



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105938171 A

(43) 申请公布日 2016. 09. 14

(21) 申请号 201610086859. 8

(22) 申请日 2016. 02. 16

(30) 优先权数据

14/639, 151 2015. 03. 05 US

(71) 申请人 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 帕皮亚·巴格奇

本·A·塔巴托斯基·布什

(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 杨帆

(51) Int. Cl.

G01R 31/02(2006. 01)

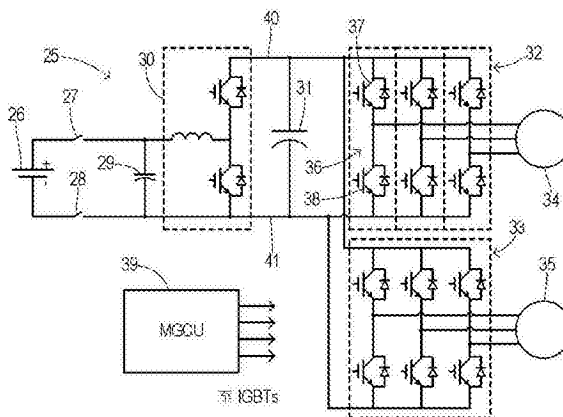
权利要求书1页 说明书6页 附图6页

(54) 发明名称

使用 DC 总线泄漏硬件的 AC 牵引马达故障检测

(57) 摘要

一种电动车辆具有第一 DC 总线、第二 DC 总线和底盘地线。泄漏检测器具有串联在第一总线和底盘地线之间的检测器开关和检测器电阻器。检测器电阻器两端测得的电压正比于第二总线和底盘之间的泄漏电阻。逆变器具有多个相桥臂，每个相桥臂具有连接在总线之间的第一相位开关和第二相位开关。AC 牵引马达具有连接到相桥臂的多个相。逆变器控制电路接收来自检测器的具有预定延迟期的数据消息，该数据消息用于识别测得的泄漏电阻。检测切换事件，在该切换事件期间相位开关被闭合持续大于延迟期的持续时间。如果在检测到切换事件期间接收到的数据消息中的测得的泄漏电阻小于预定阈值，则指示电短路。



1. 一种电动车辆,包含:

可连接到DC电源的第一DC总线和第二DC总线;

分布在所述车辆内的底盘地线;

DC总线泄漏检测器电路,所述DC总线泄漏检测器电路具有串联在所述第一总线和所述底盘地线之间的检测器开关和检测器电阻器,其中所述检测器电阻器两端测得的电压正比于所述第二总线和所述底盘地线之间的泄漏电阻;

具有多个相桥臂的逆变器,每个所述相桥臂具有连接在所述第一总线和所述第二总线之间的第一相位开关和第二相位开关;

AC牵引马达,所述AC牵引马达具有连接到所述相桥臂的多个相;以及

逆变器控制电路,所述逆变器控制电路连接到所述泄漏检测器电路和所述相桥臂,其中所述控制电路适于a)接收来自检测器电路的根据预定延迟期的数据消息,所述数据消息用于识别测得的泄漏电阻,b)检测切换事件,在所述切换事件期间相位开关被闭合持续大于所述延迟期的持续时间,以及c)如果在检测到的切换事件期间接收到的数据消息中的所述测得的泄漏电阻小于预定阈值,则指示所述马达与所述底盘地线的电短路。

2. 根据权利要求1所述的车辆,进一步包含:

第二DC总线泄漏检测器电路,所述第二DC总线泄漏检测器电路具有串联在所述第二总线和所述底盘地线之间的第二检测器开关和第二检测器电阻器,其中所述第二检测器电阻器两端测得的第二电压正比于所述第一总线和所述底盘地线之间的第二泄漏电阻,其中所述总线泄漏检测器根据预定周期交替地操作,并且其中每个相应的数据消息识别哪一个所述总线泄漏检测器产生相应的测得的泄漏电阻;

其中所述逆变器控制电路进一步适于根据匹配同时操作的所述总线泄漏检测器的仅所述第一相位开关或所述第二相位开关来检测所述切换事件。

3. 根据权利要求1所述的车辆,其中所述逆变器控制电路进一步适于在当所述马达不旋转时的时间期间闭合选定的相位开关以便获得作为所述马达的电短路的脱机诊断测试的测得的泄漏电阻。

4. 根据权利要求1所述的车辆,其中电短路的所述指示包含在所述车辆内的诊断存储器中设置诊断故障代码。

使用DC总线泄漏硬件的AC牵引马达故障检测

背景技术

[0001] 本发明总体上涉及一种使用高压总线的电动车辆,并且更具体地涉及检测发生在逆变器驱动装置的负载侧的隔离故障(即,泄漏)。

[0002] 电动车辆,例如电动车和混合动力电动车辆通常利用由直流(DC)电源驱动的高压电力总线,DC电源可以包括存储和/或转换设备,例如多单元电池组或燃料电池。高压总线的存在导致有必要监测每条总线相对于车辆底盘(地线)的导电部件的电隔离。

[0003] 存在于DC总线和底盘地线之间的泄漏电阻必须足够大以保持安全并且符合规定。典型的泄漏检测器电路通过以下方式运行:定期地每次将一条总线通过限流电阻连接到底盘地线,并且使用所产生的电流(例如,电阻两端的电压降)来计算相对总线和地线之间的泄漏电阻。电池电压除以计算出的泄漏电阻表征电隔离。DC总线泄漏检测的示例在2013年12月12日提交的美国申请序列号为14/104,243、题名为“具有集成电路稳健性检查的泄漏检测电路”的申请中提供,上述申请通过引用以其整体并入本文。

[0004] 电驱动系统中的典型部件是电池能量控制器模块(BECM),BECM包括或可以被编程为包括各种电池管理和通信功能以及监测电池单元电压产生、电流、温度和其它参数。DC总线泄漏电阻的检测通常可以使用用于控制检测器开关并且测量检测器电压的BECM来实施。已经商业开发用于车辆环境中的各种电池监测集成电路设备。市售电池监测集成电路(IC)设备的示例包括购自马萨诸塞州诺伍德的美国模拟器件公司(Analog Devices, Inc.)的AD7280A设备、购自加利福尼亚州米尔皮塔斯的凌力尔特有限公司(Linear Technology Corporation)的LTC6804设备、以及购自加利福尼亚州米尔皮塔斯的英特硅尔公司(Intersil Corporation)的ISL94212多单元锂离子电池管理器。

[0005] 如上所述的DC总线泄漏检测对发生在逆变器的DC输入侧的隔离故障作出响应,逆变器将DC总线连接到交流(AC)牵引马达和/或发电机。检测包括AC牵引马达或发电机和从逆变器到马达/发电机的布线线缆的电路的AC侧上的隔离故障同样是必要的。然而,AC电路中隔离故障的检测需要连接到AC电路的单独的检测器或其他监控器,这导致增加的成本和复杂性。

发明内容

[0006] 本发明使用能够检测电池/总线泄漏电阻、用于附加地检测马达/发电机线缆和绕组的AC泄漏电阻的检测电路系统类型。AC电路的泄漏电阻可以在AC运行期间或在马达或发电机不旋转期间进行检测。

[0007] 在本发明的一个方面,一种电动车辆包含可连接到DC电源的第一DC总线和第二DC总线。底盘地线分布在车辆内。DC总线泄漏检测器电路具有串联在第一总线和底盘地线之间的检测器开关和检测器电阻器,其中检测器电阻器两端测得的电压正比于第二总线和底盘地线之间的泄漏电阻。逆变器具有多个相桥臂,每个相桥臂具有连接在第一总线和第二总线之间的第一相位开关和第二相位开关。AC牵引马达具有连接到相桥臂的多个相。逆变器控制电路连接到泄漏检测器电路和相桥臂。控制电路适于接收来自检测器电路的根据预

定延迟期的数据消息,该数据消息用于识别测得的泄漏电阻。检测切换事件,在该切换事件期间相位开关被闭合持续大于延迟期的持续时间。如果在检测到的切换事件期间接收到的数据消息中的测得的泄漏电阻小于预定阈值,则指示马达与底盘地线的电短路。

[0008] 根据本发明,提供一种检测电动车辆中的AC牵引马达的电短路的方法,包含以下步骤:

[0009] 可控地切换逆变器中的多个相桥臂,其中每个相桥臂具有连接在第一DC总线和第二DC总线之间的第一相位开关和第二相位开关,其中AC牵引马达具有连接到相桥臂的多个相,其中第一总线和第二总线连接到DC电源,并且其中相桥臂的切换驱动马达的旋转;

[0010] 重复取样DC总线泄漏检测器电路的检测器电阻器两端的电压,DC总线泄漏检测器电路具有在第一总线和底盘地线之间的与检测器电阻器串联的检测器开关,其中电压正比于第二总线和底盘地线之间的泄漏电阻,其中底盘地线分布在车辆内,并且其中以预定延迟生成多个取样电压;

[0011] 检测在相位开关被闭合持续大于延迟期的持续时间期间切换事件的发生;

[0012] 响应于检测到的切换事件,将相应的取样的电压的泄漏电阻与预定阈值进行比较,并且如果泄漏电阻小于预定阈值,则指示马达与底盘地线的电短路。

[0013] 根据本发明的一个实施例,该方法进一步包含以下步骤:

[0014] 经由多路复用器总线将数据消息传送至控制所述逆变器的逆变器控制器,其中数据消息表示来自检测器电路的相应的取样的电压,并且其中预定延迟包括用于数据消息的传送时间。

[0015] 根据本发明的一个实施例,其中数据消息源于电池能量控制器,电池能量控制器连接到DC电源、第一DC总线和第二DC总线。

[0016] 根据本发明的一个实施例,该方法进一步包含以下步骤:

[0017] 在当马达不旋转时的时间期间,闭合选定的相位开关以便获得作为所述马达的电短路的脱机诊断测试的测得的泄漏电阻。

[0018] 根据本发明,提供一种检测电动车辆中的马达故障的方法,所述电动车辆具有牵引马达和逆变器,该方法包含:

[0019] 测量第一DC总线和底盘之间的泄漏电阻;

[0020] 根据延迟将泄漏电阻传送至逆变器控制器;

[0021] 检测连接到第二DC总线的逆变器开关持续超过延迟的时间的激活;

[0022] 如果相应的泄漏电阻小于阈值电阻,则指示马达短路。

[0023] 根据本发明的一个实施例,该方法进一步包含:

[0024] 测量第二DC总线和底盘之间的第二泄漏电阻;

[0025] 根据延迟将所述第二泄漏电阻传送至逆变器控制器;

[0026] 检测连接到第一DC总线的另一个逆变器开关持续超过延迟的另一时间的激活;

[0027] 如果相应的第二泄漏电阻小于阈值电阻,则指示马达短路。

附图说明

[0028] 图1是示出了应用本发明的电动车辆的相关部分的框图;

[0029] 图2是示出了用于实施本发明的一种典型的电驱动的示意图;

- [0030] 图3是示出了与底盘地线的总线泄漏电阻和相应的泄漏电阻检测器的示意图；
- [0031] 图4是示出了检测DC总线和底盘地线之间的隔离故障的现有技术方法的流程图；
- [0032] 图5是示出了控制器架构的示意图，控制器架构中携带总线泄漏电阻信息的数据消息被传送到逆变器控制器；
- [0033] 图6是逆变器和DC泄漏电阻检测器的一个状态的示意图，该状态实现了使AC隔离故障使用DC泄漏检测器可检测的流过AC泄漏电阻的电流；
- [0034] 图7是示出了在图6所示的逆变器和DC泄漏电阻检测器的状态下在不同位置处的AC隔离故障仍然可检测的示意图；
- [0035] 图8是示出了逆变器和DC泄漏电阻检测器的不同状态的示意图，该状态实现了使用连接到另一DC总线的DC泄漏电阻检测器可检测的流过相同的AC隔离故障的电流；
- [0036] 图9是示出了本发明的一种优选方法的流程图。

具体实施方式

[0037] 本文所使用的术语“电动车辆”包括具有用于车辆推进的电动马达的车辆，例如纯电动车辆(BEV)、混合动力电动车辆(HEV)和插电式混合动力电动车辆(PHEV)。BEV包括电动马达，其中用于马达的能量源是可从外部电网再充电的电池。在BEV中，电池或其他DC电源供应用于车辆推进的能量。HEV包括内燃发动机和电动马达，其中用于发动机的能量源是燃料并且用于马达的能量源是DC存储单元，例如电池。在HEV中，发动机是用于车辆推进的主要能量源而电池提供用于车辆推进的补充能量(例如，电池缓存燃料能量并且以电的形式恢复动能)。代替直接驱动车轮，发动机可以驱动用于产生用于驱动牵引马达或用于存储在电池中的电力的发电机。PHEV很像HEV，只是PHEV可以具有可从外部电网再充电的更大容量的电池。在PHEV中，电池可以是用于车辆推进的主要能量源直到电池消耗至最低能量水平，此时对于车辆推进PHEV像HEV一样运行。

[0038] 通过简化的示例来说，图1描绘了作为由电动马达11推进而没有来自内燃发动机的辅助的纯电动车辆(BEV)的车辆10。马达11接收电力并且提供用于车辆推进的驱动扭矩。马达11也可以用作用于通过再生制动将机械能转换成电能的发电机。马达11是动力传动系统12的一部分，在动力传动系统12中，变速箱13将马达11连接到从动轮14。变速箱13以预定的齿轮比调节驱动扭矩和马达11的速度。

[0039] 车辆10包括主电池组15和电池能量控制器模块(BECM)16。BECM16监管电池操作、执行电池监测并且控制电池充电器19。电池组15的输出经由DC/DC转换器17连接到逆变器18，逆变器18根据来自马达/发电机控制单元(MGCU)20的命令将由电池供应的直流(DC)电源转换成用于操作马达11的交流(AC)电源。MGCU 20除其他方面外监测马达11的位置、速度、扭矩和电力消耗并且将对应于该信息的输出信号提供到包括主车辆系统控制器21(其可以是例如动力传动系统控制模块或PCM)的其它车辆系统。存储器22可以设置在控制器21中或车辆10中的其他位置以便存储本领域中已知的诊断故障代码(DTC)。

[0040] 图2示出了电动车辆驱动系统25的另一个实施例，驱动系统25具有通过接触器开关27和28连接到输入电容器29的DC电源26(例如电池组或燃料电池)。接触器27和28优选是具有用于根据驱动系统25的驱动模式选择性地 将电池26连接到输入电容器29的打开状态和闭合状态的机械开关。

[0041] 可变电电压转换器(VVC)30将输入电容器29连接到主电容器31,主电容器31用作例如逆变器(INV)32和33的链路电容器。每个逆变器包括以桥式配置的多个开关装置。逆变器32中的开关以所需方式被切换以驱动马达34。逆变器33被切换以从发电机35再生能量到主电容器31和DC电源26。

[0042] 逆变器32和33中的每个相位开关装置优选由绝缘栅双极型晶体管(IGBT)组成。每个IGBT优选包括反并联二极管。在逆变器32的第一桥臂36中,上部相位开关37和下部相位开关38连接在第一正DC总线40和第二负总线41之间。第二相桥臂和第三相桥臂被类似地配置。每个IGBT具有连接到MGCU控制器39的各自的控制(即,栅极)端,MGCU控制器39根据逆变器的各种操作模式经由本领域中已知的脉宽调制(PWM)信号来控制开关。

[0043] 图3示出了用于图2的驱动系统的总线泄漏电阻和相应的检测器。底盘地线42表示车辆的电势被认为是参考并且导通地连接在一起的导电部分。总线40和41的电隔离通过每条总线与底盘地线42之间的电泄漏电阻来确定。因此,泄漏电阻43表示正总线40与底盘42之间的隔离的水平。泄漏电阻44表示负总线41与底盘42之间的隔离。图3示出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40和底盘地线42之间并且第二检测器电路46设置在负总线41和底盘地线42之间。第一检测器电路45包括与取样开关48串联的限流电阻器47和电流感测电阻器49。控制器电路50(例如,包括在BECM中)连接到开关48,用于选择性地激活开关48使得所产生的流过检测器电路45的第一电流产生正比于通过电阻44的电流的电流感测电阻器49两端的电压,第一电流也通过泄漏电阻44。测得的电压被提供至控制器电路50,控制器电路50使用电压值作为此时表示泄漏电阻44的大小的电流的指示。同样地,第二检测器电路46包括类似地连接到控制器电路50的限流电阻器51、取样开关52和电流感测电阻器53的串联连接。

[0044] 在简化的示例中,泄漏电阻检测系统使用流过检测器电阻 R_D (例如,电阻器47和49的总和)的检测器电流 I_D 和测得的电池电压 V_B 根据如下公式来确定总线之一的泄漏电阻 R_L :

$$[0045] \quad R_L = \frac{V_B}{I_D} - R_D$$

[0046] 所得的泄漏电阻值可以与隔离阈值(例如,500欧姆/伏)进行比较,并且如果它小于阈值,则检测到隔离故障。响应于故障,相应的DTC可以通过BECM控制器50来设置和/或指示器可以被打开以通知驾驶员该状况。对于每种情况引发的不同的响应,可以使用几个不同的阈值水平(例如允许车辆运行至停车但防止未来启动在一个阈值水平,并且当泄漏电阻低于较高的阈值水平时仅生成驾驶员警报)。

[0047] 当驱动系统正在运行时,在通过测量总线泄漏电阻定期检查DC总线隔离的过程中,BECM 50交替地激活检测器45和46持续预定时间段。在一个实施例中,每个时间段可以持续约3秒,而在该时间段被激活的检测器约每10毫秒进行电流测量。为了提高稳健性,在一个时间段期间进行的多次电流测量在与阈值进行比较之前通常被滤波(例如,平均)。

[0048] 用于检查DC总线隔离的已知方法被总结于图4的流程图中。在步骤55,接通上部总线泄漏检测器电路持续预定的持续时间。在步骤56期间,检测器电路通过基于感测流过检测器电路的电流来测量泄漏电阻以获得多个样本,流过检测器电路的电流正比于负DC总线和底盘地线之间的泄漏电阻。由于检测器电阻器两端测得的电压降正比于所需的泄漏电阻

值,所以数据处理可以在测得的电压上直接运算,或可选择地可以进行计算使得包括与阈值比较的数据处理可以使用实际的电阻值。

[0049] 在步骤57,对多个取样值进行滤波以便去除噪声并且获得更稳健的泄漏电阻的确定。在步骤58,经滤波的泄漏电阻值 R_L 与泄漏电阻阈值 R_T 进行比较。如果泄漏电阻低于阈值,则在步骤59设置诊断故障代码(DTC),用于指示负DC短路(即,隔离故障)。如果泄漏电阻高于阈值或在DTC设置之后,则该方法进行到步骤60以接通下部DC总线泄漏检测器电路(上部检测器也被关断)。在步骤61,获得用于表征泄漏电阻的多个检测器电压/电流测量值,并且然后在步骤62将样本进行滤波。在步骤63,经滤波的泄漏电阻值 R_L 与泄漏电阻阈值 R_T 进行比较。如果泄漏电阻小于阈值,则在步骤64设置DTC以指示正DC总线短路。然后该方法返回到步骤55以再次使用上部检测器电路。

[0050] 本发明扩展DC总线泄漏检测器电路的使用以实现图5所示的AC负载电路系统(例如,马达线缆和绕组)中隔离故障或短路的检测。BECM50经由多路复用器总线54连接到逆变器控制器39,其中总线54传送响应于从总线泄漏检测器电路获得的测量样本中的每个而生成的数据消息。总线54可以由例如控制器局域网(CAN)总线组成。为了提供隔离故障的发生的快速检测,可以优选响应于每个新的泄漏电阻测量值在没有任何故意延迟的情况下生成数据消息。典型的数据消息将包括测得的泄漏电阻(例如,测得的电压或计算出的泄漏电阻)的值连同各个测量样本所产生的正或负总线泄漏检测器的识别。接收数据消息中的信息并且在预定延迟期之后可在逆变器控制器39中进行处理,预定延迟期由a)取样频率固有的延迟(例如,约10ms)和b)格式化、传送和解码总线消息固有的消息延迟(通常约10ms)组成。因此,组合的延迟期可以是约20ms。由于延迟期,数据消息的泄漏电阻值仅在如下所述的某些情况期间对逆变器控制器39是有用的。

[0051] 在用于电动车辆的逆变器驱动的AC牵引马达的许多工况期间,逆变器相桥臂中的相位开关的PWM切换以足够高的频率发生使得相位开关的连续激活通常小于泄漏电阻数据的延迟期。然而,在例如低速运转的某些状况期间,相位开关可以被连续激活(接通)持续长于延迟期的时间,这意味着特定的泄漏电阻测量值然后可以与特定的相位开关配置相关联。当可以进行该关联时,则可以执行将测得的泄漏电阻值与发生在马达中(即,在马达线缆或绕组)的泄漏电阻联系起来的计算。假设在DC总线没有同时发生显著的泄漏,则马达与底盘地线的电短路可以被量化。

[0052] 图6描绘了一种这样的状态:上部总线泄漏检测器电路45的晶体管开关处于用于取样检测器电阻器两端的电压的闭合位置,检测器电阻器两端的电压正比于底盘地线42和负总线41之间的泄漏电阻。此外,测得的电压也依赖于存在于马达34的绕组66和底盘地线42之间的任何泄漏电阻65。能够确定泄漏电阻65的值的必要条件是下部相位开关中的任何一个——例如相位开关38——被闭合持续至少和预定延迟期一样长的时间段。

[0053] 当上部检测器电路45被激活时,直接连接到负DC总线41的下部相位开关中的任何一个可以提供用于检测AC泄漏电阻的必要的电路连续性。此外,如图6所示,由于泄漏电流可以穿过马达绕组,导致低的测得的泄漏电阻的任何隔离故障的准确位置可以是逆变器的AC负载侧上的任意位置。图7示出了相同的开关激活,其中导致低的泄漏电阻70的电短路反而沿着通向马达绕组67的输入线缆发生。即使短路是在不同的位置,通过相位开关38的闭合它仍然是可检测的。

[0054] 图8示出了在不同的时间的电路配置,其中为了生成正DC总线40的泄漏电阻数据的目的,下部检测器电路46的检测器开关被闭合。激活相位开关71,相位开关71是中间相桥臂的上半部分并且连接到正DC总线40。在当相位开关71被闭合以完成检测路径时的时间期间,DC/DC转换器的开关72也可能需要被闭合。开关72的闭合或致动状态可以通过逆变器控制器来直接确定或可以作为数据被包括在来自BECM控制器的数据消息中。在下部检测器46被激活而连接到正DC总线的上部相位开关中的任何一个被连续闭合持续大于或等于延迟期的时间,形成穿过闭合开关、马达绕组68和66以及泄漏电阻65的闭合电路。因此,逆变器控制器能够检测相位开关被闭合足够时间量的时刻,并且然后能够评价从BECM控制器接收到的数据消息以检查需要的泄漏电阻测量值是否可用以便确定任何马达线缆或绕组是否经历小于阈值的泄漏电阻。

[0055] 在图9中示出了本发明的一种优选方法。在步骤80,逆变器控制器监测在逆变器的基于PWM操作期间正在进行的相位开关闭合时期。在步骤81,进行检查以确定任何相位开关闭合时期是否大于预定延迟。如果不是,则通过在步骤80和81之间循环继续监测。如果是,则在步骤82进行检查以确定所识别的激活的DC泄漏电阻检测器是否匹配进行泄漏电阻测量所需的那一个(即,当上部相桥臂开关被闭合时,则所需的电阻泄漏电阻值将来自下部泄漏检测器电路,并且当下部相桥臂开关被闭合时,则匹配检测器是上部泄漏检测器)。如果满足定时要求的相位开关不匹配当前激活的泄漏检测器电路,则返回步骤80。如果发现匹配,则在步骤83将包含在最新的数据消息中的泄漏电阻值 R_L 与在相对较高的电阻水平(即,适于检测轻度隔离损失的水平,对于该轻度隔离损失,适当的响应是提供操作者警报)设置的第一泄漏电阻阈值 R_{T1} 进行比较。如果泄漏电阻大于第一阈值,则返回步骤80,因为不存在隔离故障。如果泄漏电阻低于第一阈值 R_{T1} ,则在步骤84将泄漏电阻 R_L 与第二泄漏电阻阈 R_{T2} 进行比较,第二泄漏电阻阈 R_{T2} 具有比第一阈值低的水平并且适于检测具有需要干预的严重性的隔离故障。如果泄漏电阻不低于第二阈值,则在步骤85设置反映需要驾驶员警报或处理隔离故障的发展的早期阶段一致的其他动作的第一DTC。如果步骤84确定泄漏电阻小于第二阈值,则在步骤86设置反映需要干预的第二DTC(例如防止马达重启的代码)。

[0056] 除了在马达运行期间检测包括马达和马达线缆的AC负载元件的电短路之外,本发明也可以当逆变器不运行和马达不旋转时定位隔离故障,例如在用于马达的电短路的脱机诊断测试中。因此,任意选定的相位开关可以在这样的诊断测试期间被闭合连同激活匹配的泄漏检测器电路中的一个使得BECM控制器将数据消息提供至逆变器控制器,该数据消息包含表征在马达元件处的泄漏的测得的电阻值。在接收该数据消息后,逆变器控制器打开选定的相位开关并且将来自该数据消息的泄漏电阻值与阈值进行比较以便检测马达和马达线缆的任何隔离故障。

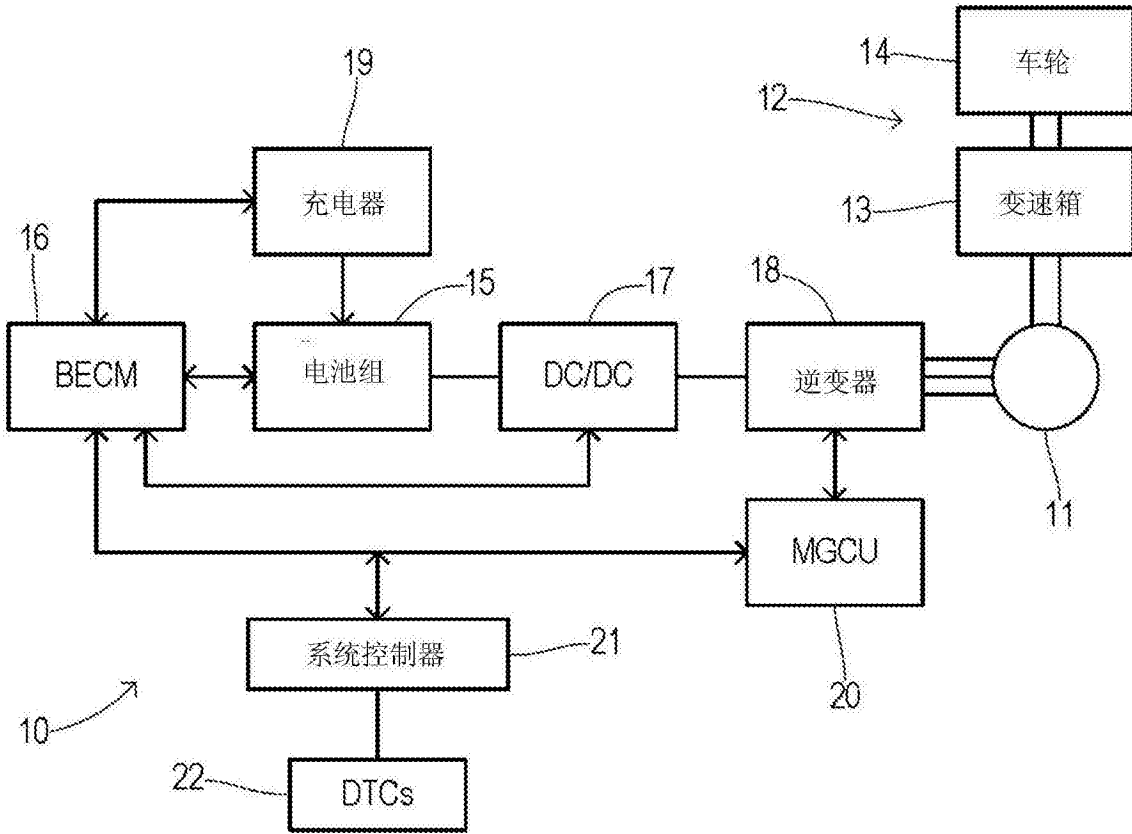


图1

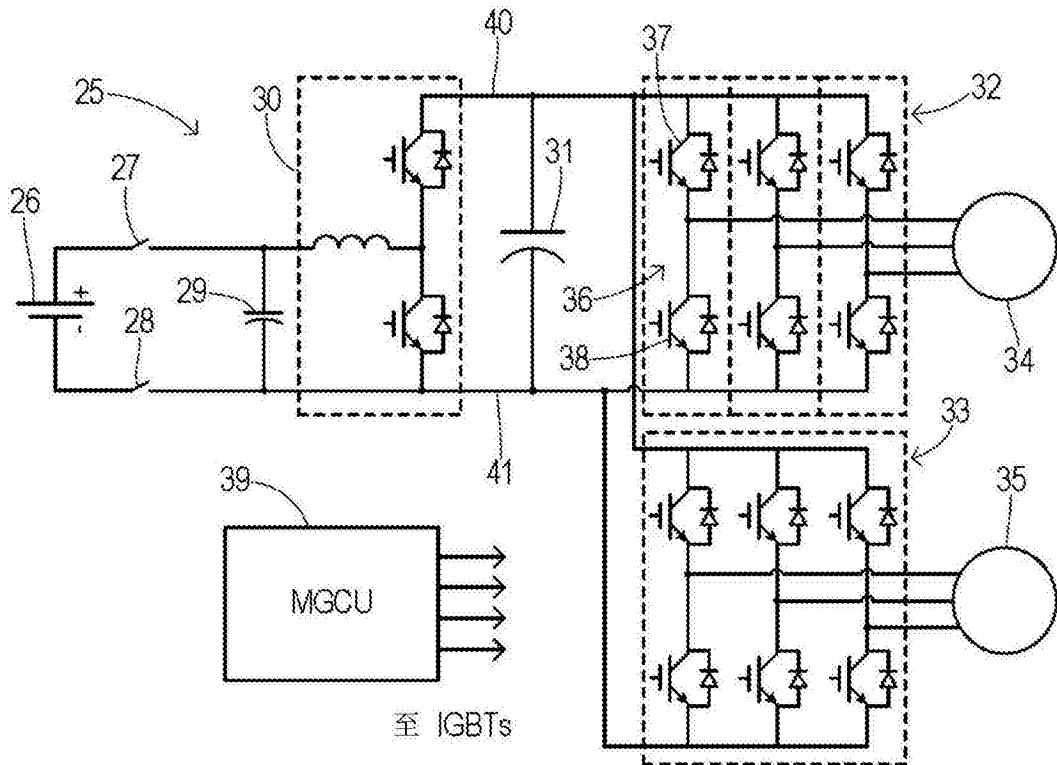


图2

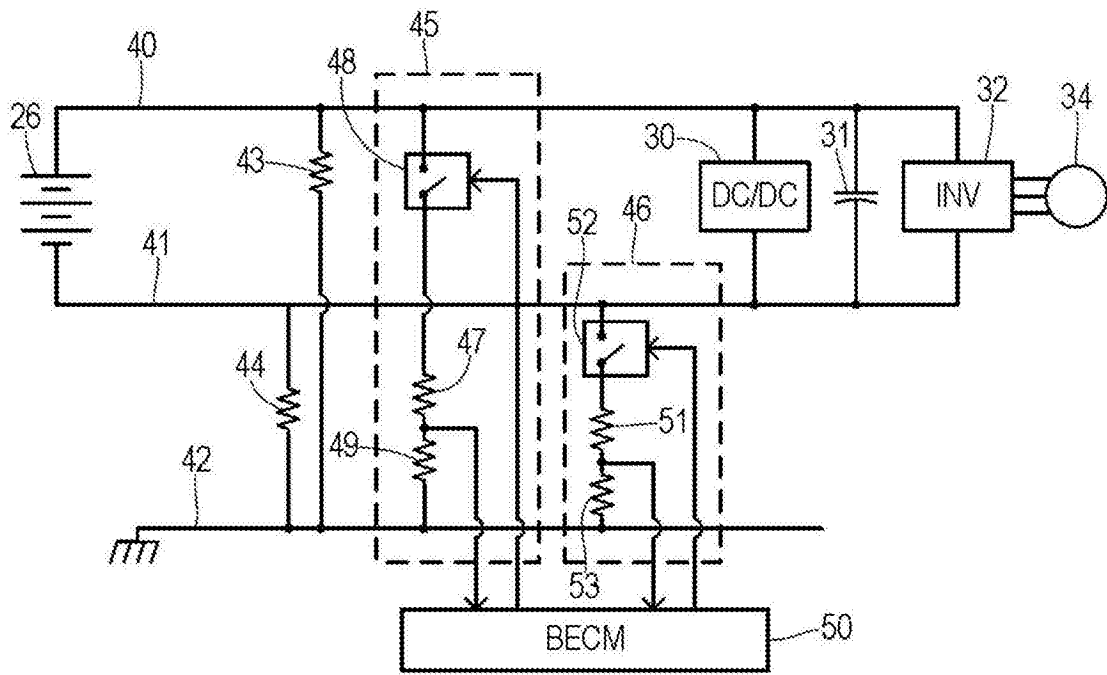


图3

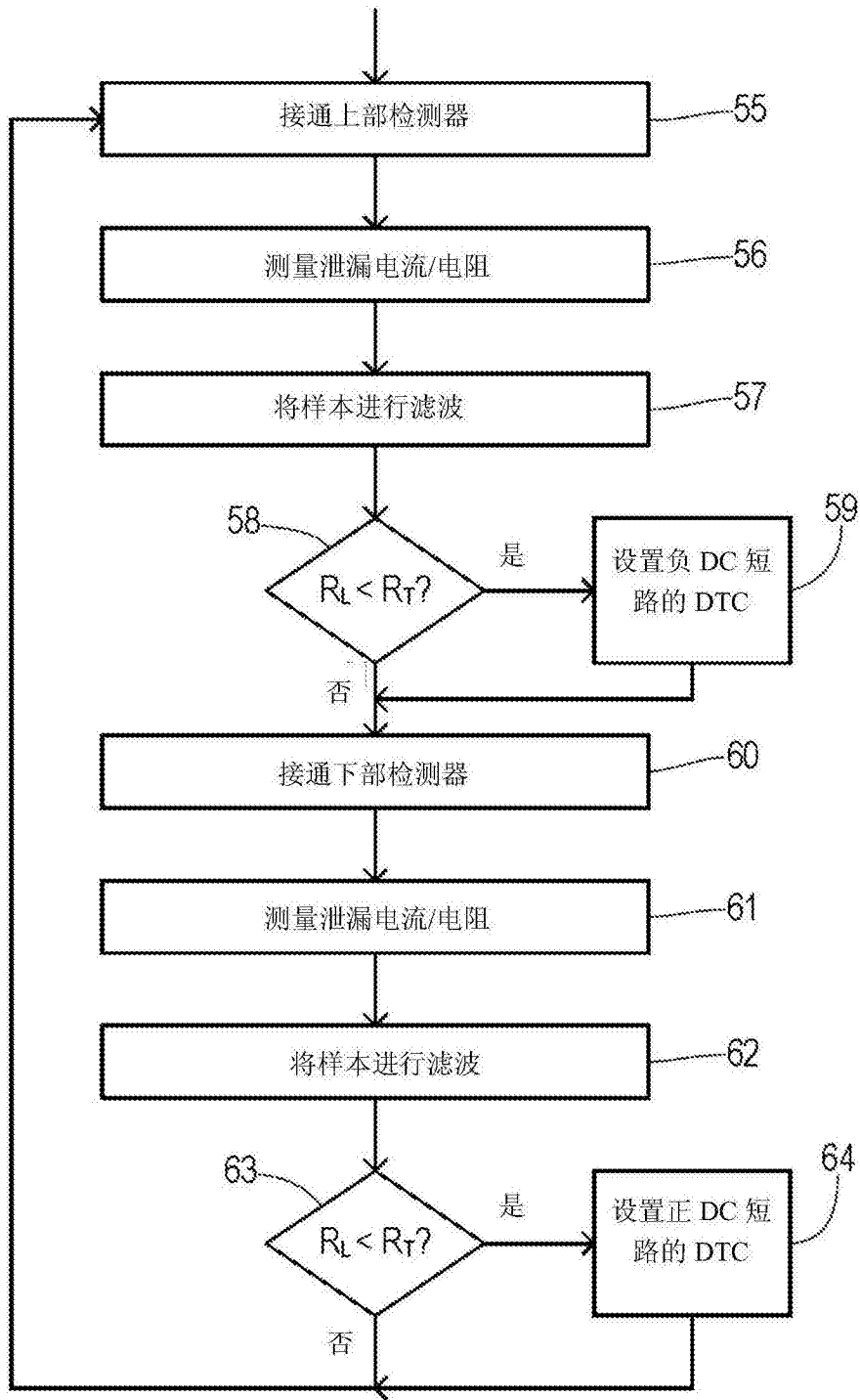


图4(现有技术)

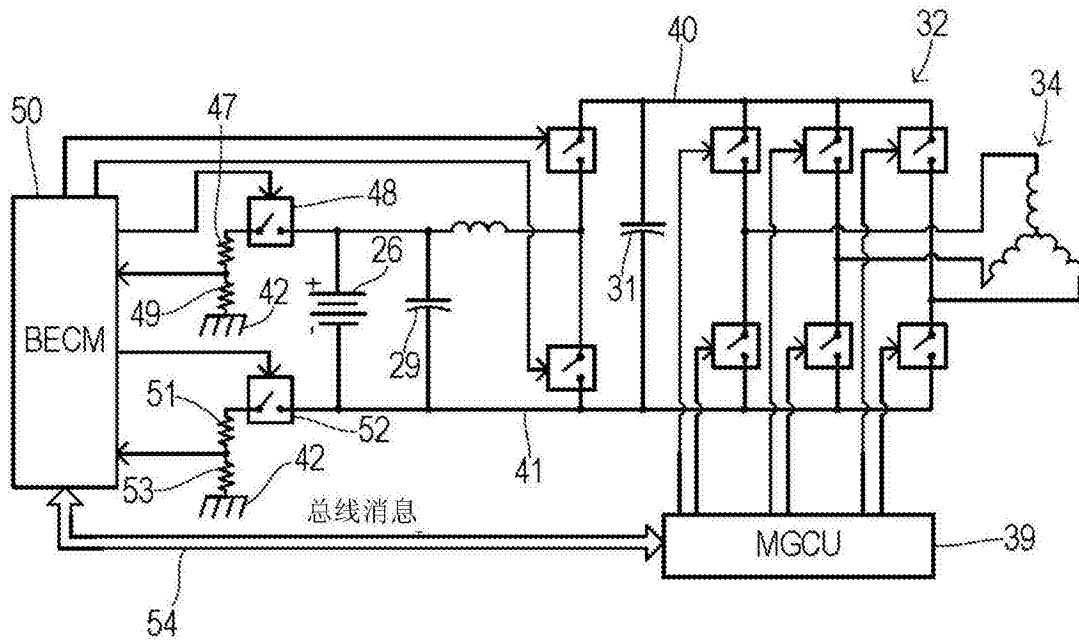


图5

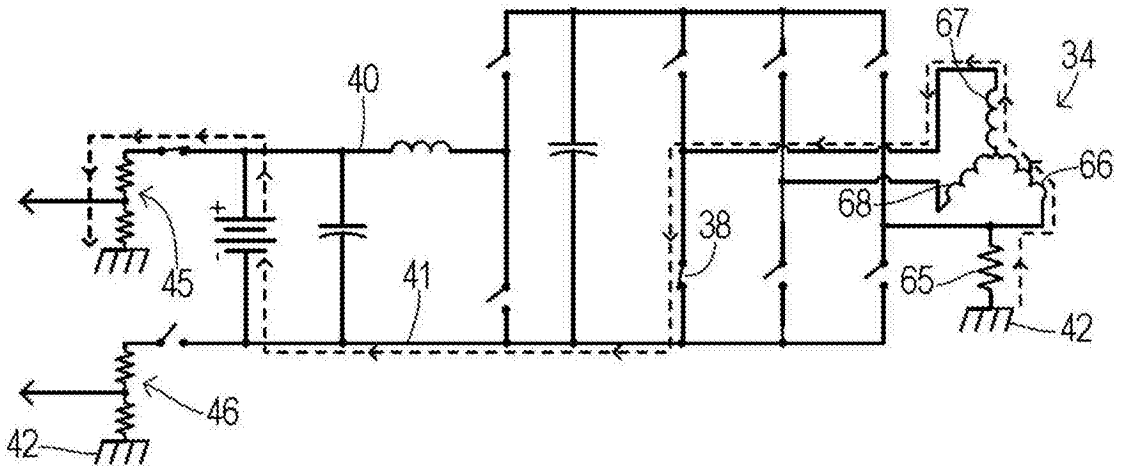


图6

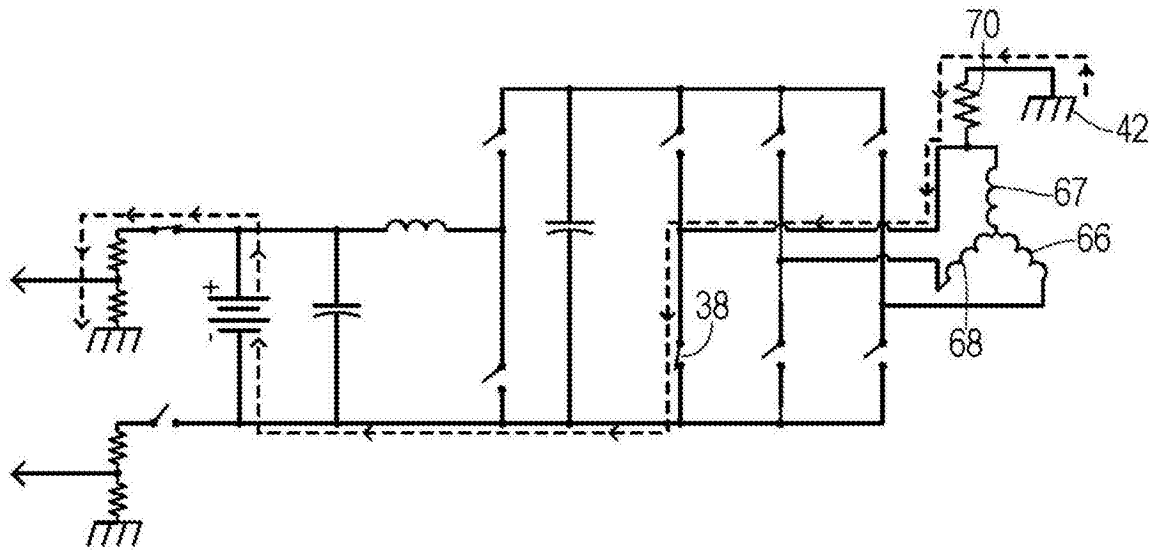


图7

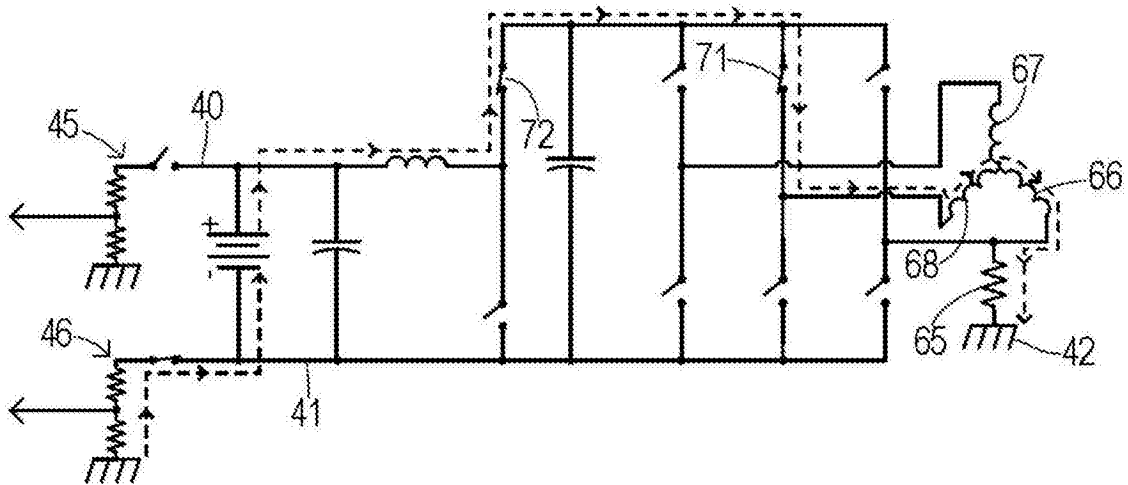


图8

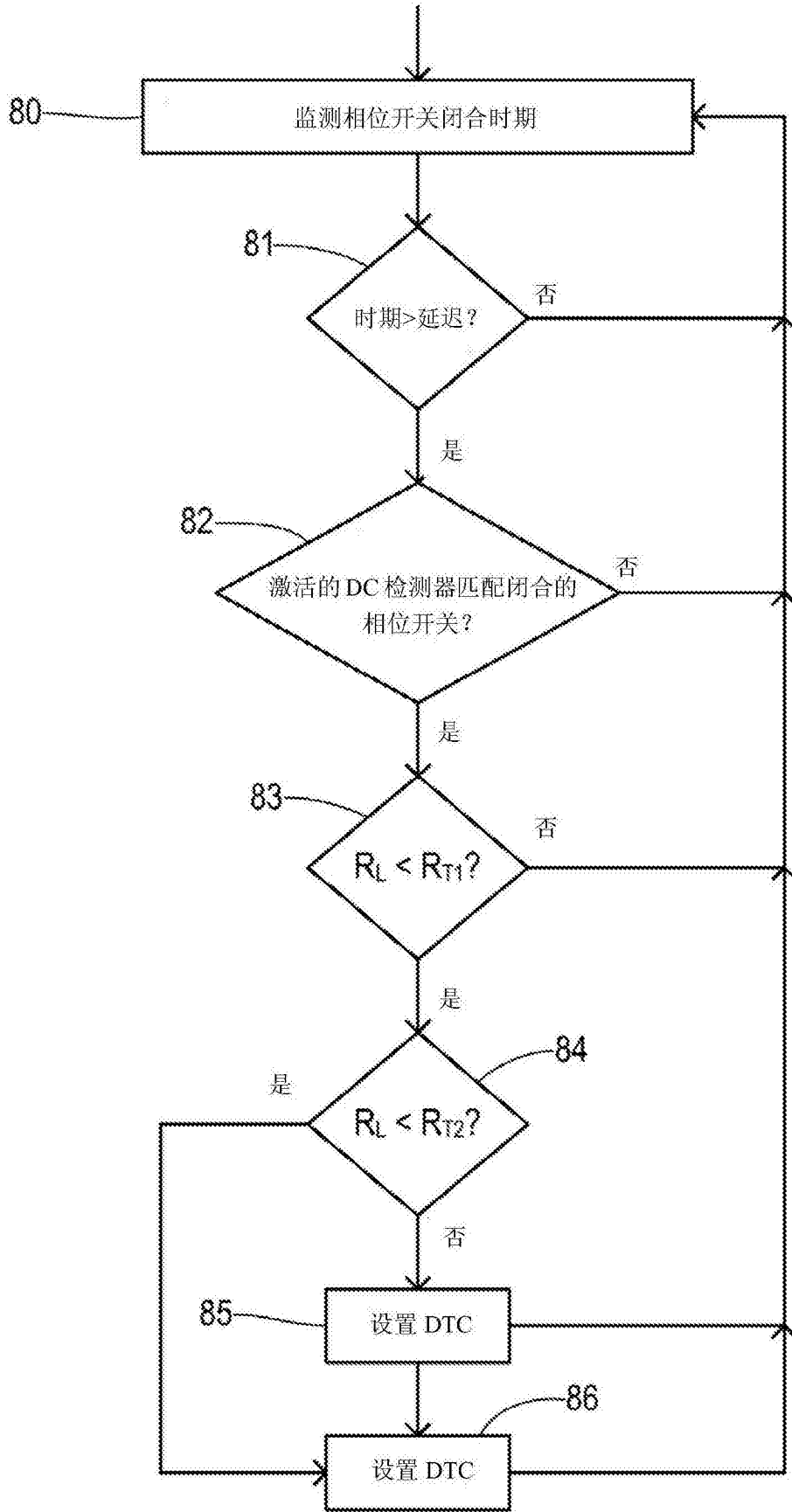


图9