



# (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107144787 A

(43)申请公布日 2017.09.08

(21)申请号 201710270394.6

(22)申请日 2017.04.24

(71)申请人 华北电力大学

地址 102206 北京市昌平区朱辛庄北农路2号

(72)发明人 张飞 刘永前 阎洁

(74)专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 陈波

(51) Int. Cl.

G01R 31/34(2006.01)

G01R 31/12(2006.01)

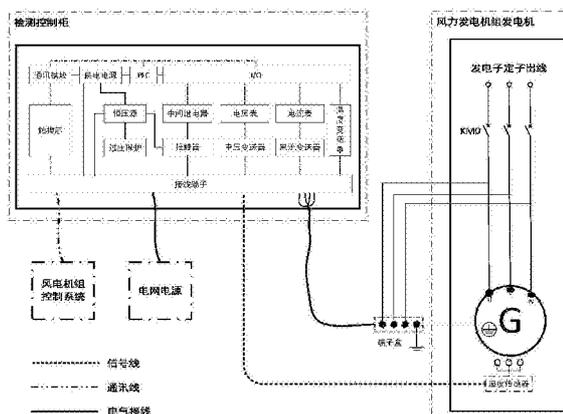
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法

## (57)摘要

本发明公开了一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,所述发电机绝缘检测装置包括:PLC、供电电源、通讯模块、触摸屏、I/O模块、恒压源、电压表、电流表、放电电阻、熔断器、过压保护装置、接触器、变送器、中间继电器、接线盒和温度传感器,所述发电机绝缘检测装置利用永磁风力发电机组低风速情况下,正常停机时间内,自动进行绝缘电阻的测试,并通过检测发电机定子绝缘电阻、极化指数、吸收比和趋势曲线进行绝缘的诊断。



1. 一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,其特征在于,所述发电机绝缘检测装置包括:PLC、供电电源、通讯模块、触摸屏、I/O模块、恒压源、电压表、电流表、放电电阻、熔断器、过压保护装置、接触器、变送器、中间继电器、接线盒和温度传感器;其中,电流表包括第一电流表和第二电流表,变送器包括电压变送器、电流变送器和温度变送器,接触器包括第一接触器、第二接触器和第三接触器,PLC通过通讯线分别与通讯模块及触摸屏进行连接,通讯模块通过通讯线与永磁风力发电机组的控制系统进行连接,PLC通过背板通讯线与I/O模块相连,I/O模块的多个输出端分别与中间继电器和接触器进行连接,PLC的模拟输入端通过电压变送器与电压表二次侧接,PLC的模拟输入端通过电流变送器与第一电流表和第二电流表二次侧接,PLC的模拟输入端通过温度变送器连接温度传感器;恒压源、熔断器、第一电流表和第二接触器串联后与电压表的一次侧相并联,电压表两端与过压保护装置并联,第三接触器、第二电流表和放电电阻串联后并联至恒压源的支路,恒压源的支路一端通过第一接触器与发电机定子接线端子相连接,另一端与接地接线端子相连接。

2. 如权利要求1所述的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,其特征在于:所述供电电源从永磁风力发电机组的升压变压器低压电网侧取220V电源,为所述恒压源提供220V交流电源,所述恒压源为所述PLC的控制系统、触摸屏、通讯模块、I/O模块、电压表、电流表、接触器和中间继电器提供24V直流电源。

3. 如权利要求1所述的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,其特征在于:所述发电机绝缘检测装置还包括硬件安全链系统和软件安全链系统;硬件安全链系统将接触器KM0的辅助常闭触点与接触器KM1的驱动控制回路串联形成闭锁,软件安全链系统用于周期性检测所述控制系统的运行时间,当所述控制系统程序运行错误或超过检测时限,所述控制系统进行重新启动处理。

4. 如权利要求1所述的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,其特征在于:所述恒压源为连续可调的直流恒压电源,所述恒压源的输出额定电压范围为1kV~12kV,额定电流范围为50mA~1A。

5. 如权利要求1所述的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,其特征在于:所述放电电阻用于消耗永磁风力发电机绕组中剩余的电荷,所述放电电阻的阻值范围为:10k $\Omega$ ~100k $\Omega$ ,功率大于等于50瓦。

6. 一种使用权利要求1所述的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置的检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 通过所述PLC、通讯装置和永磁风力发电机组控制系统获取永磁风力发电机的工作状态,当永磁风力发电机组处于正常停机状态或再次启动状态时间大于所述发电机绝缘检测装置的检测时间并且所述PLC内部定时器到达检测周期时,启动所述发电机绝缘检测装置;

(2) 所述发电机绝缘检测装置的启动时间满足要求时,闭合接触器KM1并保持接触器KM2和接触器KM3处于打开状态,通过所述电压表测量发电机定子电压,当定子电压小于600V时,闭合接触器KM3,利用所述放电电阻对发电机定子残余电荷进行放电,放电时间大于等于20秒,当所述第一电流表测量通过所述放电电阻的电流值小于0.1A时,延迟5秒断开接触器KM3;

(3) 放电过程结束后,根据工作情况选择吸收比测量模式,接通接触器KM2在发电机定

子上施加所述恒压源,加压过程中分别记录所述电压表和电流表在15秒钟和60秒钟时的数据,分别计算出15秒钟和60秒钟时的绝缘电阻值,并计算定子绕组的吸收比,根据现场实际温度和湿度进行归一化处理,利用归一化绝缘电阻值和吸收比判断发电机组定子绝缘状态;

(4) 放电过程结束后,根据工作情况选择极化指数测量模式,接通接触器KM2在发电机定子上施加所述恒压源,加压过程中分别记录所述电压表和电流表在1分钟和10分钟时的数据,分别计算出1分钟和10分钟时的绝缘电阻值,并计算定子绕组的极化指数,根据现场实际温度和湿度进行归一化处理,利用归一化绝缘电阻值和极化指数判断发电机组定子绝缘状态;

(5) 通过连续的检测计算,记录发电机定子绕组的吸收比,绘制发电机定子绝缘吸收比曲线;通过连续的检测计算,记录发电机定子绕组的极化指数,绘制发电机定子绝缘极化指数曲线,并记录在所述PLC的存储单元内,所述指示PLC单次测量完毕;

(6) 单次测量完毕后,首先断开接触器KM2,之后接通接触器KM3,进行发电机绕组残余电量释放,当所述电压表测量电压小于50V时,断开接触器KM3和接触器KM1,系统进入下一次检测自动计时程序,所述PLC发送信号给永磁风力发电机组的控制系统,发电机绝缘检测完毕。

## 一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及风电技术领域,特别是涉及永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法。

### 背景技术

[0002] 永磁风力发电机作为大型风力发电机的主流机型,在市场占有率非常高。由于风电机组所工作的气候环境具有昼夜温差大、风沙大、部分地区湿度大、存在凝露现象等特点,这些环境因素都对风力发电机的绝缘系统产生影响,而且风力发电机发生损毁的维修及吊装费用十分昂贵。

[0003] 由于风力发电机组运行环境的特殊性,现场在线测试十分困难。对于日常维护监测,基本采用人工停机检测的方法。利用兆欧表对发电机组的绝缘电阻进行测量,不仅效率低下,而且还需要停机检测,大大增加了运维的成本。

[0004] 目前,国内外对于发电机组的绝缘状态通常是通过:局部放电、介质损耗因数、泄露电流、绝缘电阻和设备电容值的特征值进行表征的。

[0005] 其中湖南工程学院公开了授权公告号:CN204716470U的专利《一种带有绝缘在线监测功能的兆瓦级风力发电机》,该专利主要是通过通过在发电机的不同部位加装臭氧传感器,检测臭氧含量确定局部放电的强度和位置,间接反映发电机的绝缘状态。

[0006] 南京风电科技有限公司公开了授权公告号:CN202441544U的专利《一种带有绝缘检测功能的风力发电机》,该专利也是通过加装臭氧传感器。

[0007] 以上两个专利仅对绕组局部绝缘缺陷检测有一定效果,然而局部放电测试只能间接反映绝缘状态。

[0008] 因此希望有一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法可以克服或至少减轻现有技术的上述缺陷。

### 发明内容

[0009] 本发明的目的在于提供一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法,利用风电机组低风速情况下,正常停机时间内,自动进行绝缘电阻的测试,并通过检测发电机定子绝缘电阻、极化指数、吸收比和趋势曲线进行绝缘的诊断。

[0010] 为实现上述目的,本发明提供一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,所述发电机绝缘检测装置包括:PLC、供电电源、通讯模块、触摸屏、I/O模块、恒压源、电压表、电流表、放电电阻、熔断器、过压保护装置、接触器、变送器、中间继电器、接线盒和温度传感器;其中,电流表包括第一电流表和第二电流表,变送器包括电压变送器、电流变送器和温度变送器,接触器包括第一接触器、第二接触器和第三接触器,PLC通过通讯线分别与通讯模块及触摸屏进行连接,通讯模块通过通讯线与永磁风力发电机组的控制系统进行连接,PLC通过背板通讯线与I/O模块相连,I/O模块的多个输出端分别与中间继电器和接触器进行连接,PLC的模拟输入端通过电压变送器与电压表二次侧接,PLC的模拟输入端通过电流

变送器与第一电流表和第二电流表二次侧接, PLC的模拟输入端通过温度变送器连接温度传感器; 恒压源、熔断器、第一电流表和第二接触器串联后与电压表的一次侧相并联, 电压表两端与过压保护装置并联, 第三接触器、第二电流表和放电电阻串联后并联至恒压源的支路, 恒压源的支路一端通过第一接触器与发电机定子接线端子相连接, 另一端与接地接线端子相连接。

[0011] 优选地, 所述供电电源从永磁风力发电机组的升压变压器低压电网侧取220V电源, 为所述恒压源提供220V交流电源, 所述恒压源为所述PLC的控制系统、触摸屏、通讯模块、I/O模块、电压表、电流表、接触器和中间继电器提供24V直流电源。

[0012] 优选地, 所述发电机绝缘检测装置还包括硬件安全链系统和软件安全链系统; 硬件安全链系统将接触器KM0的辅助常闭触点与接触器KM1的驱动控制回路串联形成闭锁, 软件安全链系统用于周期性检测所述控制系统的运行时间, 当所述控制系统程序运行错误或超过检测时限, 所述控制系统进行重新启动处理。

[0013] 优选地, 所述恒压源为连续可调的直流恒压电源, 所述恒压源的输出额定电压范围为1kV~12kV, 额定电流范围为50mA~1A。

[0014] 优选地, 所述放电电阻用于消耗永磁风力发电机绕组中剩余的电荷, 所述放电电阻的阻值范围为:  $10\text{k}\Omega - 100\text{k}\Omega$ , 功率大于等于50瓦。

[0015] 本发明提供一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置的检测方法, 包括以下步骤:

[0016] (1) 通过所述PLC、通讯装置和永磁风力发电机组控制系统获取永磁风力发电机的工作状态, 当永磁风力发电机组处于正常停机状态或再次启动状态时间大于所述发电机绝缘检测装置的检测时间并且所述PLC内部定时器到达检测周期时, 启动所述发电机绝缘检测装置;

[0017] (2) 所述发电机绝缘检测装置的启动时间满足要求时, 闭合接触器KM1并保持接触器KM2和接触器KM3处于打开状态, 通过所述电压表测量发电机定子电压, 当定子电压小于600V时, 闭合接触器KM3, 利用所述放电电阻对发电机定子残余电荷进行放电, 放电时间大于等于20秒, 当所述第一电流表测量通过所述放电电阻的电流值小于0.1A时, 延迟5秒钟断开接触器KM3;

[0018] (3) 放电过程结束后, 根据工作情况选择吸收比测量模式, 接通接触器KM2在发电机定子上施加所述恒压源, 加压过程中分别记录所述电压表和电流表在15秒钟和60秒钟时的数据, 分别计算出15秒钟和60秒钟时的绝缘电阻值, 并计算定子绕组的吸收比, 根据现场实际温度和湿度进行归一化处理, 利用归一化绝缘电阻值和吸收比判断发电机组定子绝缘状态;

[0019] (4) 放电过程结束后, 根据工作情况选择极化指数测量模式, 接通接触器KM2在发电机定子上施加所述恒压源, 加压过程中分别记录所述电压表和电流表在1分钟和10分钟时的数据, 分别计算出1分钟和10分钟时的绝缘电阻值, 并计算定子绕组的极化指数, 根据现场实际温度和湿度进行归一化处理, 利用归一化绝缘电阻值和极化指数判断发电机组定子绝缘状态;

[0020] (5) 通过连续的检测计算, 记录发电机定子绕组的吸收比, 绘制发电机定子绝缘吸收比曲线; 通过连续的检测计算, 记录发电机定子绕组的极化指数, 绘制发电机定子绝缘极

化指数曲线,并记录在所述PLC的存储单元内,所述指示PLC单次测量完毕;

[0021] (6) 单次测量完毕后,首先断开接触器KM2,之后接通接触器KM3,进行发电机绕组残余电量释放,当所述电压表测量电压小于50V时,断开接触器KM3和接触器KM1,系统进入下一次检测自动计时程序,所述PLC发送信号给永磁风力发电机组的控制系统,发电机绝缘检测完毕。

[0022] 本发明提出了一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置及检测方法,本发明的永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置设置在永磁风机发电机的定子出线端子和接地端子处,所述发电机绝缘检测装置在风电机组低风速且正常停机时间内,自动进行绝缘电阻的测试,利用本发明的发电机绝缘检测装置测量的绝缘电阻不仅可以进行现场工作环境的归一化处理,而且可以统计绝缘的极化指数和吸收比,并通过绝缘电阻、吸收比和极化指数的趋势曲线反映发电机的绝缘趋势变化,用以确定发电机的绝缘状态,制定检修和维护计划,显著提高了风电机组的运维效率,降低了运维成本。

## 附图说明

[0023] 图1是永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置的结构示意图。

[0024] 图2是永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置的控制柜内部原理图。

## 具体实施方式

[0025] 为使本发明实施的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行更加详细的描述。在附图中,自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。所描述的实施例是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。下面结合附图对本发明的实施例进行详细说明。

[0026] 如图1和2所示,永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置包括检测控制柜、接线盒、温度传感器,其中检测控制柜包括:PLC、供电电源、通讯模块、触摸屏、I/O模块、恒压源、电压表、电流表、放电电阻、熔断器、过压保护装置、接触器、变送器和中间继电器。

[0027] 控制系统中,PLC通过通讯线与通讯模块及触摸屏相连,通讯模块通过通讯线与风力发电机组的控制系统相连接,PLC通过背板通讯线与I/O模块相连,I/O模块的多个输出端分别中间继电器和接触器相连接,PLC模拟输入端通过电压变送器与电压表二次侧相连接,PLC模拟输入端通过电流变送器与电流表1和电流表2二次侧相连接,PLC模拟输入端通过温度变送器与温度传感器相连。

[0028] 供电电源从风力发电机组的升压变压器低压电网侧取220V电源,为恒压源提供220V交流电源,恒压源为PLC控制系统、触摸屏、通讯模块、I/O模块、电压表、电流表、接触器和中间继电器提供24V直流电源。

[0029] 检测装置利用继电器和接触器以及PLC内部定时器系统实现了安全链系统,硬件安全链系统是将接触器KM0的辅助常闭触点串联到接触器KM1的驱动控制回路中形成闭锁,软件安全链系统是周期性检测控制系统的运行时间,如果系统程序运行错误,或是超过检

测时限将,对系统进行重新启动处理。

[0030] 检测装置的恒压源为连续可调的直流恒压电源,输出的额定电压范围为1kV~12kV、额定电流范围为50mA~1A。主要为绝缘检测系统提供稳定的电压源。通常施加电压为1kV,可以根据发电机绝缘检测的要求进行电压的调节。

[0031] 放电电阻消耗发电机绕组中剩余电荷,放电电阻用于防止系统残余电荷影响检测系统的测量精度。发电电阻的选择主要是考虑到发电机绕组的等效电容所存储的电荷量,在检测系统要求的时间内进行消耗。

[0032] 接线盒是将发电机定子绕组的出线和系统地线接入,再通过电缆管将相应的端子和检测控制柜内的端子进行连接,方便系统接线。

[0033] 温度传感器是在发电机组内部放入热电偶,用以检测发电机绕组和发电机内部的温度。由于发电机进行绝缘检测时,环境温度和发电机自身的状态不一样。测试的绝缘电阻也要进行折算。利用温度折算关系式将发电机绝缘电阻进行归一化处理。

[0034] 如图2所示,一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置,内部原理是将恒压源、熔断器、电流表1和接触器KM2串联后与电压表的一次侧相并联,电压表两端与过压保护装置并联,接触器KM3、电流表2和放电电阻三者串联后并联到恒压源支路,恒压源支路一端通过接触器KM1与发电机定子接线端子相连接,另一端与接地接线端子相连接。

[0035] 一种永磁风力发电机的发电机绝缘检测装置的检测方法包括以下步骤:

[0036] (1)通过所述PLC、通讯装置和风电机组控制系统获取风机的工作状态,当风电机组处于正常停机状态、再次启动状态时间大于所述发电机绝缘检测装置的检测时间并且所述PLC内部定时器到达检测周期时,启动所述发电机绝缘检测装置;

[0037] (2)所述发电机绝缘检测装置的启动时间满足要求时,闭合接触器KM1并保持接触器KM2和接触器KM3处于打开状态,通过所述电压表测量发电机定子电压,当定子电压小于600V时,闭合接触器KM3,利用所述放电电阻对发电机定子残余电荷进行放电,放电时间大于等于20秒,当所述第一电流表测量通过所述放电电阻的电流值小于0.1A时,延迟5秒钟断开接触器KM3;

[0038] (3)放电过程结束后,根据工作情况选择吸收比测量模式,接通接触器KM2在发电机定子上施加所述恒压源,加压过程中分别记录所述电压表和电流表在15秒钟和60秒钟时的数据,分别计算出15秒钟和60秒钟时的绝缘电阻值,并计算定子绕组的吸收比,根据现场实际温度和湿度进行归一化处理,利用归一化电阻值和吸收比判断发电机组定子绝缘状态,设置阈值,绝缘电阻值小0.5兆欧。对检测值进行报警。对于吸收比小于1.2时,进行报警处理;

[0039] (4)放电过程结束后,根据工作情况选择极化指数测量模式,接通接触器KM2在发电机定子上施加所述恒压源,加压过程中分别记录所述电压表和电流表在1分钟和10分钟时的数据,分别计算出1分钟和10分钟时的绝缘电阻值,并计算定子绕组的极化指数,根据现场实际温度和湿度进行归一化处理,利用归一化绝缘电阻值和极化指数判断发电机组定子绝缘状态,设置阈值,对于极化指数小于1.3时,进行报警处理;

[0040] (5)通过连续的计算,记录发电机定子绕组的吸收比,绘制发电机定子绝缘吸收比曲线;通过连续的计算,记录发电机定子绕组的极化指数,绘制发电机定子绝缘极化指数曲线,并记录在所述PLC的存储单元内,所述指示PLC单次测量完毕;

[0041] (6) 单次测量完毕后, 首先断开接触器KM2, 之后接通接触器KM3, 进行发电机绕组残余电量释放, 当所述电压表测量电压小于50V时, 断开接触器KM3和接触器KM1, 系统进入下一次检测自动计时程序, 所述PLC发送信号给风力发电机组控制系统检测完毕。

[0042] 最后需要指出的是: 以上实施例仅用以说明本发明的技术方案, 而非对其限制。尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明, 本领域的普通技术人员应当理解: 其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改, 或者对其中部分技术特征进行等同替换; 而这些修改或者替换, 并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围。

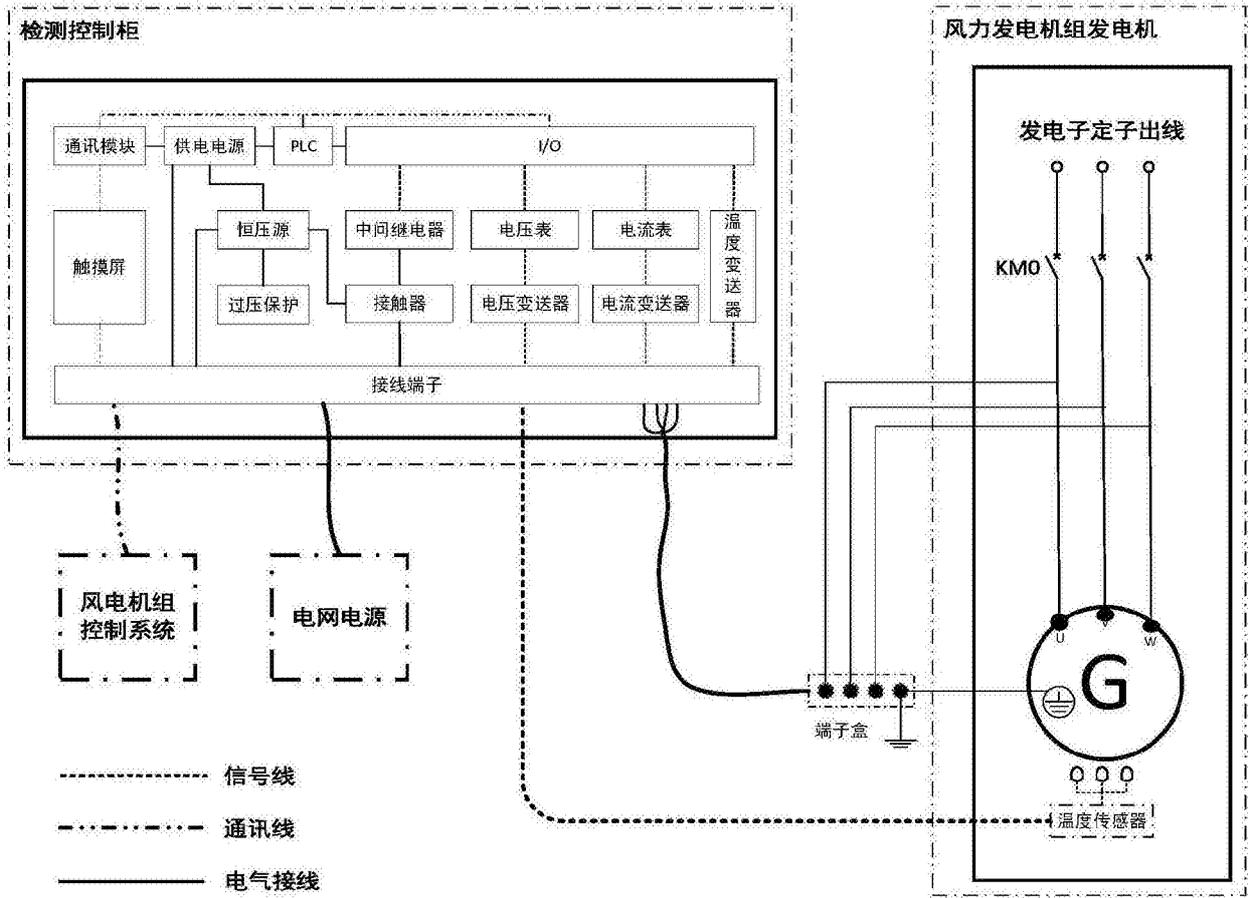


图1

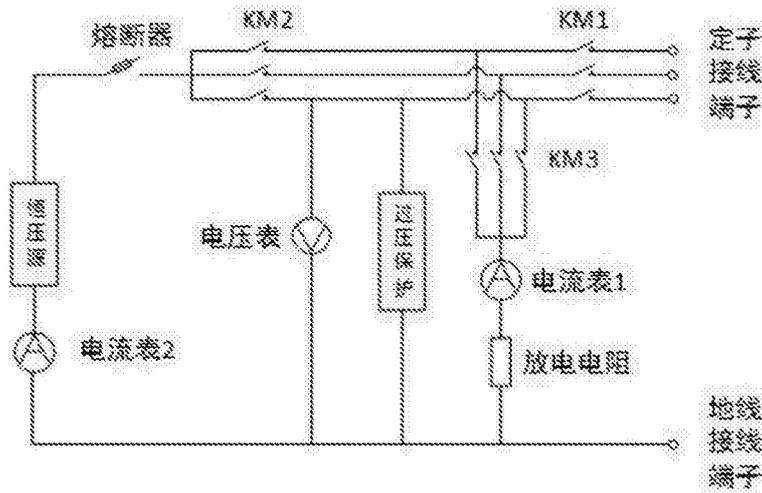


图2