[控制系统]

一种气体绝缘开关柜漏气报警装置的设计

文/河北工业大学电气工程学院　谢　阳　杨艳芳　贾丽璇　李玲玲

针对传统气体绝缘开关柜漏气报警装置测量精度差、缺乏智能化的特点，设计了一种用于检测气体绝缘开关柜是否漏气的装置，可在开关柜发生漏气或严重形变时自动报警，实现对其状态的在线监测。所设计装置具有两套漏气检测系统，并且其硬件部分包括漏气信号发送模块、漏气信号接收模块、报警模块和电源模块；软件部分为单片机程序流程的设计。最后，通过具体型号的器件模拟了该装置的工作过程，较好地解决了现有气体绝缘开关柜发生漏气或严重形变时不能及时报警的问题，为其安全可靠运行提供了保障，验证了该报警装置的有效性。

近年来，气体绝缘开关柜以其独特的优点越来越被广大用户接受，气体绝缘开关柜（以下简称开关柜）是指将断路器、互感器、隔离开关和电力电缆等封闭在充有较低压力的气体壳室内的柜式电力设备，现已逐渐成为金属封闭开关设备的重要代表产品之一，在输配电系统电能的传输和分配，电力系统的正常运行以及故障的监测方面有着重要作用。气体绝缘开关柜的气密可靠性作为保证设备可靠运行的基本条件，一直是本领域所研究的关键问题。随着设备制造新材料的产生以及设计、制造技术的提高，开关柜基本解决了气体密封的问题，能够保证设备在寿命周期内气体密封的可靠性，但实际工程中设备装配的分散性以及现场安装环境、施工条件的差异性等也会造成开关柜出现漏气问题。开关柜漏气问题是影响开关设备安全可靠运行的重要因素，这就要求当开关柜出现漏气时，能及时准确地予以检测或是报警提示，以维护开关柜的安全可靠运行。

系统硬件结构设计

开关柜漏气报警装置的硬件结构如图1所示，包括气压传感器、应变片、无线数据发收电路和单片机，以此实现对气体绝缘开关柜发生漏气或气室发生严重形变时的数据采集，同时产生报警信号。硬件系统包括漏气信号发送模块、漏气信号接收模块、报警模块和电源模块。其中，漏气信号发送模块主要包括传感器、发送信号调理电路、发送装置单片机和无线数据发送器；漏气信号接收模块主要包括无线数据接收器、接收信号调理电路、接收装置单片机、键盘和液晶显示器；报警模块包括LED灯和蜂鸣器；电源模块主要包括充电电池和太阳能电池板。

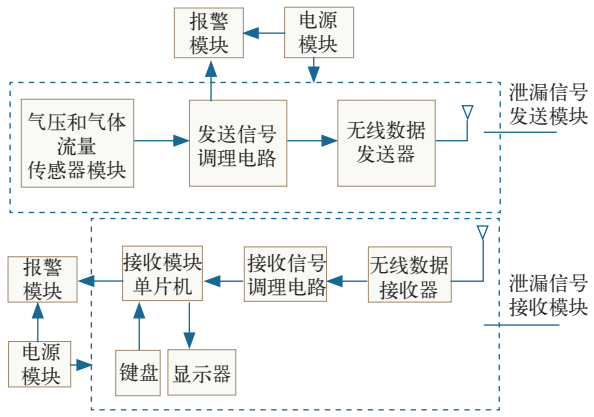

图1　系统硬件结构图

1．传感器设计

传感器作为整个报警装置的信号采集部分，对装置的精确报警起着关键的作用。本装置的传感器部分主要包括两种传感器：一种是检测气室气压变化；另一种是检测气室形变。其中，检测开关柜气室气压的传感器具体包括气体流量传感器和气压传感器，用以实时检测密闭气室内部气压和气体流量数据，固定于开关柜气室内壁，其组合关系如图2所示。检测开关柜气室形变的应变传感器具体由附于可弯曲的圆形塑料框架（见图3，指示2）的4个等分点上的四块应变片（见图3，指示1）组成，用以实时检测开关柜气室的形变程度，固定于开关柜气室外壁，组合关系如图3所示。

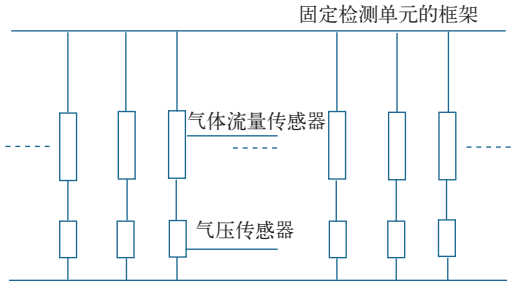

图2　检测气室气压传感

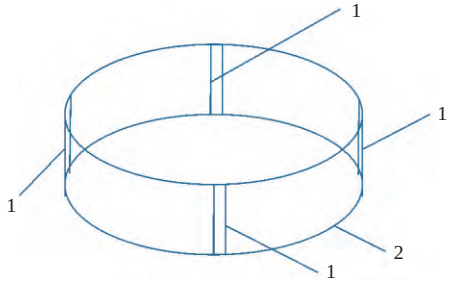

图3　检测气室形变传感器

该装置传感器的设计有两种检测系统：当开关柜气室发生漏气时，此时气室内部气压会发生变化，则气室中气压数据的变化值就会被安置在其内壁上的气压传感器检测到，并将其转变成电压的变化信号；当开关柜气室结构变形严重时，使得被安置在其外壁设定位置上应变片的可弯曲圆形塑料框架变形，促使应变片形变，其对应的电阻值发生变化，并将其转变成电压的变化信号。

2．泄漏信号发送模块设计

泄漏信号发送模块的主要功能是对传感器所采集的信息进行初步处理，它除了包含传感器部分外，还包括发送信号调理电路、发送装置单片机、无线数据发送器和电源系统中的充电电池。气体泄漏信号或气室结构形变信号经传感器采集转换为电压变化量后，经发送信号调理电路处理，传递至发送装置单片机进行记录存储,然后经过无线数据发送器传至泄漏信号接收模块。泄漏信号传递过程如图4所示。

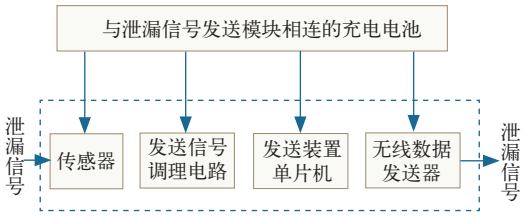

图4　泄漏信号传递过程示意图

3．泄漏信号接收模块设计

泄漏信号接收模块为一个盒体装置是泄漏信号的最终处理环节，被放置在监视处，用于接收来自泄漏信号发送模块传输的数据。将该数据送往接收装置单片机进行相关的泄漏判定，其中接收模块中的液晶显示器、键盘、报警装置中的LED灯以及蜂鸣器被安置在接收盒体外壳的正面面板所设定的位置并在该面板上设置一个电源开关；接收模块中的无线数据接收器、接收信号调理电路、接收装置单片机及电源系统中的充电电池被安置在该漏气信号接收装置盒体的内部。盒体外壳顶面上设置有一根无线数据接收天线，具体结构如图5所示。

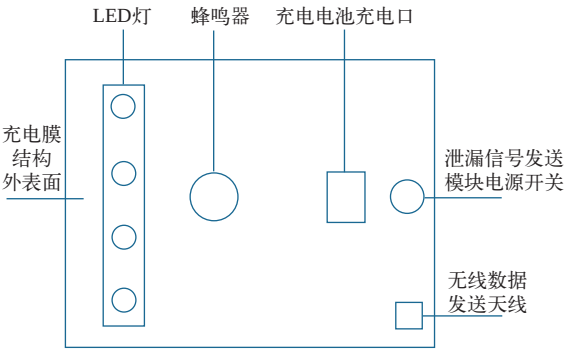

图5　泄漏接收模块结构图

4．报警模块设计

对系统所检测的数据进行分析后，需在第一时间内判定开关柜是否发生气体泄漏或严重形变，并发出有效报警信号。鉴于此，本装置设有报警模块。该模块不仅具有实时检测开关柜动态的显示器，还能提高对泄漏信号处理的及时性与准确性，减少冗余的维护流程。报警模块结构如

图6所示，漏气信号发送模块中的报警模块和漏气信号接收模块中的报警模块由LED灯和蜂鸣器构成，分别由充电电池和太阳能电池板提供报警模块所需的电能。充电电池通过安置在开关柜气室表面上的外接充电器进行充电，或用太阳能电池板进行充电。

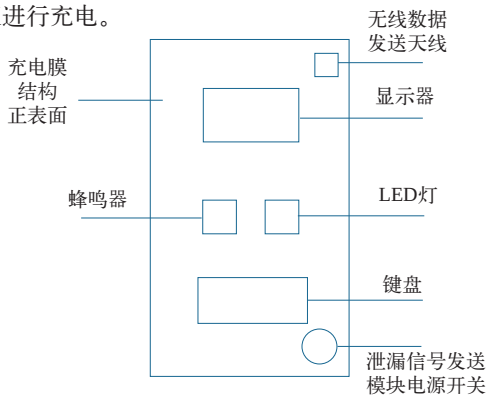

图6　报警模块结构图

系统软件程序流程图设计

该装置在泄漏信号发送模块和泄漏信号接收模块中都用到了单片机作为信号处理器，这就必然要求相应的软件程序以保证单片机完成其信号采集、分析和执行的功能，以达到报警装置正常工作的目的。为保证装置报警的准确性，其软件部分包括操作主程序和中断子程序。

1．操作主程序设计

在泄漏信号发送模块中的发送和接收装置单片机中所设计的操作主程序为：首先，进行原始数据的初始化，同时判断是否有按键触发，在没有按键触发时，判断气压传感器是否产生信号，若气压传感器产生电压变化信号，进一步判断应变片形变数据是否发生变化；其中应变片形变数据未产生变化时，对数据进行储存同时开关中断；应变片产生数据变化时，进而比较应变片电压变化是否大于设定值，若大于设定值，则驱动报警装置；否则返回数据，重新进行数据采集。其具体操作程序流程图如图7所示。

2．中断程序设计

在泄漏信号发送模块中的发送和接收装置单片机中所设计的中断子程序为：首先，启动中断处理子程序并进行检测数据的提取；然后，判断实时检测数据是否小于完整软体密闭器具初始时刻的气压；当实时检测数据小于完整软体密闭器具初始时刻的气压时计数器加一，进而判断计数器是否大于等于5；当计数器大于等于5时，驱动报警装置并返回中断子程序。其具体中断程序流程图如图8所示。

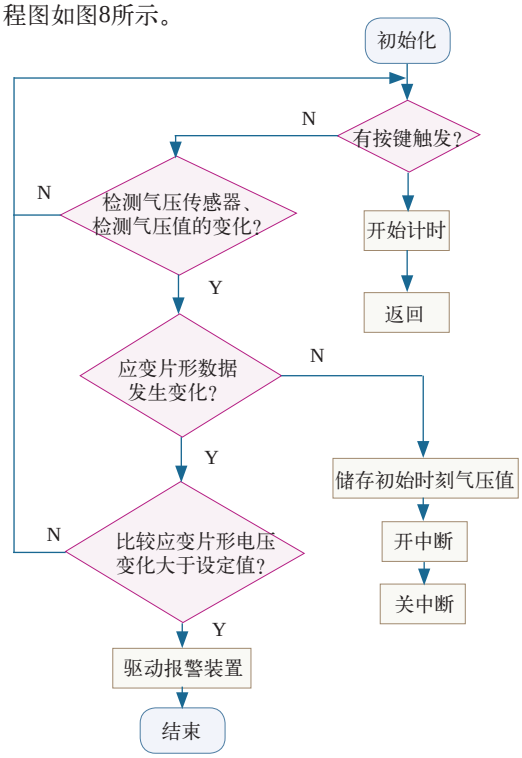

图7　报警装置操作主程序流程图

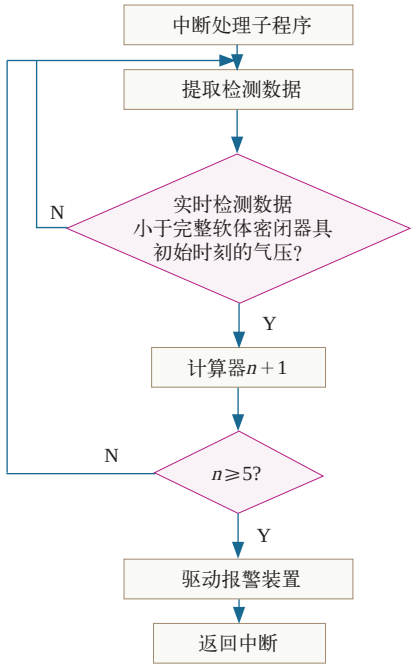

图8　报警装置中断程序流程图

系统具体运行方式

该装置正常运行时，打开在漏气信号接收模块盒体外壳的正面面板上的漏气信号接收装置电源开关，启动漏气信号接收装置，通过键盘触发接收装置即单片机中的计时器，开始记录装置的工作时间，液晶显示器用以显示供电电源的电

量，并且无线数据接收器开始接收数据；同时，打开在装置表面上设置的漏气信号发送模块开关，漏气信号发送模块中的气压传感器和应变片装置检测到开关柜气室中的初始时刻的气压值，并经过发送信号调理电路转变为电信号，进而被泄漏信号发送模块中的发送装置单片机储存，并将该初始时刻的气压值作为比较值。

当开关柜气室发生漏气时，此时其内部气压会发生变化，被气压传感器实时检测到，并被转变成电压的变化量信息；当开关柜气室结构变形严重时，安置在开关柜所设定位置上的应变片可弯曲的圆形塑料框架2变形，促使应变片1形变，其对应的电阻值发生变化，并被转换成电压的变化量信息，由此检测到该开关柜中的气压数据的变化值；当累积5次检测的开关柜气室部的气压值低于初始时刻的气压值时，说明开关柜发生漏气，此时，发送装置单片机立即驱动报警装置中的LED灯闪烁同时蜂鸣器鸣叫。

系统功能的实现

为验证本装置的有效性，现进行一次该装置的运行模拟。模拟试验采用上述连接方式，其中气压传感器的型号为GY－63 MS5611，气体流量传感器的型号为F1012，无线数据发送器的型号为PT2262，无线数据接收器的型号为PT2272，发送装置单片机和接收装置单片机都选用常用的AT89C51单片机，电源模块电压为12 V。模拟试验结果表明：当开关柜气室发生漏气时，该装置能够立即触发泄漏信号的发送和接收模块并驱动报警模块，产生报警信息同时能够通过液晶屏显示装置的工作时间。其灵敏度较高，有效地实现了开关柜运行状态的在线监测。

结束语

针对传统气体绝缘开关柜漏气检测中存在测量精度及需人工维护的问题，本文所设计的气体绝缘开关柜漏气报警装置，能够对初期泄漏的气体信号进行有效的检测并及时地发出警报信号，提高了气体绝缘开关柜的运行可靠性，弥补了当前开关柜人工维护成本高及检测水平低的缺陷，有助于拓宽其应用范围。同时，该装置具有测试灵敏度高，能够实时监测开关柜运行状态的优点。EA

（收稿日期：2015.12.24）
（编辑：杨得润）

（上接第100页）

表5所示的是不同渗透率下各变压器分接头在优化潮流前后变化量的结果，表中结果以分接头变化量的绝对值表示。从表中数据可看出，光伏并网只对并网点附近的几个变压器的分接头调节产生影响，对较远的变压器没有影响。并且，随着光伏并网容量的增大，优化前后分接头变化量在减小。

表5　不同渗透率下变压器分接头变化量

变压器（pu）	0%	5%	10%	13%	15%
37	5.560	5.557	5.271	5.186	5.132
38	4.707	4.331	3.832	3.688	3.595
39	5.523	5.522	5.486	5.475	5.469
40	7.330	7.330	7.330	7.330	7.330

表6所示的是不同渗透率下各发电机的出力情况。从表中数据看出，随着光伏并网容量的增加，并网点附近发电机出力减小。

表6　不同渗透率下发电机出力结果

发电（pu）	0%	5%	10%	13%	15%
1	0.867	0.867	0.867	0.867	0.867
2	0.140	0.140	0.140	0.140	0.140
3	0.077	0.077	0.077	0.077	0.077
4	0.070	0.070	0.070	0.070	0.070
5	5.372	5.371	5.303	5.288	5.270
6	4.524	4.524	4.524	4.524	4.524
7	3.007	3.007	3.007	3.007	3.007
8	3.007	3.007	3.007	3.007	3.007

结束语

大容量光伏电源的接入将对并网点和附近的母线产生影响，不同并网容量产生的影响不同。本文利用ETAP软件，根据某地区实际电网数据搭建电网模型，并进行了不同渗透率的光伏并网潮流分析和优化潮流分析。仿真结果表明：ETAP能够方便有效地搭建电网模型，在光伏并网影响的研究中具有可行性和先进性；随着光伏并网渗透率的增大，接入点附近的母线电压上升显著，给电网带来不利，通过优化潮流可以减小并网渗透率对接入点附近母线电压的影响，提高电网运行的稳定性；随着光伏并网渗透率的增大，接入点附近的发电机出力、整个电网的网损以及优化前后变压器分接头的变化量减小，提高了电网运行的经济性。EA

（收稿日期：2016.01.06）
（编辑：杨得润）