



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105486923 B

(45)授权公告日 2020.01.14

(21)申请号 201510623663.3

(51)Int.Cl.

(22)申请日 2015.09.25

G01R 27/02(2006.01)

(65)同一申请的已公布的文献号

(56)对比文件

申请公布号 CN 105486923 A

US 2012221269 A1,2011.02.28,

CN 2694288 Y,2005.04.20,

(43)申请公布日 2016.04.13

US 2011115490 A1,2011.05.19,

(30)优先权数据

US 2011304339 A1,2010.09.29,

14/504,588 2014.10.02 US

审查员 李海榕

(73)专利权人 福特全球技术公司

地址 美国密歇根州迪尔伯恩市中心大道

330号800室

(72)发明人 艾伦·罗伊·盖尔

理查德·威廉·考茨

(74)专利代理机构 北京连和连知识产权代理有

限公司 11278

代理人 李延容

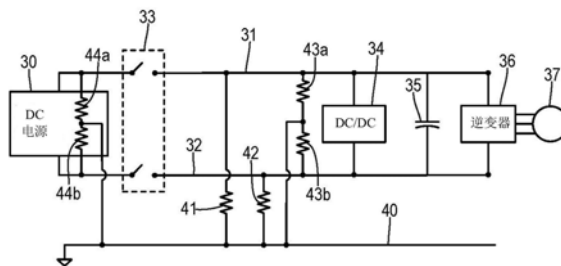
权利要求书2页 说明书7页 附图5页

(54)发明名称

用于电绝缘性测试和诊断的总线泄漏电阻估算

(57)摘要

为具有连接至正和负总线的DC电源的机动车辆检测总线电绝缘性。正总线连接至底盘接地线,以及感测产生的流经负总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第一电流。负总线连接至底盘接地线,以及感测产生的流经正总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第二电流。响应于第一和第二电流的各个比值来估算正和负总线泄漏电阻。比较绝缘值和阈值,其中绝缘值响应于DC电源的电压以及正和负总线泄漏电阻中较小的一个。当绝缘值小于阈值时,发出绝缘异常信号。



1. 一种电动车辆, 包含:

正总线, 所述正总线可连接至DC电源的正输出端;

负总线, 所述负总线可连接至所述DC电源的负输出端;

底盘接地线, 所述底盘接地线分布于所述电动车辆内;

第一检测器电路, 所述第一检测器电路选择性地被激活以连接所述正总线和所述底盘接地线之间的第一固定电阻, 以及感测产生的流经负总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第一电流;

第二检测器电路, 所述第二检测器电路选择性地被激活以连接所述负总线和所述底盘接地线之间的第二固定电阻, 以及感测产生的流经正总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第二电流; 以及

控制电路, 所述控制电路响应于所述第一电流和所述第二电流的各个比值识别所述正总线泄漏电阻和所述负总线泄漏电阻。

2. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述第一检测器电路和所述第二检测器电路均包括通过所述控制电路闭合的各个采样开关, 以及其中所述第一固定电阻和所述第二固定电阻均包括限流电阻和电流感测电阻。

3. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述控制电路配置用于在所述正总线或所述负总线与所述底盘接地线之间的绝缘值小于阈值时将所述正总线和所述负总线与所述DC电源断开, 所述绝缘值使用所述正总线泄漏电阻和所述负总线泄漏电阻中较小的一个来确定。

4. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述控制电路配置用于在所述正总线或所述负总线与所述底盘接地线之间的绝缘值小于阈值时检测故障情况, 所述绝缘值使用所述正总线泄漏电阻和所述负总线泄漏电阻中较小的一个来确定。

5. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述正总线泄漏电阻根据以下公式进行识别:

$$R_{lp} = \frac{V_b}{I_{RSP}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSM}}{I_{RSP}} \right)$$

其中 $R_{lp}$ 是所述正总线泄漏电阻,  $V_b$ 是来自所述DC电源的电压,  $I_{RSP}$ 是所述第二电流,  $I_{RSM}$ 是所述第一电流, 以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

6. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述负总线泄漏电阻根据以下公式进行识别:

$$R_{lm} = \frac{V_b}{I_{RSM}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSP}}{I_{RSM}} \right)$$

其中 $R_{lm}$ 是所述负总线泄漏电阻,  $V_b$ 是来自所述DC电源的电压,  $I_{RSM}$ 是所述第一电流,  $I_{RSP}$ 是所述第二电流, 以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

7. 根据权利要求1所述的电动车辆, 其中所述控制电路将平衡泄露电阻识别为所述正总线泄漏电阻和所述负总线泄漏电阻中较高的一个, 并且其中所述控制电路监控所述平衡泄露电阻随时间的变化以识别所述电动车辆的潜在的故障。

8. 根据权利要求7所述的电动车辆, 其中所述DC电源是带有去离子装置的燃料电池, 并且其中监控所述平衡泄露电阻的变化由比较所述平衡泄露电阻和阈值以检测所述去离子装置的故障组成。

9. 根据权利要求1所述的电动车辆,其中所述控制电路根据以下公式来识别非平衡泄露电阻:

$$R_{unbal} = \left| \frac{R_{lp} \cdot R_{lm}}{R_{lp} - R_{lm}} \right|$$

其中 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 分别是所述正总线泄漏电阻和所述负总线泄漏电阻。

10. 根据权利要求9所述的电动车辆,其中所述控制电路监控所述非平衡泄露电阻随时间的变化以识别所述电动车辆的潜在的故障。

## 用于电绝缘性测试和诊断的总线泄漏电阻估算

### 背景技术

[0001] 本发明总体涉及使用高电压总线(high voltage bus)的电动车辆,以及更具体地,涉及存在于每一个高功率总线和底盘接地线之间的有效绝缘电阻的准确估算。

[0002] 例如电动车辆和混合动力电动车辆这样的电气化车辆通常利用由DC(直流)电源驱动的高电压电源总线,该DC电源可以包括例如多单元电池组或燃料电池这样的储存和/或转换装置。高电压总线的存在产生了对每一根总线相对于车辆底盘(地面)的导电部件的电绝缘性的监控需求。

[0003] 任何存在于DC总线和底盘接地线之间的泄漏电阻(leakage resistance)必须足够大。在典型的泄漏电阻检测系统中,存在泄漏电阻将在正或负DC总线和底盘接地线之间的假设。典型的泄漏检测器电路通过周期性地每次将一根总线通过限流电阻连接至底盘接地线,以及使用产生的电流计算相对的总线和地面之间的泄漏电阻来操作。电池电压除以计算出的泄漏电阻表征电绝缘性。

[0004] 本发明部分地基于这样一种确定:基于从一根总线通过已知电阻向地面和另一根总线之间的泄漏电阻供应电流的传统泄漏电阻检测系统可以忽略从两根总线至地面的泄漏电阻的潜在的平衡部件,这有时会由于得出的泄漏电阻值的潜在的差异而导致电绝缘性的错误表征。更具体地,电阻可以存在于正总线和底盘接地线之间,并且等值电阻在负总线和底盘接地线之间。这些数值相等的电阻以后被称为对称或平衡泄漏电阻。对于一根总线到底盘不具有与对于另一根总线到底盘的匹配值的电阻以后被称为非对称或非平衡泄漏电阻。穿过平衡泄漏电阻的附加电流可以使现有技术的检测系统过高估算存在于一根总线和底盘接地线之间的合成的平衡和非平衡电阻。为了更精确地确定绝缘性,需要估算这种后面的合成电阻。

[0005] 一个典型的平衡泄漏电阻来源可以是氢燃料电池车辆,其中旨在从被用作冷却剂的水中去除离子的去离子装置未能保持适当的去离子作用。随着离子的积累,冷却水的电导率上升,并且正和负燃料电池电极与地面之间的电绝缘性降低。另一可能的平衡泄漏电阻来源包括在电缆绝缘中的对称击穿。

### 发明内容

[0006] 本发明认识到存在于正和负电源总线和底盘接地线之间的平衡和非平衡泄漏电阻二者的存在。通过区分对于两根总线来说相同的泄漏电阻与不同的泄漏电阻,本发明更准确地确定电绝缘性。另外,通过分别识别平衡和非平衡泄漏电阻,能够提供电气或其他车辆情况的检测和/或预测。

[0007] 在本发明的一方面,电动车辆包含可连接至DC电源的正输出端的正总线和可连接至DC电源负输出端的负总线。底盘接地线分布在车辆内。第一检测器电路可选择地被激活,从而i)连接正总线和底盘接地线之间的第一固定电阻,以及ii)感测产生的第一电流。第二检测器电路可选择地被激活,从而i)连接负总线和底盘接地线之间的第二固定电阻,以及ii)感测产生的第二电流。控制电路响应于第一和第二电流二者的非线性函数(例如,比值)

而识别正和负总线泄漏电阻。在一个优选的实施例中,电流比提供可以应用于照惯例得出的电阻值的校正因子。

[0008] 根据本发明,提供一种机动车辆,包含:

[0009] 正总线,该正总线可连接至DC电源的正输出端;

[0010] 负总线,该负总线可连接至所述DC电源的负输出端;

[0011] 底盘接地线,该底盘接地线分布于车辆内;

[0012] 第一检测器电路,该第一检测器电路选择性地被激活以 i) 连接正总线和底盘接地线之间的第一固定电阻,以及 ii) 感测产生的流经负总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第一电流;

[0013] 第二检测器电路,该第二检测器电路选择性地被激活以 i) 连接负总线和底盘接地线之间的第二固定电阻,以及 ii) 感测产生的流经正总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第二电流;以及

[0014] 控制电路,该控制电路响应于第一电流和第二电流的各个比值识别正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻。

[0015] 在本发明的一个实施例中,检测器电路包括通过控制电路闭合的各个采样开关,以及其中每一个固定电阻包括限流电阻和电流感测电阻。

[0016] 在本发明的一个实施例中,控制电路配置用于在绝缘值小于阈值时将DC电源与正总线和负总线断开,绝缘值使用正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻中较小的一个来确定。

[0017] 在本发明的一个实施例中,控制电路配置用于在绝缘值小于阈值时检测故障情况,绝缘值使用正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻中较小的一个来确定。

[0018] 在本发明的一个实施例中,正总线泄漏电阻根据以下公式进行识别:

$$[0019] \quad R_{lp} = \frac{V_b}{I_{RSP}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSM}}{I_{RSP}} \right)$$

[0020] 其中 $R_{lp}$ 是正总线泄漏电阻, $V_b$ 是来自DC电源的电压, $I_{RSP}$ 是第二电流, $I_{RSM}$ 是第一电流,以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

[0021] 在本发明的一个实施例中,负总线泄漏电阻根据以下公式进行识别:

$$[0022] \quad R_{lm} = \frac{V_b}{I_{RSM}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSP}}{I_{RSM}} \right)$$

[0023] 其中 $R_{lm}$ 是负总线泄漏电阻, $V_b$ 是来自DC电源的电压, $I_{RSM}$ 是第一电流, $I_{RSP}$ 是第二电流,以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

[0024] 在本发明的一个实施例中,控制电路将平衡电阻识别为正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻中较高的一个,并且其中控制电路监控平衡电阻随时间的变化以识别车辆的潜在的故障。

[0025] 在本发明的一个实施例中,DC电源是带有去离子装置的燃料电池,并且其中监控平衡电阻的变化由比较平衡电阻和阈值以检测去离子装置的故障组成。

[0026] 在本发明的一个实施例中,控制电路根据以下公式来识别非平衡电阻:

$$[0027] \quad R_{unbal} = \left| \frac{R_{lp} \cdot R_{lm}}{R_{lp} - R_{lm}} \right|$$

[0028] 其中 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 分别是正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻,以及其中控制电路监控非平衡电阻随时间的变化以识别车辆的潜在的故障。

[0029] 根据本发明,提供一种检测电动车辆的总线绝缘性的方法,车辆具有可连接至正总线和负总线的DC电源以及分布于车辆内的底盘接地线,方法包含以下步骤:

[0030] 连接正总线和底盘接地线之间的第一固定电阻;

[0031] 感测产生的流经负总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第一电流;

[0032] 连接负总线和底盘接地线之间的第二固定电阻;

[0033] 感测产生的流经正总线泄漏电阻和平衡泄漏电阻的第二电流;

[0034] 响应于第一电流和第二电流的各个比值来估算正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻;

[0035] 比较绝缘值和阈值,其中绝缘值响应于DC电源的电压和正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻中较小的一个;以及

[0036] 当绝缘值小于阈值时,发出绝缘异常信号。

[0037] 在本发明的一个实施例中,发出绝缘异常信号包括将正总线和负总线与DC电源断开。

[0038] 在本发明的一个实施例中,本发明的方法进一步包括测量DC电源的电压的步骤,其中测量电压被用于确定绝缘值。

[0039] 在本发明的一个实施例中,被用于确定绝缘值的电压由预定常数组成。

[0040] 在本发明的一个实施例中,根据以下公式估算正总线泄漏电阻:

$$[0041] \quad R_{lp} = \frac{V_b}{I_{RSP}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSM}}{I_{RSP}} \right)$$

[0042] 其中 $R_{lp}$ 是正总线泄漏电阻, $V_b$ 是来自DC电源的测量电压, $I_{RSP}$ 是第二电流, $I_{RSM}$ 是第一电流,以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

[0043] 在本发明的一个实施例中,根据以下公式估算负总线泄漏电阻:

$$[0044] \quad R_{lm} = \frac{V_b}{I_{RSM}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSP}}{I_{RSM}} \right)$$

[0045] 其中 $R_{lm}$ 是负总线泄漏电阻, $V_b$ 是来自DC电源的测量电压, $I_{RSM}$ 是第一电流, $I_{RSP}$ 是第二电流,以及 $R_C$ 是合成的感测电路电阻。

[0046] 根据本发明,提供一种在电动车辆中估算总线泄漏电阻的方法,包含:

[0047] 通过相继地将每一根总线接地来测量用于第一总线和第二总线的第一泄漏相关的电流和第二泄漏相关的电流;

[0048] 响应于总线电压除以各自的第一电流和第二电流,以及响应于第一电流和第二电流的各个比值来估算总线泄漏电阻。

[0049] 在本发明的一个实施例中,本发明的方法进一步包含以下步骤:

[0050] 通过选择估算的总线泄漏电阻中较大的一个来估算平衡泄漏电阻。

[0051] 在本发明的一个实施例中,本发明的方法进一步包含以下步骤:

[0052] 根据以下公式估算非平衡泄漏电阻:

$$[0053] \quad R_{unbal} = \left| \frac{R_{lp} \cdot R_{lm}}{R_{lp} - R_{lm}} \right|$$

[0054] 其中 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 是估算的总线泄漏电阻。

[0055] 根据本发明,提供一种在电动车辆中的故障预测的方法,包含:

[0056] 通过相继地将每一根总线接地来测量用于与DC电源连接的第一总线和第二总线的第二泄漏相关的电流和第一泄漏相关的电流;

[0057] 响应于总线电压除以各自的第一电流和第二电流,以及响应于第一电流和第二电流的各个比值来估算正总线泄漏电阻和负总线泄漏电阻;

[0058] 通过选择估算的总线泄漏电阻中较大的一个来估算平衡泄漏电阻;以及

[0059] 响应于平衡泄漏电阻随时间的预定的减少来预测故障。

[0060] 在本发明的一个实施例中,本发明的方法进一步包含:

[0061] 根据以下公式估算非平衡泄漏电阻:

$$[0062] \quad R_{unbal} = \left| \frac{R_{lp} \cdot R_{lm}}{R_{lp} - R_{lm}} \right|$$

[0063] 其中 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 是估算的总线泄漏电阻;以及

[0064] 响应于非平衡泄漏电阻随时间的预定的减少来预测故障。

## 附图说明

[0065] 图1是显示本发明所应用的一种类型的电动车辆的框图;

[0066] 图2是显示一个典型的带有泄漏电阻的总线结构的示意图;

[0067] 图3是显示用于表征总线泄漏电阻的测试测量电路的示意图;

[0068] 图4是显示作为现有技术泄漏电阻测量的基础的理想化电流的示意图;

[0069] 图5是显示在本发明中为表征泄漏电阻提供基础的测试测量过程中实际电流的示意图;

[0070] 图6是本发明的一个实施例的流程图,其中电绝缘性以提高的精度来确定;

[0071] 图7是本发明进一步实施例的流程图,其中平衡和/或非平衡泄漏电阻估算提供改进的车辆诊断。

## 具体实施方式

[0072] 这里所使用的术语“电动车辆”包括具有用于车辆推进的电动马达的车辆,例如纯电动汽车(BEV)、混合动力电动汽车(HEV)、以及插电式混合动力电动汽车(PHEV)。BEV包括电动马达,其中用于马达的能量来源是可由外部电网再充电的电池。在BEV中,电池或其他DC电源为车辆推进供应能量。HEV包括内燃发动机和电动马达,其中用于发动机的能量来源是燃料,并且用于马达的能量来源是例如电池这样的DC储存单元。在HEV中,发动机是用于车辆推进的能量的主要来源,同时电池为车辆推进提供补充能量(例如,电池缓冲燃料能量并以电的形式恢复动能)。PHEV类似于HEV,但是PHEV可以拥有可由外部电网再充电的更大

容量电池。在PHEV中,电池可以是用于车辆推进的能量的主要来源直到电池耗尽至一低能量级,此时PHEV像HEV一样操作用于车辆推进。

[0073] 举例来说,图1将车辆10描述为由电动马达11推进而无需内燃发动机辅助的纯电动车辆(BEV)。马达11接收电力并为车辆推进提供驱动扭矩。马达11还作为用于通过再生制动将机械能转换为电能的发电机。马达11是动力传动系统12的一部分,在该动力传动系统12中变速器13将马达11与从动轮14连接。变速器13通过预定的齿轮比来调整马达11的驱动扭矩和速度。

[0074] 车辆10包括电池系统15,该电池系统15包括主电池组16和电池能量控制器模块(BECM) 17。电池组16的输出端被连接至逆变器18,该逆变器18根据来自牵引控制模块(TCM) 20的命令将由电池供应的直流(DC)电源转换为用于操作马达11的交流(AC)电源。除了其他方面以外,TCM 20监控马达11的位置、速度、和能耗,并向包括主车辆控制器21(例如,其可以是动力传动系统控制模块或PCM)在内的其他车辆系统提供对应于该信息的输出信号。

[0075] 图2显示了典型的总线架构,其中DC电源20通过接触器开关33选择性地连接至正总线31和负总线32。总线31和32可以进一步连接至DC-DC变换器34、链式电容器(link capacitor) 35、以及驱动牵引马达37的逆变器36。底盘接地线40代表车辆的导电部件,采用该导电部件的电势作为参考并且该导电部件电连接在一起。

[0076] 总线31和32的电绝缘性由每一根总线和底盘40之间的电泄漏电阻确定。泄漏电阻41代表正总线31和底盘40之间的绝缘水平。泄漏电阻42代表负总线32和底盘40之间的绝缘水平。泄漏电阻41和42为非平衡或非对称泄漏电阻。然而电阻41或42会出现只有一个可以呈现为非平衡电阻。另外,平衡泄漏电阻——具有相同电阻的43a和43b——可以存在于总线31和32中间,它们之间的接合点连接至底盘20。另外,可以跨接总线31和32在DC电源30中引入平衡电阻,显示为它们的接合点连接至底盘40的泄漏电阻44a和44b。

[0077] 图3显示了用于检测泄漏电阻的装置,其中第一检测器电路45设置在正总线31和底盘接地线40之间,以及第二检测器电路46设置在负总线32和底盘接地线40之间。第一检测器电路45包括与采样开关51和电流感测电阻器52串联的限流电阻器50。控制器电路47被连接至开关51,用于选择性地激活开关51以便产生的流经检测器电路45的第一电流跨接电流感测电阻器52形成与流经电阻器52、提供给控制器电路47的电流成比例的电压。同样地,第二检测器电路46包括类似地连接至控制器电路47的限流电阻器53、采样开关54和电流感测电阻器55的串联连接。控制器电路47可以包括例如在电池能量控制模块中的微控制器。

[0078] 在基于图4所示的传统假设的泄漏电阻检测系统中,流经限流电阻器 $R_d$ 和电流感测电阻器 $R_s$ 的电流通过泄漏电阻 $R_{lm}$ ,其表示负的总线的泄漏电阻。使用测量的电池电压 $V_B$ 、第一测量电流 $I_{rsm}$ 、以及已知的 $R_d$ 和 $R_s$ 的电阻值,使用下述公式确定泄漏电阻 $R_{lm}$ :

$$[0079] \quad R_{lm} = \frac{V_B}{I_{rsm}} - (R_d + R_s) \quad (\text{方程1})。$$

[0080] 然而如前所述,产生的泄漏电阻的值没有考虑平衡电阻,该平衡电阻反而产生了图5所示的更复杂的等效电路。在这种情况下,感测电流不完全由于并联的负总线泄漏电阻 $R_{60}$ 和 $R_{61a}$ 。另外,电流从正总线流经 $R_{61b}$ ,提供平衡泄漏电流 $i_{bal}$ 的相反分量。因此,总的感测电流不足以表示负总线泄漏电流。

[0081] 如图3和5可以看出,通过 $R_{lm}$ (与负总线32相关的泄漏电阻)的总电流包括来自电阻



61的平衡部分和感测电流 $I_{RS}$  (即,包括图3的电阻44、41和42的平衡和非平衡部分)。当采样开关闭合时,电流 $I_{RS}$ 为

$$[0082] \quad I_{RSM} = \frac{V_B R_{lp}}{R_C R_{lp} + R_{lm} (R_C + R_{lp})} \quad (\text{方程2})$$

[0083] 其中 $R_{lp}$ 为泄漏电阻41以及与正总线31相关的44的平衡部分(图3), $R_{lm}$ 为泄漏电阻42以及与负总线32相关的44的平衡部分(图3), $I_{RSM}$ 为当开关51(图3)闭合时图4所示的感测电流 $I_{RS}$ ,以及电阻 $R_C$ 为合成电阻(例如,固定的519千欧姆),其包括限流电阻 $R_D$ 和电流感测电阻 $R_S$ 的总和。虽然下文假设在检测器电路45和46中 $R_D$ 和 $R_S$ 的值彼此相等,但对于那些熟悉现有技术的人来说,这些值可以改变,同时保留本说明书的意图。因此,当其他采样开关闭合时,电流 $I_{dp}$ 可以使用以下公式来确定:

$$[0084] \quad I_{RSP} = \frac{V_B R_{lm}}{R_C R_{lm} + R_{lp} (R_C + R_{lm})} \quad (\text{方程3})。$$

[0085] 方程2和3同时解答泄漏电阻 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 如下:

$$[0086] \quad R_{lm} = \frac{V_B}{I_{RSM}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSP}}{I_{RSM}} \right) \quad (\text{方程4})$$

$$[0087] \quad R_{lp} = \frac{V_B}{I_{RSP}} - R_C \left( 1 + \frac{I_{RSM}}{I_{RSP}} \right) \quad (\text{方程5})$$

[0088] 因此,两个测量电流的比值向各自的泄漏电阻的传统确定提供了各自的校正因子。基于电流比的产生的用于正和负泄漏电阻 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 的值提供了更精确的泄漏电阻估算,这因此能够更准确的确定相应的电绝缘性。

[0089] 在优选的实施例中,使用具有较低绝缘性的总线来计算绝缘值。因此,选择较小的计算的泄漏电阻,并随后除以预定电压,以便计算绝缘值。预定电压可以由DC电源的测量的电压( $V_B$ )或预定恒电压(例如标称系统电压或规则规定的值)组成。该绝缘值可以计算如下:

$$[0090] \quad \frac{\text{Min}(R_{lp}, R_{lm})}{V_B} \quad (\text{方程6})$$

[0091] 产生的绝缘值与绝缘阈值(例如,500欧姆/伏特)进行比较,并且如果其小于阈值则本发明发出已经检测到状态异常信号。发信号可以由通知驾驶员该状态和/或自动地将DC电源与电源总线断开(例如,断开接触器开关)组成。

[0092] 用于泄漏电阻 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 的计算值可以进一步用于分离电阻的平衡和非平衡分量,以便可以随时监控分量,以检测或预测电气系统中某些潜在的故障。可以以识别即将发生的故障的方式随时间改变的平衡泄漏电阻的示例包括a) 绝缘击穿,以及b) 在燃料电池系统中冷却水去离子装置的效果的丧失。多个随时间的泄漏电阻的测量值可以被分成平衡/非平衡分量并储存在数据库中。在储存数据(例如,平衡或非平衡分量)内的量级和斜率二者被用于预测潜在的故障。可以随时间变化的非平衡泄漏电阻的示例包括电池终端至底盘的接触、至底盘的线接触、以及其他形式的接触。

[0093] 泄漏电阻 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 的计算值可以如下所示被分离。泄漏电阻 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 中较大的一个

将对应于平衡电阻,即 $R_{bal} = \max(R_{lp}, R_{lm})$ 。这是由于,按照定义, $R_{bal}$ 的值从底盘接地线到正和负总线二者必须相等。从正或负总线到地面,非平衡电阻与 $R_{bal}$ 的值并联存在。由于并联电阻总是导致总电阻低于该每一个并联电阻,所以 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 的最大值对应于平衡电阻。

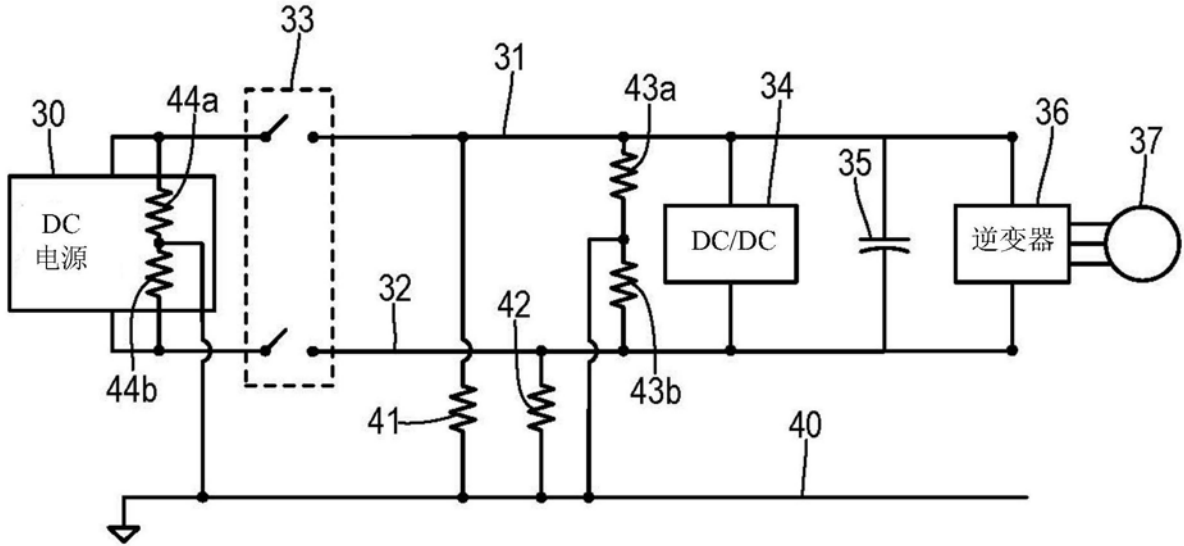
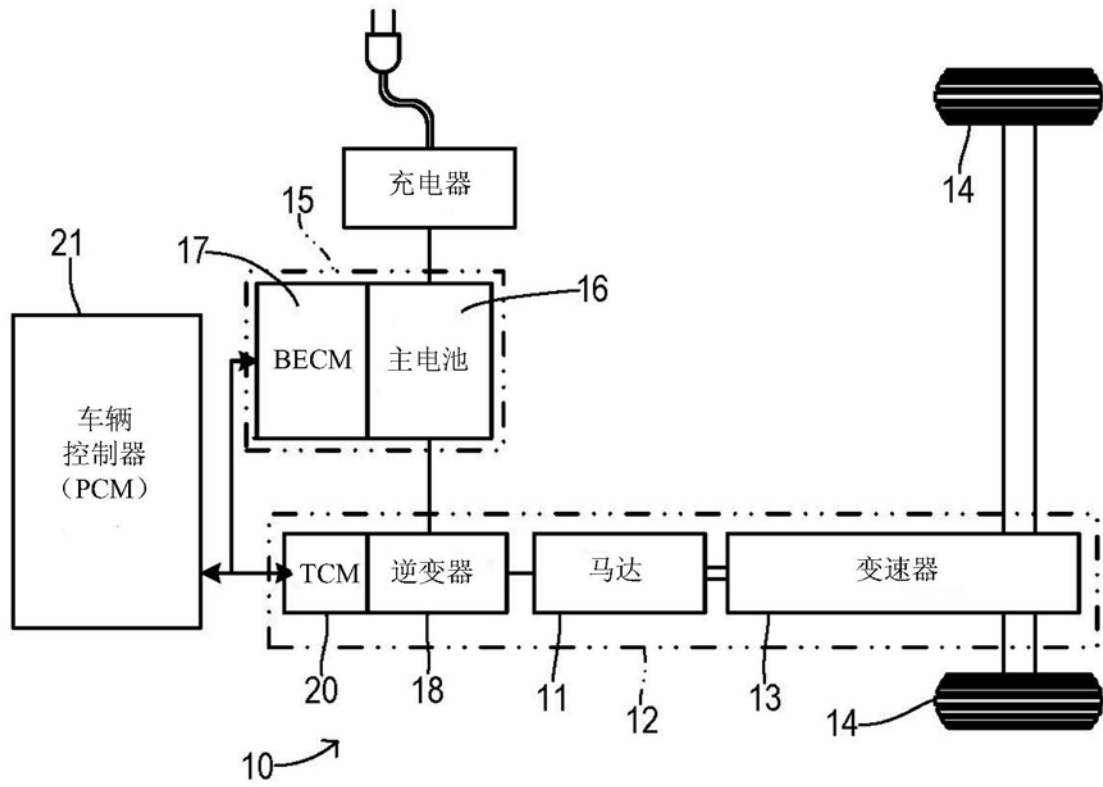
[0094] 非平衡电阻分量可以使用 $R_{lp}$ 和 $R_{lm}$ 计算如下:

$$[0095] \quad R_{unbal} = \left| \frac{R_{lp} \cdot R_{lm}}{R_{lp} - R_{lm}} \right| \quad (\text{方程7})$$

[0096] 本发明的一种方法将结合图6和7的流程图来进行概述。在步骤70,测量DC电源的电压 $V_B$ 。在步骤71,正总线被连接至底盘接地线并测量产生的电流。在步骤72,于是负总线相继被连接至底盘接地线并测量产生的电流。在步骤73,计算泄漏电阻 $R_{LP}$ 和 $R_{LM}$ 。在步骤74选择两个电阻中较小的一个,以便识别最坏情况的总线泄漏电阻。在步骤75,使用所选的最坏情况的电阻计算绝缘值。

[0097] 在步骤76,将绝缘值与绝缘阈值进行比较。如果小于阈值,则本发明在步骤77发出状态异常信号(例如,通过通知驾驶员或断开通向高压总线的电源)。如果绝缘值不低于阈值,则方法在步骤76完成。作为选择地,可以执行附加的方法,其中如图7所示确定平衡和非平衡电阻值以便提供潜在故障的预测。

[0098] 在图7中,在步骤80,较大的电阻值被分配为平衡泄漏电阻。在步骤81中,计算非平衡泄漏电阻(例如,使用方程7)。在步骤82随时间编译用于平衡和/或非平衡电阻的计算值。在步骤83中,可以响应于平衡或非平衡电阻的预定的减少而预测预定的潜在的故障。更具体地,可以响应于下降至阈值以下的电阻值的大小而预测潜在的故障,或响应于随时间积累的数据点而预测潜在的故障,其中数据点显示出指向即将发生的电阻值低于阈值下降的负斜率。例如,平衡电阻分量的预定的减少可以对应于用于燃料电池的冷却水的去离子效果的丧失(导致降低的电生能)。经验性测试可以识别可用于检测对校正动作的需要以修复或更换去离子装置的感兴趣的大小或斜率值。每当检测到或预测到潜在的故障,执行步骤84以向其他车辆系统(例如,用于停用DC电源和总线之间的主接触器的控制器)、驾驶员(例如,经由故障指示灯)、或者远程监控系统(例如,通过电子云以无线方式通向制造商的数据库)提供通知。



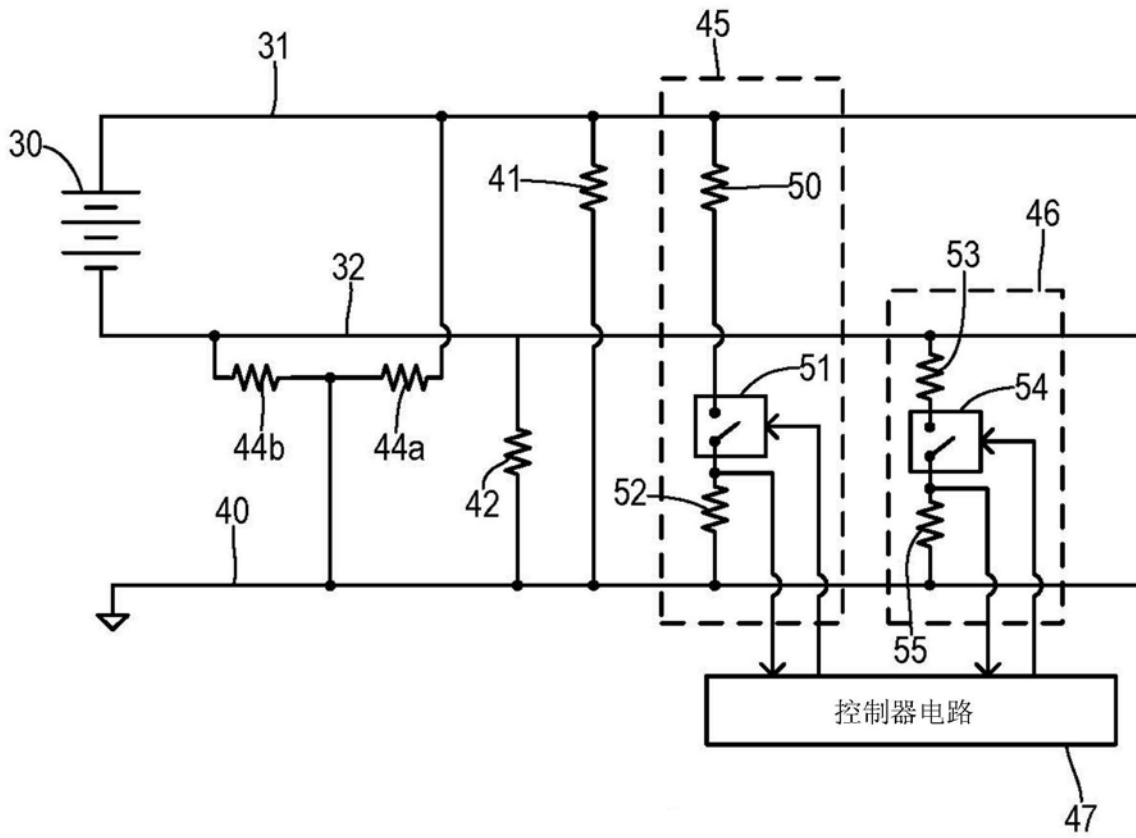


图3

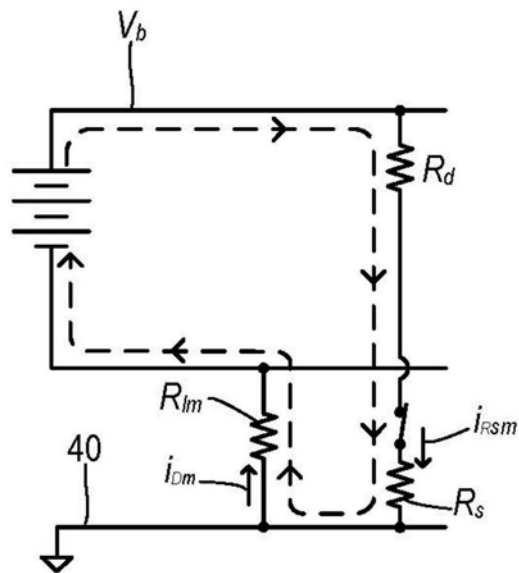


图4

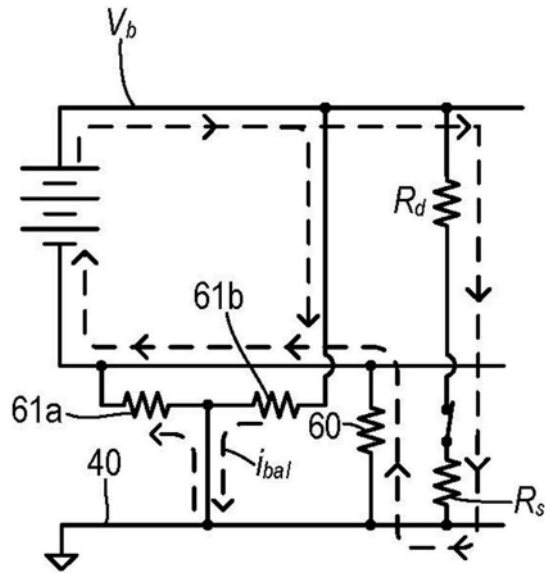


图5

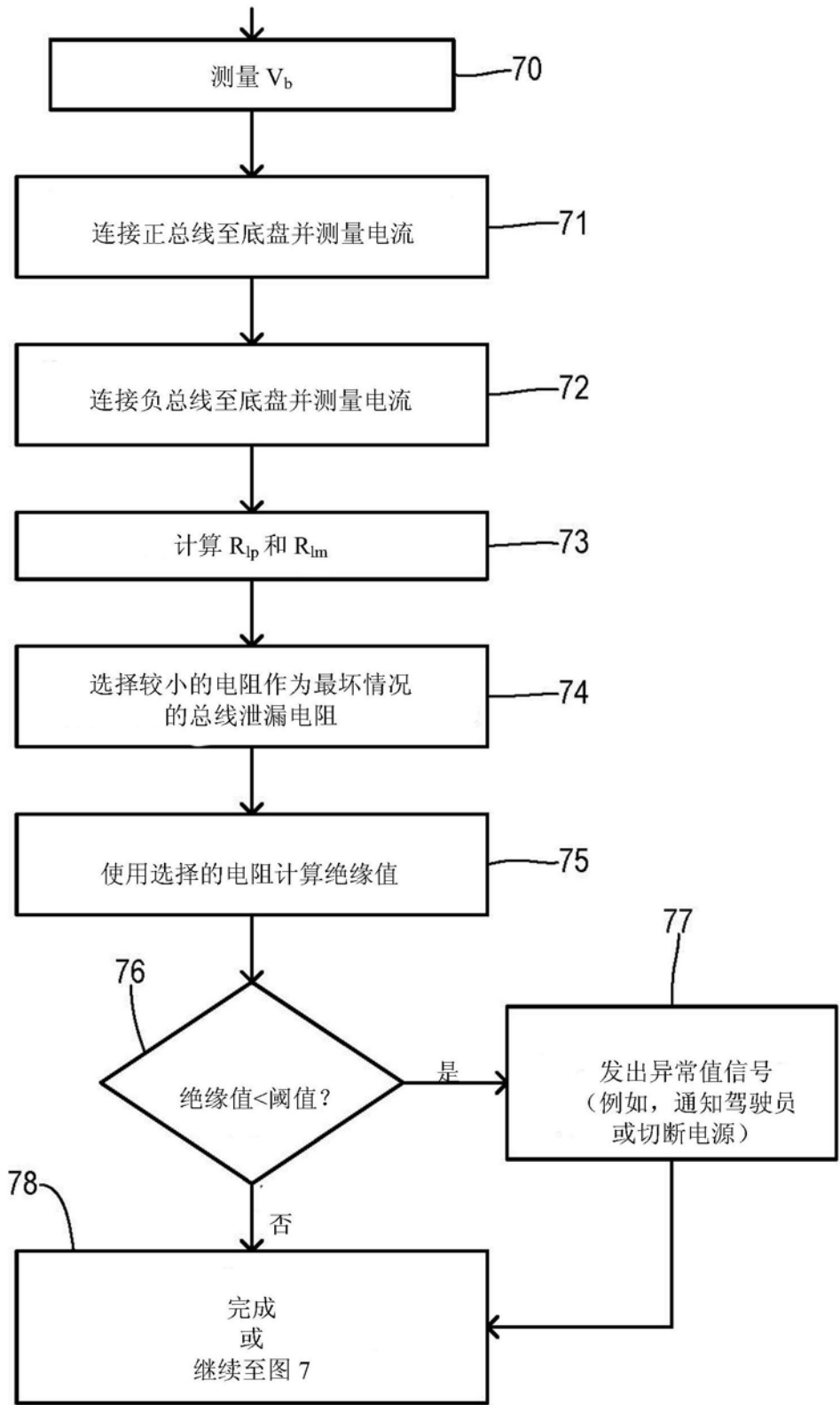


图6

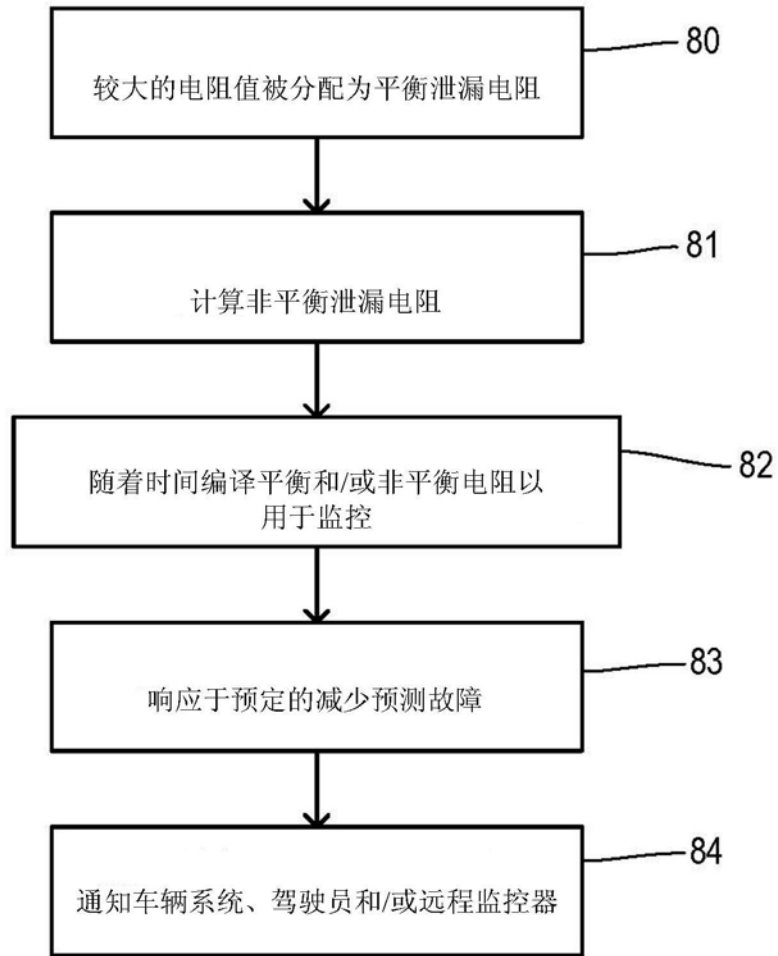


图7