

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101059552 B

(45) 授权公告日 2012. 03. 28

(21) 申请号 200710105380. 5

(22) 申请日 2007. 04. 20

(30) 优先权数据

06/03560 2006. 04. 21 FR

(73) 专利权人 阿尔斯通运输公司

地址 法国勒瓦卢瓦-佩雷

(72) 发明人 S·贝兰 D·西佩尔斯

O·贾科莫尼

(74) 专利代理机构 永新专利商标代理有限公司

72002

代理人 王英

(51) Int. Cl.

G01R 31/34 (2006. 01)

G01R 27/02 (2006. 01)

G01M 17/00 (2006. 01)

审查员 肖靖

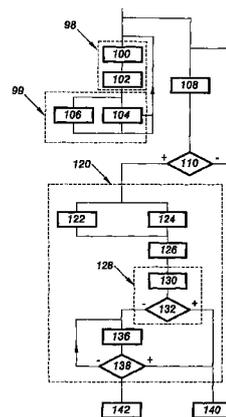
权利要求书 1 页 说明书 8 页 附图 3 页

(54) 发明名称

查找电阻短路的方法、系统、模块和用于该方法
的记录介质

(57) 摘要

一种用于查找在线圈绕组之间的具有非零实部的阻抗电气短路的方法, 该线圈绕组用于对多相电动机励磁, 该方法包括以下组成步骤 :a) 控制逆变器 / 整流器以使电动机在多相电流发电模式下工作 (在步骤 122), b) 控制开关以将电阻性负载连接在每对相导线之间 (在步骤 124), 该电阻性负载能够允许至少通过比较由传感器测量的电流的基波分量的功率来检测具有非零实部的阻抗电气短路, 以及 c) 利用传感器测量的电流来检测短路的存在 (在步骤 128、138)。



1. 一种用于查找在线圈绕组之间的具有非零实部的阻抗电气短路的方法,该线圈绕组用于对电牵引系统中的具有永磁体的多相电动机或者绕线式同步多相电动机进行励磁,该牵引系统包括:

- 具有永磁体的多相电动机 (38) 或者绕线式同步多相电动机,该电动机的每一相具有一个或多个励磁线圈,其能够产生旋转驱动所述电动机的轴的磁场,
- 相导线 (34、35、36),其用于连接所述电动机的各相的所述线圈到可控多相电源,
- 与所述相导线相关联的电流传感器 (84、86),这些传感器能够测量流入每个相导线中的电流,
- 控制模块 (88),其能够将所述电动机的所述轴的转矩控制为所述传感器测量的所述电流的函数,以及
- 至少一个电阻性负载 (60、152),其能够经由至少一个可控开关连接在每对相导线之间,

其特征在于,该方法包括以下组成步骤:

- a) 控制所述牵引系统以使得所述电动机在多相电流发电模式下工作 (122),
- b) 控制所述可控开关以将所述电阻性负载连接在每对相导线之间 (124),该电阻性负载能够允许至少通过比较由所述传感器中的每一个所测量的所述电流的基波分量的功率来检测具有非零实部的阻抗电气短路,以及
- c) 当所述电阻性负载连接在每对相导线之间且所述电动机在电流发电模式下工作时,通过所述传感器测量的所述电流来检测所述电气短路的存在 (128、138)。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中该方法包括步骤 d),其用于检测所述牵引系统的故障 (110),而无需使所述电动机作为电流发电机工作,并且其中步骤 a) 到 c) 响应于步骤 d) 中的故障检测而被单独触发。

3. 根据前述任一项权利要求所述的方法,对于牵引系统,其中所述电阻性负载的电阻部分的值是可变的,并且其中该方法包括用于调整这个电阻部分的所述值的步骤 (136),直到至少能够通过比较所述传感器中的每一个所测量电流的所述基波分量的所述功率来检测所述电气短路。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其中在步骤 b) 期间,每对相导线之间连接的所述电阻性负载都与用于在所述电动机轴的制动期间消耗由所述电动机生成的能量的所述相导线之间连接的电阻性负载相同。

5. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,对于牵引系统,其中所述多相电源包括一侧电连接到所述相导线而另一侧连接到一对 DC 电压导线的逆变器 / 整流器,并且其中步骤 b) 包括控制所述 DC 电压导线之间的所述电阻性负载的连接。

6. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,对于系统,其中将所述电动机的单相的线圈的电阻称为内电阻,并且用 R_{int} 表示,并且其中,在步骤 b) 期间,每对相导线之间连接的所述负载的所述电阻部分的值在 R_{int} 和 200,000 倍 R_{int} 之间,使得所述电动机生成的所述电流的一部分流过所述电阻短路,而所述电动机生成的所述电流的另一部分流入所述相导线中。

查找电阻短路的方法、系统、模块和用于该方法记录介质

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用来查找具有非零实部的阻抗短路的方法、系统、模块和用于该方法的记录介质。

背景技术

[0002] 存在用于车辆的牵引系统,其具有:

[0003] - 具有永磁体的多相电动机或者绕线式同步多相电动机,该电动机的每一相具有一个或多个励磁线圈,其能够产生旋转地驱动电动机的轴的磁场,

[0004] - 相导线,其用于连接电动机的各相的线圈到可控多相电源,

[0005] - 与相导线相关联的电流传感器,这些传感器能够测量流入每个相导线中的电流,以及

[0006] - 控制模块,其能够将电动机的轴的转矩控制为传感器所测量的电流的函数。

[0007] 其中一些牵引系统还配备有至少一个电阻性负载,其可以经由至少一个可控开关而连接在每对相导线之间。

[0008] 常常使用该电阻性负载来消耗车辆制动能量,或者降低过电压。

[0009] 阻抗短路是一种建立在通常相互电隔离的两个电动机绕组之间的短路。然而,这种短路具有特定的阻抗。该阻抗的实部,即电阻部分,通常大于几毫欧,且通常大于 $10\text{m}\Omega$ 。为了简化,在本说明书的下述部分,将实部不是零的阻抗短路称为“电阻短路”。这种类型的短路的虚部可以是零,也可以不是零。

[0010] 例如,当单个电动机线圈的绕组彼此短路时,或者当两个不同线圈的绕组彼此短路时,可以得到这种类型的电阻短路。

[0011] 现在,如果由短路造成了电动机不正常工作,那么公知的是:

[0012] 1) 将所有相导线的端部电连接到公共点,或者

[0013] 2) 将相导线与电动机电气断开。

[0014] 方案 1) 能够使电流在电动机相的每一相中平衡,而不管电阻短路是否存在。这就消除或者明显地降低了流经电阻短路的电流。因此,每个相导线中的电流强度都是严格相同的。通过这种平衡电流的测量,不能获得有关电阻短路是否存在的任何信息。

[0015] 如果使用方案 2),就没有电流流入相导线中,因此不能使用电流传感器来检测电阻短路的存在。

[0016] 因此,现有系统还往往包括至少一个特定传感器,其专门用于检测电动机故障,例如电动机绕组之间的短路。

[0017] 用于检测电阻短路的特定传感器不总是那么可靠。关于这一点,期望在不使用特定传感器的情况下检测电阻短路。

发明内容

[0018] 本发明试图通过提出一种查找电阻短路的方法来满足这种需求,该方法不需要提

供专用的传感器。

[0019] 因此,本发明涉及一种在前述牵引系统中查找电阻短路的方法,该方法包括以下组成步骤:

[0020] a) 控制牵引系统以使得电动机在多相电流发电模式下工作,

[0021] b) 控制可控开关以将电阻性负载连接在每对相导线之间,这种电阻性负载能够允许至少通过比较由每个传感器测量的电流的基波分量的功率来检测电阻短路,以及

[0022] c) 当电阻性负载被连接在每对相导线之间且电动机工作在电流发电模式下时,通过传感器测量的电流来检测电阻短路的存在。

[0023] 在前述方法中,使用的电流传感器可以与控制电动机的转矩所使用的电流传感器相同,以便检测电阻短路的存在。由于这种方法不需要使用专门检测电阻短路的特定传感器,因此这种方法更加容易实现。

[0024] 这种查找方法的实施例可以包括一个或多个以下特征:

[0025] - 步骤 d),其用于检测牵引系统的故障,而无需使电动机作为电流发电机工作,并且其中步骤 a) 到 c) 响应于步骤 d) 中的故障检测而被单独触发;

[0026] - 电阻性负载的电阻部分的值是可变的,并且该方法包括用于调整这个电阻部分的值的步骤,直到至少可以通过比较所述传感器中的每一个所测量电流的所述基波分量的所述功率来检测所述电气短路;

[0027] - 在步骤 b) 中的每对相导线之间连接的电阻性负载与用于消耗由电动机在电动机轴的制动期间所生成能量的相导线之间连接的电阻性负载相同;

[0028] - 多相电源包括一侧电连接到相导线且另一侧电连接到一对 DC 电压导线的逆变器/整流器,并且步骤 b) 包括控制 DC 电压导线之间的电阻性负载的连接;

[0029] - 电动机的单个相的线圈的电阻被称为内电阻,并用 R_{int} 表示,并且在步骤 b) 中,每对相导线之间连接的负载的电阻部分的值在 R_{int} 和 $200,000 \cdot R_{int}$ 之间,使得由电动机生成的部分电流流过电阻短路,而由电动机生成的电流的另一部分流入相导线中。

[0030] 查找方法的这些实施例还具有以下优点:

[0031] - 在执行步骤 a) 到 c) 之前,使用检测牵引系统的故障的步骤,以使得能够限制执行该步骤的次数,并因此限制车辆制动,

[0032] - 调整电阻部分的值允许该方法能够适于要查找的短路,以便保持良好的灵敏度水平,无论这个电阻短路的阻抗是多少,

[0033] - 使用与消耗车辆制动期间的能量相同的电阻性负载,还使得计算方法的实现简化,以及

[0034] - 使用连接在 DC 电压导线之间的电阻性负载,使方法的实现简化,这是因为就可以仅仅使用单个开关来连接每对相导线之间的电阻性负载。

[0035] 本发明还涉及一种包括指令的数据记录介质,当电子计算机执行这些指令时,所述指令用于实现前述的查找方法。

[0036] 本发明还涉及一种车辆牵引系统,包括:

[0037] - 具有永磁体的多相电动机或者绕线式同步多相电动机,该电动机的每一相具有一个或多个励磁线圈,其能够产生旋转地驱动电动机的轴的磁场,

[0038] - 相导线,其用于连接电动机的各相的线圈到可控多相电源,

- [0039] - 与相导线相关联的电流传感器,这些传感器能够测量流入每个相导线中的电流,以及
- [0040] - 控制模块,其能够将电动机的轴的转矩控制为传感器所测量的电流的函数,
- [0041] - 至少一个电阻性负载,其经由至少一个可控开关连接在每对相导线之间,以及
- [0042] - 诊断模块,其能够执行查找电阻短路的方法。
- [0043] 最后,本发明还涉及一种能够在前述牵引系统中实现的诊断模块,其中该诊断模块能够执行查找电阻短路的前述方法。

附图说明

- [0044] 通过参照附图阅读以下仅由非限定实例给出的说明,可以更好地理解本发明,其中:
- [0045] 图 1 是配备有电牵引系统的车辆的示意图;
- [0046] 图 2 是在图 1 的牵引系统中用于查找电阻短路的方法的流程图;以及
- [0047] 图 3 是其中执行图 2 的方法的牵引系统的另一个实施例的结构示意图。

具体实施方式

- [0048] 图 1 示出了配备有能够旋转地驱动车辆 2 的驱动轮的牵引系统 4 的车辆 2。在本发明中,车辆 2 是铁路车辆,例如火车。
- [0049] 对于本发明的余下部分,将不再详细介绍本领域技术人员所公知的特征和操作。
- [0050] 此外,为了简化,图 1 仅仅示出了一个驱动轮 6。
- [0051] 系统 4 由吊线 10 供应 DC 电压。更特别地,系统 4 经由受电弓 12 和与断路器 14 串联的输入线圈 13 连接到吊线 10。
- [0052] 系统 4 包括由连接到可控三相逆变器 / 整流器 20 的输入端的 DC 电源电压线所形成的三相电源。
- [0053] 在本例中,供电母线由两个电导线 22 和 24 形成。导线 22 电连接到传送供电电压的断路器 14 的输出端。电导线 24 连接到参考电势,例如地。
- [0054] 这些导线 22 和 24 通过逆变器 / 整流器 20 的 DC 电压输入端 26 和 27 的端部之一而电连接。
- [0055] 逆变器 / 整流器 20 包括三个 AC 电压输出端 30、31 和 32,其分别连接到相导线 34 到 36。
- [0056] 逆变器 / 整流器 20 能够将导线 22 和 24 之间出现的 DC 电压转换为传送到输出端 30 到 32 的 AC 电压,反之亦然。
- [0057] 逆变器 / 整流器 20 是具有例如 IGBT(绝缘栅双极晶体管)等可控开关的常规逆变器 / 整流器。
- [0058] 通常,这种逆变器 / 整流器 20 包括并联连接的三个分支;每个分支包括串联连接的两个可控开关,其都连接到续流二极管在反并联位置所连接的端子。
- [0059] 每个导线 34 到 36 为具有永磁体的三相电动机 38 的相应相的定子线圈供电。
- [0060] 图 1 仅示意性地示出了分别由导线 34 到 36 供电的三个定子线圈 40 到 42。这些定子线圈能够产生旋转驱动具有永磁体的转子 44 的励磁场。为了简化,图 1 仅仅示出了三

个永磁体 46 到 48。

[0061] 要注意的是,电动机 38 的内电阻被定义为一相的所有线圈的电阻。在电动机以星形结构安装的情况下,通过在相导线的两个连接端子之间测量电动机的电阻并且通过将测量的电阻一分为二,可以测量该电阻,从而得到单相的线圈的电阻。多相电动机的内电阻的值 R_{int} 典型地在 $5m\Omega$ 和 $100m\Omega$ 之间。例如,电动机 38 的内电阻的值 R_{int} 等于 $40m\Omega$ 。

[0062] 转子 44 旋转地驱动轴 50,其一部分通过机械装置(未示出)旋转驱动车辆 2 的驱动轮。

[0063] 可控接触器 52 到 54 允许相导线 34 到 36 与电动机 38 的线圈电气断开。

[0064] 可变电阻性负载 60 能够被连接在导线 22 和 24 之间的逆变器/整流器 20 的输入端。要注意的是,从电气的角度看,连接电阻性负载在导线 22 和 24 之间相当于连接电阻性负载在相导线 34 到 36 中的每一对之间。

[0065] 负载 60 以这样的方式设计,使得连接在每对相导线之间的负载的电阻部分的值在 R_{int} 和 $200,000 \cdot R_{int}$ 之间,其中符号“.”表示乘法。优选地,负载 60 被以这样的方式设计,使得连接在每对相导线之间的负载的电阻部分的值可以在 R_{int} 和 $200,000 \cdot R_{int}$ 之间变化,或者甚至可以从 R_{int} 变化到 $2,000 \cdot R_{int}$ 。在所述特定情况下,连接在每对相导线之间的电阻部分可以在 $40m\Omega$ 和 8Ω 之间变化。因此,对于可能发生的大多数电阻短路,可以调整负载 60 的电阻部分的值,以便电流的一部分流入相导线中,而电流的其它部分流经电阻短路。

[0066] 在本例中,当电动机 38 作为用于制动车辆 2 的电流发电机工作时,负载 60 还可以消耗制动能量。

[0067] 负载 60 包括具有定值 R_H 的电阻器 62 和变阻斩波器 (rheostatic chopper) 64。 R_H 在本例中等于 $\frac{2}{3} \cdot R_{int}$ 。电阻器 62 通过其一端直接连接到导线 24,并且通过其另一端、经由斩波器 64 连接到导线 22。当激活时,斩波器 64 允许负载 60 连接到导线 22,而当去激活时,负载 60 与导线 22 电气隔离。此外,当激活时,斩波器通过对流经电阻器 62 的电流斩波而使得负载 60 的电阻部分的值变化。

[0068] 在本例中,这种斩波器 64 包括经由公共点 70 与二极管 68 串联连接的可控开关 66。

[0069] 在本例中,开关 68 使用 IGBT 72 形成,其集电极直接连接到导线 22,而发射极连接到公共点 70。续流二极管 74 在反并联的位置连接到晶体管 72 的端子。

[0070] 二极管 68 的阴极连接到公共点 70,而其阳极直接连接到导线 24。中心点 70 连接到电阻器 62。

[0071] 当斩波器 64 被激活时,开关 66 的开关频率 f_c 在 $50Hz$ 和 $10kHz$ 之间。例如,在本例中,频率 f_c 等于 $400Hz$ 。开关 66 的导通比 TX 是可控的。在本例中,导通比 TX 可以在 0.005 到 1 之间变化。

[0072] 这种斩波器 64 的导通比 TX 在本例中利用以下等式来定义:

$$[0073] \quad TX = t_{on} \cdot f_c \quad (1)$$

[0074] 式中:

[0075] t_{on} 是导通比

[0076] -ton 是在每个周期 $1/f_c$ 上所述开关 66 导通过程中的时间间隔,以及

[0077] -fc 是开关频率。

[0078] 当斩波器 64 被激活时,电阻性负载 60 的值 R_{eq} 由以下等式给出:

$$[0079] \quad R_{eq} = \frac{R_H}{T_x} \quad (2)$$

[0080] 式中:

[0081] - R_{eq} 是负载 60 的电阻部分的值,

[0082] - R_H 是电阻器 62 的值,以及

[0083] - T_x 是导通比。

[0084] 滤波电容器 78 永久连接在导线 22 和 24 之间。

[0085] 系统 4 包括传感器 80,其只专门用来检测电动机 38 的故障。传感器 80 能够测量表征电动机 38 运行的特性。这些特性使得能够检测电动机的故障,甚至在电动机旋转驱动该驱动轮的时候。例如,传感器 80 是电动机 38 的振动的检测器。

[0086] 系统 4 还配备有能够测量相导线 34 到 36 中的每一个相导线中的电流的电流传感器。相应地,在本例中,仅仅两个分别与导线 34 和 35 相关联的电流传感器 84 和 86 用于该目的。导线 36 中的电流值可以从传感器 84 和 86 所获得的测量值中推导出。

[0087] 控制模块 88 能够利用传感器 84 和 86 获得的电流测量值来控制电动机 38 的轴 50 的转矩。更具体地,控制模块 88 为此控制逆变器 / 整流器 20。

[0088] 模块 88 还能够控制接触器 52 到 54 以及斩波器 64。

[0089] 最后,系统 4 包括诊断模块 90,其能够通过传感器 80 的测量值来检测电动机 38 的故障,并且还能够通过传感器 84 和 86 获得的电流测量值来检测该电动机的绕组和线圈之间的电阻短路。模块 90 因此能够控制逆变器 / 整流器 20 和斩波器 64。

[0090] 例如,使用能够执行存储器 96 中记录的指令的可编程电子计算机 94 来形成模块 88 和 90。相应地,存储器 96 包括用于在计算机 94 执行指令时而执行图 2 的方法的指令。

[0091] 现在将参照图 2 的方法来介绍系统 4 的操作。

[0092] 开始,系统 4 不显示任何故障。在这些条件下,用于驱动车辆 2 的阶段 98 与车辆制动阶段 99 交替。

[0093] 在驱动阶段 98 期间,传感器 84 和 86 在步骤 100 中测量相导线 34 和 35 中的电流,并将这些测量值传送到控制模块 88。接着,在步骤 102 期间,模块 88 控制逆变器 / 整流器 20,以便将电动机 38 施加的牵引转矩调整为所测量电流的函数和转矩设置的函数。

[0094] 在车辆制动阶段 99 期间,在步骤 104 中,模块 88 控制逆变器 / 整流器 20,以便逆变器 / 整流器作为电压整流器工作,并且电动机 38 作为三相电流发电机工作。在步骤 106 期间,与步骤 104 同时发生,模块 88 控制斩波器 64,以便调整负载 60 的电阻部分的值,因此在车辆 2 的制动期间,电阻部分消耗由电动机 38 所生成的能量。

[0095] 在步骤 108 期间,与阶段 98 和 99 同时发生,传感器 80 永久测量电动机 38 的特性,以此可以检测该电动机的故障。在步骤 110 期间,诊断模块 90 实时分析这些测量值。根据这些测量值,如果模块 90 没有检测到电动机 38 的故障,那么就不采取特别的动作,且阶段 98 和 99 继续正常运行。在这种情况下,在步骤 110 的最后,方法返回到步骤 108。

[0096] 在相反的情况下,即,在步骤 110 期间,如果模块 90 检测到电动机 38 存在故障,那

么中断阶段 98 和 99, 且该方法接着到阶段 120, 以查找电动机 38 的线圈绕组之间的电阻短路。

[0097] 在阶段 120 的开始时, 在步骤 122 期间, 模块 90 控制逆变器 / 整流器 20, 以使电动机 38 工作在三相电流发电模式下, 且逆变器 / 整流器作为三相电流整流器。更具体地, 在步骤 122 期间, 模块 90 保持逆变器 / 整流器 20 的 IGBT 导通, 因此逆变器 / 整流器表现为二极管整流器桥。

[0098] 同时, 在步骤 124 期间, 模块 90 控制斩波器 64 的激活, 以将负载 60 连接在导线 22 和 24 之间。在步骤 124 期间, 例如, 斩波器 64 的导通比 TX 直接从值 0 变化到值 1, 因此负载 60 的电阻部分的值是最小的。

[0099] 这样, 在步骤 122 和 124 的最后, 电动机 38 对车辆 2 进行制动。此外, 几乎所有由电动机 38 生成的电流都流经相导线, 这是由于连接在导线 22 和 24 之间的负载 60 的值基本等于 R_{int} 。在这些条件下, 限制了电动机故障的恶化。

[0100] 然后, 在步骤 126 期间, 传感器 84 和 86 测量流入相导线 34 和 35 中的电流, 并发送这些测量值到模块 90。

[0101] 基于这些测量值, 在步骤 128 期间, 模块 90 试图检测电阻短路的存在。更具体地, 在步骤 128 期间, 模块 90 在操作 130 中利用传感器 84 和 86 获得的测量值来计算所有相电流的基波成分的功率。在本例中, 这些基波成分的频率等于电动机 38 的定子频率。接着, 在操作 132 期间, 由此成对比较功率。

[0102] 如果这些基波电流成分的功率基本相等, 那么在步骤 136 期间, 模块 90 控制斩波器 64 以使负载 60 的电阻部分的值增加预定增量。例如, 在步骤 130 期间, 模块 90 使变阻斩波器 64 的导通比 TX 减小预定增量。该预定增量例如可以等于 0.05。

[0103] 接着, 控制模块进行到步骤 138, 在此期间, 模块 90 再次尝试检测电阻短路的存在。这个步骤 138 例如等同于步骤 128。如果没有检测到电阻短路, 那么该方法返回到步骤 136。模块 90 因此逐渐地增加负载 60 的电阻部分的值, 直到该值足以使得电动机 38 所产生电流的一大部分流入相导线中, 而电流的另一大部分流过电阻短路。通过应用例如参照步骤 128 所述的检测方法, 一旦能够通过传感器 84 和 86 测量的电流对短路进行检测, 该部分的电流就被称为是“大的”。在这种情况下, 如果在电动机 38 的线圈绕组之间实际上存在短路, 则基波电流成分的功率之间的差值例如超过了预定阈值, 且这能够确定电阻短路的存在。而且, 作为相互不同的基波成分的振幅的功能, 可以确定电动机 38 的哪个相或哪些相受电阻短路的影响。

[0104] 在步骤 128 期间或者在步骤 138 期间, 如果确定存在电阻短路, 那么阶段 120 结束, 且接着进行到阶段 140, 在此期间, 向车辆 2 的司机通知电阻短路的存在。

[0105] 如果负载 60 的电阻部分的值达到了最大值, 且不可能在步骤 128 或步骤 138 期间检测到电阻短路, 那么在步骤 142 期间, 结束该方法, 并且不认为存在电阻短路。

[0106] 应该注意的是, 在这个特定实施例, 假设传感器 84 和 86 位于接触器 52 到 54 的上游, 模块 90 还能够检测这些接触器 52 到 54 之间的短路, 以及检测将这些接触器 52 至 54 连接到电动机 38 的连接端子的相导线之间的电阻短路。

[0107] 而且, 在本例中, 模块 90 优选还能够检测逆变器 / 整流器的故障, 假定传感器 84 和 86 测量的电流在到达负载 60 之间还流经逆变器 / 整流器 20。

[0108] 最后,应该理解的是,如果电动机 38 所产生的电流的一大部分流过电阻短路并且该电流的另一大部分流入相导线中,那么相导线中的电流的作用是确定电阻短路。基于这些相电流的测量值,因此可以不仅仅确定电阻短路的存在,而且还指定了电动机 38 的哪个相位受电阻短路的影响。

[0109] 图 3 示出了车辆 2 的电牵引系统 150 的另一个实施例。在该图中,已经参照图 1 描述的元件给出了相同的附图标记。

[0110] 除了连接在相导线 34 到 36 之间的三相可变电阻性负载 152 代替了负载 60,系统 150 等同于系统 4。

[0111] 一端连接到公共点 153 的三个并联分支形成了负载 152。这些分支的其它端被分别连接到导线 34、35 和 36。这些分支中的每一个都包括电阻器,分别是 154 到 156,其一侧直接连接到公共点 153,而另一侧经由可控变阻斩波器 160 连接到相导线。斩波器 160 可以由诊断模块 90 控制。电阻器 154 到 156 的值是常量。

[0112] 电阻器 154 到 156 的值被选为等于 R_{int} ,因而每个分支上的负载 152 的电阻部分的值都可以在 R_{int} 和 $2,000 \cdot R_{int}$ 之间变化。

[0113] 系统 150 的工作可以从参照图 2 的描述中导出。如图 2 的方法,如果利用传感器 80 的测量值检测到故障,模块 90 调整负载 152 的电阻部分的值,使得电动机 38 所产生电流的一大部分流经电阻短路,而另一大部分流入相导线中。因此,与系统 4 一样,电流传感器 84 和 86 可以用来检测电阻短路的存在。然而,在该实施例中,流入相导线中的电流不经过逆变器 / 整流器 20,从而在该实施例中,不能检测逆变器 / 整流器 20 的故障。

[0114] 系统 4 或系统 150 的许多其它实施例也是可行的。例如,可以利用变阻器来产生电阻性负载的可变电阻部分,将其数值变化为施加在其端子之间的电压的函数。可变电阻部分还可以使用 DC/DC 变换器产生。

[0115] 在本例中,在系统 4 中,用来使电流的大部分流入相导线 34 到 36 的电阻部分与在变阻制动期间消耗由电动机 38 生成的能量所使用的电阻部分相同。然而,应该注意的是,在这两个实施例中,电阻部分的值没有以相同的方式调整。在变阻制动的情况下,调整电阻器 62 的值,以便适当消耗在制动期间由电动机 38 所生成的能量。如果使用相同的电阻器来执行该查找方法,则调整该值以使得由电动机 38 生成的三相电流的大部分流入相导线 34 到 36 中,以便模块 90 能够基于该电流的测量值来检测这个电阻短路的存在。

[0116] 在修改例中,代替用于在车辆 2 的制动期间消耗能量的电阻器,当执行图 2 的方法时,可以使用并联连接在导线 22 和 24 之间的限幅电阻器。在牵引系统的正常运行期间,这种限幅电阻器的功能是限制在导线 22 和 24 之间可能出现的过压。

[0117] 已经在特定实例中介绍了该系统,其中电动机 38 是具有永磁体的电动机。然而,图 2 的方法还适用于其中牵引电动机是绕线式同步多相电动机(即,电动机包括定子和转子上的线圈)的牵引系统。

[0118] 在简化的实施例中,可以利用电阻部分的值是常量的负载来代替可变负载 60 和可变负载 152。在这个实施例中,该负载的电阻部分的值可以通过模拟或实验预先确定,使得车辆 2 的给定速度能够在大多数电阻短路的情况下使电动机所生成电流的一大部分流入相导线中,而另一大部分流经电阻短路。

[0119] 在修改例中,一旦已经调整了连接在每对相导线之间的电阻部分的值以使得电动

机所生成电流的一大部分流入相导线中,而另一大部分流经电阻短路,那么可以使用除其中包括比较测量电流的基波成分的功率的方法以外的方法来检测电阻短路的存在。

[0120] 本文献所述的查找方法可以应用到除了车辆中使用的牵引系统以外的牵引系统中。

[0121] 在简化的实施例中,可以省略传感器 80。在这个简化的实施例中,例如,可以在启动牵引系统时触发用于查找电阻短路的方法。如果使用传感器 84 和 86 检测到过电流,那么也可以触发该查找方法。

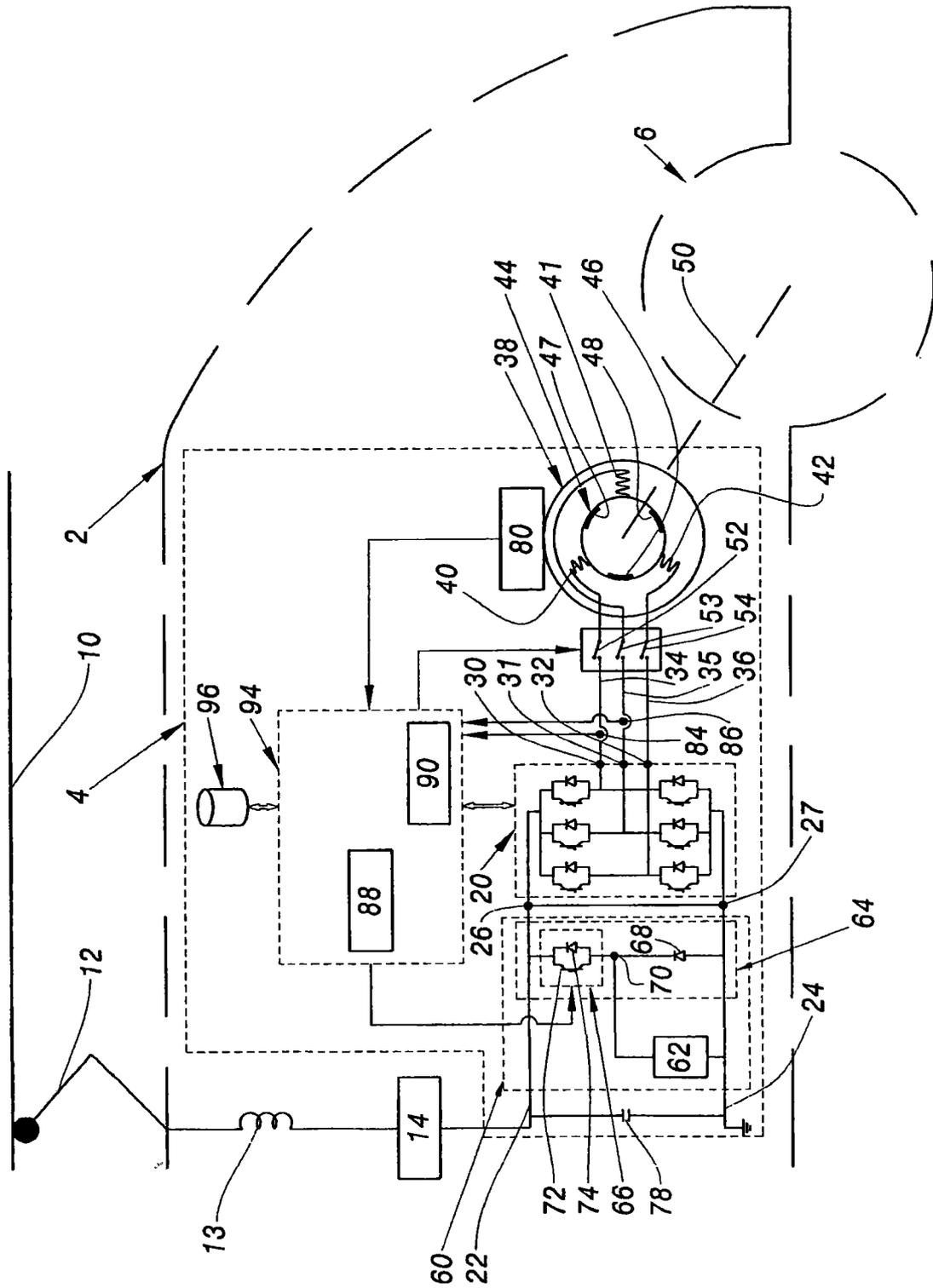


图1

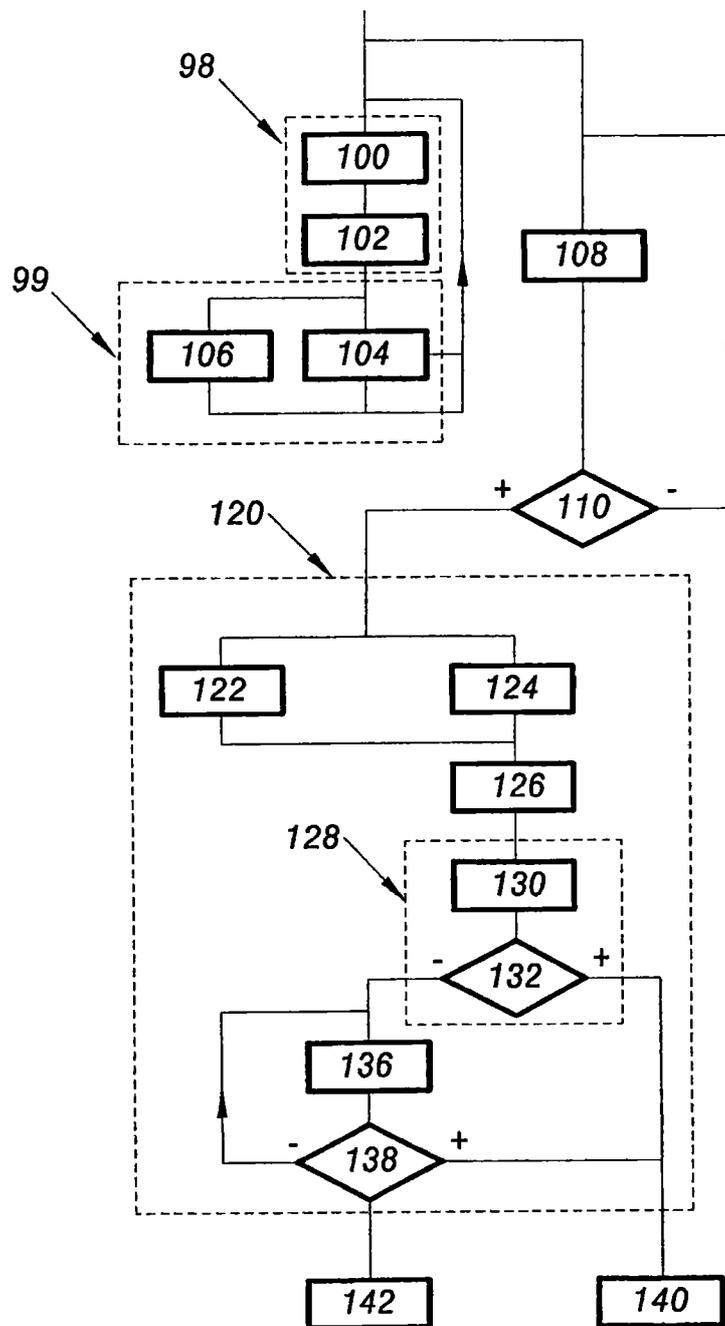


图 2

