



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102608491 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201110461564. 1

(22) 申请日 2011. 12. 22

(30) 优先权数据

12/976309 2010. 12. 22 US

(73) 专利权人 通用电气公司

地址 美国纽约州

(72) 发明人 A·K·蒂瓦里 A·班纳吉 黄豪

X·贾 S·博亚纳帕利 R·穆赫吉

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

司 72001

代理人 张金金 卢江

(51) Int. Cl.

G01R 31/06(2006. 01)

(56) 对比文件

US 5477163 A, 1995. 12. 19,

CN 101556307 A, 2009. 10. 14,

US 2005/0218906 A1, 2005. 10. 06,

WO 97/37236 A1, 1997. 10. 09,

CN 101779134 A, 2010. 07. 14,

CN 101087093 A, 2007. 12. 12,

CN 101087093 A, 2007. 12. 12,

CN 101603997 A, 2009. 12. 16,

US 5270640 A, 1993. 12. 14,

SU 1591660 A1, 1991. 11. 30,

审查员 王蒙

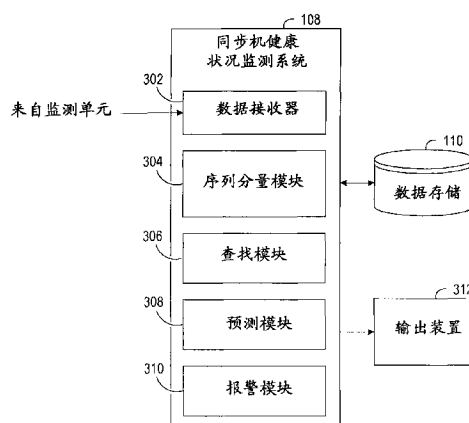
权利要求书2页 说明书6页 附图4页

(54) 发明名称

用于同步机健康状况监测的系统和方法

(57) 摘要

提供用于同步机健康状况监测的方法、系统和计算机程序产品。该方法包括接收(402)多个相电压值和多个相电流值。该方法然后基于这些多个相电压值计算(404)负序列电压(V_n)。该方法还基于这些多个相电压值和这些多个相电流值中的至少一个计算(406)一个或多个操作参数。该方法基于该一个或多个操作参数从数据存储中检索(408)一个或多个已知的 V_n 。该方法然后基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n 计算(410)机器健康状况指数,并且基于该机器健康状况指数发出(412)警报。



1. 一种用于同步机健康状况监测的方法,其包括:

接收(402)多个相电压值和多个相电流值;

基于所述多个相电压值计算(404)负序列电压 V_n ,其中所述 V_n 代表带有同步机中的绕组故障特征的负序列反电动势(EMF);

基于所述多个相电压值和所述多个相电流值中的至少一个计算(406)一个或多个操作参数;

基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索(408)一个或多个已知的 V_n ;

基于计算的 V_n 和所述一个或多个已知的 V_n 计算(410)同步机健康状况指数,其中所述一个或多个已知的 V_n 能根据测量的同步机速度来定标;以及

基于所述同步机健康状况指数发出(412)警报。

2. 如权利要求1所述的方法,其进一步包括:

基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 和负序列阻抗 Z_{nn} ;

基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 I_n 以及一个或多个已知的 Z_{nn} ;以及

在计算所述同步机健康状况指数时,考虑计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 、所述一个或多个已知的 I_n 以及所述一个或多个已知的 Z_{nn} 。

3. 如权利要求2所述的方法,其进一步包括:

基于所述多个相电流值计算零序列电流 I_0 ;

基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 I_0 ;以及

在计算所述同步机健康状况指数时,考虑计算的 I_0 和所述一个或多个已知的 I_0 。

4. 一种用于同步机健康状况监测的系统,其包括:

用于接收多个相电压值和多个相电流值的数据接收器(302);

用于基于所述多个相电压值计算负序列电压 V_n 的序列分量模块(304),其中所述 V_n 代表带有同步机中的绕组故障特征的负序列反电动势(EMF);

用于基于所述多个相电压值和所述多个相电流值中的至少一个从数据存储中检索一个或多个已知的 V_n 的查找模块(306);

用于基于计算的 V_n 和所述一个或多个已知的 V_n 计算同步机健康状况指数的预测模块(308),其中所述一个或多个已知的 V_n 能根据测量的所述同步机的速度来定标;以及

用于基于所述同步机健康状况指数发出警报的报警模块(310)。

5. 如权利要求4所述的系统,其中:

所述序列分量模块进一步基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 、负序列阻抗 Z_{nn} 和零序列电流 I_0 中的至少一个;

所述查找模块进一步检索已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个;以及

所述预测模块进一步基于计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 和计算的 I_0 、已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个计算所述同步机健康状况指数。

6. 如权利要求4所述的系统,其中所述查找模块进一步包括:

用于基于所述多个相电流值计算场电流和正序列电流的计算单元;和

用于使用所述场电流和所述正序列电流查询所述数据存储的查询单元。

7. 一种用于监测同步机健康状况的装置,包括:

用于接收(402)多个相电压值和多个相电流值的部件；

用于基于所述多个相电压值计算(404)负序列电压 V_n 的部件,其中所述 V_n 代表带有同步机中的绕组故障特征的负序列反电动势(EMF)；

用于基于所述多个相电压值和所述多个相电流值中的至少一个计算(406)一个或多个操作参数的部件；

用于基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索(408)一个或多个已知的 V_n 的部件；

用于基于计算的 V_n 和所述一个或多个已知的 V_n 计算(410)同步机健康状况指数的部件,其中所述一个或多个已知的 V_n 能根据测量的所述同步机的速度来定标；以及

用于基于所述同步机健康状况指数发出(412)警报的部件。

8. 如权利要求 7 所述的装置,进一步包括：

用于基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 、负序列阻抗 Z_{nn} 和零序列电流 I_0 中的至少一个的部件；

用于检索已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个的部件；以及

用于进一步基于计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 和计算的 I_0 、已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个计算所述同步机健康状况指数的部件。

9. 如权利要求 7 所述的装置,进一步包括用于基于所述多个相电压值计算多个电压相量的部件。

10. 如权利要求 7 所述的装置,进一步包括：

用于计算健康态 V_n 和所述计算的 V_n 之间的相量差的部件；以及

用于关于开路 V_n 标准化所述相量差的部件。

用于同步机健康状况监测的系统和方法

技术领域

[0001] 本文提供的实施例大体上涉及同步机的诊断并且更具体地涉及同步机的健康状况监测。

背景技术

[0002] 同步机是其中转子以与供应的交流电 (AC) 频率同步的速度旋转的一个机器。常规的同步机包括设置在定子上的叠层电枢绕组和设置在转子上的叠层场绕组。同步机的场绕组被供应直流电 (DC)。一些小的同步机使用永磁体代替场绕组。同步机广泛地在发电厂、航空动力系统、功率因数校正系统等中使用。

[0003] 同步机可采用发电机模式操作, 其中外部原动机 (prime mover) 使转子旋转来产生 AC 电力。备选地, 同步机可采用电动模式操作, 其中外部 AC 电力产生旋转磁场, 从而转动转子。在这两个模式中, 电枢绕组在操作期间经受高电流和 / 或电压。电枢绕组的叠层可随时间和长时间使用而退化, 从而在电枢绕组的连续匝之间引起短路。短路趋于形成环流, 其进而导致电枢内的局部热点。

[0004] 如果没有及时检测和修复, 这样的故障可引起计划外的断电。在航空引擎中, 同步发电机的失效可导致对于所有控制和支持系统的电力损耗。因此, 在初期检测电枢绕组故障以规划适当的维修任务是重要的。

[0005] 用于同步机健康状况监测的一个已知方法包括创建同步机模型并且模拟同步机操作。然而, 假设机器内部的绕组的空间分布是正弦的情况下创建同步机模型。具有匝间故障的同步机的绕组不再具有正弦分布。也就是说, 模型未考虑故障状况下绕组分布中的固有不对称。这可导致错误的故障检测。

附图说明

[0006] 图 1 是图示其中可操作各种实施例的示范性环境的简化框图;

[0007] 图 2A 是根据一个实施例的健康的同步机的示范性电路图;

[0008] 图 2B 是根据一个实施例的具有绕组故障的同步机的示范性电路图;

[0009] 图 3 是根据一个实施例的示范性同步机健康状况监测系统; 以及

[0010] 图 4 是根据一个实施例图示同步机健康状况监测的示范性过程的流程图。

发明内容

[0011] 用于同步机健康状况监测的方法包括: 接收多个相电压值和多个相电流值; 基于这些多个相电压值计算负序列电压 (V_n); 基于这些多个相电压值和这些多个相电流值中的至少一个计算一个或多个操作参数; 基于该一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 V_n ; 基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n (其基于速度测量而更新) 计算机器健康状况指数; 以及基于该机器健康状况指数发出警报。该方法进一步包括: 基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 和负序列阻抗 Z_{nn} ; 基于所述一

个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 I_n 以及一个或多个已知的 Z_{nn} ;以及在计算所述同步机健康状况指数时,考虑计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 、所述一个或多个已知的 I_n 以及所述一个或多个已知的 Z_{nn} 。该方法进一步包括:基于所述多个相电流值计算零序列电流 I_0 ;基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 I_0 ;以及在计算所述同步机健康状况指数时,考虑计算的 I_0 和所述一个或多个已知的 I_0 。

[0012] 用于同步机健康状况监测的系统包括:用于接收多个相电压值和多个相电流值的数据接收器;用于基于这些多个相电压值计算负序列电压 (V_n) 的序列分量模块;用于基于这些多个相电压值和这些多个相电流值中的至少一个从数据存储中检索一个或多个已知的 V_n 的查找模块;用于基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n (其基于速度测量而更新) 计算机器健康状况指数的预测模块;以及用于基于该机器健康状况指数发出警报的报警模块。在该系统中,所述序列分量模块进一步基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 、负序列阻抗 Z_{nn} 和零序列电流 I_0 中的至少一个;所述查找模块进一步检索已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个;以及所述预测模块进一步基于计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 和计算的 I_0 、已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个计算所述同步机健康状况指数。

[0013] 用于监测同步机健康状况的装置,包括:用于接收多个相电压值和多个相电流值的部件;用于基于所述多个相电压值计算负序列电压 V_n 的部件,其中所述 V_n 代表带有同步机中的绕组故障特征的负序列反电动势 (EMF);用于基于所述多个相电压值和所述多个相电流值中的至少一个计算一个或多个操作参数的部件;用于基于所述一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 V_n 的部件;用于基于计算的 V_n 和所述一个或多个已知的 V_n 计算同步机健康状况指数的部件,其中所述一个或多个已知的 V_n 能根据测量的所述同步机的速度来定标;以及用于基于所述同步机健康状况指数发出警报的部件。该装置进一步包括:用于基于所述多个相电压值和所述多个相电流值计算负序列电流 I_n 、负序列阻抗 Z_{nn} 和零序列电流 I_0 中的至少一个的部件;用于检索已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个的部件;以及用于进一步基于计算的 I_n 、计算的 Z_{nn} 和计算的 I_0 、已知的 I_n 、已知的 Z_{nn} 和已知的 I_0 中的至少一个计算所述同步机健康状况指数的部件。

[0014] 计算机程序产品包括用于用于监测同步机健康状况的计算机可执行指令编码的非暂时性计算机可读介质,其中这些计算机可执行指令当其被执行时使一个或多个处理器接收多个相电压值和多个相电流值、基于这些多个相电压值计算负序列电压 (V_n)、基于这些多个相电压值和这些多个相电流值中的至少一个计算一个或多个操作参数、基于该一个或多个操作参数从数据存储中检索一个或多个已知的 V_n 、基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n (其基于速度测量而更新) 计算机器健康状况指数以及基于该机器健康状况指数发出警报。

具体实施例

[0015] 本文提供的实施例涉及用于监测同步健康状况的方法和系统。图 1 图示其中各种实施例可操作的环境 100。该环境 100 包括同步机 102、励磁机和控制单元 (exciter and control unit) 104、监测单元 106、同步机健康状况监测系统 108 和数据存储 110。

[0016] 同步机 102 是机电能量转换装置,其中转子以与旋转磁场的转速相同的速度旋

转。同步机的示例包括同步发电机、同步电动机和功率因数补偿器。同步机 102 可通过改变电连接而在电动模式和发电模式之间切换。例如,在航空燃气轮机引擎中,同步机 102 是集成的起动器-发电机。同步机 102 采用电动模式操作,其从机载电池接受电能来起动燃气轮机引擎。一旦燃气轮机引擎发动,控制电子装置将同步机 102 切换到发电模式,其从燃气轮机引擎轴接受机械能并且为飞行器产生电力。同步机 102 包括场绕组和电枢绕组。典型地,在低功率和低转矩应用中,同步机 102 可以具有旋转电枢类型,其包括设置在定子上的场绕组和设置在转子上的电枢绕组。在牵涉高转矩和高功率的工业应用中,同步机 102 可以具有旋转场类型,其包括设置在转子上的场绕组和设置在定子上的电枢绕组。电枢绕组是叠层的并且典型地携带大电流。长时间使用可使叠层退化并且可引起匝间故障。本文提供的各种实施例可适用于检测电枢绕组中的匝间故障。本文提供的实施例对于旋转场型的同步机描述。然而,应该意识到实施例可同等地适用于所有类型的同步机。

[0017] 励磁机和控制单元 104 包括励磁机,例如但不限于 DC 发电机、电池、整流 AC 电源或静态励磁机等来使场绕组励磁。该静态励磁机通过变压器、整流器和电抗器的系统将来自发电机输出的每个相的 AC 的一部分反馈给场绕组,作为 DC 励磁。外部 DC 源可用于场绕组的初始励磁。励磁机施加励磁电压(本文中称为场电压)于同步机 102 的场绕组,由此使场电流流过场绕组。由于场绕组的旋转,与设置在发电机 102 的定子上的静止线圈关联的磁通采用正弦方式变化,引起跨静止线圈的端子的电压的正弦变化。励磁机和控制单元 104 控制发电机 102 的操作。例如,励磁机和控制单元 104 可控制供应给发电机 102 的场电压和场电流。

[0018] 同步机 102 可由励磁机和控制单元 104 操作和控制。励磁机和控制单元 104 可包括直流(DC)电源、交流(AC)电源和用于控制同步机 102 操作的控制系统。该控制系统可控制场绕组电压使得输出处的电压保持恒定。此外,该控制系统可控制输送到同步机 102 的功率或控制从同步机 102 输送的功率。该控制系统还可控制同步机 102 的功率因数。励磁机和控制单元 104 基于从监测单元 106 获得的操作数据控制同步机 102 的操作。

[0019] 监测单元 106 可包括用于获得对应于同步机 102 的操作数据的一个或多个传感器。操作数据可包括同步机 102 的一个或多个相的相电流值、相电压值以及同步机的速度。操作数据可进一步包括例如场电流、输入功率、输出功率、功率因数。操作数据然后可传送到励磁机和控制单元 104 和同步机健康状况监测系统 108。同步机健康状况监测系统 108 已经连同图 2 详细描述。

[0020] 在一个实施例中,监测单元 106 和励磁机和控制单元 104 可包括在集成的励磁、控制和监测系统中。这样的集成的励磁、控制和监测系统可使用例如但不限于微控制器、微处理器、逻辑电路和存储器等硬件和存储在存储器上的软件模块来实现。

[0021] 环境 100 可进一步包括数据存储 110。该数据存储 110 可包括对应于同步机 102 操作的数据。例如,该数据存储 110 可包括查找表,其包括在额定速度作为正序列电流和场电流的函数的同步机 102 的负序列电压(V_n)。该数据存储 110 可进一步包括用于构造同步机 102 的磁性材料的磁化特性。

[0022] 图 2 图示健康的电枢绕组和具有绕组故障的电枢绕组之间的电路级差异。图 2A 图示健康的电枢绕组并且图 2B 图示具有绕组故障的电枢绕组。如在图 2B 中示出的,绕组故障在磁场中形成不对称,其进一步产生磁场的序列分量。磁场的序列分量包括正序列分量、

负序列分量和零序列分量。磁场的该负序列分量包括电枢绕组中的负序列反电动势 (EMF)。该负序列分量典型地带有绕组故障特征。对负序列反电动势 (EMF) 的了解可用于检测绕组故障。

[0023] 典型地, 负序列反电动势 (EMF) 可能不可测量。本文提供的实施例包括估计从机器健康状况指数方面显示的负序列反电动势 (EMF) 的方法。所述机器健康状况指数可基于在同步机 102 的端子处出现的负序列电压 (V_n) 计算。

[0024] 图 3 图示根据一个实施例的同步机健康状况监测系统 108。该同步机健康状况监测系统 108 可包括用于接收与同步机 102 关联的数据的数据接收器 302。与同步机 102 关联的该数据可包括一个或多个相的相电压值和相电流值、速度、场电流、功率输入、功率输出、功率因数等。该数据接收器 302 还可将相电压值转换成相应的线路电压值以及将相电流转换成相应的线路电流。

[0025] 同步机健康状况监测系统 108 可进一步包括用于计算相电压值和相电流值的序列分量的序列分量模块 304。相电压值的这些序列分量可包括正序列电压、负序列电压 (V_n) 和零序列电压。序列分量模块 304 然后可按照同步机的配置计算电压和电流的序列分量。同步机的不同配置在不同的序列分量中带有匝间故障特征。对于三相三线配置或平衡负载配置, 序列分量模块 304 可从接收的相电压值或线路电压值计算 V_n 。例如, 对于同步机 102 的三相三线配置或平衡负载配置, 序列分量模块 304 计算负序列电压值 V_n 。对于同步机 102 的不平衡负载配置, 序列分量模块 304 除 V_n 之外还计算负序列电流 I_n 和负序列阻抗 Z_{nn} 。此外, 对于同步机 102 的三相四线配置, 序列分量模块 304 除 V_n 、 I_n 和 Z_{nn} 之外还计算零序列电流 I_0 。

[0026] 同步机健康状况监测系统 108 可进一步包括用于检索一个或多个已知 V_n 的查找模块 306。一个或多个 V_n 的已知值可从数据存储 110 获得。数据存储 110 可包括列表成例如在一个特定速度作为场电流、正序列电流的函数的已知并且健康的 V_n 值。这些 V_n 值可对应于同步机的额定速度。在检索已知的 V_n 之后, 查找模块可基于测量的同步机的速度来定标检索的 V_n 。同步机的这些 V_n 值和速度互相成线性关系。备选地, 数据存储 110 可包括对于同步机 102 的不同速度不同的已知 V_n 值集。在实施例中, 查找模块 306 可进一步包括用于基于多个相电流值计算场电流和正序列电流的计算单元。正序列电流可从多个相电流值获得。相似地, 场电流可基于多个相电流值和同步机 102 的磁化特性而获得。这些磁化特性可存储在数据存储 110 中。查找模块 306 可从数据存储 110 中检索磁化特性数据用于计算场电流。在实施例中, 可基于场电流和正序列电流检索已知的 V_n 。

[0027] 查找模块 306 可进一步具有用于使用场电流和正序列电流查询数据存储 110 的查询单元。该查询单元可检索一个或多个已知的 V_n 值, 其中这些 V_n 值可包括开路 V_n 和健康态 V_n 。该开路 V_n 可通过从查找表中检索对应于由查找模块 306 计算的场电流的开路 V_n 条目而获得。此外, 该健康态 V_n 通过从查找表中检索对应于由查找模块 306 计算的正序列电流和场电流的 V_n 条目而获得。

[0028] 如上文描述的, 同步机 102 的不同配置可在不同的序列分量中带有匝间故障特征。在对于不平衡三相配置的实现中, 数据存储 110 可另外地包括在特定速度的已知 I_n 和已知 Z_{nn} 值, 其列表成作为场电流和正序列电流的函数。备选地, 在对于三相四线配置的实现中, 数据存储 110 除在特定速度的已知 V_n 、已知 I_n 和已知 Z_{nn} 值之外可还包括已知的 I_0 。

查找模块 306 可使用与上文描绘的用于检索已知的 V_n 相似的技术检索已知 I_n 、已知 Z_n 和已知 I_0 值。

[0029] 同步机健康状况监测系统 108 可进一步包括用于基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n 计算机器健康状况指数的预测模块 308。在实施例中,该机器健康状况指数可通过获得健康态 V_n 和计算的 V_n 的相量差并且关于开路 V_n 标准化该相量差而计算。同步机 102 的健康状况可基于该机器健康状况指数而评估。该机器健康状况指数具有具体健康态值。如果由预测模块 308 计算的机器健康状况指数不同于健康态值,则可指示同步机 102 的电枢中的匝间故障。机器健康状况指数的健康态值可通过测试健康的同步机而获得。备选地,健康态值可通过对同步机 102 的模型进行模拟而获得。

[0030] 系统 108 可进一步包括报警模块 310。如果机器健康状况指数偏离健康态值,该报警模块 310 可发出警报。故障状况可通过输出装置 312 指示。在实施例中,输出装置 312 可以是显示警告的显示装置。在备选实施例中,该显示装置可以是语音报警器。输出装置 312 可进一步是视听报警器。

[0031] 在各种实施例中,报警模块 310 可使用统计法来发出警报。例如,报警模块 310 可在比如 5 分钟窗口期间监测机器健康状况指数。报警模块 310 然后可计算在该 5 分钟窗口期间机器健康状况指数偏离健康态值的持续时间的比例。报警模块 310 然后可基于计算的比例发出标志。备选地,报警模块 310 可使用统计差异度量,例如但不限于标准偏差或统计平均值。报警模块 310 可计算机器健康状况指数在例如 15 分钟窗口期间的平均值。报警模块 310 然后将该平均值与机器健康状况指数的健康态值比较,并且如果该平均值偏离该健康态值预定量则发出警报。统计法的使用可防止机器健康状况指数中的瞬时变化触发警报。这对于减少错误警报可是有用的。

[0032] 图 4 是根据实施例图示用于同步机健康状况监测的过程 400 的流程图。在步骤 402 中,可接收多个相电压值和多个相电流值。还可接收其他关于同步机 102 操作的数据。例如,可接收同步机速度、功率输入、功率输出、功率因数等。在实施例中,接收的相电压值可转变为线路电压值。可意识到这些线路电压值和相电压值是相量参量并且具有与它们关联的相位角。因此,过程 400 可将特定相位角与这些相电压值和相电流值的每个关联。当从相电压值获得线路电压值时,应该包含必要的相移。

[0033] 在步骤 404 中,可基于相电压值计算 V_n 。可通过将相电压值的每个乘以适合的因数并且然后取相电压值的每个的相量和来计算 V_n 。

[0034] 在步骤 406 中,可基于相电压值和相电流值计算一个或多个操作参数。在实施例中,该一个或多个操作参数可基于线路电压值和线路电流值计算。这些操作参数可包括场电流和正序列电流。场电流可基于磁化特性和相电流值计算。磁化特性数据可从数据存储 110 中检索。此外,正序列电流可基于对应于同步机 102 的三个相的相电流值计算。

[0035] 在步骤 408 中,一个或多个已知的 V_n 可基于一个或多个操作参数获得。一个或多个 V_n 的已知值可从数据存储 110 获得。数据存储 110 可包括对于同步机速度的各种不同值的列表成作为场电流、正序列电流的函数的已知 V_n 值。数据存储 110 可进一步具有对应于健康的同步机的已知 V_n 值。

[0036] V_n 的已知值可包括健康态 V_n 和健康的开路 V_n 。开路 V_n 可通过从查找表中检索对应于在步骤 406 中获得的场电流和接收的同步机速度的值的开路 V_n 条目而获得。此外,

健康态 V_n 通过从查找表中检索对应于在步骤 406 中获得的场电流, 正序列电流以及接收的同步机速度的值的 V_n 条目而获得。

[0037] 在一个实施例中, 对于预测不平衡三相配置, 同步机健康状况监测系统 102 可额外地获得已知的 I_n 和已知的 Z_{nn} 值。在另一个实施例中, 对于预测三相四线配置, 同步机健康状况监测系统 102 可除了已知的 V_n 、已知的 I_n 和已知的 Z_{nn} 值之外还获得已知的 I_0 。

[0038] 在步骤 410 中, 机器健康状况指数可基于计算的 V_n 和该一个或多个已知的 V_n 计算。在实施例中, 机器健康状况指数可通过获得健康态 V_n 和计算的 V_n 的相量差并且关于开路 V_n 标准化该相量差而计算。同步机 102 的健康状况可基于机器健康状况指数评估。机器健康状况指数具有具体健康态值。如果由预测模块 408 计算的机器健康状况指数不同于健康态值, 则可推断同步机 102 的电枢中的匝间故障。

[0039] 在步骤 412 中, 可基于机器健康状况指数的值发出警报。可通过将机器健康状况指数与预定阈值比较而发出该警报。该预定阈值可以是机器健康状况指数的健康态值。如连同图 3 描述的, 该警报可以是语音、视觉或视听。

[0040] 在各种实施例中, 同步机健康状况监测系统 108 可作为计算机可执行指令实现。系统 108 可具有用于执行这些计算机可执行指令的一个或多个处理器。计算机可读指令可包含在非暂时性计算机可读介质中, 例如磁存储盘、光存储盘等。备选地, 计算机可读介质可以是随机存取存储器 (RAM)、只读存储器 (ROM)、可编程只读存储器 (PROM)、可擦除可编程只读存储器 (EPROM) 等中的一个。

[0041] 计算机程序产品的编码指令可包括用于接收多个相电压值、相电流值、基于多个相电压值和多个相电流值计算 V_n 、基于相电压值和相电流值计算一个或多个操作参数的指令。操作参数可包括场电流和正序列电流。计算机程序产品可进一步具有用于将相电压值转换成线路电压值的编码指令。计算机程序产品可进一步具有用于从数据存储 110 中检索开路 V_n 和健康态 V_n 的编码指令。计算机程序产品可进一步具有用于通过获得健康态 V_n 和计算的 V_n 的相量差并且关于开路 V_n 标准化该相量差来计算机器健康状况指数的指令。计算机程序产品还可具有用于将机器健康状况指数与预定阈值比较并且基于该比较发出警报的编码指令。

[0042] 可注意到本文公开的电压和电流 (场电流除外) 是相量参量并且根据相量代数的规则来处理, 除非另有明确规定。

[0043] 本文描述的实施例仅仅为了说明目的。本领域内技术人员将从本描述中认识到本文提供的教导不限于描述的实施例, 而可实践具有仅由附上的权利要求的精神和范围限制的修改和改动。

[0044] 元件列表

[0045]	102 同步机	104 励磁机和控制单元
[0046]	106 监测单元	108 同步机健康状况监测系统
[0047]	110 数据存储	302 数据接收器
[0048]	304 序列分量模块	306 查找模块
[0049]	308 预测模块	310 报警模块
[0050]	312 输出装置	

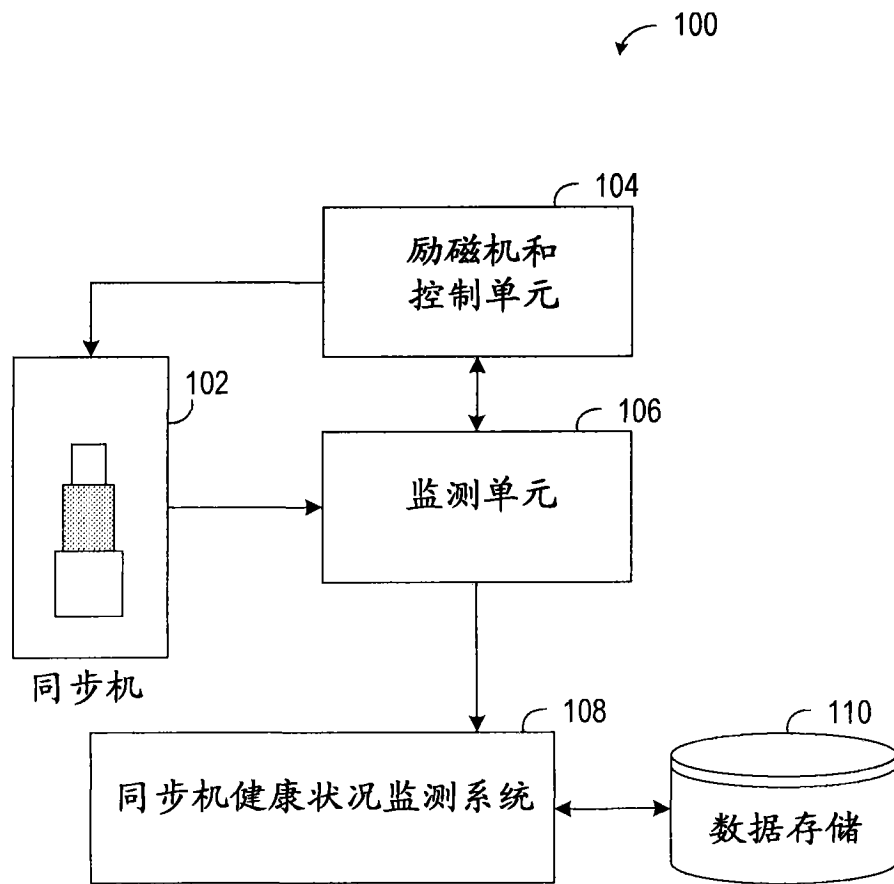


图 1

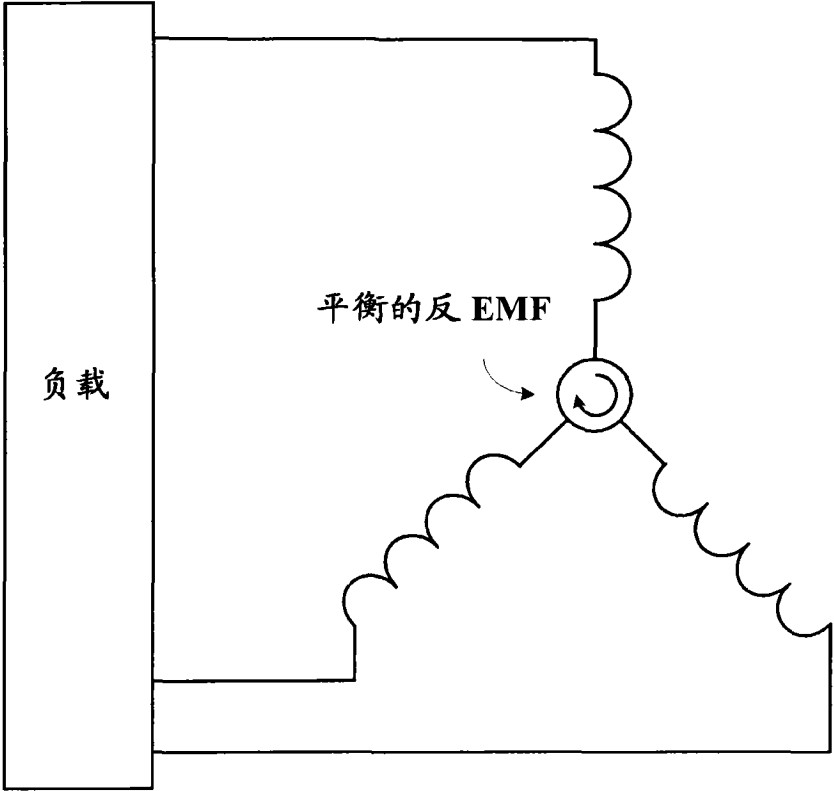


图 2A

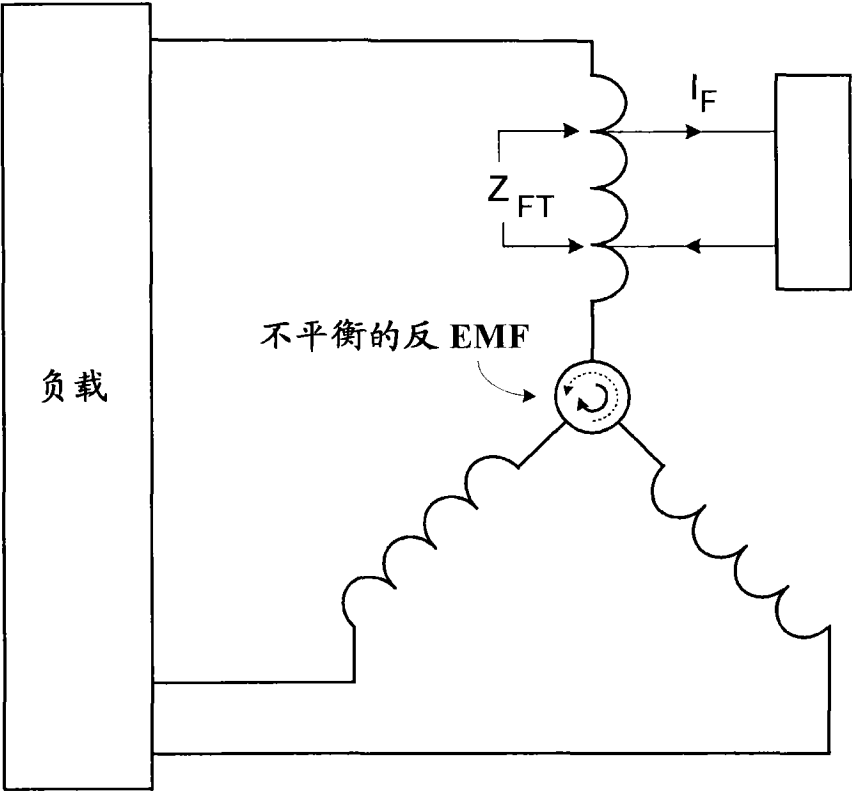


图 2B

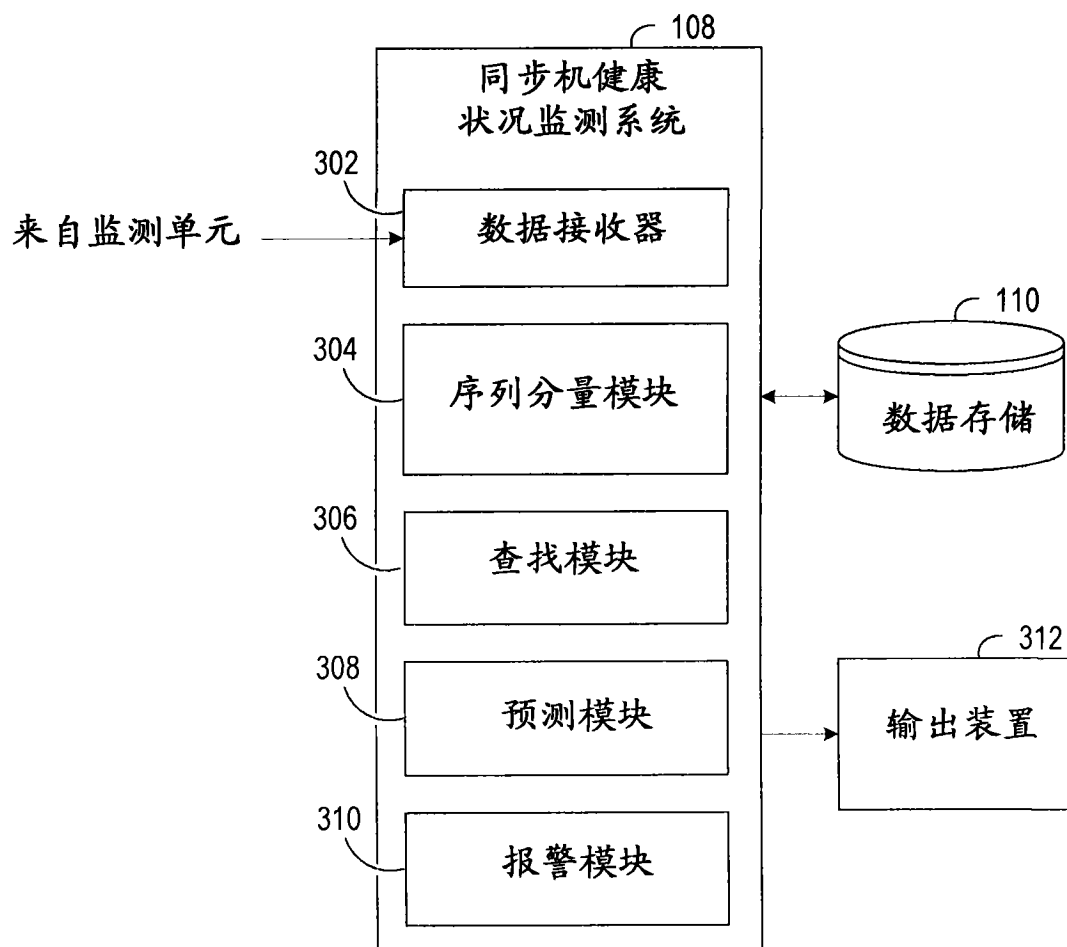


图 3

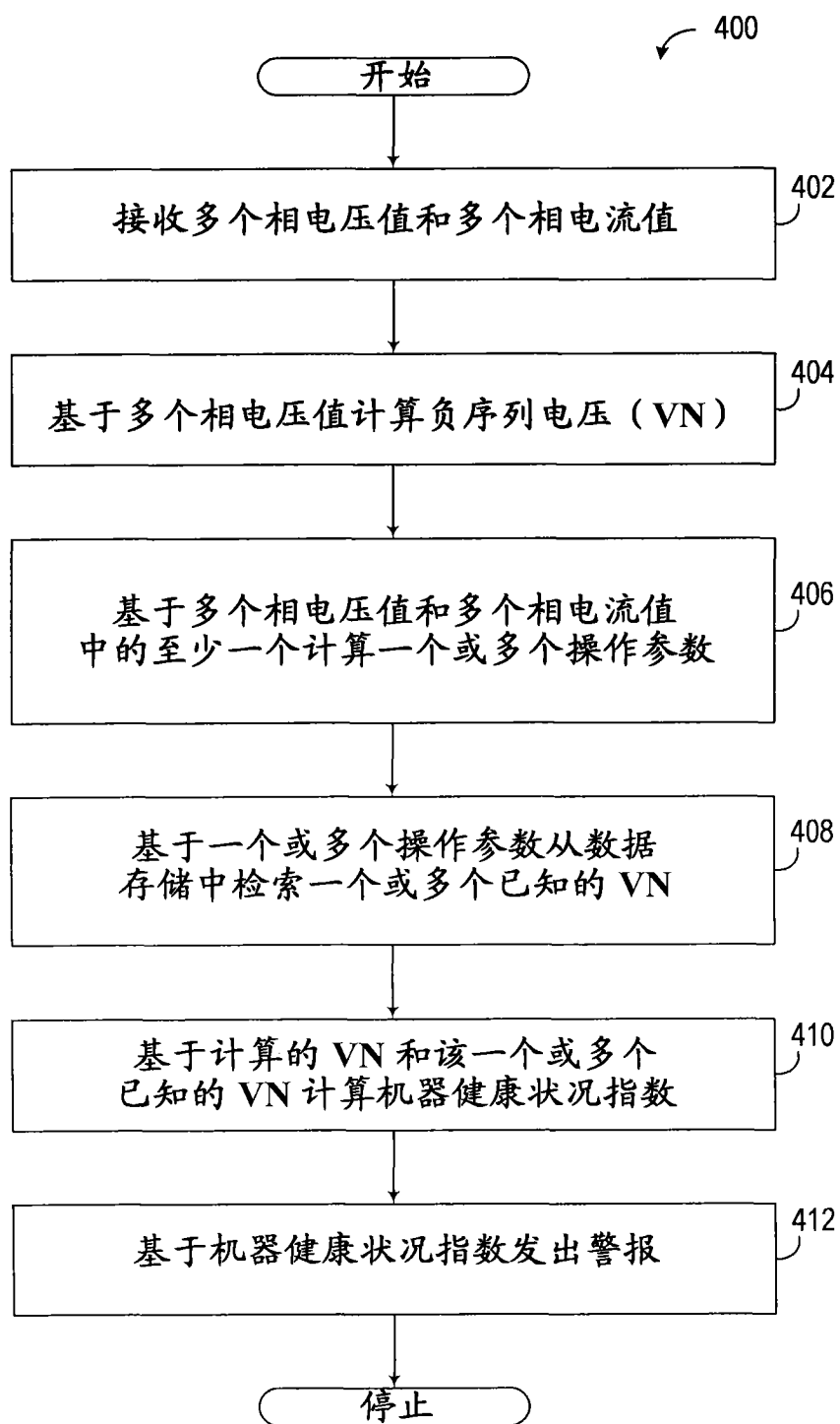


图 4