

断路器操作回路的智能化监测系统设计

李永丽,李瑞鹏,卢 扬,陈晓龙,张斯淇,卜立之,王子曦

(天津大学 智能电网教育部重点实验室,天津 300072)

摘要: 为了监测断路器操作回路中跳/合闸回路、压板和保护出口接点的状态,并对其薄弱环节故障进行预警以避免断路器误动或拒动,设计了断路器操作回路的智能化监测系统。该系统改进了现有跳/合闸回路,并给出了系统中元件的选型与参数整定依据,能够实现跳/合闸回路的全工况监视和保护。为了实时监测断路器操作回路压板和保护出口接点的状态,实现压板误操作和保护出口接点故障报警,该系统采取了配合使用电感式接近开关和霍尔电压传感器的方法,并给出了传感器的具体安装位置。该系统采用单片机处理并上传传感器采集的现场信息,利用 LabVIEW 编写后台软件界面,能够实现实时状态显示、人机交互、历史数据存储和故障报警等功能。

关键词: 断路器; 操作回路; 智能化监测; 全工况; 压板; 保护出口接点

中图分类号: TM 56

文献标识码: A

DOI: 10.16081/j.issn.1006-6047.2017.10.032

0 引言

断路器在电力系统中起着保护与控制的双重作用,是最重要的电力设备之一。断路器故障会造成电网事故或扩大事故范围,甚至引起连锁故障导致系统瓦解^[1-3]。断路器操作回路在切断一次回路中起着重要的辅助作用,是断路器重要的控制、监视和保护回路^[4-5]。相关研究指出,断路器操作回路故障已成为断路器故障的重要原因之一,对断路器操作回路进行有效监视和预警是减少断路器拒动、误动,避免大停电事故发生的重要手段^[6-7]。跳/合闸回路、压板和保护出口接点是断路器操作回路的重要组成部分,但运行中仍可见跳/合闸回路接触不良、回路断线和元件烧毁等故障,压板状态的不可监测和保护出口接点的粘连也都给断路器操作回路的在线监测带来了困难^[8-11]。

为了监视断路器操作回路中跳/合闸回路的运行状态,目前现场常采用简单直观的红绿灯回路实现直接监视或跳/合闸位置继电器常闭接点串联启动信号回路的间接监视方法,然而,这些方法均不能实现全工况监视,即断路器跳(合)闸后合(跳)闸回路便失去监视。此外,这些方法也不具备回路保护功能,一旦断路器辅助接点拒动,跳/合闸回路将长时间流过动作电流,造成回路元件烧毁^[8]。文献[1]改进了现有跳/合闸回路,实现了断路器跳/合闸回路的全工况监视和保护,但是该方案未考虑断路器跳/合闸回路在保护装置、操作箱和机构箱的实际走线情况,仅在理论上可行。

对于超特高压系统复杂的保护配置情况而言,断路器操作回路的压板数量较多。实际工作中压板的投/退操作由从事继电保护整定的操作人员手动完成,由操作人员误投、误退和不按顺序投/退压板造成断路器误动或拒动的情况时有发生。压板状态是断路器操作回路的监视盲区^[10],一旦出现压板误操作,就只能由操作人员去现场检查压板状态,自动化水平很低。文献[12]介绍了目前压板状态监测的常用方法,并给出了一种利用反射式光纤传感器监测压板状态的方法,但是该传感器抗干扰能力较差,可能误判压板状态。

保护出口接点是串接在跳闸回路中控制断路器动作跳闸的常开接点。为了防止保护出口接点粘死造成断路器误动作,有必要对保护出口接点状态进行监测^[11]。文献[13]设计了一种快速测量多个保护出口接点状态的装置,但是该装置不具备智能化监视功能。

智能变电站的主要标志是能够实现一次设备和回路的智能化控制、监测和保护^[14-15],断路器操作回路的智能化监测对推进我国智能变电站的建设具有十分重要的意义。本文在现有断路器操作回路监测方法的基础上,用霍尔电流传感器监测操作回路电流的数值变化,分析断路器跳/合闸回路的运行状态,设计了基于现场数字量信息采集的断路器操作回路智能化监测系统,该系统实现了跳/合闸回路的全工况监视和保护。通过在断路器操作回路中装设非接触位置传感器和霍尔电压传感器,该系统亦实现了压板和保护出口接点的状态监测。

1 断路器操作回路薄弱环节分析

1.1 跳/合闸回路

图 1 为断路器跳/合闸回路原理图。根据部颁

收稿日期:2016-10-06;修回日期:2017-08-16

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51177108,51577128)

Project supported by the National Natural Science Foundation of China(51177108,51577128)

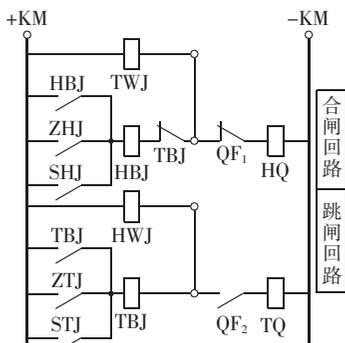


图 1 断路器跳/合闸回路原理图

Fig.1 Schematic diagram of circuit breaker's tripping/closing circuit

标准《电力系统继电保护及安全自动装置反事故措施要点》第 3.4 条要求,为了避免断弧能力较差的自动与手动跳/合闸常开接点 ZTJ、STJ 和 ZHJ、SHJ 提前返回,断开较大的跳/合闸回路动作电流导致拉弧烧毁,并保证正常跳/合闸命令时断路器可靠动作,跳/合闸回路需串联自保持继电器 TBJ、HBJ,其能保证断路器跳/合闸操作完成后由断弧能力较强的断路器辅助接点 QF₂ 和 QF₁ 断开回路。分析图 1 可知,TBJ、HBJ 也是造成断路器辅助接点 QF₂、QF₁ 拒动时跳/合闸回路元件烧毁的重要原因^[16]。由于跳/合闸回路元件是按照短时通电设计的,一旦 QF₂、QF₁ 拒动,在 TBJ、HBJ 的自保持作用下回路将长时间导通,回路线圈和回路继电器等元件会因长时间流过动作电流而烧毁。图 1 中跳/合闸位置继电器 TWJ、HWJ 所在监视支路只有在跳/合闸元件烧毁断线后才能给出回路断线信号,不能提前发出预警信号,无法起到保护回路的作用。

采用跳/合闸位置继电器 TWJ、HWJ 监视跳/合闸回路的完好性,并不能实现回路的全工况监视。该方法利用跳闸位置继电器 TWJ 监视合闸回路,合闸后合闸回路便失去监视;利用合闸位置继电器 HWJ 监视跳闸回路,跳闸后跳闸回路便失去监视,仅能达到连续监视直流操作电源的目的,并不能满足连续监视跳/合闸回路的要求^[1]。现行国家标准 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》和部颁标准 DL/T 5136—2012《火力发电厂、变电站二次接线设计技术规程》中均明确要求实现跳/合闸回路的全工况监视。

1.2 压板和保护出口接点

按照压板在断路器操作回路中作用的不同,压板可以分为功能压板和跳闸出口压板。功能压板与保护装置相连,用来投/退保护装置;跳闸出口压板作用于断路器的跳闸线圈,驱动跳闸线圈将断路器动作跳闸。压板的投/退状态对保护装置保护功能的实现及断路器动作跳闸有直接影响^[12]。变电站倒

闸包括一次设备操作和二次设备操作,其中二次设备操作的主要内容是正确投/退压板。由于压板数量众多并且某些压板工作在比较恶劣的环境下,因此除了由操作人员误操作导致的压板误操作故障外,压板本身也可能出现各种各样的内部故障,如:压板腐蚀生锈、螺柱老化断裂和压板投入不到位等。图 2 为断路器操作回路中压板和保护出口接点示意图。由图 2 可知,功能压板故障将造成保护装置不能启动;跳闸出口压板故障将造成跳闸线圈无法励磁,这 2 种情况都将造成断路器拒动。

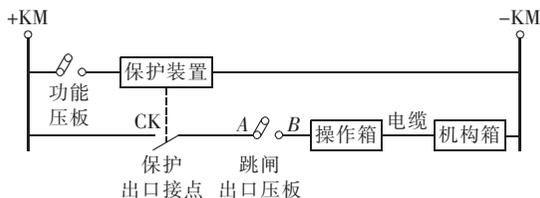


图 2 断路器操作回路中压板和保护出口接点示意图

Fig.2 Schematic diagram of platen and protection outlet contact in circuit breaker operating circuit

保护出口接点和压板配合,共同控制断路器动作跳闸。正常情况下保护出口接点的通断受保护装置控制,但偶尔可能发生保护出口接点粘死的情况。保护出口接点粘死对跳闸回路的影响如图 3 所示,当断路器处于合闸位置且发生保护出口接点 CK 粘死故障时,跳闸出口压板的投入将会造成断路器直接动作跳闸。保护出口接点具有和压板一样的重要性且同样处于无监视的状态,应同时实现保护出口接点和压板的状态监测。

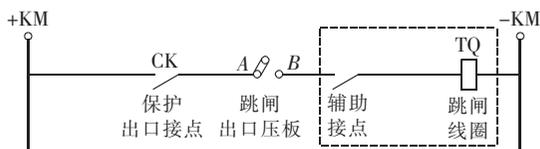


图 3 保护出口接点粘死对跳闸回路的影响

Fig.3 Influence of protection outlet contact adhesion on closing circuit

2 跳/合闸回路的全工况监视与保护

2.1 改进的跳/合闸回路

改进后的跳/合闸回路原理图如图 4 所示,在文献[1]的理论基础上,结合工程实际情况,改进了断路器操作箱、机构箱内的跳/合闸回路,实现了回路的全工况监视和保护。

保护:在断路器操作箱内用跳/合闸时间继电器 TTJ、HTJ 取代常规方案中的保持继电器 TBJ、HBJ,在满足跳/合闸动作自保持要求的同时还能实现跳/合闸回路的保护功能。以合闸回路为例,当断路器自动与手动合闸接点 ZHJ、SHJ 闭合时,合闸回路导通,并由 HTJ 的常开接点实现合闸动作的自保持。HTJ

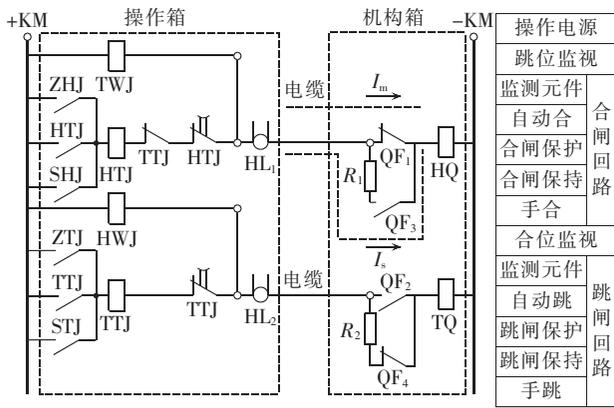


图 4 改进后的跳/合闸回路原理图

Fig.4 Schematic diagram of improved tripping/closing circuit

得电后便开始计时,若断路器辅助接点 QF₁ 不能及时切断合闸回路,则由 HTJ 延时接点切断合闸回路,从而避免回路元件长时间流过动作电流而烧毁。

全工况监视:在断路器机构箱内增加附加监测电阻 R₁、R₂ 及断路器辅助接点 QF₃、QF₄,在断路器操作箱出口处安装霍尔电流传感器 HL₁、HL₂,能够实现跳/合闸回路的全工况监视。其中,R₁ 和 QF₃ 串联构成合闸后合闸回路的监视支路;R₂ 和 QF₄ 串联构成跳闸后跳闸回路的监视支路;HL₂、HL₁ 用来监测跳/合闸回路电流。以合闸回路为例,当断路器处于合闸状态时,常闭辅助接点 QF₁ 断开,常开辅助接点 QF₃ 闭合,直流母线 ±KM 经跳位监视继电器 TWJ、电缆、R₁、QF₃ 和合闸线圈 HQ 导通。因为 TWJ、HWJ 均为高内阻继电器,回路将流过微小电流 I_s。将 I_s 定义为合位监视电流,一旦合位监视电流 I_s 小于设定的断线报警电流值 I_t,则可判断合闸回路发生接触不良或断线故障,实现了合闸后合闸回路的断线监视。当断路器处于跳闸状态时,直流母线 ±KM 经 TWJ、电缆、QF₁ 和 HQ 导通。与断路器合闸状态相比,回路中不再包括 R₁,回路电流是比 I_s 稍大的电流 I_m。将 I_m 定义为跳位监视电流,实时比较跳位监视电流 I_m 与断线报警电流值 I_t,可代替常规方案中位置继电器 TWJ、HWJ 常闭接点串接信号回路的方法监视合闸回路,实现了跳闸后合闸回路的智能化监测。

经过图 4 所示的改进后,跳/合闸回路既能在断路器处于跳闸位置或合闸位置时同时监视跳/合闸回路的完好性,又能在断路器动作跳/合闸时实时监测回路的工作状况,保护回路元件。

2.2 跳/合闸回路的参数整定与元件选型

2.2.1 附加监测电阻的整定

以合闸回路为研究对象进行分析,用 U_n 表示直流操作回路额定电压,R_c 表示合闸线圈 HQ 电阻,R_w 表示跳闸位置继电器 TWJ 的内阻,R₁ 表示附加监测电阻,R_t 表示合闸时间继电器 HTJ 的内阻,忽略电缆

线阻,跳位监视电流 I_m 和合位监视电流 I_s 分别为:

$$I_m = \frac{U_n}{R_w + R_c} \quad (1)$$

$$I_s = \frac{U_n}{R_w + R_1 + R_c} \quad (2)$$

用 I_a 表示合闸回路动作电流,如式(3)所示。

$$I_a = \frac{U_n}{R_1 + R_c} \quad (3)$$

为了保证合闸线圈 HQ 的长期热稳定性,操作箱中 TWJ 的内阻 R_w 不应太小,可以取为 5 kΩ。HQ 电阻一般很小,粗略估计为 100 Ω。直流母线电压 U_n 取为 220 V。由式(1)可知,I_m 约为 43.137 mA。由式(2)可知,附加监测电阻 R₁ 越大,合位监视电流 I_s 越小。为了保证 I_s 仍在霍尔电流传感器测量范围内,附加监测电阻 R₁ 不应太大。

取 αI_a (α 为可靠系数,0 < α < 1) 作为时间继电器的启动电流 I_q,即:

$$I_q = \alpha I_a \quad (4)$$

若线路保护具有自动重合功能,当自动合闸或手动合闸到故障时,断路器会重合闸,自动合闸与手动合闸的接点 ZHJ、SHJ 一般不会立即返回。合闸回路将经由断路器辅助接点 QF₃ 再次导通,此时合闸回路电流 I_p 为:

$$I_p = \frac{U_n}{R_1 + R_1 + R_c} + \frac{U_n}{R_w + R_1 + R_c} \quad (5)$$

由式(5)可知,附加监测电阻 R₁ 太小将造成回路电流 I_p 大于时间继电器启动电流 I_q,时间继电器 HTJ 将在合闸后重新得电计时,造成时间继电器的延时接点反复动作而损毁,回路元件长时间流过动作电流而烧毁。为了避免这种情况的发生,此时回路电流 I_p 应小于时间继电器的启动电流 I_q,即应满足式(6)。

$$I_p < \beta I_q \quad (6)$$

其中,0 < β < 1。

和 HBJ 一样,改进回路选择电流型时间继电器 HTJ,R_t 很小。R_w 远大于 R_t,由式(5)可得:

$$I_p \approx \frac{U_n}{R_1 + R_1 + R_c} \quad (7)$$

因此,R₁ 取值应该满足:

$$R_1 > \left(\frac{1}{\alpha\beta} - 1 \right) R_c \quad (8)$$

在式(8)中,当 α、β 分别取为 0.2、0.5,R_c 取为 100 Ω 时,R₁ 取值应大于 900 Ω。考虑到霍尔电流传感器应从电流数值大小上区分跳位监视电流 I_m 和合位监视电流 I_s,R₁ 的取值应该和位置继电器内阻 R_w 在一个数量级上。综上,R₁ 可以取为 1 kΩ。

由式(1)和式(2)可知,合闸回路的跳位监视电流 I_m 约为 43.137 mA,合位监视电流 I_s 约为 36.066 mA。两者数值很接近,很难仅从数值大小上进行区分。在

断路器合闸过程中,合闸回路监测电流 I_h 从跳位监视电流 I_m 增大为合闸动作电流 I_a ,然后断路器辅助接点 QF_1 和 QF_2 状态转换,回路电流减小为合位监视电流 I_s ,直到断路器动作跳闸,回路电流重新变为跳位监视电流 I_m ,断路器下一次动作合闸将重复上述变化过程,如图 5 所示。在合闸回路监测电流 I_h 从 I_s 变为 I_m 的过程中,跳闸回路监测电流 I_t 由跳闸动作电流减小为跳位监视电流,电流突变量 ΔI_t 为负:

$$\Delta I_t < 0 \quad (9)$$

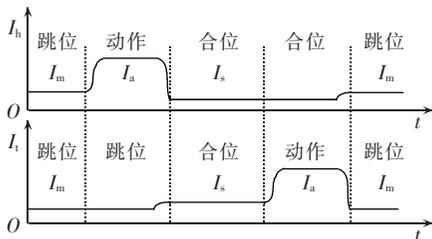


图 5 断路器跳/合闸回路电流变化示意图

Fig.5 Schematic diagram of current variation in circuit breaker tripping/closing circuit

根据跳闸回路监测电流突变量 ΔI_t 的正负和合闸回路监测电流 I_h 的数值大小可区分合闸回路处于合位状态还是跳位状态。

2.2.2 电流监测元件的选择与参数整定

本文采用穿孔式磁平衡霍尔电流传感器作为跳/合闸回路的电流监视元件。将霍尔电流传感器安装在操作箱内跳/合闸回路电缆出口处,跳/合闸回路导线穿过电流传感器的通孔。采用霍尔电流传感器监测回路电流时不需要断开回路,不会对回路正常运行造成影响,其具有体积小、安装方便、测量范围宽、测量精度高、抗干扰能力强等优点^[17]。

根据式(3),断路器跳/合闸回路动作电流一般在 2~3 A 范围内。为了研究断路器在跳/合闸动作时其跳/合闸线圈动作电流信号中蕴含的断路器机械状态信息,霍尔电流传感器应该在 2~3 A 数值范围内具有较高的测量精度^[1-2]。跳/合闸监视电流是 40 mA 左右的断线监视电流,为了判断回路是否断线,系统只需判断监视电流的有无,不需要得到监视电流的细节信息,系统对断线监视电流没有太高的精度要求。因此,本系统选择测量范围为 20 mA~5 A 的霍尔电流传感器,为了减轻霍尔电流传感器选型的困难,可以要求其保证 100 mA~5 A 的精度,放宽为 20~100 mA 的精度要求。

2.2.3 时间继电器的选择

选择时间继电器时,需要考虑继电器的接点容量及整定时间^[8]。普通时间继电器接点不能可靠切断动作电流,可选择带大容量接点中间继电器的时间继电器。为了保证断路器完成跳/合闸操作后再切断动作电流,时间继电器整定时间应略大于断路器

固有跳/合闸时间与辅助接点电弧燃烧时间,这段时间一般不超过 200 ms。又考虑到断路器操作回路元件最长只能承受 2 s 的动作电流,可选择最大延时 400 ms 的时间继电器。

3 压板和保护出口接点的状态监测

电感式接近开关^[18]和霍尔电压传感器被选择用于监测压板和保护出口接点状态,并将压板和保护出口接点的状态转换成数字量实时上传,不必更换原有压板,具有抗干扰性能好、安装方便等优点。

考虑到保护柜压板投/退操作的实际情况,为了提高压板状态识别的准确性,本文选择非接触位置传感器中的圆柱形电感式接近开关。

安装电感式接近开关后的压板投/退示意图如图 6 所示,电感式接近开关安装在压板投入位置正下方保护屏柜表面的开孔处并将圆形监测端面置于屏柜表面。压板投入时,压板金属面位于检测端面前方,接近开关输出压板投入信号;压板退出时,检测端面前方无金属,接近开关输出压板退出信号。

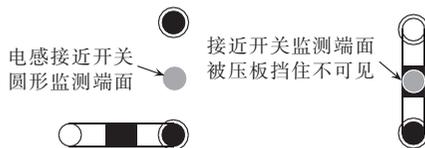


图 6 安装电感式接近开关后的压板投/退示意图

Fig.6 Schematic diagram of platen on/off status after installing inductive proximity switch

采用非接触位置传感器,系统能实时监测压板的投/退状态,但无法判断压板本身是否发生腐蚀、损坏、虚接等导致压板电阻增大的内部故障。霍尔电压传感器装设位置示意图如图 7 所示,以跳闸出口压板为例,在跳闸出口压板靠近母线 -KM 的 B 端安装霍尔电压传感器 B,当保护出口接点闭合、跳闸出口压板投入后,若霍尔电压传感器 B 输出电压值比母线 +KM 电压小很多,说明跳闸出口压板内阻增大,判断跳闸出口压板可能发生内部故障。

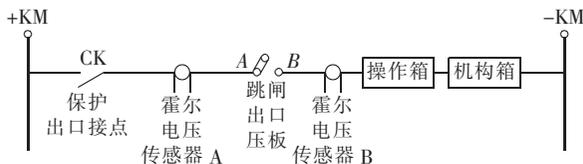


图 7 霍尔电压传感器装设位置示意图

Fig.7 Schematic diagram of installation position of Hall voltage sensors

为了监测保护出口接点状态,在图 7 所示跳闸出口压板靠近母线 +KM 的 A 端装设霍尔电压传感器 A。若霍尔电压传感器 A 输出母线电压,判断保护出口接点处于闭合状态,系统给出接点位置状态信号,避免操作人员误操作造成断路器动作跳闸。

在跳闸出口压板 A 端装设霍尔电压传感器还能实现保护功能的校验。继电保护装置需要定期校验其保护功能是否正常,校验中重要的一环是试验保护装置能否出口跳闸。每校验一种保护功能,断路器需要实际跳/合闸一次,这样校验很容易损坏断路器。在跳闸出口压板 A 端装设霍尔电压传感器,可以根据出口压板 A 端是否有正电压突变实现保护功能的校验,而不需要断路器实际动作跳闸,避免了校验保护功能时因频繁开合断路器而降低其使用寿命。

4 断路器操作回路智能化监测系统设计

跳/合闸回路的非全工况监视、压板及保护出口接点存在监视盲区是断路器操作回路的薄弱环节。在断路器操作回路的智能化监测系统中运用前文所提改进的跳/合闸回路、压板和保护出口接点状态监视方法,实现了跳/合闸回路的全工况监视和回路保护、压板和保护出口接点状态的实时监测和故障后的报警。相比文献[1]所提只能实现对跳/合闸回路的全工况监视与保护且未考虑工程实际情况的在线监测与预警方法,本文所提的智能化监测系统的功能更多,监测范围也更广,应用于实际工程中的意义也更大。

断路器操作回路由保护装置、操作箱和机构箱组成。其中保护装置和操作箱组成保护屏柜,位于保护小室内。机构箱位于户外断路器开关的下方,通过电缆沟里的电缆与操作箱相连。考虑现场情况,将断路器操作回路智能化监测系统置于保护小室内。断路器操作回路智能化监测系统如图 8 所示,该系统采用霍尔电流传感器、电感式接近开关及霍尔电压传感器等底层传感器采集断路器操作回路现场信息,采用单片机实现采集信号的处理和上传,采用 LabVIEW 编写系统后台应用程序。该系统的主要功能有跳/合闸回路全工况监视与保护,压板和保护出口接点状态监测,压板误操作和内部故障报警,保护出口接点故障报警,状态显示、数据存储及人机交互等。

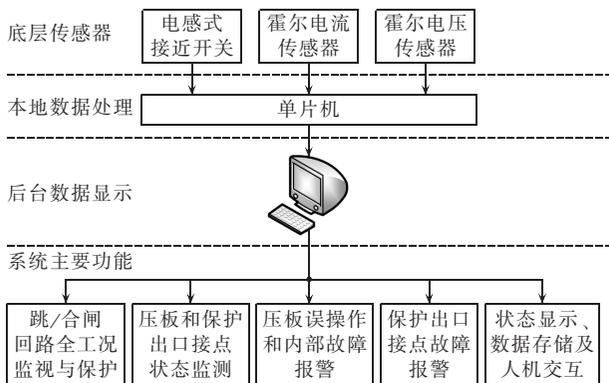


图 8 断路器操作回路智能化监测系统示意图

Fig.8 Schematic diagram of intelligent monitoring system for circuit breaker operating circuit

故障报警,状态显示、数据存储及人机交互等。

5 仿真实证

利用 PSCAD 对本文所提断路器操作回路全工况监视与保护方案进行建模分析,根据图 4 搭建改进后的跳/合闸回路并按照 2.2 节分析结果选择回路元件的参数。

以合闸回路为例,对所提方案的跳/合闸回路全工况监视功能进行校验。实验中在合闸回路串接电阻模拟回路的断线故障,根据上文分析可知,合闸回路的跳位监视电流 I_m 约为 43.137 mA,合位监视电流 I_h 约为 36.066 mA,若跳闸后合闸回路监测电流小于 40 mA,或合闸后合闸回路监测电流小于 33 mA,即可认为发生回路断线故障,监测系统发出报警信号。

记录断路器动作跳/合闸后合闸回路的监测结果,分别如表 1 和表 2 所示。

表 1 跳闸后合闸回路监视结果

Table 1 Monitoring results of closing circuit after tripping

序号	电源电压/V	理论电流/mA	I_h /mA	监测误差/%	是否报警	模拟故障串接电阻/ Ω
1	220	43.1	43.0	0.2	否	0
2	220	42.9	42.8	0.2	否	20
3	220	36.1	35.9	0.6	是	1000
4	220	21.8	21.5	1.4	是	5000
5	220	14.6	14.1	3.4	是	10000
6	220	0	<2	—	是	断线

表 2 合闸后合闸回路监视结果

Table 2 Monitoring results of closing circuit after closing

序号	电源电压/V	理论电流/mA	I_h /mA	监测误差/%	是否报警	模拟故障串接电阻/ Ω
1	220	36.1	36.0	0.3	否	0
2	220	36.0	35.9	0.3	否	20
3	220	30.9	30.6	1.0	是	1000
4	220	19.8	19.6	1.0	是	5000
5	220	13.7	13.0	5.1	是	10000
6	220	0	<2	—	是	断线

以合闸回路为例,对所提跳/合闸回路保护功能进行校验。断路器正常合闸和辅助接点 QF_1 拒动时合闸回路监视电流 I_h 曲线分别如图 9、图 10 所示。

图中 t_1 时刻断路器动作合闸, t_2 时刻断路器辅助接点 QF_1 动作断开合闸回路,合闸回路监视电流 I_h 由动作电流降为合位监视电流。对比图 9 和图 10 可知,断路器辅助接点拒动将造成合闸回路长时间流过动作电流,非常容易造成合闸线圈烧毁。根据图 4 对合闸回路进行改造,将时间继电器延时时间整定为 0.4 s。时间继电器延时接点动作合闸回路监视电流曲线如图 11 所示,当断路器辅助接点 QF_1 拒动时由时间继电器延时接点在 t_3 时刻动作断开动作

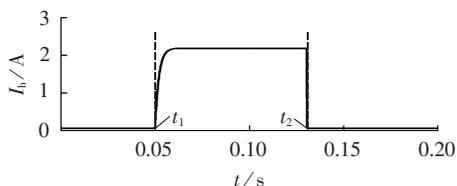


图9 断路器正常合闸时合闸回路监视电流曲线
Fig.9 Monitoring current curve of closing circuit when circuit breaker closes normally

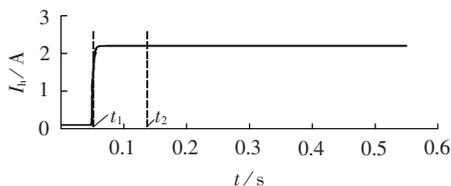


图10 断路器辅助接点拒动时合闸回路监视电流曲线
Fig.10 Monitoring current curve of closing circuit when auxiliary switch refuses to operate

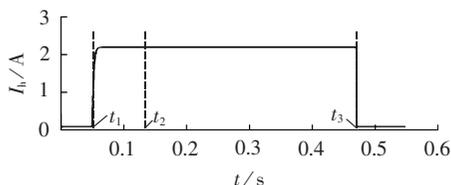


图11 时间继电器作用时合闸回路监视电流曲线
Fig.11 Monitoring current curve of closing circuit when time relay operates

电流。

以上结果表明,改进后的断路器操作回路全工况监视与保护方案在实现全工况监视跳/合闸回路工作状况的同时能有效实现对跳/合闸回路元件的保护。

6 结论

本文分析了断路器操作回路的工作原理,结合回路的薄弱环节,提出了一种断路器操作回路的智能化监测系统,所提结论如下。

a. 该系统改进了跳/合闸回路,用时间继电器取代跳/合闸保持继电器,实现了回路元件的保护;设计了全工况监视支路并给出了回路的元件选型与参数整定标准,在断路器操作箱内跳/合闸回路出口处安装霍尔电流传感器实时监测回路电流,能够及时发现回路是否发生接触不良、断线等故障,实现了跳/合闸回路的全工况监视。

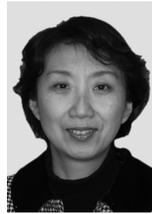
b. 该系统针对断路器操作回路中压板、保护出口接点状态无监视的不足,提出了配合使用电感式接近开关和霍尔电压传感器实时监测压板、保护出口接点状态的方法,并给出了传感器的具体安装位置,能够实现压板误操作报警和保护出口接点故障报警,还能简化断路器保护功能的校验。

参考文献:

- [1] 李永丽,张卫正,卢扬,等. 直流操作回路在线监视与预警[J]. 高压电压技术,2016,42(1):266-271.
LI Yongli,ZHANG Weizheng,LU Yang,et al. On-line DC operating circuit monitoring and warning[J]. High Voltage Engineering, 2016,42(1):266-271.
- [2] 张卫正,李永丽,姚创. 基于最小二乘支持向量机的高压断路器故障诊断[J]. 高压电器,2015,51(12):79-83.
ZHANG Weizheng,LI Yongli,YAO Chuang. Fault diagnosis for high voltage circuit breaker based on least square support vector machine[J]. High Voltage Apparatus,2015,51(12):79-83.
- [3] 柳懿,王向军,嵇斗. 基于双 DSP 的断路器机械特性检测装置[J]. 电力自动化设备,2011,31(5):112-116.
LIU Yi,WANG Xiangjun,JI Dou. Circuit breaker mechanical characteristic tester based on dual-DSP[J]. Electric Power Automation Equipment,2011,31(5):112-116.
- [4] 郭占伟,原爱芳,张长彦,等. 断路器操作回路详述[J]. 继电器,2004,32(19):67-70.
GUO Zhanwei,YUAN Aifang,ZHANG Changyan,et al. Protection and control of breaker operating circuit[J]. Relay,2004,32(19):67-70.
- [5] 王金友. 国家电网公司 110~500 kV 变电站高压断路器二次回路典型设计及应用[J]. 中国电力,2009,42(6):69-73.
WANG Jinyou. The typical design and application of secondary circuit for high voltage breaker in 110~500 kV substation in SGCC[J]. Electric Power,2009,42(6):69-73.
- [6] 杨明玉,田浩,姚万业. 基于继电保护隐性故障的电力系统连锁故障分析[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(9):1-5.
YANG Mingyu,TIAN Hao,YAO Wanyue. Analysis of power system cascading failure based on hidden failures of protective relaying[J]. Power System Protection and Control,2010,38(9):1-5.
- [7] 叶远波,孙月琴,黄太贵,等. 继电保护相关二次回路的在线状态检测技术[J]. 电力系统自动化,2014,38(23):108-113.
YE Yuanbo,SUN Yueqin,HUANG Taigui,et al. Online state detection technology of relay protection relevant secondary circuits[J]. Automation of Electric Power Systems,2014,38(23):108-113.
- [8] 张喜喜. 关于预防断路器分合闸线圈烧毁的可行性研究[D]. 北京:华北电力大学,2014.
ZHANG Xixi. The feasibility study of preventing circuit breaker's closing coil burnt[D]. Beijing:North China Electric Power University,2014.
- [9] 张元敏,方如举. 低压断路器合闸线圈保护的研究[J]. 电力系统保护与控制,2010,38(3):122-124.
ZHANG Yuanmin,FANG Ruju. Research on closing coil protection of low-voltage circuit breaker[J]. Power System Protection and Control,2010,38(3):122-124.
- [10] 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 500kV substation[J]. Power System Protection and Control,2010,38(23):219-222.
- [11] 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.

- WANG Hongming, YANG Nina. Discussion on security and prevention of the operation of secondary pressure plate [J]. Relay, 2007, 35(2): 76-78.
- [12] 李佳容, 唐阳. 基于光电检测原理的压板状态检测及防误系统[J]. 重庆大学学报, 2014, 37(5): 29-36.
- LI Jiarong, TANG Yang. Condition monitoring and mistake precaution system for power strap based on photoelectric detection [J]. Journal of Chongqing University, 2014, 37(5): 29-36.
- [13] 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 Yaoting, LU Diyong. Manufacturing of measurement device with a kind of tripping outlet pressing board protection [J]. Electrotechnics Electric, 2011(5): 55-58.
- [14] 鲁东海, 孙纯军, 王晓虎. 智能变电站中在线监测系统设计[J]. 电力自动化设备, 2011, 31(1): 134-137.
- LU Donghai, SUN Chunjun, WANG Xiaohu. Online monitoring system for smart substation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2011, 31(1): 134-137.
- [15] 李锋, 谢俊, 兰金波, 等. 智能变电站继电保护配置的展望和探讨[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(2): 122-126.
- LI Feng, XIE Jun, LAN Jinbo, et al. Prospect and discussion of relay system configuration for intelligent substation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2012, 32(2): 122-126.
- [16] 余良国, 陈显彪. 一种断路器分合闸线圈保护的方案[J]. 电力系统保护与控制, 2008, 36(23): 95-100.
- YU Lianguo, CHEN Xianbiao. A protection scheme for the tripping and closing coil of circuit breaker [J]. Power System Protection and Control, 2008, 36(23): 95-100.
- [17] 齐冬梅. 霍尔电流传感器及其自动调测系统的设计[D]. 上海: 上海交通大学, 2009.
- QI Dongmei. Hall current transducer and the design of automatic debugging and testing system [D]. Shanghai: Shanghai Jiao Tong University, 2009.
- [18] 刘汝斌. 接近开关操作频率智能化检测系统的研究[D]. 上海: 上海工程技术大学, 2013.
- LIU Rubin. Study for intelligent detection system of proximity switch operation frequency [D]. Shanghai: Shanghai University of Engineering Science, 2013.

作者简介:



李永利

李永利(1963—),女,河北石家庄人,教授,博士,研究方向为电力系统故障分析与微机保护(E-mail:lyltju@163.com);

李瑞鹏(1994—),男,江西高安人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统隐形故障分析(E-mail:liruipeg@tju.edu.cn);

卢扬(1990—),男,天津人,博士研究生,主要研究方向为电力系统隐形故障分析;

陈晓龙(1985—),男,河南濮阳人,讲师,博士,主要研究方向为含分布式电源配电网以及微电网的保护与控制;

张斯淇(1991—),女,黑龙江富裕人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统保护及控制;

卜立之(1993—),男,安徽天长人,硕士研究生,主要研究方向为电力系统保护及控制。

Intelligent monitoring system design for circuit breaker operating circuit

LI Yongli, LI Ruipeng, LU Yang, CHEN Xiaolong, ZHANG Siqi, BU Lizhi, WANG Zixi

(Key Laboratory of Smart Grid of Ministry of Education, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: In order to monitor the state of tripping/closing circuit, platen and protection outlet contact in circuit breaker operating circuit, and give early fault warning circuit weak links to avoid improper operation of circuit breaker, an intelligent monitoring system for circuit breaker operating circuit is designed. The existing tripping/closing circuit is improved and the principles of component selection and parameter setting are given, so that the system can monitor and protect the whole working conditions of tripping/closing circuit. In order to monitor the state of platen and protection outlet contact of circuit breaker operating circuit in real time and alarm for misoperation of platen and faults of protection outlet contact, the inductive proximity switch and Hall voltage sensor are interacted and the specific installation positions of Hall voltage sensors are given. The MCU is used to process and upload the field information collected by sensors. LabVIEW is applied to write the background software interface to realize the functions of real-time status display, human-computer interaction, historical data storage, and fault warning.

Key words: electric circuit breakers; operating circuit; intelligent monitoring; whole working condition; platen; protection outlet contact