

[压板]

具备状态监测功能的智能压板设计与应用

文/国网宁夏检修公司 邹洪森

压板广泛应用于电力系统继电保护和自动装置回路中，由于没有可靠的监测技术对其监测，因而，其存在着漏投导致保护拒动，无法纳入五防系统的问题。设计了一种基于霍尔元件的智能压板，并详细描述了其硬件电路设计和功能实现方式，通过这种智能压板可实现保护压板现场告警提示、远程监视、核对，同时可与五防系统集成，将保护装置压板纳入五防系统管理，防止设备误操作发生。经实地检验证明，所设计的智能压板能有效保障保护压板的正确投入，可广泛应用于电力系统保护及自动化领域。

压板广泛应用于电力系统继电保护和自动装置回路中，其作用是在保护装置出口跳闸或自动装置出口控制回路中增加可人工操作的回路断点，可实现保护或自动装置回路的人工操作，确保保护或自动装置回路可靠断开，为装置校验提供便利和安全支撑。

普通压板不具备状态监测功能，压板状态无法进行远端查看，只能通过现场核对的方式进行查看。同时，对一些需远端调度机构掌握的关键性压板，由于缺乏监视和监督手段，导致人为因素误投入或误退出，对电力系统安全稳定运行造成了一定的隐患。本文设计了一种具备状态监测功能的无线智能压板，并总结了其典型应用场景。所设计的智能压板具备不与保护装置电气回路直接连接、智能监测与远程监视的功能，同时，在添加电源回路后可与后台系统关联，提供保护装置的智能提示功能，具备较好的扩展性。并在实际的部署应用中验证了其设计的合理性与适用性。

问题的提出

电力系统继电保护及自动化装置回路中广泛使用保护压板，其目的是通过在自动装置出口控制回路或保护装置出口跳闸中添加便于手动操

作的回路断点，实现自动装置回路或保护装置的手动操作，以确保自动装置回路或保护装置能够可靠断开，便于进行装置校验并为电力系统提供安全支撑。但在目前的实际运行过程中，存在以下问题：

1. 保护装置压板未正确投入导致误动

2016年3月，某地区330 kV变电站因基建调试阶段断路器保护装置失灵造成压板未正确投入，导致保护超范围误动，使得该330 kV变电站全停，对周边电网及供电造成了一定影响。长期以来，继电保护装置的压板管理一直是现场运维过程中的难点。目前多采用人工定期核对的方法进行检查，没有有效的自动化技术手段，受制于人员责任心及其他因素的影响，仍存在因人为疏忽导致的保护装置不正确动作的情况发生。

2. 压板恶意不投入导致安控拒动

2016年7月，某地区直流单极闭锁，送端系统中某电厂机组未按系统要求正确切除，导致近区系统频率出现小幅波动。经查为某电厂因避免机组启动产生额外费用，恶意未按照调度机构要求投入该厂机组切机出口压板，导致安全稳定装置未正确动作。安全稳定装置及其他自动装置是控制电网在异常情况下安全稳定运行的有效措施，但部分发电厂

因经济利益驱使恶意不投入切机出口压板，导致电网不稳定因素增多。但目前，各级调度机构均未对安全稳定装置出口压板建立起有效的监督手段，无法实时监测切机出口的状态。因此，有必要对重要出口压板建立一种实时监测手段。

3. 保护装置压板未纳入防误闭锁系统

变电站防误闭锁系统（即五防系统）是变电站防止误操作的重要手段，目前变电站一次设备均已纳入变电站防误系统进行管理，但保护装置压板因无法进行状态监测一直以来未纳入防误闭锁系统中，保护及自动化装置压板的操作一直以人为操作及管理核对为手段，为变电站安全带来了一定的风险。因此，如何将变电站二次装置压板纳入防误闭锁系统是面临的新问题。

综上所述，有必要设计一种具备实时监测功能，同时具备远程接口的无线智能压板，一方面适应现有变电站保护压板的改造和应用，另一方面在新建变电站中逐步安装，以解决变电站保护装置压板的远程监测问题。同时，通过与防误闭锁系统关联，实现变电站压板的防误闭锁联锁功能。

智能压板软硬件设计

基于上述原因，本文设计了一种智能可监测压板，具备以下几种功能：

（1）压板状态的监测，即装置可感知保护压板在投入状态和退出状态下的实际状态。

（2）装置具备接口功能，能够传输数据至变电站测控系统或其他独立监测系统，具备远程监测功能，适用于调度机构或无人值守变电站远程监控。

（3）监测传感器独立于保护压板电气回路，确保传感器不对原有回路产生影响。

（4）多种形状模式，适用于变电站改造和新安装系统。

1. 智能压板外观设计

兼容于常用保护压板装置的形状设计，为确保保护装置压板的适用性，智能压板设计与原有保护压板外形设计一致，通过附加外围元器件实现状态感知和远程监测功能。如图1所示。

图1为所设计智能压板的结构示意图，由压板连片1、磁铁2、压板状态监测模块3、压板基座4等零部件构成。上述压板连片1和磁铁2封装成一体，压板连片是可活动部件。压板状态监测传感器模块3安装在压板基座4的腔体中。基座4底部为固定压

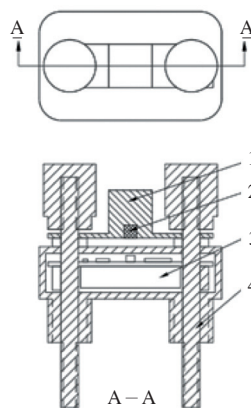


图1 结构示意图

板基座的塑料螺纹和连接导线用的金属螺钉。

2. 智能压板状态监测模块设计

智能压板状态监测模块核心传感器采用霍尔元件，其主要原理是用基于霍尔效应的磁传感器监测压板连片内磁铁动作导致的磁场变化，从而感知保护压板的状态。由于霍尔元件体积小，重量轻，可实现低功耗、低成本布置。监测模块原理框图如图2所示。



图2 监测模块原理框图

如图2所示，压板状态检测电路采用基于霍尔元件为核心的检测电路；电源电路用于给模块供电，可采用外部电源或锂电池及弱光太阳能电池板综合供电，电源电路部分可根据不同需求进行设计；通信单元用于和外部监测系统通信，可选用低功耗无线通信方式或有线方式，并可根据用户的功能要求灵活定制；状态指示电路采用红绿双色LED，在状态发生改变后指示传感器监测到的状态，同时在监测单元发生故障时，通过不同的闪烁模式告知运维人员故障情况。

图3为所设计的无线智能压板的硬件设计原理图。主控制电路主要由微控制器和电压基准源组成。电源电路主要由电源管理电路、一次性电池、储能单元、弱光太阳能电池板、电源输入接口组成。上述压板状态监测电路由霍尔传感器组、磁铁组成。状态指示电路由红绿双色LED指示灯组成。上述射频收发单元由射频收发集成电

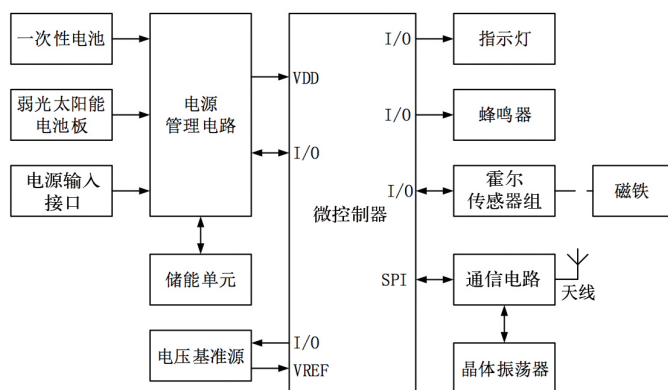


图3 硬件设计原理图

路、晶体振荡器、天线组成。微控制器是压板状态监测模块的控制核心，微控制器用于管理和控制各个功能电路。以下以基于无线通信方式的低功耗型号为例简述各模块的功能。

(1) 智能压板低功耗电源管理设计

电压基准源通过微控制器的I/O供电，电压基准源的输出端连接到微控制器的VREF（基准源输入端）端口，电压基准源为微控制器提供参考电压。电源输入接口可接入外部电源，外部电源为模块电路提供连续、稳定的工作电源。

弱光太阳能电池板连接到电源管理电路。弱光太阳能电池可将环境的光能转化为电能，即使在室内弱光条件下也可以获取一定的电能。电源管理电路优先分配使用弱光太阳能电池的电量，多余的电能则会存储在储能单元中。一次性电池为后备电源，只有在储能单元供电不足时，一次性电池才开始供电。一次性电池通常选择大容量、长寿命电池。无线智能压板在完全没有其它电源供电的情况下，仅依靠一次性电池也能有很长的使用寿命。

电源管理电路用于管理各个功能电路并为微控制器提供工作电源，电源管理电路连接到微处理器I/O，微处理器通过I/O监测输入电源、储能单元、一次性电池等电压信息，根据所获取的电压信息执行相关的操作。

(2) 压板监测传感器设计

磁铁集成于压板连片上，压板连片转动时，磁铁的位置也随之变化。霍尔传感器组连接到微处理器的I/O，微处理器通过I/O读取霍尔传感器组信息并为其供电。霍尔传感器组由两个及以上霍尔传感器按照一定规则排列组合而成，霍尔传感器组用于非接触式检测磁铁位置信息，微控制器

通过读取霍尔传感器组信息来判断压板连片的转动状态，进而确定当前压板的投、退状态。

(3) 智能压板指示灯设计

指示灯连接到微处理器的I/O。指示灯用于无线智能压板状态的视觉指示，压板处于不同的状态会有不同颜色指示灯点亮，操作压板时也会有相应的指示灯闪烁提醒。

同时在智能压板装置异常或压板状态异常时，可通过指示灯闪烁频率变化和双色组合显示保护压板监测到的系统状态，提示运维人员进行检查。

(4) 智能压板通信

根据用户要求和现场实施情况，智能压板可使用有线、无线等多种通信方式。以下以2.4 G射频方式为例。射频收发集成电路连接到微处理器SPI总线端口，微处理器通过SPI总线控制射频收发单元的读、写和无线信号发送、接收等操作。

天线用于辐射和接收无线信号，天线采用印刷天线，印刷天线具有体积小、成本低、性能稳定、可靠性高等优点，便于产品小型化和生产装配。

3. 应用场合与硬件选择

根据智能压板的应用场景和用户需求，智能压板电源可选择外部取电供能和前述的太阳能低功耗供能方式，通信方式上可选取基于2.4 G低功耗无线通信方式和有线通信方式（兼容不同协议），主要应用场景如下：

(1) 太阳能及电池综合供电，无线通信模式

在用户要求快速布置且对设备间无线通信方式无限制情况下，可采取太阳能及电池综合供电，以无线通信方式传输状态数据。其优势在于快速布置，同时一个设备间只需布置一个基站，综合成本较低。缺点在于电池使用寿命在5~10年，到期后需进行更换，并且，无法布置于无线通信方式受限的位置和部门。同时，对于智能压板提示功能，由于受限于电源功率，有线通信方式无法实现。该类应用场景对于电源管理要求较高，传感器扫描周期相对较长。

(2) 外部供电，有线或无线通信模式

在用户可提供外部电源接入的情况下，可采取外部供能方式解决电源问题，通信方式可采用有线或无线通信方式，取决于用户对通信模式的要求和限制。由于采用外部供电方式，通信模式可采取有线模式，数据传输可采用收发模式以支持压板智能提示等高级功能。

智能压板典型应用

智能压板可应用于变电站的多个场合，通过软件功能开发与其他系统联动，实现不同的功能，典型应用场景如下：

1. 保护现场告警提示

在智能压板中通过预设正常运行状态时的压板状态，当运行过程中压板状态与预设状态不一致时，现场通过指示灯闪烁提示巡视人员检查压板状态，达到现场告警提示的功能。可及时发现保护压板的异常状态，且该功能可在不联网条件下实现，无需网络及后台支持。

2. 远程监测与告警

智能压板通过有线或无线通信方式将压板状态上传至远端工作站后，运维人员或调度人员可远程查看压板状态，核对保护投入情况。有效解决变电站无人化后的远程监测问题，避免因保护压板漏投造成的保护拒动。对于重要的保护自动化装置压板，通过远程查看可有效避免恶意不投入的情况发生，规避电网安全风险。

3. 与防误闭锁系统集成应用

在传统的“五防”功能逻辑中，保护压板并未被纳入五防系统。通过智能压板建立保护压板状态监测后，可将保护及自动化信息接入“五防”工作站中，实现二次系统纳入五防工作站，避免人为误操作。如图4所示。

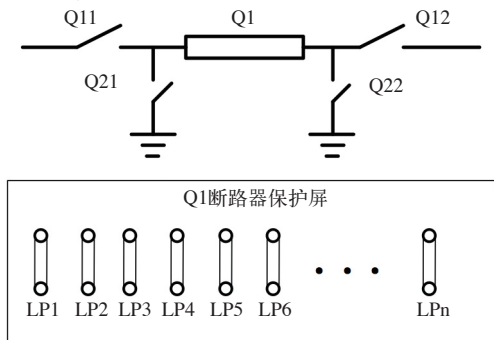


图4 防误闭锁示意图

在常规五防系统中，Q1允许合闸逻辑为：

$$(Q1 \text{ 允许合}) = (Q21 \text{ 分}) \& (Q11 \text{ 合}) \& (Q22 \text{ 分}) \& (Q12 \text{ 合})$$

当将智能压板系统集成至五防系统中时，假设仅需Q1断路器保护屏LP1至LPn压板投入，则Q1允许合闸逻辑为：

$$(Q1 \text{ 允许合}) = (Q21 \text{ 分}) \& (Q11 \text{ 合}) \& (Q22 \text{ 分}) \& (Q12 \text{ 合}) \& (LP1 \text{ 投入}) \& (LP2 \text{ 投入}) \& (LP3 \text{ 投入}) \& (LP4 \text{ 投入}) \& (LP5 \text{ 投入})$$

& (LP6投入) ...& (LPn投入)

确保断路器在保护投入后方可正常投入，防止断路器无保护运行。

应用实例

本文将所设计的智能压板在宁夏回族自治区银川市永宁县变电站进行了实地应用检验，并记录了装备智能压板后，该变电站在2015年9月至2016年10月期间保护装置压板正确投入情况，并将之与装备普通压板的历史同期保护装置压板正确投入情况进行了对比，结果如下。压板正确投入率为压板的实际投入状态与正确投入状态的比例关系。

由图中结果可知，装备所设计的智能压板后，该变电站的压板正确投入率比装备普通压板的历史同期提高约7.4%，并基本可保障压板完全正确投入。普通压板由于没有状态监测功能，其实际投入情况受制于人员责任心等外界因素，因此，压板正确投入率有较大的起伏。智能压板-无线方式较有线方式略低，是由于受限于无线信道的不确定性或电池的电量原因，压板投入状态数据未被成功传输。

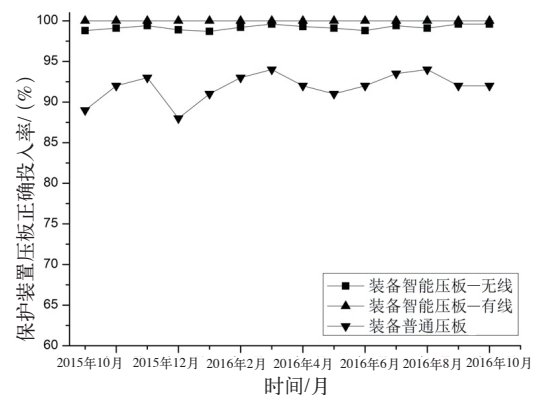


图5 变电站压板正确投入率

结束语

目前，保护及自动化装置压板由于没有可靠监测手段存在着漏投导致保护拒动，无法纳入五防系统的问题。本文设计了一种基于霍尔元件的智能压板，详细描述了其硬件电路设计和功能实现方式。通过所设计的智能压板可实现保护压板现场告警提示，远程监测、核对，同时可与五防系统集成，将保护装置压板纳入五防系统管理中，防止设备误操作发生。实地检验结果证明了设计的合理性与适用性，可广泛应用于电力系统保护及自动化领域。下一步将对所设计的智能压板进行大规模的应用，并针对应用过程中出现的问题进行改进。EA

(收稿日期：2017.03.31)

(编辑：白文亭)