

doi:10.11835/j.issn.1000-582X.2014.05.005

基于光电检测原理的压板状态检测及防误系统

李佳容, 唐 阳

(国网重庆市电力公司北碚供电分公司, 重庆 400700)

摘 要: 压板操作的正确性会严重影响电网运行安全, 而制约压板智能化的瓶颈是压板状态的可靠检测。笔者利用反射式光纤传感器实现了压板状态的可靠检测和识别, 在不改变传统微机防误操作系统的基础上将压板操作嵌入防误系统, 并总结制定了典型压板投退规则, 形成完整的一、二次防误整体解决方案, 实现了压板状态的在线监测, 成功解决了压板误投退及漏投退问题, 提升了电网的安全运行水平。

关键词: 电力压板; 光电检测; 光纤传感器; 微机防误; 压板投退规则

中图分类号: TM 77

文献标志码: A

文章编号: 1000-582X(2014)05-029-08

Condition monitoring and mistake precaution system for power strap based on photoelectric detection

LI Jiarong, TANG Yang

(State Grid Chongqing Beibei Power Supply Company, Chongqing 400700, China)

Abstract: The safety of power system is greatly influenced by proper operation of power strap, while reliable condition monitoring is a serious constraint to the intelligentization of power strap. In this paper, the reflective optical fiber sensor is successfully used to monitor and identify the condition of power strap. Anti-misoperation of power strap is added to traditional mistake precaution system without any changes and typical operation rules of power strap are summarized. A whole mistake precaution solution to both primary equipment and secondary equipment is obtained, and thus the online condition monitoring and anti-misoperation of power strap are realized, and the safety level of power system is improved.

Key words: power strap; photoelectric detection; optical fiber sensor; mistake precaution system; operation rules of power strap

压板包括功能压板和出口压板, 功能压板作用于保护某些功能的投退, 出口压板作用于断路器跳闸或其他保护功能的启动。在电力系统其他相关设备都已不同程度实现智能化的情况下, 压板的智能化管理目前还处于起步阶段。虽然各地区均制定了一系列措施, 但是因技术和管理上的不足, 漏投和误投仍时有发生, 都没有真正从根本上解决问题^[1-3]。

案例一: 湛江供电局 220 kV 霞山站因值班人员操作漏项, 漏退保护压板, 造成 #2 主变差动保护动作跳变中开关事故。

案例二: 贵州电网公司都匀供电局 220 kV 都匀变 220 kV 都麻 II 回误投保护压板导致跳三相断路器事故。

案例三: 钦州供电局 220 kV 龙湾变值班员误投压板, 造成 110 kV 小董变、那前变两站全站失压。

收稿日期: 2013-12-25

基金项目: 2013 渝电科技 1# 资助项目

作者简介: 李佳容 (1972-), 女, 工程师, 主要从事继电保护、电力系统调度控制和电气设备故障诊断研究, (E-mail) 904054697@qq.com。

.....

由于压板的误操作而造成的事故不胜枚举,这些事故严重影响电网的安全运行^[4]。《国家电网公司防止电气误操作安全管理规定》对二次设备防止电气误操作管理原则也提出了明显要求:“对压板操作、电流端子操作、切换开关操作、插拔操作、二次开关操作、按钮操作、定值更改等继电保护操作,应制定正确操作要求和防止电气误操作措施。”因此有必要将压板进行智能化管理,从而保证其投退的正确性。

虽然压板的本身结构形态以及操作方式并不复杂,但无论功能压板还是出口压板都是处在 220V 的强电回路中,压板状态检测方式一旦不合适,势必会影响压板原有功能的正确实现^[5]。国内部分机构对压板状态采集做了研究,并将成果应用于个别变电站^[6-8],但其开发的产品局限性较大。一是通讯方式单一,产品非标准化设计,也无法提供和其他公司五防、综自系统的接口,数据信息难以共享应用;二是工程改造必须停电完成,实际在变电站很难推广使用。目前,压板状态检测主要采用以下几种方法:

1)检测重动继电器触点状态^[9]。压板固定在投入状态,用 RTU 控制重动继电器,将重动继电器的常开触点串入压板回路,并由 RTU 检测重动继电器触点的开合状态,达到远方遥控压板投退及检测压板投退状态的目的。该方法重点在于解决远方压板的投退,间接解决了这种方式下压板投退状态的检测,存在成本高且不完美的缺点(无法知道压板在退出位置)。

2)图像识别法^[1,10]。在变电站继保室安装摄像机,实时拍摄保护测控屏上的压板,并将压板图片上传给上位机压板图像处理系统。上位机压板图像处理系统数据库预存保护压板的状态,通过图像识别技术将实时上传的压板图像与数据库中预存的压板状态进行比较,从而实现压板投退状态的检测。该方法投资少、可靠性高,但摄像机必须移动,而且必须保证有足够的光线强度;另外,对于某些保护屏,由于压板数量多,安装位置偏屏体低端,当屏门关上时,摄像机可能拍不到压板的状态。

3)非电量原理。根据当进行压板投退操作时内部机械部件有一定位移的特性,采用非电量接触技术将位置的变化转换成对应的电量或开关量信号,微处理器通过对电量或开关量信号的变化来判断压板是在投位置或退位置,采用非电量检测原理是目前比较切实可行的一种思路。文献[7]提出了一种借助磁感应原理来实现的压板状态检测方案,并且在某变电站已有相关应用,但是目前该方案都要对原保护测控屏上的压板进行整体更换,拆除原压板,更换为带状态检测功能的智能压板,改造过程涉及二次线的变动,改造完成要重新传动、验收,有一定安全隐患,而且变电站停电难以协调也是个大问题。文献[11]提出了通过监测开关量获得压板状态的方法,这种方法从每个开关量引出接线,需要大量接线电缆,增加了二次回路的复杂性,实际应用比较麻烦,不具有推广性。

笔者提出了一种借助光纤传感器来实现压板状态检测的方法,该方法可有效识别压板投退状态,且不必更换原有压板,只需在压板本体加装检测附件。此外,压板作为电力系统重要的二次设备,如何将其与防误系统有机的融合,以及将繁杂的压板投退方式制定成规则并形成规则库,也做了详细的阐述。

1 压板智能化所需解决的问题

压板要实现智能化,关键就是实现对其投退状态的识别,在考虑压板状态检测方案时必须考虑以下问题:

- 1)保护测控屏上压板数量众多,并且非常集中,检测模块的结构设计必须小巧;
- 2)具有位置检测功能的压板常规功能部件必须与传统压板兼容,比如有可视断点、方便操作、颜色区分等;
- 3)压板状态检测必须采用非电量检测方案,使检测传感模块与压板所在回路无任何电气上的联系,这样即使检测部件损坏也不影响压板的常规功能。

2 光纤传感器在压板状态检测上的应用

2.1 光纤传感器检测压板状态的工作原理

反射式光纤传感器是一种非接触式测量传感器,探头小、响应速度快,特别适合小范围内的位移检测^[12-13]。其工作原理如图 1 所示:光纤采用 Y 型结构,两束光纤一端合并在一起组成工作探头,另一端分为两支,分别作为光源光纤和接受光纤。光从光源耦合到光源光纤,通

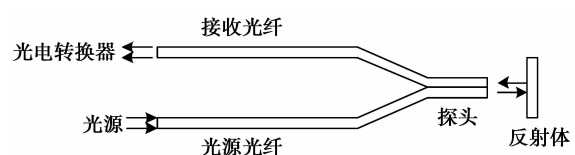


图 1 反射式光纤传感器工作原理

过光纤传输,射向反射体,再被反射到接受光纤,最后由光电转换器将光信号转换为电压信号输出。当反射体表面位置确定时,接受光纤中反射光的光强随探头到反射体的距离变化而变化。

压板按结构可分为分立式和线簧式。两种压板在操作时都有一个共同特征,即压板的投入或退出操作都以一点为轴心的旋转。以线簧式压板为例,采用反射式光纤传感器检测压板状态的工作原理如图2所示,图中左边为压板,右边为光纤传感器。以压板可操作部分侧面为反射体(可粘贴反射性材料),将光纤传感器探头正对压板侧面,当对压板进行投入或退出操作时,反射体表面(即压板侧面)会以轴心旋转发生位移,导致反射体表面与光纤传感器探头间的距离变化。根据反射式光纤传感器的工作原理,反射体表面与光纤传感器探头间的距离变化会引发反射光的光强变化,经光电转换器转换后输出不同的电压信号,通过电压信号数据采集与分析,可完成对压板位置状态的识别。

为验证光纤传感器检测压板位置的可行性,笔者在光纤传感器的光电转换器端接电压表,当压板状态(投入或退出)发生变化时,压板反射面到传感器探头间的距离变化与光电转换器输出电压的关系实测数据如表1所示。可以看出,反射式光纤传感器的输出电压信号对压板的位置变化具有较高的敏感性和准确性。

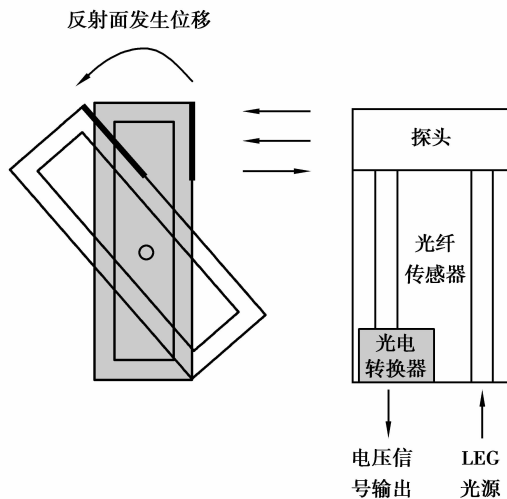


图2 采用反射式光纤传感器检测压板状态的原理示意图

表1 距离和输出电压对应关系

距离/cm	电压/V	距离/cm	电压/V
0.3	0.9	1.3	3.94
0.4	1.25	1.4	4.00
0.5	1.88	1.5	4.03
0.6	2.32	1.6	3.98
0.7	2.63	1.7	3.89
0.8	2.85	1.8	3.83
0.9	3.10	1.9	3.76
1.0	3.39	2.0	3.64
1.1	3.64	2.5	2.70
1.2	3.82	3.1	1.73

2.2 压板状态的检测及识别

压板无论是在投入还是在退出,其位置都是固定的,抛开每个压板制作时的个体差异,每个压板在位置改变时发生的位移应该完全一致,微小差别基本可忽略。利用光纤传感器检测压板状态,实际上并不需要精确测量压板在位置改变时反射面的位移大小,只需要根据压板的位置准确判断出压板所处的状态(投入或退出)。

根据保护测控屏的压板布局,横向两个压板间距一般为30 mm。安装光纤传感器后,当压板处于投入状态时,光纤探头和压板侧面(反射面)间的距离一般在5 mm左右,由于每个压板的传感器安装时不可能完全一致,再考虑到两个压板之间原有的空间,可认为压板处于投入状态时,压板侧面(反射面)与光纤探头间的距离在3~9 mm。当压板从投入状态切换至退出状态时,压板侧面(反射面)的中心位移约为10 mm,再加上压板与光纤探头的原有间距,可认为当压板处于退出状态时,压板侧面(反射面)与光纤探头间的距离为13~19 mm。结合表1的数据,压板状态与光纤传感器输出电压间的关系如图3所示。

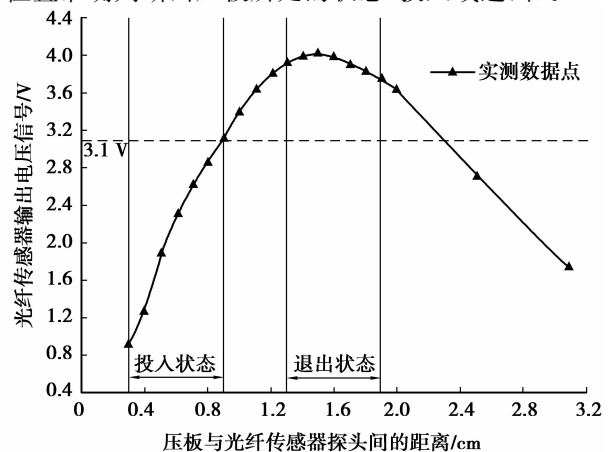


图3 压板状态与光纤传感器输出电压间的关系

当压板的投入状态和退出状态所对应的电压信号区间没有重叠,不会引起判断的混乱。压板处于投入状态(0.3 cm,0.9 cm)时,对应电压输出区间为(0.9 V,3.1 V);当压板处于退出状态(1.3 cm,1.9 cm)时,对应电压输出区间为(3.76 V,3.94 V)。由于在实际情况中,压板与光纤探头间的距离只可能在(0.3 cm,2 cm)间,电压输出区间和压板投退状态为一一对应关系。例如可以 3.1 V 为界限值,认为当输出电压大于 3.1 V 时,压板处于退出状态;当输出电压小于 3.1 V 时,压板处于投入状态。在实际应用中,界限值可根据实际安装情况进行调整,并通过软件对光纤传感器输出电压信号进行适当的分析和处理,即可准确、有效地区分和判断出压板状态。

3 电力压板微机防误系统

利用光纤传感器将压板位置的改变转换为电信号,实现了压板状态检测,为实现压板防误打下了基础。经过多年发展,一次设备的防误早已是相当成熟的技术。在上位机软件增加相关压板操作管理功能,并利用电脑钥匙、传输适配器等原有系统资源,可将压板嵌入在微机防误操作系统中,实现防止压板误操作功能,可以从技术层面上将因二次压板误投退而引起的误操作事故概率降至最低^[14]。

3.1 系统结构

电力压板微机防误系统主要由防误主机、传输适配器、电脑钥匙、压板控制器、检测模块、光纤传感器 6 部分组成,如图 4 所示。其中,防误主机、传输适配器和电脑钥匙与目前的主流防误系统完全兼容。

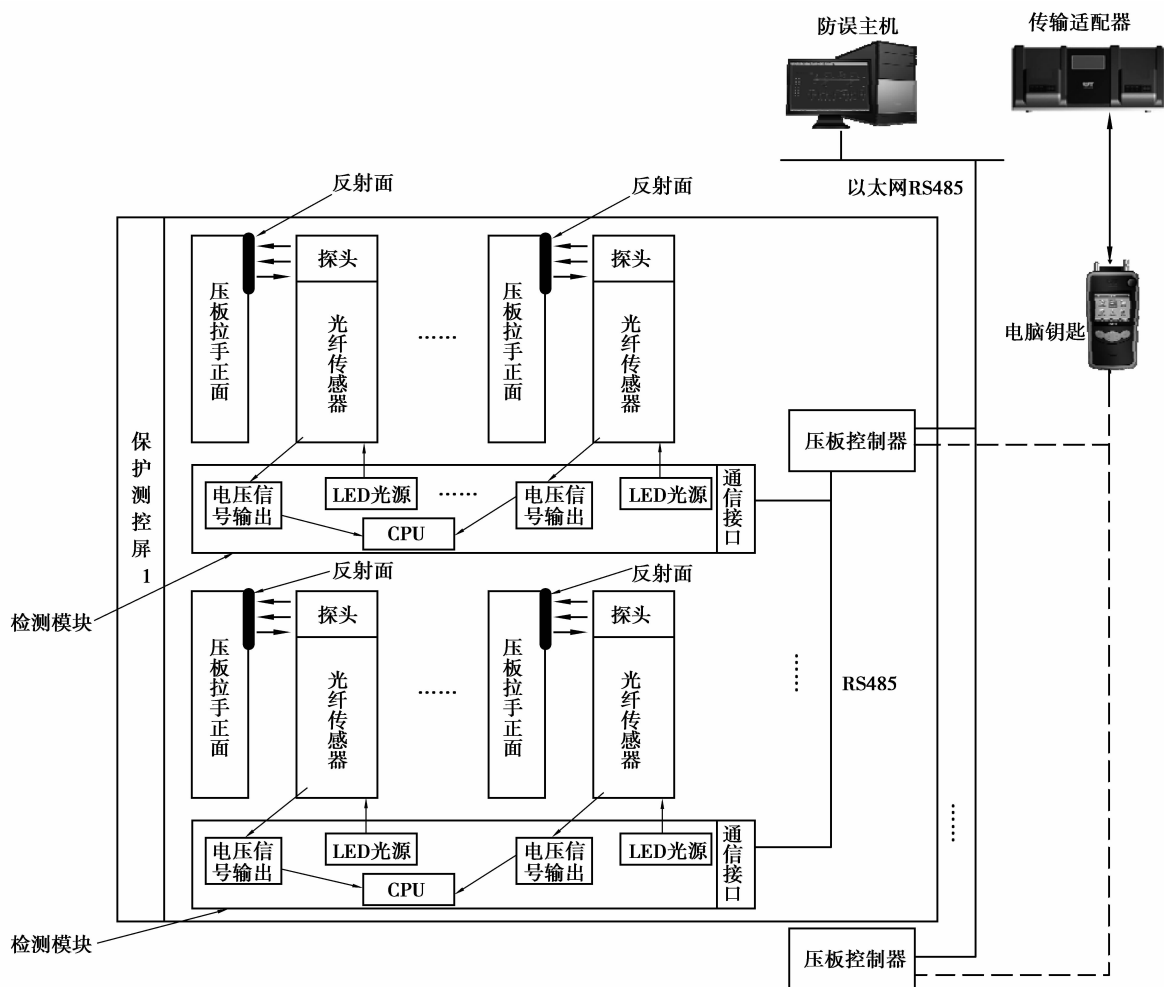


图 4 压板防误操作系统结构图

3.2 工作原理

每排压板下方安装检测模块,负责采集多个光纤传感器的输出电压信号。每面保护测控屏上安装一台压板控制器,用于管理该屏上所有的检测模块。压板控制器通过电脑钥匙接口与电脑钥匙交互操作信息,当

需要操作压板时,电脑钥匙将操作票的操作信息传输给压板控制器,并对于需要操作的压板进行声、光提示。如有需要,多个压板控制器还可以组网,通过网络通信将压板状态信息上送给防误主机。

传统的防误系统一般都是基于以下原则:首先开工作票,然后电脑钥匙识别操作设备,设备正确则解锁,设备错误则闭锁。压板嵌入微机防误操作系统后,总体还是按该原则来执行,区别为对一次设备采用的是强制闭锁,而对压板采用提示性闭锁。对于压板的预操作或是误操作通过声、光告警进行提示,方便及时纠正错误操作。

光纤传感器采用 LED 光源,光源安装在检测模块上,经控制电路连接 CPU。LED 光源有两个作用:一是作为光纤的光信号源;二是作为压板的操作指示灯,需要操作该压板时指示灯点亮提示可以操作,当检测模块检测到该压板为异常操作时,检测模块驱动指示灯闪烁,提醒操作或运行人员注意。实际应用中 LED 光源采用双色灯,无操作时绿灯常亮;提示操作时红灯常亮;操作完毕后返回绿灯常亮状态;异常操作时红灯闪烁。

3.3 功能简介

3.3.1 上位机压板防误管理系统

1)压板集中管理:按站、间隔、屏三级目录对实现全站或多站压板集中管理和监视;

2)压板规则编辑:压板防误管理系统支持压板操作逻辑规则的编辑,并以典型票的方式保存在数据库中,下次操作压板时可以直接从数据库中调出;

3)压板操作开票及模拟预演:压板操作前必须在智能压板防误管理系统上开票并进行模拟预演,只有模拟预演成功后才允许通过电脑钥匙提示操作压板;

4)压板操作记录历史查询功能。

3.3.2 传输适配器

压板防误管理系统通过传输适配器将二次压板操作票传给电脑钥匙,电脑钥匙的操作结果也通过传输适配器传给智能压板防误管理系统。

3.3.3 电脑钥匙

电脑钥匙按照操作票的步骤顺序提示操作人员确定操作对象,当所有操作完成后,电脑钥匙通过传输适配器将操作结果上传至上位机压板防误管理系统。

3.3.4 压板控制器

压板控制器安装在每面保护测控屏上,由蜂鸣警告器、无线码片、电脑钥匙接口、红外数据收发器组成。其控制电路包括 CPU、蜂鸣器电路、红外数据接收、发送电路和以太网/RS485 通信电路。压板控制器自带电源输出,用于给检测模块提供工作电源。压板控制器可采集压板的状态并与防误主机及电脑钥匙配合,实现按操作票顺序操作压板的功能。此外,当压板状态发生变化时主动上报给电脑钥匙或防误主机。

压板控制器可采用电脑钥匙供电或是外部供电的方式工作。当压板控制器采用电脑钥匙供电时,每个控制器只采集本控制器下所有压板的状态,并通过电脑钥匙记忆功能将状态上送给上位机,此种方式下压板控制器没有与上位机的通讯接口,也不能实现压板状态实时监测。当压板控制器采用外部供电时,压板控制器包含主控制器和从控制器,主、从控制器的硬、软件相同,主控制器采集所有从控制器所控制的压板的状态,并将状态上上传至上位机从而实现压板状态实时监测。压板主控制器通过以太网与防误主机通信,压板从控制器通过 RS485 总线与压板主控制器通信。

压板控制器的主要功能如下:

- 1)接收压板防误管理系统开具的操作票;
- 2)操作票人机对话,提示用户操作压板;
- 3)按照操作票执行对压板的解锁闭锁等操作;
- 4)当采取外部专用电源供电时,可实现压板状态查询与实时上传。

3.3.5 检测模块

检测模块安装在每排压板的下方,多个检测模块和压板控制器通过 RS485 组网,主要完成以下功能:

1)采集多个光纤传感器的输出电压信号(压板的投退状态),并通过 RS485 通信接口将采集到的压板投退状态上传至压板控制器;

- 2) 当需要操作压板时,驱动对应传感器的指示灯为常亮,操作人员根据提示进行压板投退操作;
- 3) 当检测到压板有异常操作时,驱动对应传感器的指示灯为闪烁,提醒运行人员注意。

4 防误系统的压板投退规则

传统的一次防误系统为了防止带负荷拉、合刀闸、带电挂地线(或合接地刀闸)等违规操作,变电站都会制定指导运行人员正确操作设备的一系列规则,并将设备在各种状态下运行人员可能执行的各种操作规则集合建立形成规则库。

一次防误系统经多年的发展,目前其防误闭锁规则库普遍比较成熟,但二次防误系统由于二次设备状态难于检测、锁具难于制作、操作规则库复杂等原因,其防误闭锁规则库尚不完整。随着防误闭锁技术的发展,二次设备操作规则库的建立以及一、二次防误系统的融合是必然趋势。

不同电压等级的变电站保护种类繁多,不论是母线保护、线路保护、主变保护,或者是倒闸操作运行方式的改变,对应的压板投退规则完全不同^[15]。如果再涉及更高电压等级的 3/2 接线形式,压板投退规则会更加复杂。笔者根据多年的工作经验,研究了大量继电保护运行规程,总结出部分保护压板投退原则。

4.1 普通压板投退规则

1) 保护跳闸出口压板直接作用于本断路器或联跳其他断路器。当保护投入时,按运行方式需要,投入或退出作用于本断路器或联跳其他断路器的保护跳闸出口压板;当保护退出时,作用于本断路器或联跳其他断路器的保护跳闸出口压板均应退出。

2) 启动压板作用于其他保护的开入回路,启动或闭锁其他保护相应功能,如失灵启动压板、闭锁备自投压板等。当本保护退出而其他保护正常运行时,应退出本保护作用于其他保护开入回路的启动压板。

3) 当作用于同一断路器的所有保护公用同一个跳闸出口压板时,为防止断路器无保护状态下运行,在断路器合闸操作前,该断路器的跳闸出口压板应投入;断路器合闸运行期间,该断路器的跳闸出口压板不应退出。

4.2 母线保护压板投退规则

1) 跳母联开关及所有接入支路开关的保护跳闸出口压板,在相应开关正常运行时投入,相应开关检修停运时退出。

2) 母线保护在故障时和检修时,应退出所有保护功能压板和出口跳闸压板。

3) 充电保护功能压板:当任一组母线检修后再投入之前,利用母联断路器对该母线进行充电试验时,母联充电保护功能压板应在充电前投入,充电完成后退出。

4) 母联过流保护功能压板:利用母联断路器为线路临时代路时,应投入母联过流保护功能压板和出口跳闸压板。

5) “母联检修”或“双母分列运行”功能压板:在母联开关断开后投入,此时母线区内故障动作于接入母线的的所有开关;恢复双母线运行时退出。对空母线进行充电时,应先退出本功能压板。

4.3 110 kV 及以下线路保护压板投退规则

1) 线路保护退出运行时,需同时将保护出口和重合闸出口压板解除。

2) 电压回路断线时,如距离保护不能可靠闭锁,应退出距离保护功能压板。

3) 旁路开关代线路开关运行时,需退出两侧线路差动保护功能压板。

4.4 220 kV 及以上线路保护压板投退

1) 当正常运行方式要求两套保护装置的任一套保护的重合闸投入另一套退出时,需将退出保护的重合闸出口压板退出。

2) 当线路正常运行而要求两套线路保护的重合闸均退出时,两套保护的重合闸功能压板和出口压板均应退出,其中一套保护的“勾通三跳闭锁重合闸”功能压板应投入。

3) 当全线速动保护退出运行时,对于整定时间具有长延时和短延时的线路重合闸,需投入重合闸长延时功能压板。

4) 其他压板投退规则参照 110 kV 及以下线路保护。

5) 旁路开关代线路开关运行时,需退出两侧线路差动保护功能压板;母差、失灵保护屏投入跳旁路开关

出口压板,退出跳被代线路开关出口压板。旁路开关代线路开关运行时,至少应保留一套全线速动保护运行。

以上只是列举了部分压板投退原则,如果要建立二次压板投退规则库,其内容远不止上述几条。其他诸如主变保护、低频低压减载和解列装置、备用电源自投装置、失灵保护等还有大量规则需要入库。

5 二次压板防误操作系统的应用

在不用改动压板原有接线和不停电操作的前提下,对重庆市电力公司某 110 kV 变电站的二次压板通过卡装的方式对加装传感器附件,并将防误系统升级至包含压板防误功能,如图 5 所示。

该变电站应用二次压板防误操作系统后,二次压板防误系统明显、准确的声光操作提示有效地解决了传统操作对象定位时间过长的问題,平均操作时间缩短 40%,压板操作效率和准确性显著提高。同时,二次压板防误系统实现了压板状态的实时监测,可对误投退压板及时发出报警信号,在该变电站应用半年



图 5 加装防误操作系统的电力压板

时间内已成功预警 3 次误投退,压板操作成功率大大提高,保障了电网的安全可靠运行。而且,从现场施工情况看,此种方式不用停电,方便快捷,十分适合压板防误操作系统的工程改造,有极大的推广价值。

6 结 语

基于光电检测原理的电力压板状态检测及防误系统,有效地避免了运行人员在二次设备操作过程中常发生的误投、误退、漏投、漏退等误操作,不仅可显著缩短操作时间,提高操作水平,而且将单纯的一次系统防误升级为一、二次系统的整体防误,提升了电网的安全运行水平,具有突出的经济效益和社会效益。

1) 基于光电检测原理,在压板回路之外且在不允许寄生回路存在的情况下,采用反射式光纤传感器实现了二次压板实时状态的准确检测。

2) 将二次压板的防误闭锁与一次设备微机防止误操作系统有机融合,有效地降低了因二次压板误操作导致电网事故的概率。

3) 总结并制定了普通压板、母线保护、110 kV 及以下线路保护和 220 kV 及以上线路保护等典型保护压板投退规则,为二次设备操作规则库的提供了参考。

参考文献:

- [1] 任俊杰,蒋岚. 电力系统继电保护压板图像识别系统[J]. 北京联合大学学报:自然科学版,2004,18(2):60-64.
REN Junjie,JIANG Lan. The image recognition system of relaying plate in electric power system [J]. Journal of Beijing Union University:Natural Sciences,2004,18(2):60-64.
- [2] 杨凤琴,王桔红. 如何正确验收投退保护压板[J]. 电工技术,2007(7):25-26.
YANG Fengqin,WANG Juhong. How to correctly accept returned protection pressure plate [J]. Electric Engineering, 2007(7):25-26.
- [3] 汪洪明,杨妮娜. 二次压板操作的安全措施与防范探讨[J]. 继电器,2007,35(2):76-78.
YANG Hongmin,YANG Nina. Discussion on security and prevention of the operation of secondary pressure plate [J]. Relay,2007,35(2):76-78.
- [4] 纵榜林. 从一起事故谈继电保护及安全自动装置压板的运行管理[J]. 安徽电力,2008(6):45-48.
Zong Banglin. Analysis and counter measures about one piece of the accident that caused by the wiring mistake for the commonality loop of voltage in the substation[J]. Anhui Electric Power,2008(6):45-48.
- [5] 吴耀廷,卢迪勇. 一种保护跳闸出口压板测量装置的研制[J]. 电工电气,2011(5):55-58.
WU Yaotin,LU Diyong. Manufacturing of measurement device with a kind of tripping outlet pressing board protection[J]. Electrical & Electronics,2011(5):55-58.
- [6] 郑敏,罗远安,赵光辉. 基于 1WIRE 总线的自动化装置压板状态监测系统设计[J]. 电力系统保护与控制,2009,37(6):

73-76.

ZHENG Min, LUO Yuanan, ZHAO Guanghui. Design of automation devices clips status monitoring system based on 1WIRE bus [J]. Power System Protection and Control, 2009, 37(6): 73-76.

- [7] 牛志刚, 贾腾飞, 徐庆录, 等. 智能压板系统在齐齐哈尔冯屯 500+kV 变电站中的应用[J]. 电力系统保护与控制, 2010, 38(23): 219-222.
- NIU Zhigang, JIA Tengfei, XU Qinglu, et al. The application of intelligent platen system in Qiqihar Fengtun 500 kV substation [J]. Power System Protection and Control, 2010, 38(23): 219-222.
- [8] 寇锋. 智能压板系统在变电站中的应用研究[J]. 北京电力高等专科学校学报, 2012, (11): 219-222.
- [9] 吴小勇, 刘春艳. 继电保护和自动装置压板回路远方控制技术与应用[J]. 电力系统自动化, 2008, 32(15): 100-103.
- WU Xiaoyong, LIU Chunyan. Remote control technology and its applications on relay protection and automatic device strap circuit [J]. Automation of Electric Power Systems, 2008, 32(15): 100-103.
- [10] 夏志宏, 罗毅, 涂光瑜, 等. 基于视觉信息的继电保护压板投退位置的自动识别研究[J]. 继电器, 2005, 33(4): 40-44.
- XIA Zhihong, LUO Yi, TU Guangyu, et al. Image auto-recognition of relay pressed board in on/off states based on visual information [J]. Relay, 2005, 33(4): 40-44.
- [11] 程传金. 继电保护连片管理办法[J]. 电力安全技术, 1999(1): 4.
- CHENG Chuanjin. The manager of relay pressing [J]. Electrical Safety Technology, 1999(1): 4.
- [12] 丁小平, 王薇, 付连春. 光纤传感器的分类及其应用原理[J]. 光谱学与光谱分析, 2006, 26(6): 1176-1178.
- DING Xiaoping, WANG Wei, FU Lianchun. Classification and application principles of optical fibre transducer [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2006, 26(6): 1176-1178.
- [13] 张怀宇, 李学金. 一种反射式光纤位移传感器的线性化电路设计[J]. 传感器技术, 1999, 18(1): 19-22.
- ZHANG Huaiyu, LI Xuejin. Design of electronic circuit for the linearity compensation of a reflective type fiber-optic displacement sensor [J]. Journal of Transducer Technology, 1999, 18(1): 19-22.
- [14] 黄东方, 孙亚辉. 保护压板投退全过程防误措施的研究与实现 [J]. 福建电力与电工, 2008, 28(4): 54-56.
- HUANG Dongfang, SUN Yahui. Reserch and implementation of error prevention measures for pressed board of the entire process in on/off states [J]. Fujian Electric Power and Electrical, 2008, 28(4): 54-56.
- [15] 吴东升, 陈冬霞. 变电站保护压板投、退原则[J]. 东北电力技术, 2007, 28(3): 41-43.
- WU Dongsheng, CHEN Dongxia. The commissioning and ceasing principles for protecting plate in substations [J]. The Northeast Electric Power Technology, 2007, 28(3): 41-43.

(编辑 王维朗)