行链路场强,而标准环路电流 $Iu1$ 、 $Iu2$ 、 $Iu3$ 仅是表征上行链路场强的一种形式。上述“规范036”规定的“标准尺寸应答器”激活的基准区域为 $358mm \times 488mm$;“缩小尺寸应答器”激活的基准区域为“ $200mm \times 390mm$,均指被测应答器的接收天线的尺寸。

[0088] 由于本发明要测量的应答器输入输出特性是依据上述“规范036”中的应答器输入输出特性曲线图(图3a)。但是“规范036”是针对实验室的应答器测试设备的大尺寸线圈制定的规范(“规范036”规定的应答器测试设备尺寸为:27.095MHz发射天线线圈约 $200mm \times 200mm$,4.23MHz接收天线线圈约 $40mm \times 40mm$);作为本发明的便携式设备,要求体积小、便于

携带、省电,因此不能照搬实验室的应答器测试设备的结构、尺寸和测量参数。本发明通过等效代替的方法实现了在小尺寸的便携式仪器上测量原本仅能在实验室的应答器测试设备上测量的参数。由于图3a纵轴的物理含义是表征上行链路场强的环路电流,重要的不是环路电流的形式,而是上行链路场强的本质,因此本发明使用采集的上行链路整流电压表征的上行链路场强,来等效于环路电流表征的上行链路场强,即以“上行链路整流电压表征上行链路场强的应答器输入输出特性图”(图3b)等效代替“规范036”中的上述“环路电流表征上行链路场强的应答器输入输出特性图”(图3a),这需要在校准过程中,以测量校准电压(本发明中,所述校准电压即标准上行链路整流电压)Eu1c、Eu2c、Eu3c代替图3a需要的、但通常应用于实验室的应答器测试设备中的标准环路电流Iu1、Iu2、Iu3,因此在校准阶段需确定出图3b中A点的标准接收磁通量 $\Phi d1$ (横轴坐标)及校准电压Eu1c(纵轴坐标),B点标准接收磁通量 $\Phi d2$ 及校准电压Eu2c,和C点的标准接收磁通量 $\Phi d3$ 及校准电压Eu3c。Eu1c是外部校准设备或被测应答器感应到第一标准接收磁通量 $\Phi d1$ 时,表征上行链路场强的上行链路整流电压的最小允许值,即图3b中的A点纵轴坐标;Eu2c是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰下限曲线上的最大值,即图3b中的B点纵轴坐标;Eu3c是表征上行链路场强的上行链路整流电压在串扰上限曲线上的最大值,即图3b中的C点纵轴坐标。在测试模式下,处理单元将采集到的测量电压Eu1、Eu2、Eu3(Eu1、Eu2、Eu3分别为被测应答器感应到第一、第二、第三标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 时,对被测应答器此时发送的上行链路信息进行整流、滤波、AD转换后,由处理单元采集到的测量电压,也即“上行链路整流电压”)与上述校准模式下得到的相应的标准接收磁通量及校准电压按照下述公式1至公式3进行比较,只要测量电压在图3b中的白色区域,即可认为应答器的I/O特性符合要求,即同时满足公式1至3则说明应答器输入输出特性合格。公式1至3是根据图3b或图3c得到的,以图3c为例,只要对应标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的测量电压Eu1在A点纵坐标和D点纵坐标之间、标准接收磁通量 $\Phi d2$ 的测量电压Eu2在C点纵坐标和E点纵坐标之间、标准接收磁通量 $\Phi d3$ 的测量电压Eu3在B点纵坐标和C点纵坐标之间,即上述的测量电压在串扰上限曲线和串扰下限曲线之间,此时即认为被测应答器的输入输出特性合格。而公式1、公式3是由图3b或图3c通过几何计算得到,比如公式1的上限“(Eu3c \div $\Phi d3$) \times $\Phi d1$ ”是由OC段斜率及 $\Phi d1$ 计算得到的D点纵坐标,公式3的下限“[(Eu2c-Eu1c) \div ($\Phi d2$ - $\Phi d1$)] \times ($\Phi d3$ - $\Phi d1$)+Eu1c”是由AB段斜率及 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 的值得到AE段在纵坐标的投影,然后加上OA段在纵坐标的投影之和得到的E点纵坐标,因此满足公式1至3的测量电压Eu1、Eu2、Eu3即符合图3b和图3c的“在串扰上限曲线和串扰下限曲线之间”,也即图3b中的白色区域。

$$[0089] \quad Eu1c < Eu1 < (Eu3c \div \Phi d3) \times \Phi d1 \quad (\text{公式1})$$

$$[0090] \quad Eu2c < Eu2 < Eu3c \quad (\text{公式2})$$

$$[0091] \quad [(Eu2c - Eu1c) \div (\Phi d2 - \Phi d1)] \times (\Phi d3 - \Phi d1) + Eu1c < Eu3 < Eu3c \quad (\text{公式3})$$

[0092] 本发明以足够少的点(至少3个点)表征了图3b中一条完整曲线(图中的“测试曲线”)的趋势,通过测量很少的点(至少3个点)的测量电压,即可大体判断在实验室中需要测试大量数据拟合得到的如图3a中的完整曲线才能判断的应答器输入输出特性(即I/O特性)。图3b的构造,可以通过找到串扰上限曲线的拐点C和串扰下限曲线的拐点B,然后由原点至C点作直线段、由A点至B点作直线段,再分别由C点、B点向右延伸作平行于横轴的直线,则分别构造了串扰上限曲线和串扰下限曲线。在图3b中,串扰上限曲线和串扰下限曲线在

纵轴上限定了表征上行链路场强的上行链路整流电压的合格范围,即处理单元采集到的上行链路整流电压在串扰上限曲线和串扰下限曲线之间时,认为被测应答器的输入输出特性合格。若被测应答器输出的上行链路场强(由环路电流表征(图3a)或上行链路整流电压(图3b)表征)过大,超过了串扰上限曲线,则列车在经过其相邻的应答器时有误收该被测应答器报文的可能性,也就是说被测应答器对其它应答器造成了串扰。相反,若被测应答器输出的上行链路场强过低,在图中向下超过了串扰下限曲线,则列车经过该被测应答器上方时,该被测应答器输出的报文信号很弱,容易被噪声淹没,无法被列车的车载设备接收,会造成应答器“丢点”。

[0093] 当然,通过测量上述3个标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 和3个校准电压 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$ 并利用公式1至3判断测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 是否符合要求,仅是众多实施方式中的一个,不应以此限定本发明的保护范围。比如还可以如图3c所示,在校准模式下直接测量标准接收磁通量 $\Phi d1$ 对应的串扰上限曲线上的校准电压 $Eu1c'$ (D点纵坐标),在测试模式下判断测量电压 $Eu1$ 是否在 $Eu1c$ 和 $Eu1c'$ 之间,而代替公式1进行判断;在校准模式下测量标准接收磁通量 $\Phi d3$ 对应的串扰下限曲线上的校准电压 $Eu3c'$ (E点纵坐标),在测试模式下判断测量电压 $Eu3$ 是否在 $Eu3c$ 和 $Eu3c'$ 之间,而代替公式3进行判断。作为本发明的另一个实施例,还可以选取标准接收磁通量 $\Phi d2'$ 在图3c的B点和E点之间,由于此处 $\Phi d3 < \Phi d2' < \Phi d2$,且E点到B点间线段的串扰下限曲线为具有固定斜率的直线,因此依然可以采用公式1至3判断测量电压 $Eu1$ 、 $Eu2$ 、 $Eu3$ 是否符合要求。因此,本领域技术人员在上述实施例的启发下能够想到的判断测量电压是否符合要求的其它方式也在本发明保护范围之内。

[0094] 本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪的尺寸如下:能量发射天线的面积为 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 至 $20\text{mm} \times 20\text{mm}$;上行链路接收天线的面积为 $2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 至 $8\text{mm} \times 8\text{mm}$ 。参考上述规范要求的应答器测试设备尺寸规格(“规范036”规定的应答器测试设备尺寸为:27.095MHz发射天线线圈约 $200\text{mm} \times 200\text{mm}$,4.23MHz接收天线线圈约 $40\text{mm} \times 40\text{mm}$),本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪的两个天线尺寸均小得多,从而便于携带,也较省电。

[0095] 校准模式的说明详见以下内容。

[0096] 在校准模式下的能量发射天线校准阶段,如图1a所示,功放单元通过能量发射天线向外部校准设备发出试探磁通量;根据所述增益控制单元的调整,改变发出的试探磁通量的大小;能量发射天线,用以通过电磁耦合方式通过空气接口(比如A4接口)向外部校准设备发射具有不同试探磁通量的激励信号(比如27.095MHz的连续正弦波),直至能量发射天线发出的试探磁通量与外部校准设备感应到的标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 相同,固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应,从而完成校准模式下的能量发射天线校准阶段。

[0097] 在校准模式下的上行链路接收天线校准阶段,如图1b所示,上行链路接收天线,用以通过电磁耦合方式接收外部校准设备通过空气接口(比如A1接口)传输的标准上行链路信号(比如4.23MHz的FSK调制信号);整流滤波单元,用以将上行链路接收天线接收到的标准上行链路信号进行整流、滤波(比如将4.23MHz的FSK调制信号的标准上行链路信号整流为直流);AD采样单元对整流滤波处理后的标准上行链路信号进行模数转换,得到校准电压 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$ 。所述处理单元,在上行链路接收天线校准阶段,采集AD采样单元的校准电压 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$,并将其与标准接收磁通量的对应关系存储到存储单元(当然也可以将

校准电压与其相应的标准发射磁通量的对应关系存储到存储单元),从而完成校准模式下的上行链路接收天线校准阶段。

[0098] 上述的外部校准设备在不同的阶段具有不同的结构。在校准模式下的能量发射天线校准阶段,如图4所示,由标准的参考回路1及其功率计3组成上述外部校准设备。将能量发射天线9与参考回路1按测试配置设置(“规范036”规定的应答器在工作/测试时,应答器与BTM天线/测试设备之间的距离为220mm;本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪由于采用了采集上行链路整流电压等效替换普通的实验室的应答器测试设备测量的环路电流的方式,在实际测试过程中,与被测应答器的相对高度可以设置为5至30mm,或者其它小于220mm的高度值。无论相对高度设置成多大,在校准过程中,与外部校准设备的参考回路1的相对高度应与上述实际测试过程中一致,是最重要的测试配置设置。除相对高度之外,还包括其它的与实际测试过程中一致的测试配置设置,比如本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪与被测应答器的相对位置),与实际测量时相同(比如按照测试时能量发射天线9与参考回路1的相对高度和相对位置对其进行设置,特别需要调整二者的相对高度,使能量发射天线9与参考回路1的相对高度等于测试模式下能量发射天线9与被测应答器的相对高度,以保证校准的准确性)。打开便携式应答器输入输出特性测试仪的功放,使能量发射天线9向参考回路1发出27.095MHz的连续正弦波;由处理单元发送一个档位控制命令,比如对应于标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的档位(标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 依据“规范036”,具体值参见上述表1、表2,同上),由所述增益控制单元根据该档位控制命令,调整功放单元的输出大小(比如功率或电流值),在此过程中,能量发射天线9连续向参考回路1发出试探磁通量,由功率计3不间断测量与参考回路1的接收磁通量相对应的测量值(比如功率或电流值),直至功率计3显示的参考回路1的测量值与标准接收磁通量 $\Phi d1$ 的值或换算值相同,认为此时已校准了该档位的增益控制单元,使得按照该测试配置设置的被测应答器能够感应到标准接收磁通量 $\Phi d1$,固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应。其余的标准接收磁通量 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 等的校准过程与上述 $\Phi d1$ 的校准过程类似,仅是将 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 等的值替换上述步骤中 $\Phi d1$ 的值,此处不再赘述。

[0099] 在校准模式下的上行链路接收天线校准阶段,如图5所示,将信号源6、功放7、参考回路1依次连接,由功率计3测量参考回路1的测量值(比如功率值或其换算值),上述设备构成此阶段的外部校准设备。将本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪的上行链路接收天线10与参考回路1按测试配置设置(与能量发射天线校准阶段的测试配置设置相同,此处不赘述)。

[0100] 打开参考回路1的信号源6,使参考回路1向上行链路接收天线10发出4.23MHz的FSK调制信号,调整功放7,使得功率计3的测量值与标准环路电流 $Iu1$ 、 $Iu2$ 、 $Iu3$ 之一的换算值相同,比如调整功放7使功率计3的测量值等于标准环路电流 $Iu1$ 的换算值,此时参考回路1发出的调制信号即为上述的标准上行链路信号;通过整流、滤波将4.23MHz的FSK调制的标准上行链路信号整流为直流,再对其通过AD转换(模数转换)得到与标准环路电流 $Iu1$ 相应的、代表上行链路场强的校准电压 $Eu1c$ 。校准电压 $Eu2c$ 、 $Eu3c$ 的获得步骤与上述步骤相同,仅是将标准环路电流 $Iu2$ 、 $Iu3$ 代替上述步骤中的 $Iu1$,分别获得校准电压 $Eu2c$ 和 $Eu3c$ 。由上面步骤可以看出,本发明依据“规范036”的应答器输入输出特性曲线及其标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 和标准环路电流 $Iu1$ 、 $Iu2$ 、 $Iu3$,通过以校准电压 $Eu1c$ 、 $Eu2c$ 、 $Eu3c$ 等效替换

在实验室的应答器测试设备的标准环路电流 I_{u1} 、 I_{u2} 、 I_{u3} ，从而实现了便携式小型测试设备替代实验室大型应答器测试设备在现场简便地测量应答器的输入输出特性的功能。由于本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪能在现场进行检测，能够得到使用环境因素影响下的第一手资料，从而减少了因环境改变导致的应答器拆卸回工厂或实验室时应答器故障无法复现的情况。

[0101] 在测试模式下，将本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪的能量发射天线和上行链路接收天线与被测应答器按照上述的测试配置设置。如图2所示，所述处理单元分别与存储单元、AD采样单元、显示模块、增益控制单元连接；所述处理单元，用以向增益控制单元发送所述档位控制命令。增益控制单元根据处理单元发出的档位控制命令，控制功放单元通过能量发射天线通过空气接口（比如A4接口）发出与档位控制命令对应的标准发射磁通量 E_{fd1} 、 E_{fd2} 、 E_{fd3} ，使得被测应答器接收到（也即被测应答器的接收天线感应到的）所述标准接收磁通量 Φ_{d1} 、 Φ_{d2} 、 Φ_{d3} 。功放单元用以通过能量发射天线向被测应答器通过空气接口（比如A4接口）输出具有对应于所述档位控制命令的所述标准发射磁通量的标准激励信号（比如27.095MHz的连续正弦波）。

[0102] 能量发射天线，用以通过电磁耦合方式通过空气接口（比如A4接口）向被测应答器发射所述标准发射磁通量的标准激励信号（比如27.095MHz的连续正弦波）。

[0103] 上行链路接收天线，用以通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气接口（比如A1接口）传输的上行链路信号（比如4.23MHz的FSK调制信号）。

[0104] 整流滤波单元用以将上行链路接收天线接收到的上行链路信号进行整流、滤波（比如将调制的上行链路信息整流为直流）。

[0105] AD采样单元对整流滤波处理后的上行链路信号进行模数转换，得到测量电压 E_{u1} 、 E_{u2} 、 E_{u3} （由于整流滤波后得到的是直流，因此对其进行模数转换后，得到的是一个电压值，即测量电压 E_{u1} 、 E_{u2} 、 E_{u3} ）。

[0106] 所述处理单元分别读取AD采样单元的测量电压 E_{u1} 、 E_{u2} 、 E_{u3} 和存储单元中在校准模式下存储的、与所述档位控制命令对应的校准电压 E_{u1c} 、 E_{u2c} 、 E_{u3c} ，并进行计算比较；将测量电压和比较结果发送给显示模块。

[0107] 上述的“进行比较计算”是指，在测试模式下，处理单元将采集到的测量电压 E_{u1} 、 E_{u2} 、 E_{u3} 与上述校准模式下得到的相应的标准接收磁通量及校准电压按照公式1至公式3进行比较（同时满足公式1至3则说明应答器输入输出特性合格），只要测量电压在图3b中的白色区域，即可认为应答器的I/O特性符合要求。具体的判断方式及其说明已在上文描述，此处不再赘述。

[0108] 本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪，重量轻、便于携带，因此可以对故障应答器或需要检修的应答器进行现场检测，能够得到使用环境因素影响下的第一手资料，从而减少了因环境改变导致的应答器拆卸回工厂或实验室时应答器故障无法复现的情况。

[0109] 本发明还提供了上述便携式应答器输入输出特性测试仪的测试方法，包括校准阶段和测试阶段。

[0110] 所述校准阶段包括能量发射天线校准阶段和上行链路接收天线校准阶段；

[0111] 所述能量发射天线校准阶段包括以下步骤：

[0112] S110：将能量发射天线与外部校准设备按测试配置设置（如前所述，配置二者的相

对高度、相对位置等,与实际测量时相同);

[0113] S120:打开功放单元,使能量发射天线9向参考回路1发出27.095Mhz的连续正弦波的试探磁通量(对应于测试模式下的激励信号,只不过此时的试探磁通量尚未校准,因此还不是所述的标准激励信号);

[0114] S130:根据档位控制命令,调节增益控制单元,从而调整功放单元的输出(比如电流或功率)大小,使能量发射天线9发出不断调整的试探磁通量,使得外部校准设备的接收磁通量达到标准接收磁通量(即调节图1a中增益控制单元,直至图4中功率计3显示了标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 之一, $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 的值根据被测应答器的规格从表1、表2中选择)。此时,外部校准设备可以是如图4所示的参考回路1及其功率计3。

[0115] S140:固化此时增益控制单元的调整值,并将固化的调整值与所述档位控制命令对应。

[0116] 所述上行链路接收天线校准阶段包括以下步骤:

[0117] S210:将上行链路接收天线10与外部校准设备按测试配置设置(如前所述,配置二者的相对高度、相对位置等,与实际测量时相同);

[0118] S220:打开外部校准设备(即图5中的信号源6),使其向上行链路接收天线10发出4.23MHz的FSK调制的上行链路信号(即图5中的参考回路1发出4.23MHz的FSK调制的上行链路信号);

[0119] S230:调整外部校准设备的输出(即图5中的功放7),使其参考回路1的环路电流达到标准环路电流 $Iu1$ 、 $Iu2$ 、 $Iu3$ 之一,比如 $Iu1$;此时参考回路1发出的调制信号即为上述的标准上行链路信号;

[0120] S240:上行链路接收天线10接收所述标准上行链路信号;通过整流、滤波将4.23MHz的FSK调制的标准上行链路信号整流为直流,再对其通过AD转换(模数转换),得到与标准环路电流 $Iu1$ 相应的校准电压 $Eu1c$ (也叫上行链路整流电压,同上)。

[0121] S250:重复步骤S230、S240,以 $Iu2$ 、 $Iu3$ 分别代替 $Iu1$,相应的得到 $Eu2c$ 、 $Eu3c$ 。从而完成了校准阶段。

[0122] 所述测试阶段包括以下步骤:

[0123] S310:将能量发射天线、上行链路接收天线与被测应答器按测试配置设置(如前所述,配置二者的相对高度、相对位置等)

[0124] S320:处理单元向增益控制单元发出档位控制命令(档位的选择以及档位与档位控制命令的关系如上所述,此处不再赘述);比如设置此时的档位是与标准接收磁通量 $\Phi d1$ 相对应的档位,发出的档位控制命令与该档位相对应;

[0125] S330:增益控制单元控制功放单元通过能量发射天线向被测应答器输出与所述档位控制命令相对应的标准激励信号(所述标准激励信号是被测应答器感应到标准接收磁通量 $\Phi d1$ (按照上文叙述,此时能量发射天线发射的磁通量为标准发射磁通量 $Efd1$)时的27.095MHz的射频信号(比如27.095MHz的连续正弦波)),由于能量发射天线与被测应答器是按照测试配置设置的,因此在能量发射天线校准阶段已经进行了校准,使得被测应答器感应到标准接收磁通量 $\Phi d1$;

[0126] S340:被测应答器接收到所述标准激励信号,并以电磁耦合方式向上行链路接收天线发出上行链路信号(比如4.23MHz的FSK调制信号);

[0127] S350:上行链路接收天线通过电磁耦合方式接收被测应答器通过空气传输的上行链路信号(比如4.23MHz的FSK调制信号),经过整流滤波、模数转换后,得到测量电压Eu1(即上行链路整流电压);

[0128] S360:所述处理单元采集所述测量电压Eu1,将所述测量电压与存储单元中在校准模式下存储的校准电压Eu1c、Eu2c、Eu3c以及标准接收磁通量 $\Phi d1$ 、 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 进行计算比较。具体的比较可以依据公式1;也可以按照上述的其它实施例,在测量了如图3c的D点校准电压Eu1c'的基础上,由“Eu1c<Eu1<Eu1c'”代替公式1判断Eu1是否符合要求;

[0129] S370:重复步骤S320至S350,分别以标准接收磁通量 $\Phi d2$ 、 $\Phi d3$ 及其相对应的档位控制命令分别代替上述步骤中的 $\Phi d1$ 及其档位控制命令,从而分别得到测量电压Eu2、Eu3;

[0130] S380:重复步骤360,以测量电压Eu2、Eu3代替步骤360的Eu1;由公式2判断Eu2是否符合要求;由公式3判断Eu3是否符合要求。当然,若在校准模式下测得了如图3c中E点的校准电压Eu3c'的基础上,也可以由公式“Eu3c'<Eu3<Eu3c”代替公式3判断Eu3是否符合要求;

[0131] S390:将上述测量电压和比较结果(比如“合格”或“不合格”)发送给显示模块。

[0132] 以上步骤完成了测试模式下的测试阶段,并由显示模块反馈了测试结果。

[0133] 本发明的处理单元可以是MCU(Micro Control Unit微型控制单元)、CPLD(Complex Programmable Logic Device复杂可编程逻辑器件)或者FPGA、DSP等硬件;存储单元可以是EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory,电可擦可编程只读存储器)或flash或FRAM;增益控制单元可以通过电容调谐振回路参数、调电阻获得需要的基级电流或调供电电压使输出功率改变;AD采样单元可以是外加的AD芯片或片内AD;整流滤波单元可以是整流桥或二极管整流等。

[0134] 本发明的便携式应答器输入输出特性测试仪,将校准功能分离,在出厂前进行校准,在应答器安装现场测量现场环境影响下的应答器的真实工作情况,减少了由环境因素所引起的、应答器在现场出现问题、而在返回工厂后无法复现问题的情况。也即能够得到使用环境因素影响下的第一手资料,从而减少了因环境改变导致的应答器拆卸回工厂或实验室时应答器故障无法复现的情况。

[0135] 总之,以上所述仅为本发明技术方案的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。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。

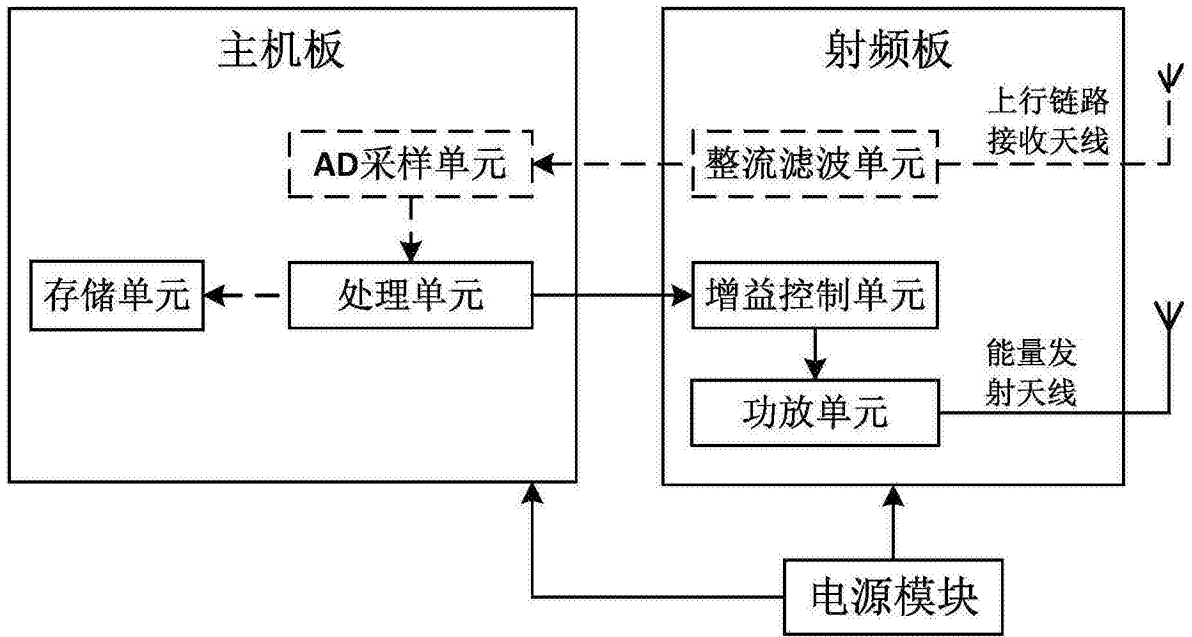


图1a

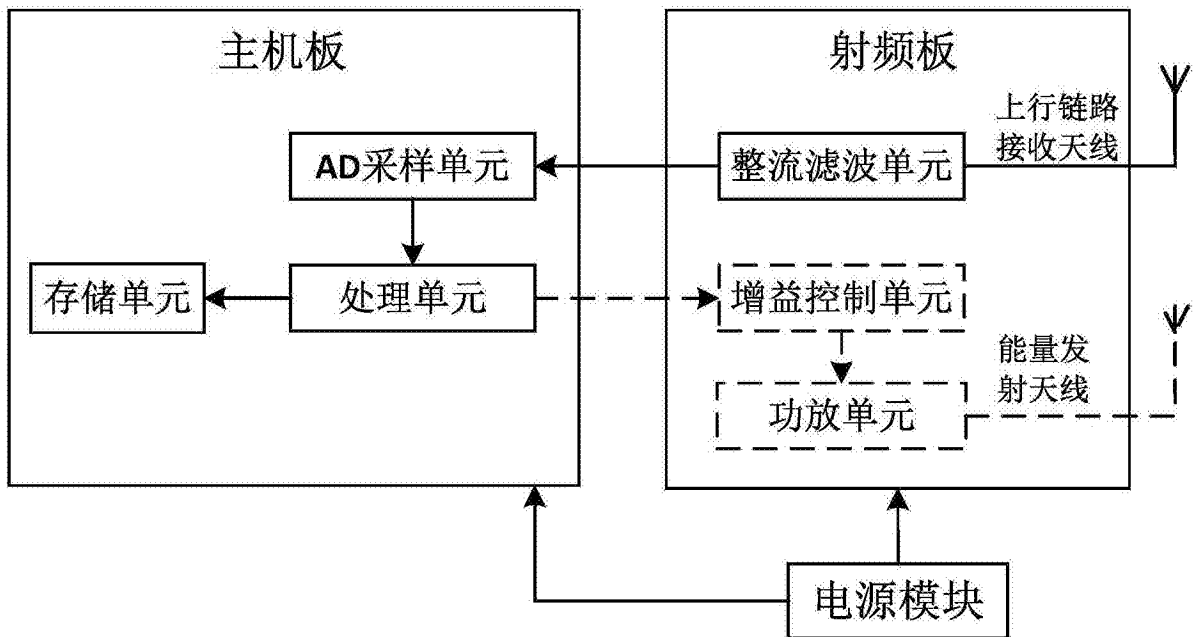


图1b

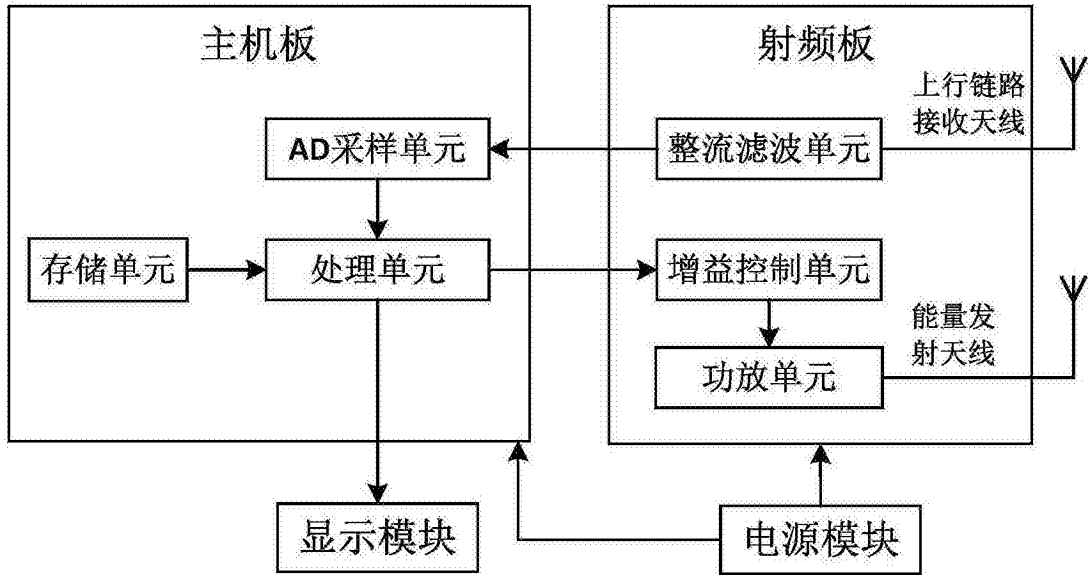


图2

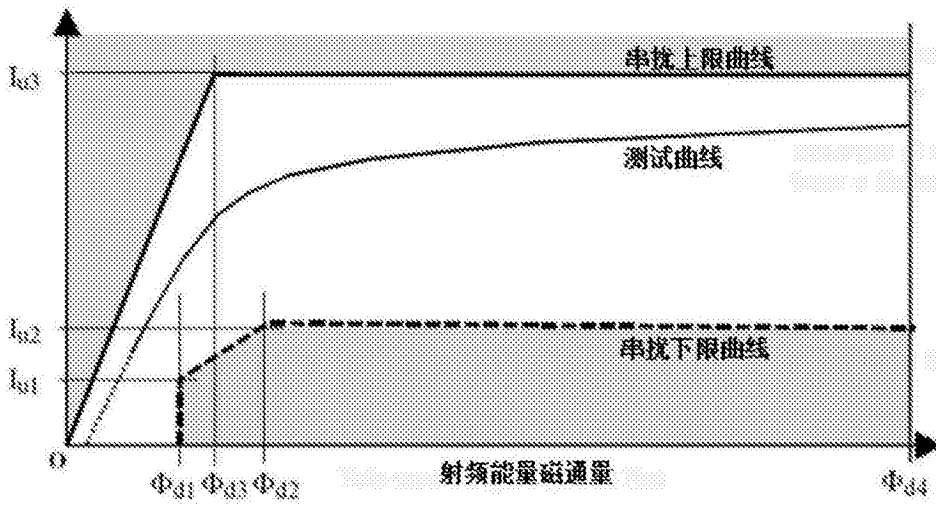


图3a

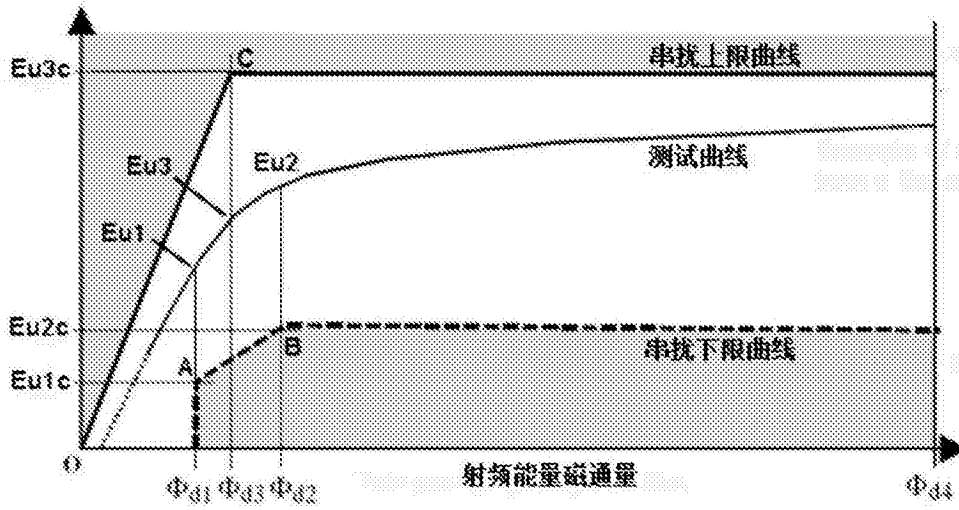


图3b

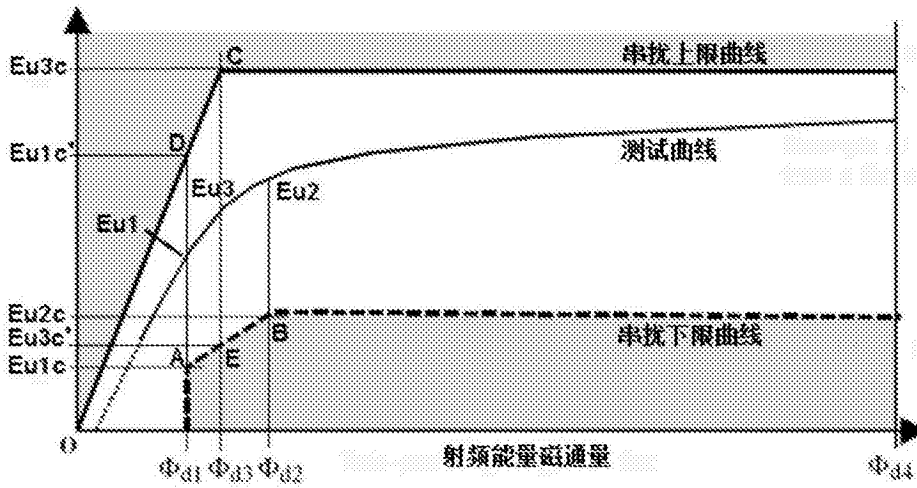


图3c

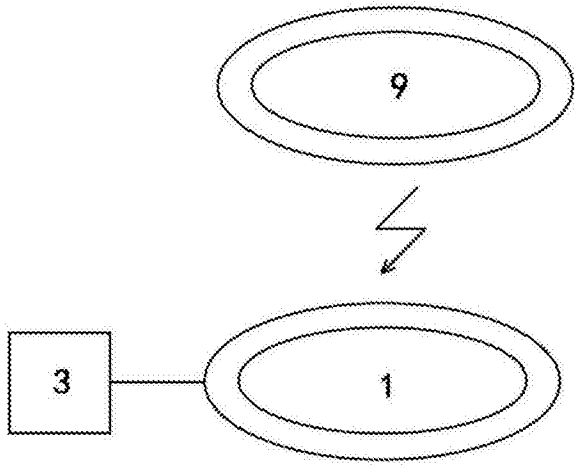


图4

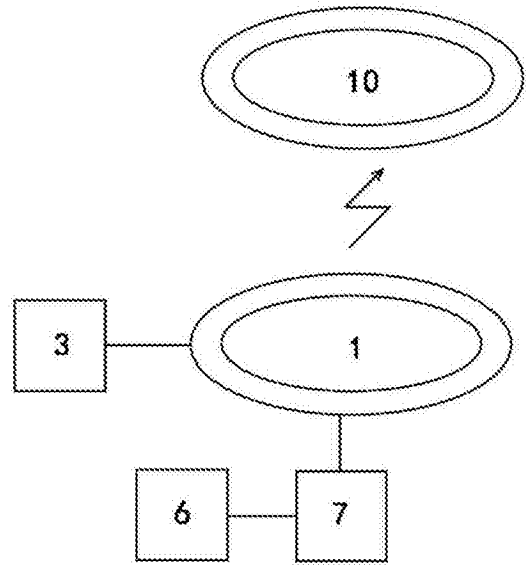


图5