



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105717389 B

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201510965280.4

(22)申请日 2015.12.21

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 105717389 A

(43)申请公布日 2016.06.29

(30)优先权数据

1451610-8 2014.12.19 SE

(73)专利权人 诺克9网际协议股份有限公司

地址 瑞典马尔默市

(72)发明人 约阿基姆·瓦尔曼 马丁·内克玛

(74)专利代理机构 北京律诚同业知识产权代理

有限公司 11006

代理人 徐金国 吴启超

(51)Int.Cl.

G01R 31/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 103728533 A, 2014.04.16

CN 103545882 A, 2014.01.29

CN 101414765 B, 2011.10.05

WO 2012109610 A1, 2012.08.16

US 2013026847 A1, 2013.01.31

审查员 王雅萍

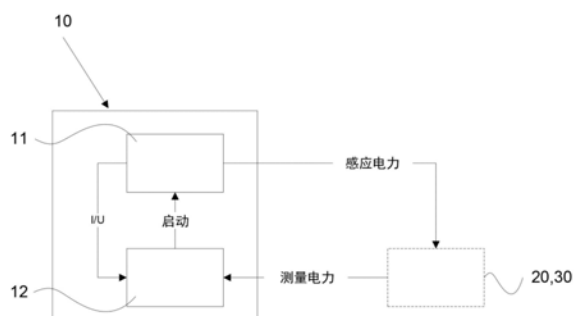
权利要求书4页 说明书7页 附图3页

### (54)发明名称

用于精确感应电力测量的移动设备测试器  
和用于其的标定单元

### (57)摘要

提供了一种用于测试移动设备的感应充电能力的测试单元及其方法。更具体地,提供了用于标定测试单元的标定器单元。



1. 一种测试单元(10), 用于测试移动设备(30)的感应充电且具有精确标定的电力输出, 包括:

由DC电源(113)供电的电路(11), 所述电路能够以多种频率 $f$ 中的每一频率产生电力, 该电路(11)包括:

初级发射线圈(111), 用于向使用中的移动设备的次级接收线圈感应地发射电力; 和

电容器(112), 与初级发射线圈串联连接, 以获得以特定频率谐振的谐振电路, 和

控制单元(12), 以电力标定模式和测试模式操作, 其中该控制单元在电力标定模式中被配置为:

接收由初级发射线圈(111)提供的电压 $U$ 的测量结果;

接收流经初级发射线圈(111)的电流 $I$ 的测量结果;

以及对于所述多种频率中的至少一个电力频率 $f$ :

在其中没有次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈(111)的状态下:

获得时间补偿参数 $\Delta t(f)$ , 该时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 补偿在电路(11)中的信号路径中在测量电压 $U$ 和测量电流 $I$ 之间的相移, 以使得作为 $U$ 和 $I$ 的乘积在一段时间上的积分的从初级发射线圈发射的感应电力由于利用时间补偿参数对测得的 $U$ 或者测得的 $I$ 进行时间补偿而等于零, 并且将时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 保存在存储器中; 和

对于所述至少一个电力频率 $f$ , 基于在初级发射线圈(111)上直接测量的参考电压, 获得电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ , 以使得对于所述至少一个电力频率, 电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 乘以测量电压 $U$ 等于参考电压,

接收包含数据的标定信号, 该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的信息; 以及

对于所述至少一个电力频率 $f$ , 获得使计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 等于发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 所需的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ , 并将该电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 保存在存储器中。

2. 根据权利要求1所述的测试单元(10), 其中从初级线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 是通过使用以下算式计算的:

$$P_{TX}(f) = \int U * K_{U-MDT}(f) * I \Delta t(f) * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2$$

其中 $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数,  $I \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电流 $I$ ,  $U$ 代表测量电压,  $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数,  $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率 $f$ 的发射线圈等效串联电阻, 并且其中积分是在一段时间上进行的。

3. 根据权利要求1所述的测试单元(10), 其中从初级线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 是通过使用以下算式计算的:

$$P_{TX}(f) = \int U \Delta t(f) * K_{U-MDT}(f) * I * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2$$

其中 $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数,  $U \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电压 $U$ ,  $I$ 代表测量电流,  $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数,  $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率 $f$ 的发射线圈等效串联电阻, 并且其中积分是在一段时间上进行的。

4. 根据权利要求2或3所述的测试单元(10), 其中在测试模式中:

对于每一相关电力频率:

接收包含数据的信号, 该数据包括了从使用中的移动设备(30)接收的感应电力 $P_{RX}(f)$

的测量的信息,该移动设备包括感应地耦合至初级发射线圈(111)的次级接收线圈(31);

接收在初级发射线圈(111)上提供的电压 $U$ 的测量结果;

接收流经初级发射线圈(111)的电流 $I$ 的测量结果;

计算从初级发射线圈(111)发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ ,以及

比较接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 与计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ ,以对于每一电力频率确定移动设备(30)的感应充电能力的质量评估,以及

发射包括关于移动设备(30)的感应充电能力的质量评估的信息的信号。

5.根据权利要求2所述的测试单元(10),其中初级发射线圈中的感应电力损失 $P_{LOSS}(f)$ 由以下算式确定:

$$P_{LOSS}(f) = R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2。$$

6.根据权利要求1所述的测试单元(10),其中每一电压测量结果基于在预定时间段上的多个电压采样。

7.根据权利要求1所述的测试单元(10),其中每一电流测量结果基于在预定时间段上的多个电流采样。

8.根据权利要求1所述的测试单元(10),其中控制单元被进一步配置为:

生成描述时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 与电力频率 $f$ 之间的关系的第二多项式函数。

9.根据权利要求1所述的测试单元(10),其中控制单元被进一步配置为:

生成描述电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 与电力频率 $f$ 之间的关系的第二多项式函数。

10.根据权利要求2所述的测试单元(10),其中控制单元被进一步配置为:

生成描述时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 与电力频率 $f$ 之间的关系的第二多项式函数,

其中为了计算从初级线圈传输的感应电力 $P_{TX}(f)$ ,从第二多项式函数获得时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 。

11.根据权利要求2所述的测试单元(10),其中控制单元被进一步配置为:

生成描述电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 与电力频率 $f$ 之间的关系的第二多项式函数,

其中为了计算从初级线圈传输的感应电力 $P_{TX}(f)$ ,从第二多项式函数获得电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 。

12.一种用于测试移动设备(30)的感应充电的系统,包括前述任一权利要求所述的测试单元(10)和用于标定所述测试单元(10)的标定器单元(20),所述标定器单元(20)包括:

电路(21),该电路包括:

次级接收线圈(211),用于接收来自使用中的测试单元(10)的初级发射线圈的具有特定频率的电力,

精密电阻器(212),与次级接收线圈串联连接并具有明确限定的电阻 $R_{CAL}$ ,和

标定器控制单元(22),所述标定器控制单元(22)被配置为:

对于至少一个电力频率

接收电阻器(212)上的一个电压测量结果 $U_{CAL}(f)$ ,

通过使用欧姆定律,仅仅基于一个测量电压 $U_{CAL}(f)$ 和电阻器的电阻 $R_{CAL}$ ,计算由次级接收线圈接收的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ ,以及

向使用中的测试单元(10)发射包含数据的信号,该数据包括了计算的由次级接收线圈(211)接收的实际电力 $P_{TX-ACTUAL}$ 的信息。

13. 根据权利要求12所述的系统,其中由次级接收线圈接收的实际电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 使用以下算式计算:

$P_{TX-ACTUAL}(f) = U_{CAL}(f)^2 * K_{U-CAL}(f)^2 / R_{CAL}$ , 其中 $K_{U-CAL}(f)$ 代表为标定器单元(20)获取的电压放大常数。

14. 一种使用测试单元(10)测试移动设备(30)的感应充电的方法(40),所述测试单元(10)具有精确标定的电力输出且以标定模式操作,该方法包括:

测量(41)在测试单元(10)的初级发射线圈上提供的电压 $U$ ;

测量(42)流经初级发射线圈的电流 $I$ ;

以及对于至少一个电力频率 $f$ :

在其中没有次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈(111)的状态下:

获得(43a)时间补偿参数 $\Delta t(f)$ ,该时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 补偿在测试单元(10)的信号路径中在测量电压 $U$ 和测量电流 $I$ 之间的相移,以使得作为 $U$ 和 $I$ 的乘积在一段时间上的积分的从初级发射线圈发射的感应电力由于利用时间补偿参数对测得的 $U$ 或者测得的 $I$ 进行时间补偿而等于零,并且

对于所述至少一个电力频率 $f$ ,基于在初级发射线圈(111)上直接测量的参考电压获得(44)电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ ,以使得对于所述至少一个电力频率 $f$ ,电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 乘以测量电压 $U$ 等于参考电压,

接收(45)包含数据的标定信号,该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的信息;以及

对于所述至少一个电力频率 $f$ ,获得(46)使计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 等于发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 所需的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ ,并将该电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 保存在存储器中。

15. 根据权利要求14所述的方法,当测试单元(10)以测试模式操作时,该方法还包括以下步骤:

对于每一相关电力频率:

接收(51)包含数据信号,该数据包括了从使用中的移动设备(30)接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 的测量的信息,该移动设备包括感应地耦合至初级发射线圈(111)的次级接收线圈(31);

接收(52)在初级发射线圈(111)上提供的电压 $U$ 的测量结果;

接收(53)流经初级发射线圈(111)的电流 $I$ 的测量结果;

使用以下两个算式之一计算(54)从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ :

$$P_{TX}(f) = \int U \Delta t(f) * K_{U-MDT}(f) * I * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2,$$

其中 $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数, $U \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电压 $U$ , $I$ 代表测量电流, $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数, $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率 $f$ 的发射线圈等效串联电阻,或者

$$P_{TX}(f) = \int U * K_{U-MDT}(f) * I \Delta t(f) * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2,$$

其中 $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数, $I \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电流 $I$ , $U$ 代表测量电压, $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数, $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于至少一个电力频率 $f$ 的发射线圈等效串联电阻,其中积分是在一段时间上进行的,

比较 (55) 接收的感应电力 $P_{RX}(f)$  与计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$  ,以对于每一电力频率确定移动设备的感应充电能力的质量评估,以及  
发射 (56) 包括关于移动设备的感应充电能力的质量评估的信息的信号。

## 用于精确感应电力测量的移动设备测试器和用于其的标定单元

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于测试移动设备的感应充电能力的测试单元。更具体地，本发明涉及一种用于测试移动设备的感应充电能力且具有精确标定的电力输出的测试单元。

### 背景技术

[0002] 为了评估诸如移动电话或智能手机这样的移动设备的感应充电能力，使用测试单元。

[0003] 现有测试单元的一个问题是，这种在用的测试单元所传输的感应电力的准确性较差。

[0004] 于是，改进的测试单元将是具有优点的。

### 发明内容

[0005] 根据一个方面，用于测试移动设备的感应充电的测试单元具有精确标定的电力输出。测试单元包括由DC电源供电的电路，该电路能够以多种频率 $f$ 中的每一频率产生电力，该电路包括用于向使用中的移动设备的次级接收线圈感应地发射电力的初级发射线圈和与初级发射线圈串联连接以获得以特定频率谐振的谐振电路的电容器。测试单元还包括控制单元，该控制单元以电力标定模式和测试模式操作。在电力标定模式，控制单元被配置为：

[0006] 接收由初级发射线圈提供的电压 $U$ 的测量结果；

[0007] 接收流经初级发射线圈的电流 $I$ 的测量结果；

[0008] 以及对于至少一个电力频率 $f$ ：

[0009] 在其中没有次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈的状态下：

[0010] 获得时间补偿参数 $\Delta t(f)$ ，该时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 补偿在所述电路中的信号路径中在测量电压 $U$ 和测量电流 $I$ 之间的相移，以使得作为 $U$ 和 $I$ 的乘积在一段时间上的积分的从初级发射线圈发射的感应电力由于利用时间补偿参数对测得的 $U$ 或者测得的 $I$ 进行时间补偿而等于零，并且将时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 保存在存储器中，和

[0011] 使用测量在初级发射线圈上的参考电压的外部电压计，获得电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ ，以使得对于每一电力频率，电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 乘以测量电压 $U$ 等于参考电压，

[0012] 在其中标定器单元的次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈的情况，从标定器单元接收包含数据的信号，该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的信息；以及

[0013] 对于每一电力频率，获得使计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 等于发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 所需的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ ，并将该放大常数保存在存储器中。

[0014] 根据另一方面，提供用于标定测试单元的标定器单元。所述标定器单元包括一电

路,该电路包括:次级接收线圈,用于接收来自使用中的测试单元的初级发射线圈的具有特定频率的电力;以及电阻器,与次级接收线圈串联连接并具有明确限定的电阻 $R_{CAL}$ 。标定器单元还包括标定器控制单元,所述标定器控制单元被配置为:

[0015] 对于至少一个电力频率

[0016] 接收电阻器上的电压测量结果 $U_{CAL}(f)$ ;

[0017] 通过使用欧姆定律,仅仅基于测量电压和电阻器的电阻,计算由次级接收线圈接收的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ ,以及

[0018] 向使用中的测试单元发射包含数据的信号,该数据包括了计算的由次级接收线圈接收的实际电力 $P_{TX-ACTUAL}$ 的信息。

[0019] 根据另一个方面,提供了使用具有精确标定的电力输出且以标定模式操作的测试单元测试移动设备的感应充电的方法。该方法包括:

[0020] 测量在测试单元的初级发射线圈上提供的电压 $U$ ;

[0021] 测量流经初级发射线圈的电流 $I$ ;

[0022] 以及对于至少一个电力频率 $f$ ;

[0023] 在其中没有次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈的状态下:

[0024] 获得时间补偿参数 $\Delta t(f)$ ,该时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 补偿在电路的信号路径中在测量电压 $U$ 和测量电流 $I$ 之间的相移,以使得作为 $U$ 和 $I$ 的乘积在一段时间上的积分的从初级发射线圈发射的感应电力由于利用时间补偿参数对测得的 $U$ 或者测得的 $I$ 进行时间补偿而等于零,并且

[0025] 使用测量在初级发射线圈上的参考电压的外部电压计获得电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ ,以使得对于每一电力频率,电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 乘以测量电压 $U$ 等于参考电压,

[0026] 在其中标定器单元的次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈的状态下,从标定器单元接收包含数据的信号,该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的信息;以及

[0027] 对于每一电力频率,获得使计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 等于发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 所需的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ ,并将该放大常数保存在存储器中。

[0028] 根据一些实施方式的优点是,由测试单元实现了非常精确的电力输出测量。这使得在连接至测试单元时,能够对移动设备的感应充电能力进行非常准确的质量评估。

## 附图说明

[0029] 为了解释本发明,下面参考附图描述本发明的多个实施方式,其中:

[0030] 图1是根据一个实施方式的测试单元的示意图;

[0031] 图2显示了根据一个实施方式的测试单元的电路;

[0032] 图3是根据一个实施方式的标定器单元的示意图;

[0033] 图4显示了根据一个实施方式的标定器单元的电路;

[0034] 图5显示了根据一个实施方式,当测试单元感应耦合至标定器单元时,测试单元的总电路和标定器单元的电路;

[0035] 图6描绘了根据一个实施方式的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0036] 本发明的总的想法是提供一种用于测试移动设备的感应充电的测试单元,其中该测试单元具有精确标定的电力输出。在标定模式,测试单元计算确定精确标定的输出所需的多个常数。于是,在执行标定模式之后,测试单元能够计算其感应电力输出,而与感应连接的任何设备的次级接收线圈的类型无关。在测试模式,测试单元计算当感应连接了移动设备时的电力输出,并将这个计算的输出与接收到的由移动设备发送的感应电力的测量值进行比较,以确定移动设备的感应充电能力的质量评估。

[0037] 术语“测试单元”在本说明书中还会称作移动设备测试(MDT)单元,用于测试移动设备的感应充电能力。

[0038] 术语“移动设备”在本说明书中可以是能够感应充电的移动终端,例如移动电话或智能电话。

[0039] 根据图1和2,在一个实施方式中,提供用于测试移动设备30的感应充电的测试单元10。测试单元包括由DC电源113供电的电路11。该电路能够以多种频率 $f$ 中的每一频率产生电力。电路11包括用于向使用中的移动设备的次级接收线圈感应地发射电力的初级发射线圈111。电路11还包括与初级发射线圈串联连接以获得以特定频率谐振的谐振电路的电容器112。测试单元10还包括被配置为以标定模式和测试模式操作的控制单元12。控制单元12可以是传统的具有存储器的处理器。控制单元能够将任何获得的参数、计算和/或所作的处理的结果保存在其存储器中。

### [0040] 标定模式

[0041] 在标定模式,控制单元12被配置为接收通过初级发射线圈111提供的电压 $U$ 的测量结果。使用高精度ADC(未显示)测量在初级发射线圈111上的电压。从图2可以看到,开关结构114根据源自DC电源的在左侧看到的DC信号创建在图2的开关结构114的右侧看到的AC信号。控制单元12还接收流经初级发射线圈的电流 $I$ 的测量结果。可以使用连接至高精度ADC(未显示)的电流感测变换器测量电流测量结果。

[0042] 为了控制单元12能够精确计算从初级发射线圈111发射的感应电力,执行影响电力输出的多个参数。在第一步骤中,没有次级接收线圈有效耦合至初级发射线圈,对于由电源提供的电力的每一电力频率 $f$ ,获得时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 。时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 补偿在电路11的信号路径中在测量电压 $U$ 和测量电流 $I$ 之间的相移。时间补偿参数是通过使测量电流 $I$ 相对于测量电压 $U$ 进行时移或相移而得到的,以使得当没有次级接收线圈感应地耦合至初级发射线圈时, $I \Delta t(f)$ 和 $U$ 的乘积在一段时间上的积分为零。控制单元将每一时间补偿参数保存在其存储器中。时间补偿参数是用于计算从初级发射线圈发射的感应电力的数学算式所需要的。

[0043] 应当认识到,时间补偿参数 $\Delta t(f)$ 定义了测量电流 $I$ 和测量电压 $U$ 之间的关系,以使得在没有次级接收线圈感应地耦合至初级发射线圈时, $I$ 和 $U$ 在一段时间上的乘积的积分、即计算的电力为零。于是,或者电流被利用时间补偿参数进行时移或相移,或者测量电压可以被时移或相移。为了简化及便于理解本说明书,测量电流 $I$ 被利用时间补偿参数进行时间补偿,尽管本说明书的范围还涵盖测量电压可被时间补偿的实施方式。

[0044] 使用外部电压计(未显示),控制单元12可以确定电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 。电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 是在没有次级接收线圈感应地耦合至初级发射线圈的状态下测得的。在一个



实施方式中,电压放大常数对于每一电力频率为一个单独的值。然而,在某些情况,也可以为了简化而确定与多个电力频率相关的平均常数。外部电压计直接在初级发射线圈上测量电压,从而给出参考电压。获得电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ ,以使得对于每一电力频率,由高精度ADC测量的电压与电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 的乘积等于参考电压。一旦由控制单元获得在电力频率范围上的每一电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ ,就断开外部电压计。

[0045] 控制单元还从标定器单元20接收包换数据的信号,该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的信息,标定器单元20包括感应地耦合至使用中的初级发射线圈111的次级接收线圈211。

[0046] 使用从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ ,控制单元12获得当初级发射线圈111感应地耦合至次级接收线圈211时的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 。

[0047] 获得的电压放大常数和电流放大常数是计算从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 所需的,以使得对于测得的电压 $U$ 、电流 $I$ 和时间补偿参数 $\Delta t$ , $P_{TX}(f)$ 等于 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 。

[0048] 在一个实施方式中,从初级线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 是通过使用以下一般算式(公式1)计算的:

$$[0049] \quad P_{TX}(f) = \int U * K_{U-MDT}(f) * I \Delta t(f) * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2$$

[0050] 这里, $U$ 代表测量电压, $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数, $I \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电流, $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数, $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率 $f$ 的发射线圈等效串联电阻,可以通过外部仪表得到发射线圈等效串联电阻。积分是在一段时间上进行的。

[0051] 在测量电压而不是测量电流 $I$ 被时间补偿的情况下,公式1定义为:

$$[0052] \quad P_{TX}(f) = \int U \Delta t(f) * K_{U-MDT}(f) * I * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2$$

[0053] 这里, $U \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电压 $U$ 。

[0054] 从公式1获得电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ ,其中 $P_{TX}(f)$ 被替代为 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 。基于公式1,当标定器单元20的次级接收线圈211感应地连接至测试单元10的初级发射线圈111时,可以对于每一电力频率调谐电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 。理论上,电流放大常数还可以由其中 $P_{TX}(f)$ 被替换为 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 的公式1计算得到。

[0055] 可以看到,公式1基于欧姆定律 $P=U*I$ ,但是还考虑到放大常数、时间补偿参数以及由于初级发射线圈中的热而耗散的感应电力损失。初级发射线圈中导致从初级发射线圈散热的感应电力损失 $P_{LOSS}(f)$ 对应于 $R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2$ 。

[0056] 在一个实施方式中,可以对于发射的感应电力被设置为零的情况计算经过时间补偿的测量电流 $I \Delta t(f)$ 。使用上面的公式1并设置 $P_{TX}(f)$ 为零,得到:

$$[0057] \quad I \Delta t(f) = R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f) / (U * K_{U-MDT}(f)) \quad (公式2)$$

[0058] 然而,实践中, $\Delta t$ 可以变化,直至 $P_{TX}(f)$ 为零。

[0059] 测试模式

[0060] 在测试模式,控制单元对于每一相关电力频率接收包含数据的信号,该数据包括了从移动设备30接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 的测量的信息,该移动设备包括感应地耦合至使用中的初级发射线圈111的次级接收线圈(未显示),例如与图5中的次级感应线圈211类似。

[0061] 在这种与移动设备感应耦合的状态中,控制单元接收在初级发射线圈上提供的电压 $U$ 的另一测量结果以及流经初级发射线圈111的电流 $I$ 的另一测量结果。另外,控制单元使

用公式1计算从初级发射线圈111发射的电力 $P_{TX}(f)$ 。

[0062] 另外,控制单元12通过将计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 与接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 相比较,确定移动设备30的感应充电能力的质量评估。质量评估可以以信号发射至外部单元,例如具有存储器的处理单元。在接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 与计算的感应电力 $P_{TX}(f)$ 相差超过预定程度或阈值的情况,作出移动设备不满足感应充电认证需求的判断。判断可以由测试单元的控制单元或者由外部单元作出。

#### [0063] 采样

[0064] 在一个实施方式中,测试单元10在预定时间段中采样电压测量结果,以获得在所述时间段中的平均rms电压。在这个实施方式中,由控制单元在计算和相关的公式中使用该平均rms电压 $U$ ,而不是由控制单元接收的离散电压测量结果。

[0065] 在一个实施方式中,测试单元10在预定时间段中采样电流测量结果,以获得在所述时间段中的平均rms电流。在这个实施方式中,在控制单元在计算和与计算相关的公式中使用该平均rms电流 $I$ ,而不是离散电流测量结果。

#### [0066] 多项式

[0067] 根据设备、例如移动设备或标定器的从初级发射线圈接收感应电力的电路的构造,发射至所述设备的感应电力及其电力频率会不同。为了考虑到这些,在一些情况中,使用获得的经时间补偿的测量电流 $I \Delta t(f)$ 值、经时间补偿的测量电压 $U \Delta t(f)$ 、电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 或电压放大常数 $K_{U-MDT}(f)$ 中的一个是不可行的。

[0068] 作为替代,可以由控制单元例如通过对标定模式中由控制单元计算的离散时间补偿参数进行插值,而生成将任一电力频率与时间补偿相关联的第一连续多项式函数。于是,在一个实施方式中,控制单元还生成描述在任一电力频率和相应时间补偿 $\Delta t(f)$ 之间的关系的第一多项式函数。

[0069] 而且,可以由控制单元例如通过对标定模式中由控制单元计算的离散电流放大常数进行插值,而生成将任一电力频率与电流放大常数相关联的第二连续多项式函数。于是,在一个实施方式中,控制单元还生成描述在电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ 与电力频率之间的关系第二多项式函数。

#### [0070] 标定器单元

[0071] 在一个实施方式中,参考图3和4,提供了用于标定测试单元10的标定器单元20。标定器20包括电路21,该电路包括用于从使用中的测试单元10的初级发射线圈接收特定频率的电力的次级接收线圈211。电路21还包括与次级接收线圈串联连接且具有明确限定的电阻 $R_{CAL}$ 的电阻器212。另外,标定器单元20包括标定器控制单元22。标定器控制单元可以包括处理器和存储器。对于接收的感应电力的每一电力频率,标定器控制单元22接收精密电阻器212上的电压测量结果 $U_{CAL}(f)$ 。与测试单元类似,可以借助于高精度ADC获得测量电压 $U_{CAL}(f)$ 。为了获得电压放大常数 $K_{U-CAL}(f)$ 以及为了标定ADC测量结果,可以将外部电压计(未显示)连接至精密电阻器212。于是,获得电压放大常数,以使得 $K_{U-CAL}(f)$ 与由ADC测量的电压的乘积等于由电压计测量的参考电压。标定器控制单元22还通过使用欧姆定律,仅仅基于测量电压和电阻器的电阻计算由次级接收线圈211接收的实际感应电力 $P_{TX-ACTUAL}(f)$ 。另外,标定器控制单元22向使用中的测试单元10发射包含数据的信号,该数据包括了计算的由次级接收线圈接收的实际电力 $P_{TX-ACTUAL}$ 的信息。

[0072] 在一个实施方式中,使用以下算式计算由次级接收线圈接收的实际电力 $P_{TX-actual}(f)$ :

$$[0073] \quad P_{TX-actual}(f) = U_{cal}(f)^2 * K_{U-cal}(f)^2 / R_{cal}$$

[0074] 图5显示了根据一个实施方式,当测试单元10感应地耦合至标定器单元20时,测试单元10的总电路11和标定器单元20的电路21。

[0075] 在一个实施方式中,根据图5,提供了使用具有精确标定的电力输出的测试单元10测试移动设备30的感应充电的方法40。步骤41至46涉及测试单元10的标定模式。该方法包括以下步骤:

[0076] 测量41在测试单元10的初级发射线圈上提供的电压U;

[0077] 测量42流经初级发射线圈的电流I;

[0078] 以及对于至少一个电力频率f:

[0079] 在其中没有次级接收线圈感应地连接至初级发射线圈111的状态下:

[0080] 获得43a时间补偿参数  $\Delta t(f)$ , 该时间补偿参数  $\Delta t(f)$  补偿在测试单元10的信号路径中在测量电压U和测量电流I之间的相移,以使得作为U和I的乘积在一段时间上的积分的从初级发射线圈发射的感应电力由于利用时间补偿参数对测得的U或者测得的I进行时间补偿而等于零,以及可选地将时间补偿参数  $\Delta t(f)$  保存43b在存储器中,

[0081] 使用测量在初级发射线圈111上的参考电压的外部电压计获得44电压放大常数  $K_{U-MDT}(f)$ , 以使得电压放大常数  $K_{U-MDT}(f)$  乘以测量电压U等于参考电压,

[0082] 从标定器单元20接收45包含数据的信号,该数据包括了从初级发射线圈发射的实际感应电力 $P_{TX-actual}(f)$ 的信息,该标定器单元20包括感应地耦合至使用中的初级发射线圈111的次级接收线圈211;

[0083] 对于每一电力频率,获得46使计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 等于发射的实际感应电力 $P_{TX-actual}(f)$ 所需的电流放大常数 $K_{I-MDT}(f)$ ,并将该放大常数保存在存储器中。

[0084] 步骤51至56涉及测试单元10的测试模式。于是,该方法还包括以下步骤:

[0085] 对于每一相关电力频率:

[0086] 接收51包含数据的信号,该数据包括了从使用中的移动设备30接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 的测量的信息,该移动设备包括感应地耦合至初级发射线圈111的次级接收线圈31;

[0087] 接收52在初级发射线圈上提供的电压U的测量结果;

[0088] 接收53流经初级发射线圈111的电流I的测量结果;

[0089] 使用以下两个算式之一计算54从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ :

$$[0090] \quad P_{TX}(f) = U \Delta t(f) * K_{U-MDT}(f) * I * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2, \text{ 其中}$$

[0091]  $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数, $U \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电压U,I代表测量电流, $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数, $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率f的发射线圈等效串联电阻,或者

$$[0092] \quad P_{TX}(f) = U * K_{U-MDT}(f) * I \Delta t(f) * K_{I-MDT}(f) - R_{ESR}(f) * I^2 * K_{I-MDT}(f)^2, \text{ 其中}$$

[0093]  $K_{U-MDT}$ 代表获得的电压放大常数, $I \Delta t(f)$ 代表经过时间补偿的测量电流I,U代表测量电压, $K_{I-MDT}(f)$ 代表获得的电流放大常数, $R_{ESR}(f)$ 代表已知的对于电力频率f的发射线圈等效串联电阻,

- [0094] 将接收的感应电力 $P_{RX}(f)$ 与计算的从初级发射线圈发射的感应电力 $P_{TX}(f)$ 相比较55,以对于每一电力频率确定移动设备的感应充电能力的质量评估,以及
- [0095] 发射56包括关于移动设备的感应充电能力的质量评估的信息的信号。

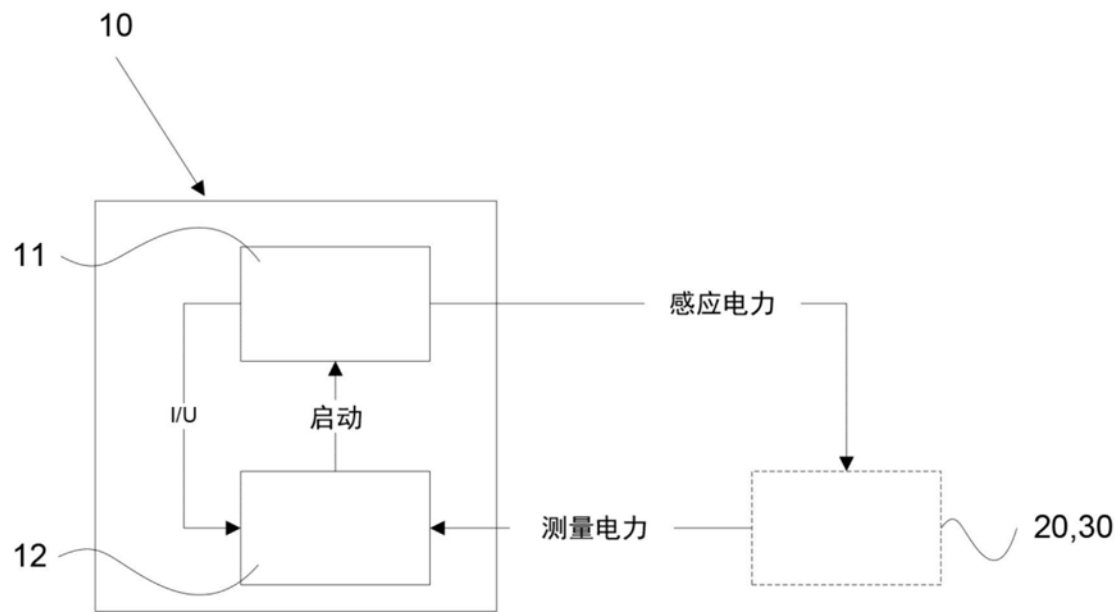


图1

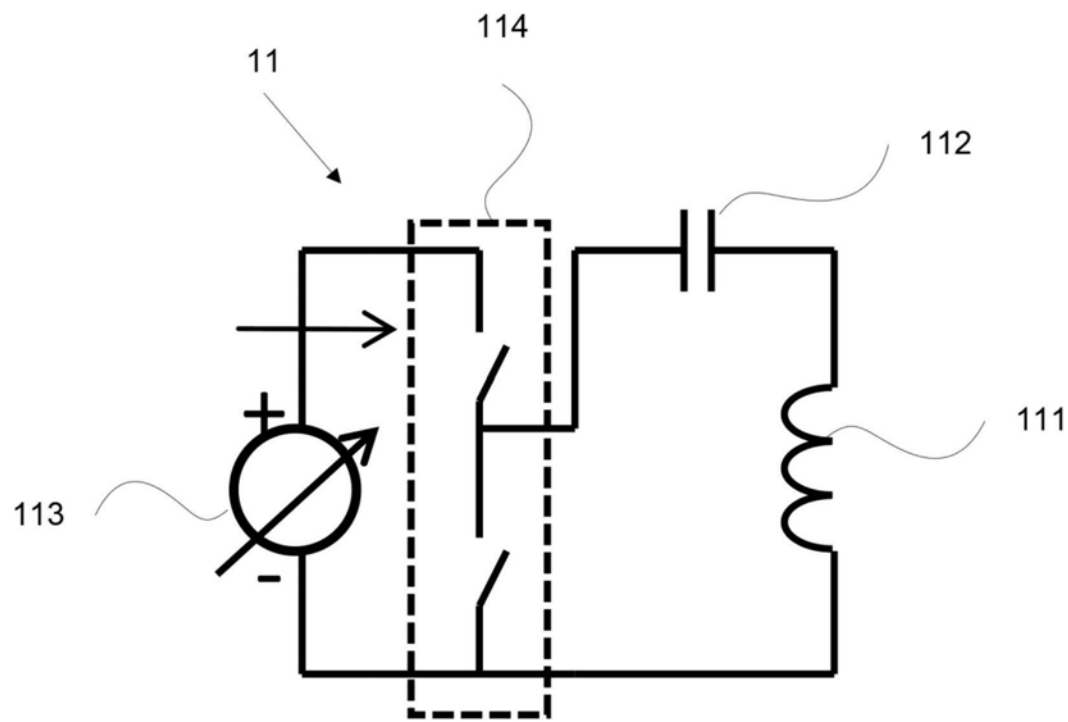


图2

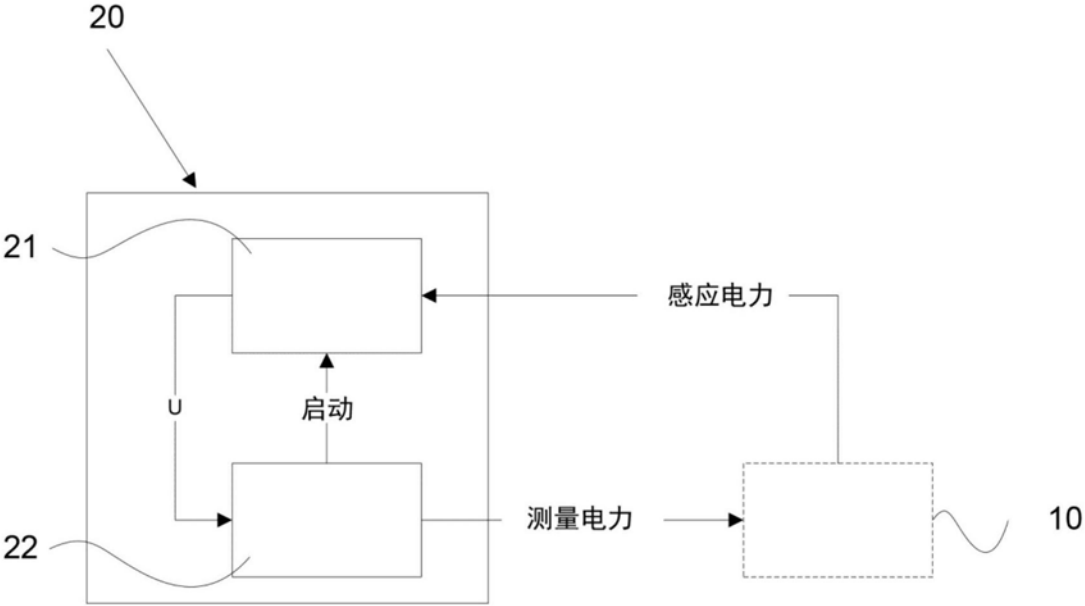


图3

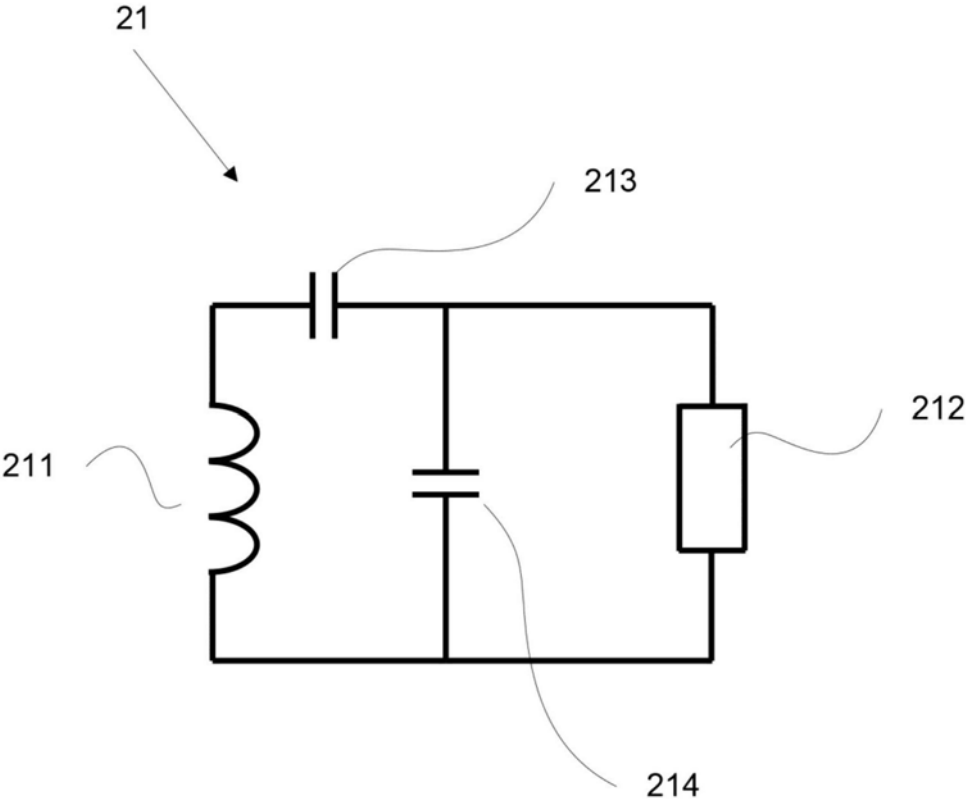


图4

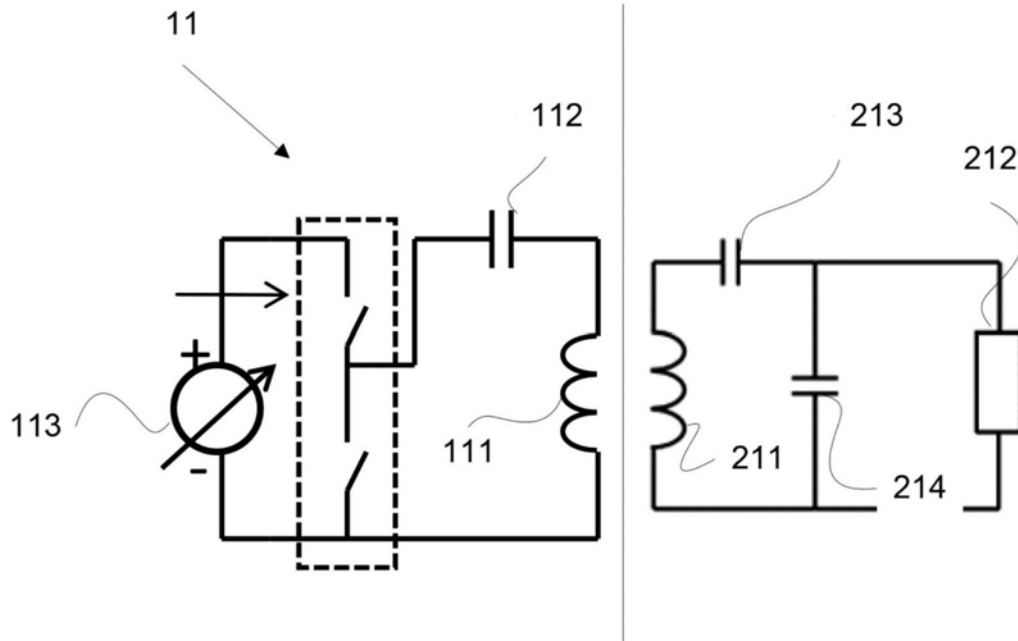


图5

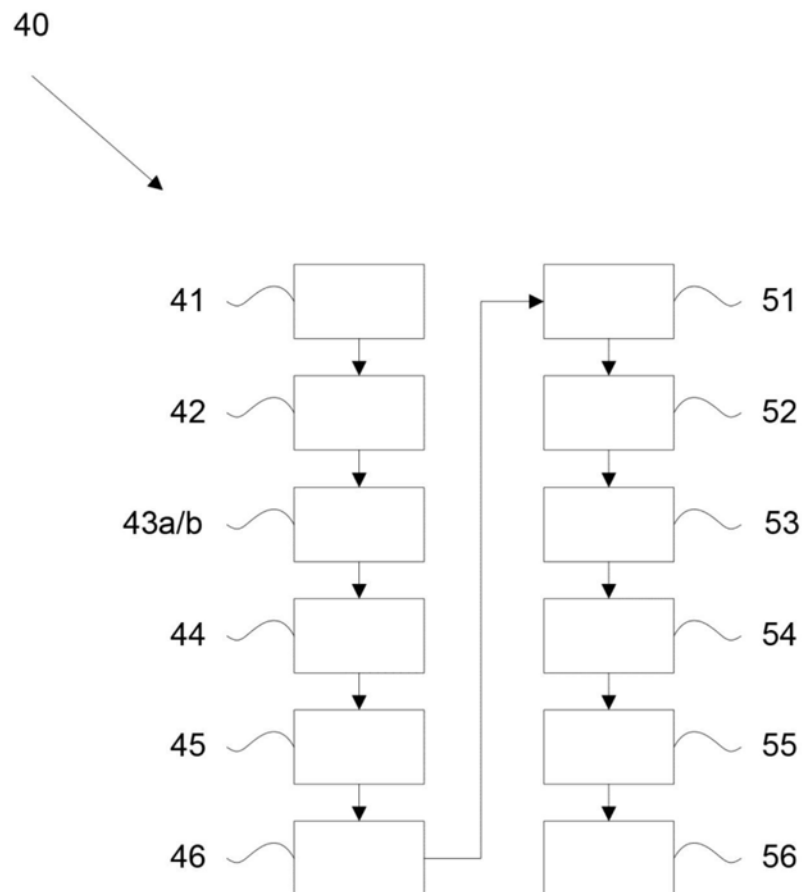


图6