



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 106415284 B

(45)授权公告日 2019.04.02

(21)申请号 201480073856.X

(74)专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

(22)申请日 2014.12.02

72002

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 马文斐

申请公布号 CN 106415284 A

(51)Int.CI.

(43)申请公布日 2017.02.15

G01R 27/02(2006.01)

(30)优先权数据

G01R 27/18(2006.01)

1362092 2013.12.04 FR

G01R 31/02(2006.01)

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

(56)对比文件

2016.07.22

US 7548067 B2, 2009.06.16,

(86)PCT国际申请的申请数据

CN 87100833 A, 1987.10.07,

PCT/FR2014/053115 2014.12.02

EP 0349168 A2, 1990.01.03,

(87)PCT国际申请的公布数据

CN 1256756 A, 2000.06.14,

W02015/082825 FR 2015.06.11

CN 101091118 A, 2007.12.19,

(73)专利权人 雷诺两合公司

周晨 等.电动汽车绝缘电阻有源检测系统.

地址 法国布洛涅-比扬古

《电子测量与仪器学报》.2013, 第27卷(第5期),

审查员 蔡文亮

(72)发明人 M·门斯勒 L·梅里耶纳

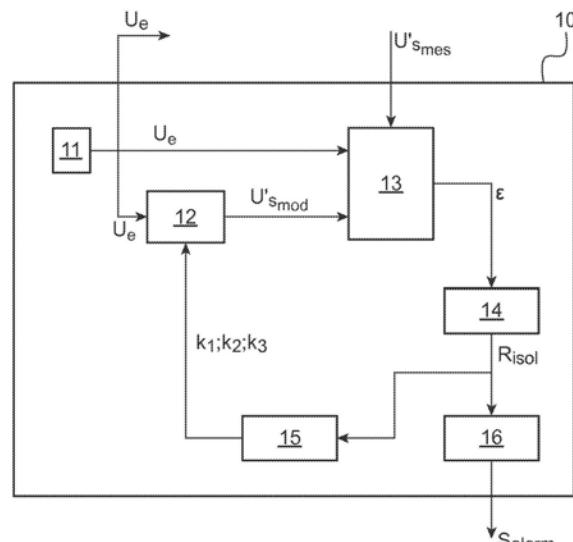
权利要求书2页 说明书7页 附图4页

## (54)发明名称

对机动车辆电池与地线之间的绝缘电阻的估计

## (57)摘要

本发明涉及一种用于对包括机动车辆的高压电池的高压电路的一个点与所述车辆的地线之间的绝缘电阻进行估计的方法,该方法包括:接收在包括电容性元件的测量电路的端子处测量的电压值( $U'_{Smes}$ );基于测量到的电信号的值、并基于从该测量电路的模型估计的理论电压值( $U'_{Smod}$ )计算标准偏差值( $\epsilon$ );通过对该标准偏差值和之前的多个偏差值求和来计算平均偏差值;以及根据所述平均偏差值估计一个更新的绝缘电阻值( $R_{isol}$ )。



1. 一种用于对包括高压机动车辆电池的高压电路的点与所述车辆的地线之间的绝缘电阻进行估计的方法,该方法包括:

(a) 对测量电路的端子处的电压值 $U'_{\text{Smes}}$ 进行测量,所述测量电路包括与该电池连接的电容性元件,

(b) 基于该测量电压值、并基于从该测量电路的模型获得的理论电压值 $U'_{\text{Smod}}$ ,计算标准偏差值 $\epsilon$ ,所述模型是该电容性元件的电容值的函数,

(c) 从该标准偏差值和之前的多个偏差值计算平均偏差值;

(d) 根据所述平均偏差值估计更新的绝缘电阻值 $R_{\text{isol}}$ 。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,

有规律地重复步骤(a)、(b)、(c)和(d),并且

将在标准迭代过程中更新的该绝缘电阻值 $R_{\text{isol}}$ 用于该测量电路的该模型的下一次迭代。

3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,在步骤(b)的过程中,是通过采取该测量电压值 $U'_{\text{Smes}}$ 和该理论电压值 $U'_{\text{Smod}}$ 之间的差来计算该标准偏差 $\epsilon$ 的,所述差的符号是随该测量电路的输入值 $U_e$ 而变的。

4. 如权利要求1或2所述的方法,其中,在步骤(c)的过程中,是通过将前一平均偏差值与该标准偏差值 $\epsilon$ 相加来得到该平均偏差值的。

5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,用于估计该更新的绝缘电阻值 $R_{\text{isol}}$ 的步骤(d)是该标准偏差值 $\epsilon$ 和步骤(c)中所计算的该平均偏差值的线性组合的函数。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中,在步骤(d)的过程中,根据以下公式估计该更新的绝缘电阻值:

$$R_{\text{isol}}(n) = K_{\text{变量}}[R_{\text{isol}}(n-1)] (K_p \epsilon + K_i \int \epsilon)$$

其中,n对应于标准迭代,n-1对应于紧接着的上一迭代,

$R_{\text{isol}}(n)$ 代表在该标准迭代的过程中更新的该绝缘电阻值,

$R_{\text{isol}}(n-1)$ 代表前一绝缘电阻值,

$\epsilon$ 代表该标准偏差值,

$K_i$ 和 $K_p$ 代表预先确定的常数,并且

$K_{\text{变量}}$ 代表作为该前一绝缘电阻值的函数选择的参数值。

7. 根据权利要求1、2、6中任一项所述的方法,进一步包括,

(e) 根据步骤(d)中更新的该绝缘电阻值,生成报警信号 $S_{\text{警}}$ 从而防止检测绝缘故障。

8. 一种用于对包括高压机动车辆电池(2)的高压电路的点与所述车辆的地线(M)之间的绝缘电阻进行估计(10)的装置,该装置包括:

接收在测量电路的端子处测量的电压值的接收器件,所述测量电路包括与该电池连接的电容性元件,

用于存储该测量电路的模型的存储器,所述模型是该电容性元件的电容值的函数,以及

处理器件,该处理器件被安排成用于基于该测量电压值并基于从该测量电路的该模型估计的理论电压值计算标准偏差值,以便从该标准偏差值和多个之前的偏差值计算出平均偏差值,并估计根据所述平均偏差值更新的绝缘电阻值。

9.一种用于对包括高压机动车辆电池(2)的高压电路的点与所述车辆的地线(M)之间的绝缘电阻进行估计的系统(10),该系统包括:

测量电路(3),该测量电路包括与该电池电连接的电容性部件,以及

根据权利要求8所述的估计装置,这个装置与该测量电路的输入端(30)、并与该测量电路的测量端子(32)电连接。

10.根据权利要求9所述的系统,其中,该测量电路(3)包括

输入电阻器(R),其端子与该测量电路的该输入端(30)电连接,以及

低通滤波件,该低通滤波件包括电阻性元件( $R_f$ )和电容性元件( $C_f$ )。

11.一种机动车辆,包括能够使得该车辆的前轮和/或后轮旋转的电池(2)、以及根据权利要求9或10所述的估计系统(1)。

## 对机动车辆电池与地线之间的绝缘电阻的估计

### 技术领域

[0001] 本发明涉及对高压电路的点与地线之间的绝缘电阻的估计。具体地，本发明可以涉及对包括机动车辆的高压电池的高压电路的任何一点与这个车辆的地线之间的绝缘故障的检测。

### 背景技术

[0002] 该机动车辆的该高压电池可以是车辆牵引用电池。

[0003] 该车辆可以是电动或混合动力车辆。

[0004] 测量高压电路的点与车辆的地线之间的绝缘电阻从而防止车辆乘客、或任何与车辆接触的人的任何触电是非常重要的。具体地，这种检测允许在第二次绝缘故障发生之前将第一次绝缘故障矫正。两次故障可能造成短路，这可能导致车辆抛锚。

[0005] 使用分离的测量电路来测量这个绝缘电阻是已知的。例如，文件JP3783633描述了一种相对简单的用于测量绝缘电阻的电路。因而，可以从单个测量电压值推导出绝缘电阻值，但这个估计是通过假设测量电路与电池之间的电容值已知来进行的。这个电容的值倾向于取决于如温度或老化程度的多个不同参数而变化。因此，这个过程可能缺乏鲁棒性。

[0006] 文件FR2987133披露了一种基于参数标识的更加鲁棒的过程，其中，在测量电路的端子处测量电压信号的若干值，并且其中，可以同时从这组值推导出测量电路与电池之间的电容值、以及绝缘电阻值。然而，由于必需的测量值的数量，这些计算相对繁琐并且计算时间可能相对较长。

### 发明内容

[0007] 因此，需要进行估计从而调和简单性和鲁棒性。

[0008] 提出了一种方法来对高压电路的一个点(具体地，机动车辆电池(如电动或混合动力车辆的高压电池)的端子)与地线(如这台车辆的地线)之间的绝缘电阻进行估计。这种方法包括：

[0009] (a) 测量或接收测量电路的端子处测量的电压值，所述测量电路包括与该高压电路(例如与该电池)连接的一个电容性元件，

[0010] (b) 基于该测量电压值、并基于从该测量电路的一个模型获得的一个理论电压值，计算一个标准偏差值，所述模型是该电容性元件的电容值的函数，

[0011] (c) 从该标准偏差值和之前的多个偏差值计算一个平均偏差值，并且

[0012] (d) 根据所述平均偏差值估计一个更新的绝缘电阻值。

[0013] 这种方法已经被证明相对于电容性元件的电容值的可能的变化而言是相对鲁棒的。

[0014] 这个电容值可能影响测量电压值随着时间的变化。因而，平均偏差值相对不受电容性元件的电容值的可能变化的影响。换言之，装配了调节器来克服与关于电容性元件的电容值的不准确性有关的变化。

[0015] 有利地且非限制性地,该方法可以进一步包括根据在步骤(d)更新的绝缘电阻值生成报警信号的步骤,从而防止对绝缘故障的检测。

[0016] 还可以有利地根据高压电路与地线之间的前一绝缘电阻值进行建模。

[0017] 有利地且非限制性地,可以有规律地重复步骤(a)、(b)、(c)、(d)。

[0018] 有利地且非限制性地,可以从测量电压值并从对应于同一次迭代的理论电压值估计至少一个(并且优选地,每一个)偏差值。

[0019] 有利地且非限制性地,在标准迭代过程中更新的绝缘电阻值可以在下次迭代之前被选定为绝缘电阻值。

[0020] 有利地且非限制性地,可以在若干迭代上(如,预先确定次数的迭代或甚至贯穿该方法的执行过程),将用于对测量电路进行建模的电容性元件的电容值选定为等于一个常数值。

[0021] 可替代地,还可以根据更新的绝缘电阻值并基于在测量电路的输出端测量的电压值来例如每次迭代或循环更新这个电容值。

[0022] 有利地且非限制性地,在步骤(c)的过程中,可以通过采取理论值和测量值之差(或反之亦然)来计算标准偏差值,可替代地,还可以计算测量值和理论值或其他值之间的比例。

[0023] 有利地且非限制性地,在用于计算偏差值的步骤(c)的过程中,基于测量电路的输入信号的值将该差乘以+1或-1。

[0024] 因而,可以在输入端用测量结果和来自模型的估计结果之差实现调节器,这个差被加权以取决于测量电路的输入端处的信号的值的符号。

[0025] 具体地,这个加权在当输入信号为高时(即对于上升缘而言)可以是1,并且在下降缘的情况下(即,当输入信号为低时)这个加权是-1。

[0026] 有利地且非限制性地,可以通过将之前的平均偏差值与标准偏差值相加来获得该平均偏差值。这个前一平均偏差值本身可以有利地是一个和,例如离散的和或积分。因而,不是将所有的之前偏差值都保存在存储器中,而是简单地储存前一平均偏差值就足够了。

[0027] 本发明绝不限于使用前一平均偏差值,或甚至限于选择偏差值的和。我们可以例如计算之前的以及当前的偏差值的线性组合、或甚至几何平均、中值、均方或其他。

[0028] 有利地且非限制性地,用于估计更新的绝缘电阻值的步骤(e)可以是根据标准偏差值与当前平均偏差值的线性组合的。

[0029] 有利地且非限制性地,因而可以根据以下公式估计更新的绝缘电阻值:

$$R_{isol}(n) = K_{\text{变}} [R_{isol}(n-1)] (K_p \epsilon + K_i \int \epsilon)$$

[0031] 其中,n对应于标准迭代,n-1对应于紧接着的上一迭代,

[0032]  $R_{isol}(n)$ 代表这次迭代的更新的绝缘电阻值,

[0033]  $R_{isol}(n-1)$ 是更新至前一次迭代的更新的电阻值,

[0034]  $\epsilon$ 是理论电压值和测量电压值之间的偏差值,这个偏差值是通过取决于测量电路的输入端的信号、理论值和测量值之间的差的值的通过以+1或-1加权而获得的,

[0035]  $K_i$ 和 $K_p$ 是预先确定的常数,并且

[0036]  $K_{\text{变}}$ 是无因次的参数值。

[0037] 有利地且非限制性地,用于估计绝缘电阻的标准值的公式可以是前一绝缘电阻值

的函数。

[0038] 因而,这个参数 $K_{\text{变量}}$ 本身可以是前一绝缘电阻值的函数。

[0039] 因而,可以例如基于绝缘电阻值来定义增益表。 $K_{\text{变量}}$ 参数的这些值可以是根据外部限制来定义的,如授权来计算和发布绝缘电阻值的最大检测时间。这可以允许朝相对稳定的绝缘电阻值更快速地收敛。

[0040] 因而,测量电路可以经历建模,这次建模用于从绝缘电阻的之前值并从测量电路的不同部件的假定为已知的值估计信号的理论值。

[0041] 在有利实施例中,理论值和测量值之间的偏差可以被加权以一个符号,该符号是基于测量电路的输入端的信号的值的,然后,积分比例调节器可以允许基于这个偏差和随着时间而获得的这些偏差的平均值来估计绝缘电阻的标准值。一旦已经以这种方式更新了绝缘电阻,就可以进而更新该电路的数值模型。

[0042] 这种方法可以进一步包括将基于更新的绝缘电阻的值生成的报警信号传输至用户界面的步骤。

[0043] 因而,这种方法可以比文件FR2987133中所描述的更快地检测绝缘误差,并且同时就电容性元件的值而言避免准确度相关的误差。

[0044] 进一步提出了一种包括多条指令的计算机程序产品,以便当这些指令被处理器执行时执行上文所描述的方法的步骤。这个程序可以例如存储在硬盘驱动器类型的存储器介质上、被下载或其他。

[0045] 还提出了一种用于对包括高压机动车辆电池的高压电路的一个点与该车辆的地线之间的绝缘电阻进行估计的装置,该装置包括:

[0046] -接收在测量电路的端子处测量的电压值的接收器件,所述测量电路包括与该电池连接的一个电容性元件,

[0047] -用于存储该测量电路的一个模型的存储器,所述模型是该电容性元件的电容值的函数,以及

[0048] -处理器件,该处理器件被安排成用于基于该测量电压值并基于从该测量电路的该模型估计的一个理论电压值计算一个标准偏差值,以便从该标准偏差值和多个之前的偏差值计算出一个平均偏差值,并估计一个根据所述平均偏差值更新的绝缘电阻值。

[0049] 该装置(例如,微型处理器类型的处理器、微型控制器或其他)可以用于实现上文所描述的方法。

[0050] 该装置可以有利地进一步包括传输器件以用于对根据该处理器件所估计出的绝缘电阻值生成的报警信号进行传输,从而必要时报告绝缘故障的检测。该装置因而可以是绝缘故障检测装置。

[0051] 然而,本发明决不限于这种绝缘故障检测应用。

[0052] 该接收器件可以例如包括一个输入引脚,一个输入端口或其他。

[0053] 该存储器可以是RAM(随机访问存储器)、EEPROM(电可擦除可编程只读存储器)或其他。

[0054] 该处理器件可以是例如CPU(中央处理单元)。

[0055] 该传输器件可以包括例如一个输出引脚、一个输出端口或其他。

[0056] 进一步提出了一种用于估计高压电路的一个点和地线之间的绝缘电阻的系统,例

如用于检测高压系统的一个点与地线之间的绝缘故障的系统,这个系统包括一个经电容性部件连接至高压电路(例如连接至电池)的测量电路、以及如上文所述的估计装置,这个估计装置电连接至测量电路的输入端并且电连接至测量电路的测量端子以便测量电压值。

[0057] 该测量电路可以具有相对简单的设计,具有例如输入电阻器和低通滤波部,该输入电阻器的端子电连接至测量电路的输入端,该低通滤波部包括电阻性元件和电容性元件。

[0058] 进一步提出了一种机动车辆,例如电动或混合动力车辆,该机动车辆包括被适配成使得前轮和/或后轮转动的电池,以及如上文所述的系统。

## 附图说明

[0059] 参照这些展示了没有限制并且单独地以举例方式给出的实施例的附图,本发明将更加清楚。

[0060] 图1示出了根据本发明的一个实施例的用于估计绝缘电阻的系统(在此,绝缘故障检测系统)的示例。

[0061] 图2示意性地表示根据本发明的一个实施例的检测装置的实例。

[0062] 图3A是示出了根据本发明的一个实施例的示例性方法的应用中理论电压信号和测量电压信号随着时间的变化的图表。

[0063] 图3B是对应于图3A的图表的、示出了在应用这种方法时估计的绝缘电阻值随时间变化的图表。

## 具体实施方式

[0064] 不同的附图彼此可以使用相同或相似的参考号来指代在其形式或功能上相同或相似的元素。

[0065] 参照图1,表示了高压电路(在此,机动车辆的高压电池2)的端子21与这个机动车辆的地线M之间的绝缘故障检测系统1。

[0066] 这个检测系统1包括测量电路3和图1中未示出的检测装置,例如处理器。

[0067] 电池2用于使得电动或混合动力车辆的前轮和/或后轮旋转。可以实施再生制动,即当驾驶员强加制动设定点时,能量可以被恢复并储存在电池2中。

[0068] 测量电路3在输入端子30和通向电池的连接端子31之间包括输入电阻器R。测量电路3在连接端子31和地线之间进一步包括电阻器R<sub>f</sub>和电容器C<sub>f</sub>。在电阻器R<sub>f</sub>和电容器C<sub>f</sub>之间的测量点32处测量输出电压U' s。在此,部件R<sub>f</sub>和C<sub>f</sub>充当低通滤波器。

[0069] 输入电压U<sub>e</sub>受处理器的控制,并且这个处理器接收输出电压U' s或U' S<sub>mes</sub>的测量结果。

[0070] 测量电路3在电池2与测量电路的剩余部分之间包括电容性元件C<sub>e</sub>。

[0071] 在图1中,电容C<sub>isol</sub>和电阻R<sub>isol</sub>对应地代表高压电池2的端子21和地线之间的等效电容和等效电阻。

[0072] 寻求对这个绝缘电阻R<sub>isol</sub>的值的估计从而当这个电阻太低时触发报警。

[0073] 应用于端子30和地线之间的输入信号U<sub>e</sub>可以是频率为f<sub>e</sub>的方形类型的。

[0074] 这个信号可以由处理器(比如像BMS模块的微型处理器)相对简单地生成。

[0075] 低通滤波元件 $R_f$ 和 $C_f$ 的值是已知的并且随着时间变化极少。

[0076] 输入电阻器 $R$ 的值也是已知的。

[0077] 然而,电容性元件 $C_e$ 的值在车辆的使用寿命中倾向于变化,变化相对于初始值量级大约为30%。并且当然,绝缘电阻 $R_{isol}$ 的值在绝缘故障的情况下会显著地变化。绝缘电阻的值因而很可能经历从几兆欧至仅几千欧。

[0078] 输出电压与输入信号之间的传递函数可以表达为:

$$[0079] \frac{U'_s}{U_e} = \frac{1 + R_{isol}C_e s}{1 + [C_e(R_{isol} + R) + C_f(R_f + R)]s + [C_e C_f (R R_f + R_{isol}(R + R_f))]s^2}$$

[0080] 其中, $s$ 是拉普拉斯变量。

[0081] 使用相对大量的测量点来估计绝缘电阻 $R_{isol}$ 的值和电容性元件 $C_e$ 的电容值是已知的。因而,绝缘电阻的值是在相对长时间以后更新的。例如,对于量级为2Hz的输入信号 $U_e$ 频率 $f_e$ (输出信号 $U'_s$ 的采集频率的量级为100Hz),如果该过程需要100个测量点来产生正确值的话,则需要两个周期(即一秒)以能够更新绝缘电阻的值。

[0082] 本发明可以允许更快的更新,并且具体是在每次测量(即例如每10ms)时更新,并且同时保证该估计收敛,而不管电容 $C_e$ 如何。

[0083] 这提供了测量电路的离散模型。使用双线性变换,从上述等式,可以计算对应于采

$$\text{样阶段 } T_e \text{ (例如 } 10\text{ms}) \text{ 的电路 } z \text{ 变换。通过设定 } \frac{U'_s}{U_e} = \frac{1 + k_1 s}{1 + k_2 s + k_3 s^2} \text{ 和 } s = \frac{2}{T_e} \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}},$$

我们得到:

$$[0084] \frac{U'_s}{U_e} = \frac{1 + \frac{2k_1}{T_e} + 2z^{-1} + \left(1 - \frac{2k_1}{T_e}\right)z^{-2}}{1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2} + \left(2 - \frac{8k_3}{T_e^2}\right)z^{-1} + \left(1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2}\right)z^{-2}}$$

[0085] 其中,参数 $k_1$ 、 $k_2$ 和 $k_3$ 取决于测量电路的参数并具体取决于绝缘电阻的值使得

[0086]  $k_1 = R_{isol}C_e$ ,

[0087]  $k_2 = C_e(R_{isol} + R) + C_f(R_f + R)$ , 并且

[0088]  $k_3 = C_e C_f (R R_f + R_{isol}(R + R_f))$

[0089] 这个模型模拟了测量电路的响应。

[0090] 图2示意性地表示了图1中引用为2的牵引电池和地线之间的绝缘故障检测装置10的示例。

[0091] 这个装置包括用于生成输入信号 $U_e$ 的模块11。这个信号被发送至测量电路的端子30,并且还在测量电路12的数字建模模块的输入端被接收。模块12使用上述等式以及具体地标准参数 $k_1$ 、 $k_2$ 、和 $k_3$ 的值来估计输出信号 $U'_{Smod}$ 的理论值。

[0092] 这个 $U'_{Smod}$ 值被用于估计加权偏差13的模块接收。这个模块13还接收测量输出信号值 $U'_{Smes}$ ,即在图1的测量电路3的端子32处测量的电压值。

[0093] 模块13计算这两个值 $U'_{Smes}$ 和 $U'_{Smod}$ 之间的差。这个差的符号是随着输入信号 $U_e$ 的值而变的。

[0094] 如从图2清晰可见,参数k<sub>1</sub>、k<sub>2</sub>、和k<sub>3</sub>被有规律地更新,从而使得测量电路的模型被有规律地更新。因而,模块12所使用的模型取决于估计的绝缘电阻的值而变化。

[0095] 这个绝缘电阻的值是通过确定出趋向于使物理电路的响应U' <sub>Smes</sub>与模拟该电路的输出U' <sub>Smod</sub>模型之间的偏差ε最小化的这些值来估计的。调节器14使得可以估计绝缘电阻值R<sub>isol</sub>,该绝缘电阻值被更新以使U' <sub>Smod</sub>模型的输出与U' <sub>Smes</sub>测量结果收敛。在每个计算步骤更新估计的绝缘电阻R<sub>isol</sub>的值。

[0096] 绝缘电阻的值越大,电路对作为输入信号的激励的响应就越快。在测量电路对5伏特的上升缘进行响应的情况下,即,当输入信号U<sub>e</sub>经历从0伏特至5伏特时,如果U' <sub>Smod</sub>模型的输出大于测量值U' <sub>Smes</sub>,即如果该模型比测量快,则模块14趋向于减小估计的绝缘电阻的值,即该模型被放慢。

[0097] 相反,如果模型U' <sub>Smod</sub>的输出值具有的值小于测量值U' <sub>Smes</sub>,即如果该模型比测量慢,则模块14趋向于增大估计的电阻R<sub>isol</sub>的值。

[0098] 在下降缘的情况下,即当输出信号从5伏特去到0伏特时,应用逆推理。因而,如果模型U' <sub>Smod</sub>的输出具有的值大于测量值U' <sub>Smes</sub>,即该模型比实际物理电路慢,则绝缘电阻值增大,并且否则反之亦然。

[0099] 模块14因而可以是比例积分类型的控制器,其中,在输入端测量值U' <sub>Smes</sub>与理论值U' <sub>Smod</sub>之间的差ε是通过取决于输入信号U<sub>e</sub>的值的一个符号来加权的。当输入信号是5伏特时,即在上升缘的情况下,这个权重是+1,并且当输入信号是0伏特,即在下降缘的情况下,这个权重是-1。

[0100] 为了返回到模块12中实现的模型,知晓当前时间n,前一时间n-1,并且再之前的时间n-2,这个模块12就可以实现以下公式:

$$\begin{aligned}
 U'_{Smod}(n) = & \frac{\left(1 + \frac{2k_1}{T_e}\right)U_e(n) + 2U_e(n-1)}{1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2}} \\
 & + \frac{\left(1 - \frac{2k_1}{T_e}\right)U_e(n-2) + \left(\frac{8k_3}{T_e^2} - 2\right)U'_{Smod}(n-1)}{1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2}} \\
 & - \frac{\left(1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2}\right)U'_{Smod}(n-2)}{1 + \frac{2k_2}{T_e} + \frac{4k_3}{T_e^2}}
 \end{aligned}
 \quad [0101]$$

[0102] T<sub>e</sub>是输入信号U<sub>e</sub>的周期。

[0103] 可以基于需要以及进行估计时所希望的速度和准确度之间的折衷来调整积分比例调节器14。

[0104] 因为绝缘电阻值的范围可以是非常宽(从几欧至几兆欧)的,我们还可以基于估计的绝缘电阻值提供变量增益。如果这个值相对较高(几百千欧或兆欧的量级),则对准确度的需要更小,但反而将对快速方案感兴趣。相反,对于相对较低的绝缘电阻值(约几十千欧或更少),需要更好的准确度,因为这个值代表危险阈值。

[0105] 因而,可以基于估计的绝缘电阻的值定义增益表。 $K_{\text{变}}^{\text{量}}$ 值可以是根据外部限制来定义的,如授权来计算和发布绝缘电阻值的最大检测时间。

[0106] 模块14因而可以实施以下公式:

$$R_{\text{isol}}(n) = K_{\text{变}}^{\text{量}} [R_{\text{isol}}(n-1)] (K_p \varepsilon + K_i \int \varepsilon)$$

[0108] 其中, $K_i$ 和 $K_p$ 是通过常规的用于基于任意绝缘电阻值调整积分比例矫正器的方法来离线设定的增益。这些参数值 $K_p$ 、 $K_i$ 是以这种方式预先确定的。

[0109] 一旦绝缘电阻估计被更新,模块15就允许使用上述公式更新参数 $k_1$ 、 $k_2$ 、 $k_3$ 的值,其中,能够以相对于实际比例50%左右的准确度任意地选择电容 $C_e$ 的值。可以贯穿这个过程、或至少在一定次数的循环的过程中使用这个电容的初始值。

[0110] 一旦这些参数被更新,当基于绝缘电阻的这个新的更新的估计时,可以计算该模型的新的输出。而且,模型16允许从模型14所提供的绝缘电阻值生成报警信号 $S_{\text{报警}}$ 。这个模块16可以例如将绝缘电阻的值与阈值进行比较,并且当绝缘电阻的值低于这个阈值时触发报警。

[0111] 参照图3A,相对于时间和信号 $U'_{S_{\text{mes}}}$ 对信号 $U'_{S_{\text{mod}}}$ 进行绘图。假设的是在 $t=12$ 秒之后的一会儿,车辆经历绝缘故障并且绝缘电阻的值从200千欧降至20千欧。这个模拟代表了绝缘故障出现的情况。清楚的是,响应时间少于5秒。

[0112] 如图3B中所示,由积分比例调节器14计算的绝缘电阻的值非常快速地下降并收敛至实际值。

[0113] 由于对电容 $C_e$ 的值的变化的容忍,本发明因而允许了以简单且鲁棒的方式检测绝缘故障。

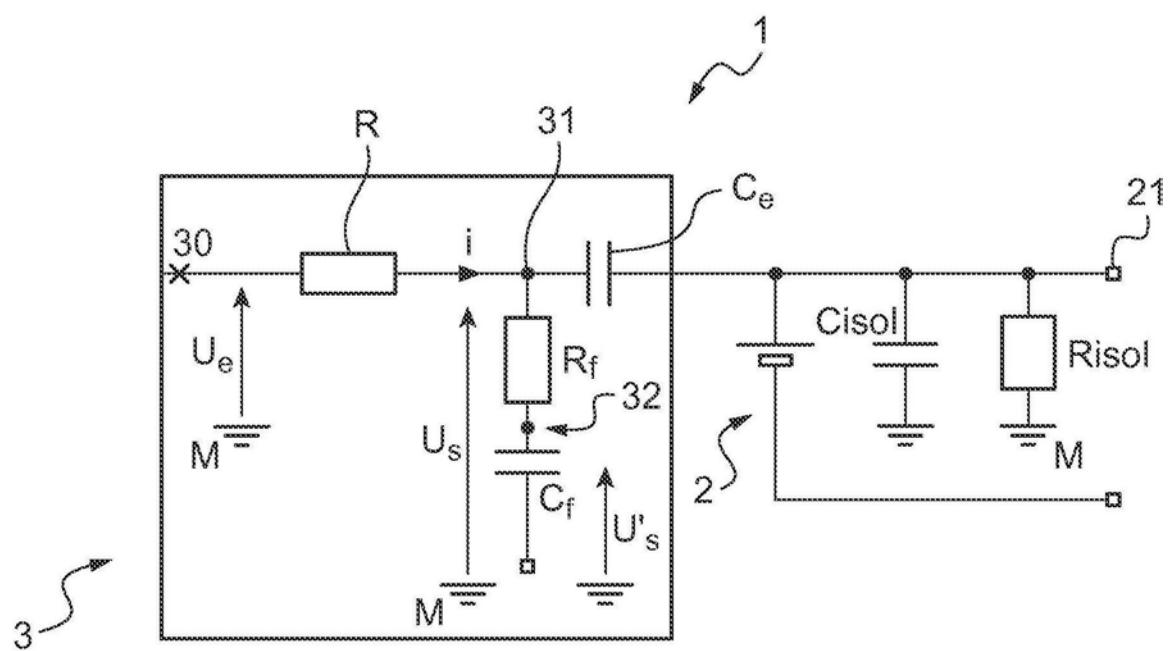


图1

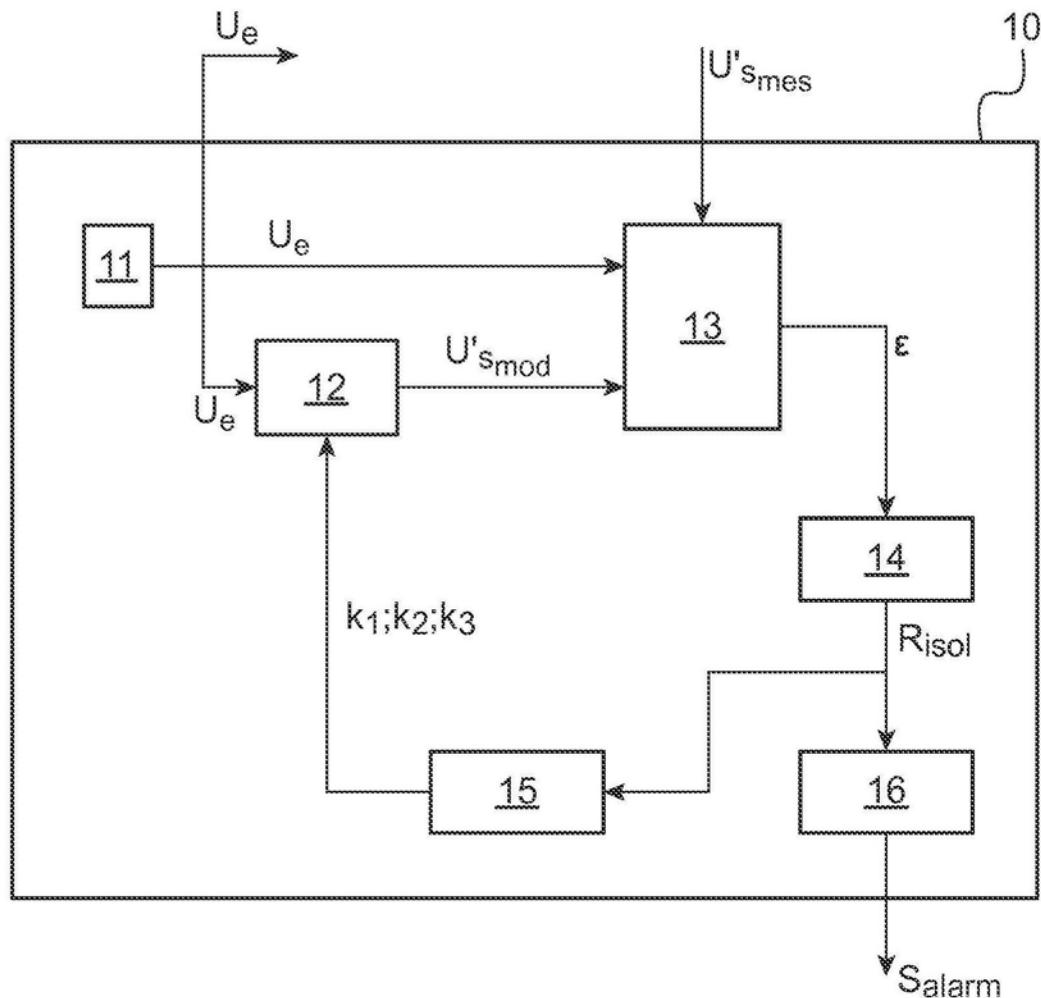


图2

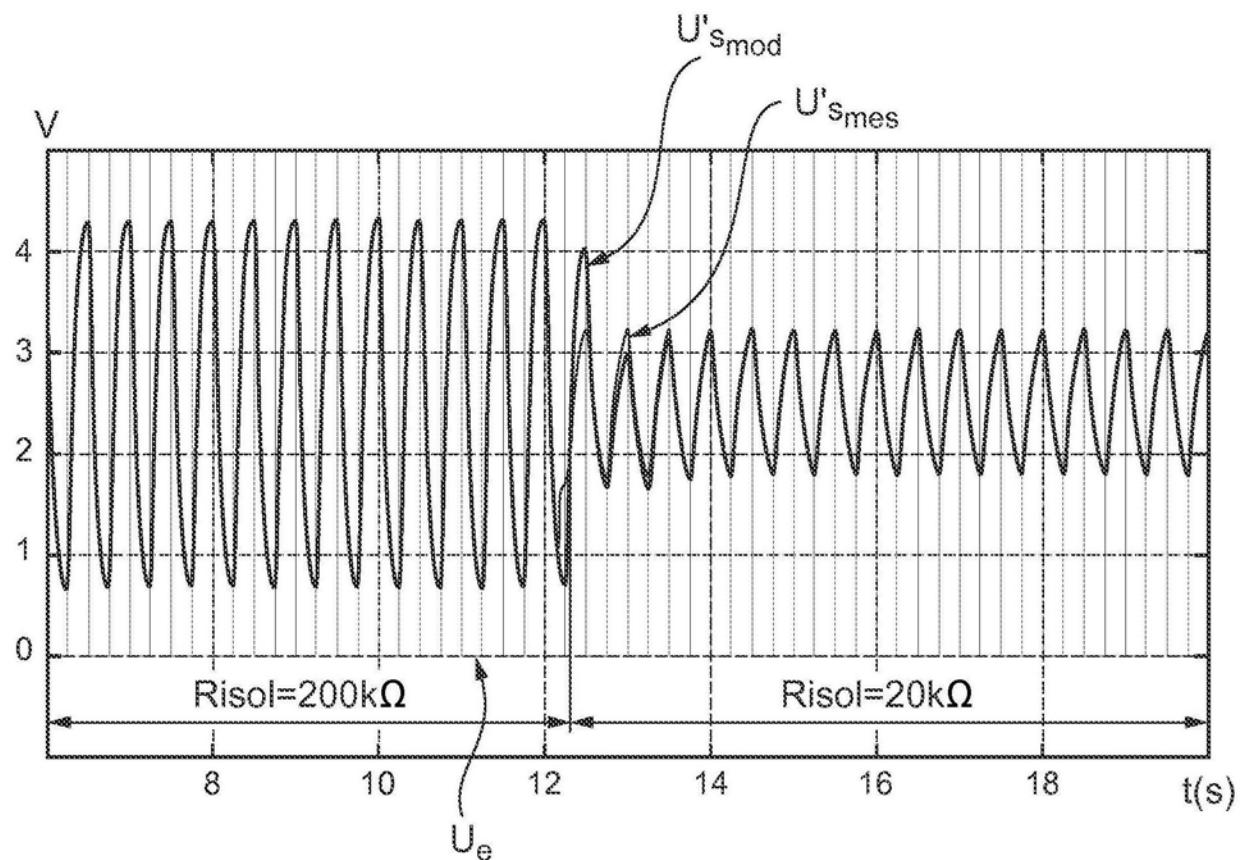


图3A

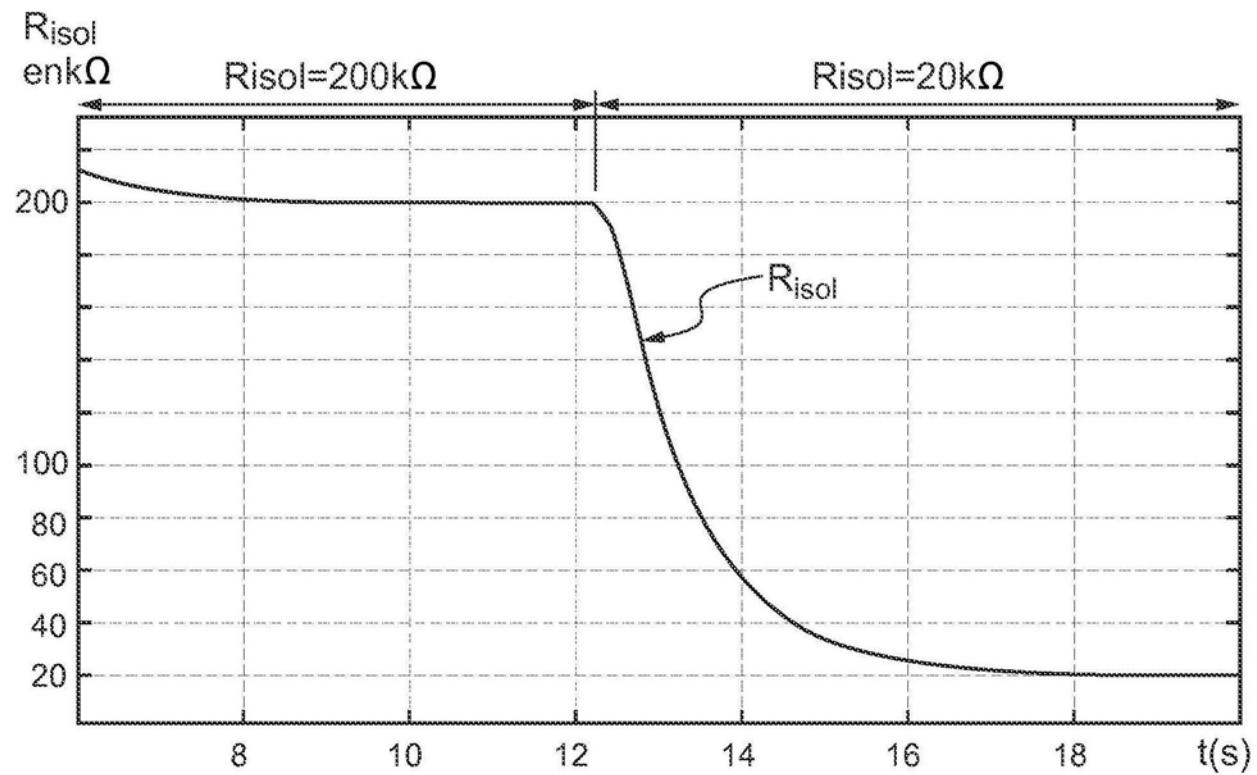


图3B