



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 111936875 A

(43) 申请公布日 2020. 11. 13

(21) 申请号 201980021094.1

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司 31100

(22) 申请日 2019.02.27

代理人 胡利鸣 陈斌

(30) 优先权数据

1852530 2018.03.23 FR

(51) Int.Cl.

G01R 31/34 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 27/02 (2006.01)

2020.09.22

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/EP2019/054866 2019.02.27

(87) PCT国际申请的公布数据

W02019/179736 FR 2019.09.26

(71) 申请人 IFP新能源公司

地址 法国里埃马尔迈松

(72) 发明人 N·哈杰奥贝德 A·巴蒂斯通

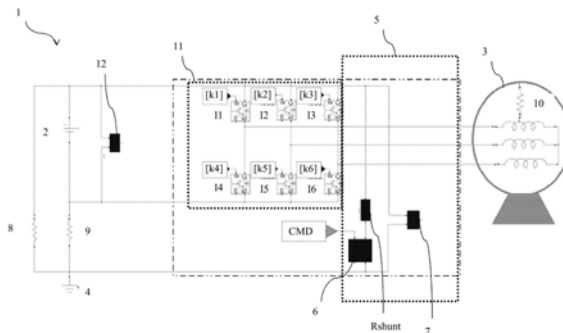
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

用于确定电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法

(57) 摘要

本发明涉及一种确定包括功率源(2)、逆变器(11)、电负载(3)和测量电路(5)的电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法。测量是在电气系统的操作期间当逆变器(11)的受控开关处于零序列时执行的。本发明还涉及一种实现该方法的控制系统。



1. 一种确定电气系统 (1) 的至少两个等效绝缘电阻的方法, 所述电气系统包括功率源 (2)、能量转换器 (11) 以及电负载 (3), 所述能量转换器 (11) 包括多个开关分支, 所述开关分支中的每一者包括两个受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6), 所述电气系统还包括添加在所述电源 (2) 的正端子和所述电气系统 (1) 的接地或机架 (4) 之间的测量电路 (5), 所述测量电路 (5) 包括与受控开关 (6) 串联的分流电阻器 (Rshunt), 其特征在于, 以下步骤被执行:

a) 在所述能量转换器 (11) 的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 处于零序列时, 与所述测量电路 (5) 并联地测量两个电压, 第一电压 V_{pt_0} 是在所述测量电路 (5) 的所述受控开关 (6) 处于打开位置中的情况下测得的, 而第二电压 V_{pt_1} 是在所述测量电路 (5) 的所述受控开关 (6) 处于闭合位置中的情况下测得的, 以及

b) 借助所测得的电压 V_{pt_0} 和 V_{pt_1} 来确定所述电气系统 (1) 的所述等效绝缘电阻。

2. 如权利要求1所述的方法, 其特征在于, 所述能量转换器 (11) 的所述受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 是通过脉宽调制方法来控制的。

3. 如前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于, 四个等效绝缘电阻通过针对所述能量转换器 (11) 的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 的控制的每一零序列重复步骤a) 和 b) 来被确定。

4. 如前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于, 等效绝缘电阻 $R_{iso_h^+}$ 是针对其中所述能量转换器 (11) 的连接到所述功率源 (2) 的正端子的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 处于闭合位置的零序列, 借助以下类型的方程在所述功率源 (2) 的正端子和所述电气系

统 (1) 的机架或接地 (4) 之间确定的: $R_{iso_h^+} = R_{shunt} \left[\frac{V_{pt_h0}}{V_{batt} - V_{pt_h0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_h1}}{V_{pt_h1}} - 1 \right]$, 其中

R_{shunt} 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率源 (2) 的电压, V_{pt_h0} 是针对这一零序列测得的第一电压, 且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

5. 如权利要求4所述的方法, 其特征在于, 等效绝缘电阻 $R_{iso_h^-}$ 是针对其中所述能量转换器 (11) 的连接到所述功率源 (2) 的正端子的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 处于闭合位置的零序列, 借助以下类型的方程在所述功率源 (2) 的负端子和所述电气系统 (1) 的机架或

接地 (4) 之间确定的: $R_{iso_h^-} = \frac{R_{iso_h^+} \times R_{shunt}}{R_{iso_h^+} + R_{shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_h1}} - 1 \right)$, 其中 R_{shunt} 是分流电阻, V_{batt} 是所

述功率源 (2) 的电压, 且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

6. 如前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于, 等效绝缘电阻 $R_{iso_b^+}$ 是针对其中所述能量转换器 (11) 的连接到所述功率源 (2) 的负端子的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 处于闭合位置的零序列, 借助以下类型的方程在所述功率源 (2) 的正端子和所述电气系

统 (1) 的机架或接地 (4) 之间确定的: $R_{iso_b^+} = R_{shunt} \left[\frac{V_{pt_b0}}{V_{batt} - V_{pt_b0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_b1}}{V_{pt_b1}} - 1 \right]$, 其中

R_{shunt} 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, V_{pt_b0} 是针对这一零序列测得的第一电压, 且 V_{pt_b1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

7. 如权利要求6所述的方法, 其特征在于, 等效绝缘电阻 $R_{iso_b^-}$ 是针对其中所述逆变器

(11) 的连接到所述功率源 (2) 的负端子的受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6) 处于闭合位置的零序列, 借助以下类型的方程在所述功率源 (2) 的负端子和所述电气系统 (1) 的机架或接地

(4) 之间确定的: $R_{_iso_b^-} = \frac{R_{_iso_b^+} \times R_{_shunt}}{R_{_iso_b^+} + R_{_shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_b1}} - 1 \right)$ 其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是所述功

率源的电压, 且 V_{pt_b1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

8. 如前述权利要求中的任一项所述的方法, 其特征在于, 所述等效绝缘电阻与阈值相比较以确定所述电气系统内的可能的绝缘故障。

9. 如权利要求3和8中的任一项所述的方法, 其特征在于, 借助以下条件来定位所述可能的绝缘故障:

i) 如果所有等效电阻都高于所述阈值, 则所述电气系统中没有绝缘故障,

ii) 如果只有等效电阻 $R_{_iso_h^+}$ 和 $R_{_iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述电负载 (3) 的那侧,

iii) 如果只有等效电阻 $R_{_iso_h^+}$ 和 $R_{_iso_b^+}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源 (2) 的正端子的那侧,

iv) 如果只有等效电阻 $R_{_iso_h^-}$ 和 $R_{_iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源 (2) 的负端子的那侧,

v) 如果只有等效电阻 $R_{_iso_h^+}$ 、 $R_{_iso_b^+}$ 和 $R_{_iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源 (2) 的正端子的那侧和所述电负载 (3) 的那侧,

vi) 如果只有等效电阻 $R_{_iso_h^+}$ 、 $R_{_iso_h^-}$ 和 $R_{_iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源 (2) 的负端子的那侧和所述电负载 (3) 的那侧, 以及

vii) 如果所有等效电阻都低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源 (2) 的正端子和负端子的那侧。

10. 如权利要求8和9中的任一项所述的方法, 其特征在于, 所述阈值 S 是使用以下类型的公式来确定的: $S = a \times V_{batt}$, 其中 a 是安全系数且 V_{batt} 是所述功率源 (2) 的电压, 优选地, 安全系数 a 的值是 $1000 \Omega / V$ 。

11. 一种用于控制电气系统 (1) 来确定所述电气系统 (1) 的至少两个等效绝缘电阻的系统, 所述电气系统 (1) 包括功率源 (2)、能量转换器 (11)、电负载 (3) 以及测量电路 (5), 所述逆变器包括多个开关分支, 所述开关分支中的每一者包括两个受控开关 (I1、I2、I3、I4、I5、I6), 所述测量电路 (5) 包括添加在所述电源 (2) 的正端子和所述电气系统 (1) 的接地或机架 (4) 之间的与受控开关 (6) 串联的分流电阻器 (R_{shunt}), 其特征在于, 所述控制系统被配置成实现如前述权利要求中的任一项所述的方法。

12. 如权利要求11所述的控制系统, 其特征在于, 所述电负载 (3) 是电机且所述功率源 (2) 是电池。

13. 如权利要求12所述的控制系统的用于控制电动车或混合动力车辆的动力总成的用途。

用于确定电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电气系统监控的领域。本发明尤其涉及确定电气系统的绝缘电阻。

[0002] 在现代制造实践中,集成监控系统已变成必需的,以确保用户和装备的安全性。

[0003] 例如,在电气动力总成的领域中,为了确保逆变器-电机系统的操作安全性以及为了确保用户安全性,需要在电池侧(一般高电压)和电机侧(尤其是其绕组(线圈))定期地测量绝缘电阻。这些测量的目的是限制电气危险,尤其是短路或触电。因此,对开发集成到该系统的监控装置存在强烈兴趣。

[0004] 至于电机,有必要测量其源电压高于48V的任何非隔离的系统(例如,电气隔离)中的绝缘电阻。这一测量允许检测相到地(或相到机架)绝缘故障,并且它在对人进行保护方面起重要作用。

[0005] 还需要在电池侧功率连接器(正和负端子)与接地-机架之间进行绝缘电阻监控。

[0006] 当前工业市场上可购得的用于电池侧(一般高电压(高于120Vdc))和机器侧(尤其是其绕组)上的绝缘电阻测量的设备是与机器控制系统无关的。它们被称为绝缘监控设备。这些系统没有集成到电气系统,并且因此它们需要关闭电气系统(以安装绝缘监控设备和执行测量)。

[0007] 此外,已经开发了各种绝缘电阻测量方法和系统。

[0008] 发明背景

[0009] 例如,专利申请EP-2,413,148涉及用于测量不受电池电压影响的绝缘电阻的电路。这一测量电路只适于确定电池的绝缘电阻,但它不允许确定整个电气系统(包括电池、逆变器和电负载)的绝缘电阻,因此这一测量电路不允许定位电气系统中的可能的绝缘故障。专利申请US-2003/0,234,653和US-2015/042,350中呈现的测量方法具有相同限制。

[0010] 专利US-7,554,336公开了一种用于测量电气电路的绝缘电阻的方法。对于这一方法,测量之一是离线执行的,这被描述为其中逆变器的所有开关被打开的状态。这不是转换器控制的常见情形,并且它需要修改逆变器控制设备。对逆变器控制的访问因此是必要的,以插入这些状态。此外,这一电路是复杂的并且它被限于计算机网络(IT)。

[0011] 专利申请US-2012/223,734描述了一种应用于光伏面板的绝缘电阻测量方法。这一方法使用特定装置来测量绝缘电阻。因而,这一文献没有描述能被嵌入的测量装置,而这对于电气动力总成应用是尤其有用的。

[0012] 专利申请WO-2013/124,571描述了一种用于估计电池与电接地之间的绝缘电阻的方法和系统。这一方法需要施加电压来执行测量,这是受限的并且在测量时限制了电池的使用。

[0013] 为了克服这些缺陷,本发明涉及一种确定包括功率源(例如,电池)、逆变器、电负载(例如,电机)和测量电路的电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法。这些测量是在电气系统的操作期间在逆变器的受控开关处于零序列时执行的,这允许在电气系统的操作期间实现该方法。此类方法适于确定电气系统的绝缘电阻,并且使得定位电气系统内的可能的绝缘故障成为可能。

[0014] 本发明还涉及一种实现该方法的控制系统。

发明内容

[0015] 本发明涉及一种确定电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法,所述电气系统包括功率源、能量转换器以及电负载,所述能量转换器包括多个开关分支,所述开关分支中的每一者包括两个受控开关,所述电气系统还包括添加在所述电源的正端子和所述电气系统的接地或机架之间的测量电路,所述测量电路包括与受控开关串联的分流电阻器(Rshunt)。对于该方法,执行以下步骤:

[0016] a) 在所述能量转换器的受控开关处于零序列时,与所述测量电路并联地测量两个电压,第一电压 V_{pt_0} 是在所述测量电路的所述受控开关处于打开位置中的情况下测得的,而第二电压 V_{pt_1} 是在所述测量电路的所述受控开关处于闭合位置中的情况下测得的,以及

[0017] b) 借助所测得的电压 V_{pt_0} 和 V_{pt_1} 来确定所述电气系统的所述等效绝缘电阻。

[0018] 根据本发明的实施例,所述能量转换器的所述受控开关是通过脉宽调制方法来控制的。

[0019] 根据一实现,四个等效绝缘电阻通过针对所述能量转换器的受控开关的控制的每一零序列重复步骤a)和b)来被确定。

[0020] 有利地,可针对其中所述能量转换器的连接到所述功率源的正端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在所述功率源的正端子与所述电气系统的机架或接地之间确定等效绝缘电阻

$$R_{_iso_h^+} : R_{_iso_h^+} = R_{_shunt} \left[\frac{V_{pt_h0}}{V_{batt} - V_{pt_h0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_h1}}{V_{pt_h1}} - 1 \right],$$

其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, V_{pt_h0} 是针对这一零序列测得的第一电压,且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0021] 有利地,可针对其中所述能量转换器的连接到所述功率源的正端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在所述功率源的负端子与所述电气系统的机架或接地之间确定等效绝缘电阻

$$R_{_iso_h^-} : R_{_iso_h^-} = \frac{R_{_iso_h^+} \times R_{_shunt}}{R_{_iso_h^+} + R_{_shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_h1}} - 1 \right),$$

其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压,且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0022] 根据一方面,可针对其中所述能量转换器的连接到所述功率源的负端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在所述功率源的正端子与所述电气系统的

$$R_{_iso_b^+} : R_{_iso_b^+} = R_{_shunt} \left[\frac{V_{pt_b0}}{V_{batt} - V_{pt_b0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_b1}}{V_{pt_b1}} - 1 \right],$$

其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, V_{pt_b0} 是针对这一零序列测得的第一电压,且 V_{pt_b1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0023] 优选地,可针对其中所述逆变器的连接到所述功率源的负端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在所述功率源的负端子与所述电气系统的机架或

$$R_{_iso_b^-} : R_{_iso_b^-} = \frac{R_{_iso_b^+} \times R_{_shunt}}{R_{_iso_b^+} + R_{_shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_b1}} - 1 \right),$$

电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, 且 V_{pt_bl} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0024] 根据一实施例, 所述等效绝缘电阻与阈值相比较以确定所述电气系统内的可能的绝缘故障。

[0025] 有利地, 借助以下条件来定位可能的绝缘故障:

[0026] i) 如果所有等效电阻都高于所述阈值, 则所述电气系统中没有绝缘故障,

[0027] ii) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述电负载的那侧,

[0028] iii) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源的正端子的那侧,

[0029] iv) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^-}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源的负端子的那侧,

[0030] v) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 、 $R_{iso_b^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源的正端子的那侧和所述电负载的那侧,

[0031] vi) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 、 $R_{iso_h^-}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源的负端子的那侧和所述电负载的那侧, 以及

[0032] vii. 如果所有等效电阻都低于所述阈值, 则绝缘故障位于所述功率源的正端子和负端子的那侧。

[0033] 根据一方面, 所述阈值 S 是使用以下类型的公式来确定的: $S = a \times V_{batt}$, 其中 a 是安全系数且 V_{batt} 是所述功率源的电压, 优选地, 安全系数 a 的值是 $1000 \Omega / V$ 。

[0034] 此外, 本发明涉及一种用于控制电气系统以确定所述电气系统的至少两个等效绝缘电阻的系统, 所述电气系统包括功率源、能量转换器、电负载和测量电路, 所述逆变器包括多个开关分支, 所述开关分支中的每一者包括两个受控开关, 所述测量电路包括添加在所述功率源的正端子与所述电气系统的接地或机架之间的与受控开关串联的分流电阻器。所述控制系统被配置成实现根据上述特征之一的方法。

[0035] 根据一实施例, 所述电负载是电机且所述功率源是电池。

[0036] 此外, 本发明涉及根据以上特征之一的控制系统用于控制电动车或混合动力车辆的动力总成的用途。

附图说明

[0037] 参照附图, 通过阅读以下通过非限制性示例给出的实施例的描述, 根据本发明的方法的其他特征和优点将显而易见, 其中:

[0038] -图1解说了装备有适于实现根据本发明的实施例的方法的测量电路的电气系统, 以及

[0039] -图2解说了根据本发明的实施例的电压采集时间。

[0040] 本发明的详细描述

[0041] 本发明涉及一种确定电气系统的至少两个等效绝缘电阻的方法。

[0042] 绝缘电阻被理解成电气系统与其外部介质之间的隔离装置 (一般是电气系统与其

外壳之间的空气)的电气电阻。这一绝缘电阻表示在电气系统与接地之间(在固定电气系统的情况下)或者在电气系统与其机架之间(在电动车类型的嵌入式电气系统的情况下)形成的电阻。知悉这一值允许确定电气系统中的绝缘故障。此类绝缘故障可生成电气系统的安全问题。

[0043] 绝缘电阻被称为等效的,是因为它取决于测量电路的结构,尤其是取决于分流电阻器(测量电路在本说明书的其余部分中描述)。

[0044] 根据本发明的电气系统包括功率源、能量转换器和电负载。

[0045] 功率源提供电能,它可以是提供持续电能供应的电池。

[0046] 能量转换器允许电能转换。例如,能量转换器使得将一交流电压转换成具有不同频率和/或振幅的另一交流电压成为可能,它则被称为交流/交流或AC/AC转换器。根据另一示例,能量转换器使得将交流电压转换成直流电压成为可能,它则被称为整流器、交流/直流或AC/DC转换器。对于反向直流/交流转换,它被称为DC/AC转换器或逆变器。根据最后示例,能量转换器可将一直流电压转换成不同电压的直流电压,它则被称为DC/DC转换器。转换器可以是可逆或不可逆的。一般而言,转换是借助分布在若干(一般而言是三的倍数)开关分支之间的受控开关来执行的。每一开关分支包括两个相对的受控开关:在第一受控开关打开时,同一分支的第二受控开关闭合,且反之亦然。

[0047] 电负载表示使用电能的任何系统。它可以是电机、电阻性负载、电网,等等。

[0048] 根据本发明的优选实施例,电气系统包括电池、三支DC/AC逆变器和三相电机。

[0049] 此外,电气系统包括测量电路。换言之,测量电路被包括在电气系统中。测量电路被使用和控制来确定等效绝缘电阻。因而,确定绝缘电阻可以在无需电气系统外部的任何特定装备(例如,传感器)的情况下完成。

[0050] 测量电路被添加在功率源的正端子和电气系统的接地或机架之间。

[0051] 测量电路包括与受控开关串联的分流电阻器。分流电阻的值的范围可以在500k Ω 和5M Ω 之间。

[0052] 根据本发明的一方面,(能量转换器和测量电路的)所有受控开关可以是MOSFET(金属氧化物半导体场效应晶体管)和/或IGBT(绝缘栅双极晶体管)类型和/或任何其他类似技术的开关。

[0053] 图1藉由非限制性示例示意性地解说了适于根据本发明的实施例的方法的电路。电路1包括功率源2(在此是电池)、逆变器11(能量转换器)、电负载3(在此是三相电机)以及测量电路5。

[0054] 逆变器11具有三个开关臂,每一开关臂具有串联的两个受控开关I1到I6。每一受控开关包括控制[k1]到[k6]。逆变器11的第一分支包括开关I1和I4,开关I4的控制[k4]与开关I1的控制[k1]相对(在I1闭合时I4打开,且反之亦然)。逆变器11的第二分支包括开关I2和I5,开关I5的控制[k5]与开关I2的控制[k2]相对。逆变器11的第三分支包括开关I3和I6,开关I6的控制[k6]与开关I3的控制[k3]相对。

[0055] 测量电路5被布置在功率源2的正端子和电气系统2的接地或机架4之间。测量电路5包括分流电阻器Rshunt与受控开关6的串联组合。受控开关6的控制CMD允许打开和闭合受控开关6。测量电路5还包括用于测量测量电路5的端子处的电压的装置(7)。

[0056] 此外,图1示出了绝缘电阻8、9和10。绝缘电阻8位于功率源2的正端子和电气系统

的接地或机架4之间。绝缘电阻9位于功率源2的负端子和电气系统1的接地或机架4之间。绝缘电阻10位于电负载3和电气系统的接地或机架4之间。

[0057] 图1还解说了用于测量功率源2的电压的装置12。

[0058] 根据本发明的方法包括如下步骤：

[0059] a) 在逆变器的受控开关处于零序列时，测量两个电压，这些电压是与测量电路并联地测得的，第一电压通过打开测量电路的受控开关来测得，而第二电压通过闭合测量电路的受控开关来测得，以及

[0060] b) 借助测得电压来确定电气系统的等效绝缘电阻。

[0061] 逆变器控制的零序列与逆变器控制的没有差分电流通过功率源和电负载之间的时刻相对应。因此，在这些序列期间，从源取得的功率因此是零。第一零序列因而在逆变器的连接到功率源的正端子的受控开关全部闭合时获得。第二零序列因而在逆变器的连接到功率源的负端子的受控开关全部闭合时获得。

[0062] 对于图1的示例，第一零序列对应于受控开关I1、I2和I3的闭合 (I4、I5和I6打开)，而第二零序列对应于受控开关I4、I5和I6的闭合 (I1、I2和I3打开)。

[0063] 根据本发明的方法没有修改逆变器的受控开关的控制，它使用逆变器控制的现有特定序列来执行测量。根据本发明的方法只控制测量电路的受控开关就能执行两个电压测量。因而，在电气系统的操作期间使用根据本发明的方法是可能的 (电气系统不需要为了确定绝缘电阻而被关闭)。

[0064] 此外，根据本发明的方法不需要修改逆变器。

[0065] 此外，本发明允许自组织地、在线且实时地确定绝缘电阻。

[0066] 优选地，逆变器的受控开关通过PWM (脉宽调制) 方法来控制。这一调制方法的一般原理是通过在良好选择的时间段期间应用一系列离散状态，可获得与在特定时间段上的均值有关的任何中间值。

[0067] 根据本发明的实施例，等效绝缘电阻针对逆变器的受控开关的控制的每一零序列来被确定。因此针对这两个零序列重复上述步骤a) 和b)。因而针对第一零序列获得了两个电压测量，以及针对第二零序列获得了两个电压测量。这四个电压允许确定四个等效绝缘电阻，这使得能够精确定位电路的绝缘故障。

[0068] 为了在逆变器的控制的零序列的时刻执行测量，根据本发明的方法可包括检测零序列的步骤。

[0069] 例如，这一检测可通过测量电气系统中的电流、或以预测性方式 (通过知悉逆变器的受控开关的控制的将来状态) 来达成。

[0070] 根据本发明的一方面，该方法可包括测量功率源的端子处的电压的步骤。功率源的这一电压可被用于确定等效绝缘电阻的步骤b)。

[0071] 图2解说了根据本发明的实施例的针对图1中解说的电气系统示例的测量时间。顶部图表示示意性地而非限制性地示出了用于脉宽调制方法的控制k1、k2和k3 (控制k1、k2和k3的曲线被示出在同一参考帧中)。这些控制的值1对应于对应受控开关的闭合，并且这些控制的值0对应于对应受控开关的打开。底部图表示示意性地而非限制性地示出了在测量电路的端子处测得的电压。在时刻t1，存在第一零序列 ($k1=k2=k3=1$)，因而可执行由 V_{pt_h0} (在测量电路的受控开关打开时) 和 V_{pt_h1} (在测量电路的受控开关闭合时) 表示的第一两个电压

测量。在时刻 t_2 ,存在第二零序列($k_1=k_2=k_3=0$),因而可执行由 V_{pt_b0} (在测量电路的受控开关打开时)和 V_{pt_b1} (在测量电路的受控开关闭合时)表示的另两个电压测量。

[0072] 此外,图2示出了为了确定等效绝缘电阻,在间隔开 $T_{ech}/2$ (T_{ech} 表示脉宽调制方法的采样周期)的两个不同时刻采集测量电路的端子处的电压是可能的。

[0073] 确定等效绝缘电阻的步骤b)可通过应用常规电学定律(尤其是欧姆定律)、网格定则和节点定则来执行。

[0074] 根据本发明的一方面,确定等效绝缘电阻的步骤b)可借助能量转换器(例如,逆变器)的计算器来执行。另选地,这一步骤可借助专用计算器来执行。

[0075] 根据第一实施例,可针对其中逆变器的连接到功率源的正端子的受控开关处于闭合位置的零序列(在图1和2的情形中,这对应于 $k_1=k_2=k_3=1$)来确定两个等效绝缘电阻 $R_{_iso_h^+}$ 和 $R_{_iso_h^-}$ 。

[0076] 对于这一实施例,可针对其中逆变器的连接到功率源的正端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在功率源的正端子与电气系统的机架或接地之间

确定等效绝缘电阻 $R_{_iso_h^+}$: $R_{_iso_h^+} = R_{_shunt} \left[\frac{V_{pt_h0}}{V_{batt} - V_{pt_h0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_h1}}{V_{pt_h1}} - 1 \right]$,其中 $R_{_shunt}$ 是分

流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, V_{pt_h0} 是针对这一零序列测得的第一电压,且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0077] 此外,可针对其中逆变器的连接到功率源的正端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在功率源的负端子与电气系统的机架或接地之间确定等效电

阻 $R_{_iso_h^-}$: $R_{_iso_h^-} = \frac{R_{_iso_h^+} \times R_{_shunt}}{R_{_iso_h^+} + R_{_shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_h1}} - 1 \right)$,其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是所述功率

源的电压,且 V_{pt_h1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0078] 根据第二实施例,可针对其中逆变器的连接到功率源的负端子的受控开关处于闭合位置的零序列(在图1和2的情形中,这对应于 $k_4=k_5=k_6=1$)来确定两个等效绝缘电阻 $R_{_iso_b^+}$ 和 $R_{_iso_b^-}$ 。

[0079] 对于这一实施例,可针对其中逆变器的连接到所述功率源的负端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在功率源的正端子与电气系统的机架或接地

之间确定等效电阻 $R_{_iso_b^+}$: $R_{_iso_b^+} = R_{_shunt} \left[\frac{V_{pt_b0}}{V_{batt} - V_{pt_b0}} \frac{V_{batt} - V_{pt_b1}}{V_{pt_b1}} - 1 \right]$,其中 $R_{_shunt}$ 是分

流电阻, V_{batt} 是所述功率源的电压, V_{pt_b0} 是针对这一零序列测得的第一电压,且 V_{pt_b1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0080] 此外,可针对其中逆变器的连接到所述电源的负端子的受控开关处于闭合位置中的零序列,借助以下类型的方程在所述功率源的负端子与所述电气系统的机架或接地之间

确定等效电阻 $R_{_iso_b^-}$: $R_{_iso_b^-} = \frac{R_{_iso_b^+} \times R_{_shunt}}{R_{_iso_b^+} + R_{_shunt}} \left(\frac{V_{batt}}{V_{pt_b1}} - 1 \right)$,其中 $R_{_shunt}$ 是分流电阻, V_{batt} 是

所述功率源的电压,且 V_{pt_b1} 是针对这一零序列测得的第二电压。

[0081] 有利地,上述两个实施例可以组合(针对两个零序列的诸电压测量)。在这一情形中,确定四个等效绝缘电阻 $R_{iso_h^+}$ 、 $R_{iso_h^-}$ 、 $R_{iso_b^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 。获得四个等效绝缘电阻允许精确地检测可能的绝缘故障。

[0082] 根据本发明的一实现,该方法可包括将由此确定的等效绝缘电阻与阈值相比较的步骤。与阈值的这一比较允许确定电气系统中绝缘故障的存在。另外,这一比较允许定位电气系统中的可能的绝缘故障。优选地,所确定的所有等效绝缘电阻可以与同一阈值相比较,以促进检测和定位可能的绝缘故障。

[0083] 比较阈值S可以用以下类型的公式来确定: $S=a \times V_{batt}$,其中a是安全系数且 V_{batt} 是功率源的电压。优选地,安全系数a的值可以是 $1000 \Omega/V$;的确,这一值一般在当前安全标准中提供。

[0084] 对于其中确定上述四个等效绝缘电阻的实施例,借助以下条件来定位可能的绝缘故障:

[0085] i) 如果所有等效电阻都高于该阈值,则电气系统中没有绝缘故障,

[0086] ii) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值,则绝缘故障位于电负载的那侧,

[0087] iii) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 和 $R_{iso_b^+}$ 低于所述阈值,则绝缘故障位于功率源的正端子的那侧,

[0088] iv) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^-}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值,则绝缘故障位于功率源的负端子的那侧,

[0089] v) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 、 $R_{iso_b^+}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值,则绝缘故障位于功率源的正端子的那侧和电负载的那侧,

[0090] vi) 如果只有等效电阻 $R_{iso_h^+}$ 、 $R_{iso_h^-}$ 和 $R_{iso_b^-}$ 低于所述阈值,则绝缘故障位于功率源的负端子的那侧和电负载的那侧,以及

[0091] vii. 如果所有等效电阻都低于所述阈值,则绝缘故障位于功率源的正端子和负端子的那侧。

[0092] 因而,根据本发明的方法提供了对绝缘故障的精确定位,这允许改进安全性并只替换有缺陷的元件,而不必替换整个电路。

[0093] 此外,本发明涉及一种用于控制电气系统的系统,该控制系统被配置成确定该电气系统的至少两个等效绝缘电阻,并且优选地确定四个等效绝缘电阻。

[0094] 根据本发明的电气系统包括功率源、能量转换器(例如,逆变器)和电负载。

[0095] 功率源提供电能,它可以是电池。

[0096] 能量转换器允许电能转换。例如,能量转换器使得将一交流电压转换成具有不同频率和/或振幅的另一交流电压成为可能,它则被称为交流/交流或AC/AC转换器。根据另一示例,能量转换器使得将交流电压转换成直流电压成为可能,它则被称为整流器、交流/直流或AC/DC转换器。对于反向直流/交流转换,它被称为DC/AC转换器或逆变器。根据最后示例,能量转换器可将一直流电压转换成不同电压的直流电压,它则被称为DC/DC转换器。转换器可以是可逆或不可逆的。一般而言,转换是借助分布在若干(一般而言是三的倍数)开

关分支之间的受控开关来执行的。每一开关分支包括两个相对的受控开关。在第一受控开关打开时,同一分支的第二受控开关闭合,且反之亦然。

[0097] 电负载表示使用电能的任何系统。它可以是电机、电阻性负载、电网,等等。

[0098] 根据本发明的优选实施例,电气系统包括电池、三支DC/AC逆变器和三相电机。

[0099] 此外,电气系统包括测量电路。测量电路被使用和控制来确定等效绝缘电阻。换言之,测量电路被包括在电气系统中。因而,确定绝缘电阻可以在无需电气系统外部的任何特定装备的情况下完成。

[0100] 测量电路被添加在功率源的正端子和电气系统的接地或机架之间。

[0101] 测量电路包括与受控开关串联的分流电阻器。分流电阻的值的范围可以在500k Ω 和5M Ω 之间。

[0102] 根据本发明,控制系统被配置成实现根据上述变型组合中的任一者的确定方法。

[0103] 具体而言,控制系统控制测量电路的受控开关并且它在测量电路的端子处执行电压测量。控制系统不执行对逆变器的受控开关的特定控制就能确定等效绝缘电阻(逆变器的受控开关的控制没有被改变,例如借助脉宽调制方法)。

[0104] 本发明还涉及此类方法和此类控制系统用于控制车辆(尤其是电动车或混合动力车辆)的电动力总成的用途。

[0105] 然而,根据本发明的方法和控制系统适于任何嵌入式或固定应用。

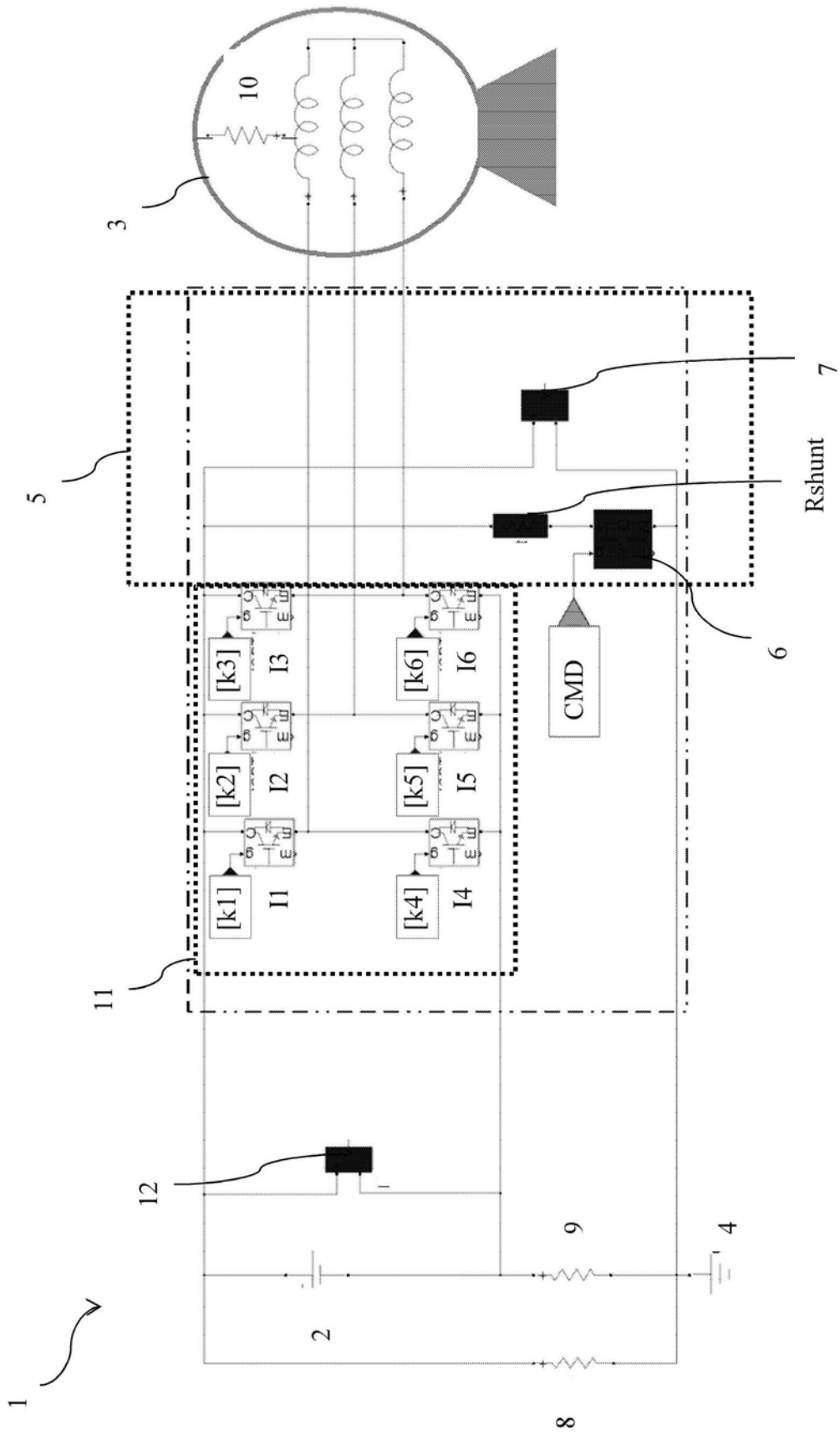


图1

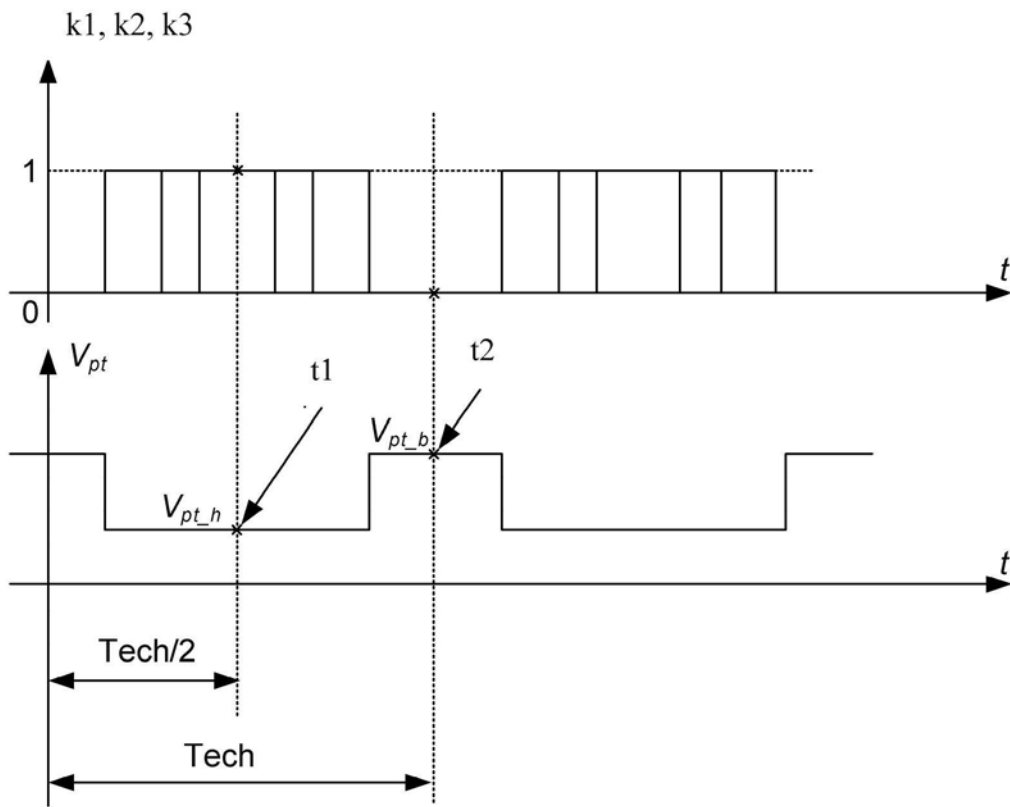


图2