

高压断路器防跳回路相关优化试验方法

徐胜蓝¹, 陈昊², 涂腾², 宋宇¹, 缪新民¹

(1. 国网江苏省电力有限公司超高压分公司, 江苏 南京 211102;

2. 国网江苏省电力有限公司南京供电分公司, 江苏 南京 210019)

摘要:可靠的防跳回路可以有效防止断路器跳跃,避免高压断路器非正常频繁分合闸,对于保障人身、电网及设备安全意义重大。针对防跳回路设计及其试验方法展开探讨,阐述了防跳回路的典型实现原理、常见缺陷及在工程实际中的应对措施,对比了两类防跳试验方法的差异,指出了现有防跳试验方法检验不够全面的缺陷,并提出增加跳位监视支路外端子电位测量这一优化措施,保证了防跳回路验收的全面性与有效性。

关键词:防跳回路; 参数配合; 防跳试验; 电位测量

中图分类号:TM 774 **文献标志码:**B **文章编号:**1003-6954(2024)03-0095-06

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20240317

Optimization of Testing Method for Anti-bouncing Circuit of High-voltage Circuit Breaker

XU Shenglan¹, CHEN Hao², TU Teng², SONG Yu¹, MIAO Xinmin¹

(1. State Grid Jiangsu Extra High Voltage Company, Nanjing 211102, Jiangsu, China;

2. State Grid Nanjing Electric Power Supply Company, Nanjing 210019, Jiangsu, China)

Abstract: A reliable anti-bouncing circuit can effectively prevent high-voltage circuit breakers from abnormal bouncing, which is of great significance for ensuring the safety of personnel, power grid and equipment. The design and testing methods of anti-bouncing circuit are discussed. The typical principle, common defects and corresponding measures in practical engineering of anti-bouncing circuit are described, and then the differences between two testing methods are compared. It is pointed out that the inspection for current testing methods is not comprehensive enough. Therefore, an optimization measure is proposed, that is, adding the potential measurement of external terminal of closing monitoring branch, which ensures the comprehensiveness and effectiveness of acceptance of anti-bouncing circuit.

Key words: anti-bouncing circuit; parameter coordination; anti-bouncing testing; potential measurement

0 引言

在电力系统中,高压断路器用于开断和连接负荷电路以及切除故障,是实现电力调配和系统保护的关键设备。当系统发生永久性故障时,若断路器控制回路出现问题,如手合接点粘连致使合闸脉冲持续发出,将造成断路器反复“跳-合”的“跳跃”现象^[1-4]。断路器跳跃会导致电网遭受故障电流的多次冲击,且可能造成断路器损坏甚至爆炸,严重危害人身、电网及设备安全。因此,保障断路器分合闸的可靠性,对于电力系统的安全

稳定运行具有重要意义。

为避免断路器跳跃,通常需要在断路器操作回路中加入防跳设计,即通过增加防跳继电器,在合闸命令长期存在时,可靠断开合闸回路,防止断路器非正常频繁分合闸^[5-7]。现有防跳回路一般分为操作箱防跳、机构防跳两种^[8]。由于保护装置与断路器的生产厂家众多,对控制回路的设计多种多样,且一次、二次设备各自的控制回路部分缺乏统一的设计与管理,所以在实际工程中多有操作箱与机构本体控制回路配合出错的问题发生,造成防跳回路动作不正确,如防跳不起作用^[9]、防跳动作后不返回^[10-11]等。因此,对防跳回路进行试验以诊断回路

缺陷、验证回路正确性,是二次检修人员在设备检验时的一项必要工作,主要试验方法分为合位防跳试验以及分位防跳试验两类^[12]。

下面阐述了两类典型防跳回路的设计原理,分析了防跳回路的典型问题,给出了基于工程实际的应对措施。并进一步分析了两种防跳回路的试验方法,在剖析现有防跳试验方法不足的基础上,提出针对性改进措施。

1 防跳回路原理

1.1 操作箱防跳

操作箱防跳回路设计于操作箱中,由操作箱跳闸回路启动,并经由合闸回路形成自保持。其典型设计如图 1 所示。

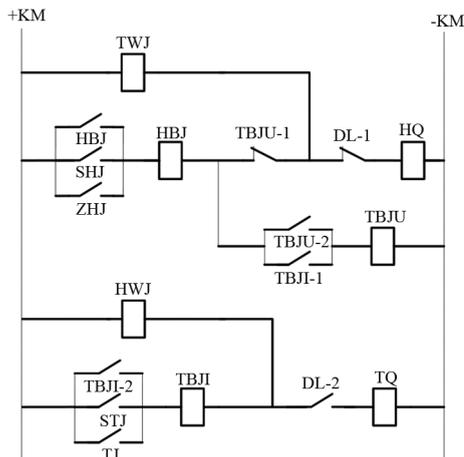


图 1 操作箱防跳回路典型设计

当断路器在合位时,若保护跳闸接点 TJ 或手跳接点 STJ 闭合,跳闸回路导通,TBJI 继电器动作,其常开接点 TBJI-1 闭合。此时,若手合接点 SHJ 或重合闸接点 ZHJ 持续闭合,回路自正电源 +KM—SHJ/ZHJ 接点—合闸保持继电器 HBJ—TBJI-1 接点—TBJU 继电器—负电源 -KM 导通,TBJU 继电器得电。其常闭接点 TBJU-1 打开,断开合闸回路,实现防跳功能;其常开接点 TBJU-2 闭合,形成防跳继电器得电自保持。

防跳自保持后,当 SHJ、ZHJ 接点打开时,防跳回路断开,TBJU 继电器失电,防跳失效。

1.2 机构防跳

机构防跳回路设计于断路器本体机构中,由合闸回路启动并形成自保持。其典型设计如图 2 所示。

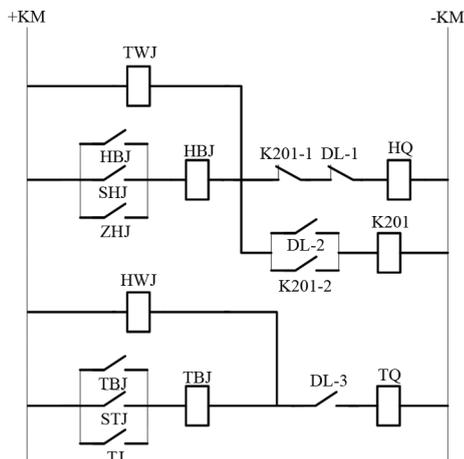


图 2 机构防跳回路典型设计

当断路器在合位时,防跳支路的断路器位置辅助接点 DL-2 闭合。此时,若手合接点 SHJ 或重合闸接点 ZHJ 持续闭合,回路自 +KM—SHJ/ZHJ 接点—HBJ 继电器—DL-2 接点—防跳继电器 K201—-KM 导通,K201 继电器得电。其常闭接点 K201-1 打开,断开合闸回路,实现防跳功能;其常开接点 K201-2 闭合,形成防跳继电器得电自保持。

防跳自保持后,当 SHJ、ZHJ 接点打开时,防跳回路断开,K201 继电器失电,防跳失效。

2 防跳回路设计问题分析

变电站建设前期,由于断路器在机构防跳回路设计上的缺失或不完善,设计时一般采用操作箱防跳回路。随着设备制造水平和变电运检技术的提升,机构防跳回路逐步完善并被采纳使用。但因各地防跳回路设计缺乏标准规范,对于采用哪种防跳回路的考虑各有不同,并且对操作箱控制回路与本体机构控制回路的配合缺乏实际运行经验,导致实际工程中多次出现因防跳设计不正确造成的事故或异常。下面针对这两类防跳回路的缺陷与常见设计问题展开探讨,并介绍了在实际工程中的应对措施。

2.1 操作箱防跳保护范围偏小

相比机构防跳,操作箱防跳存在保护范围偏小的问题,主要表现为以下两点:

1) 操作箱防跳支路设置在操作箱中,仅能防止操作箱合闸接点粘连造成的断路器跳跃;在因操作箱以外的寄生回路或合闸回路长电缆接地造成合闸回路持续导通时,操作箱防跳不起作用。

2)操作箱防跳需经由操作箱跳闸回路启动,仅能在保护装置跳闸或运行人员遥分时实现防跳功能。在断路器本体三相不一致保护动作,或断路器因机构问题导致偷跳或合闸不到位时,操作箱防跳不起作用。

2.2 机构防跳与合闸保持支路参数存在失配风险

一般地,合闸接点 HJ 不具备灭弧能力,合闸回路由断路器位置辅助接点分断灭弧。当 HJ 接点先于辅助接点分开时,合闸回路由 HJ 接点分断,将造成 HJ 接点拉弧损坏,因此合闸回路中设计有 HBJ 继电器。HBJ 继电器的常开接点与 HJ 接点并联,当合闸回路导通时 HBJ 得电形成自保持,直至断路器位置辅助接点断开合闸回路,从而避免了由合闸接点 HJ 开断合闸回路的问题。

但是,当 HBJ 继电器与防跳继电器参数配合不当时,若如第 1.2 节中所述回路导通后,回路电流高于 HBJ 继电器保持电流值,将造成 HBJ 继电器无法返回。即使合闸接点 HJ 未粘连,防跳回路也会持续导通,无法自行切断^[13]。

为避免上述问题,通常需要在设备验收时做好防跳回路正确性验证。若发现上述问题导致断路器合不上的情况,应对 HBJ 继电器与防跳继电器参数进行校核,选择参数合适的元件进行替换,并重新开展防跳回路验证。

2.3 机构防跳与跳位监视支路参数存在失配风险

由图 2 可见,除合闸支路外,机构防跳支路还可通过操作箱跳位监视支路导通,形成寄生回路+KM—跳位监视继电器 TWJ—防跳继电器 K201—KM。进一步地,当 K201 继电器与 TWJ 继电器的参数配合不当时,将造成继电器不正确动作,进而影响保护正常运行。在这种情况下,常见的继电器不正确动作行为主要有以下两种:

1)防跳继电器通过跳位监视支路形成自保持。在寄生回路中,TWJ 继电器与 K201 继电器均具有较高的内阻,一般为数十千欧,两个继电器形成分压。若防跳继电器在寄生回路中的分压高于其返回电压,将造成 SHJ 或 ZHJ 接点断开后防跳继电器依然无法返回的问题^[10,14]。

2)合位监视继电器 HWJ 和跳位监视继电器 TWJ 同时动作。手动合闸后,因断路器在合位,寄生回路导通,若 TWJ 继电器在寄生回路中的分压高

于其动作电压,将导致 TWJ 继电器动作,进而造成事故总异常告警、断路器保护重合闸放电^[15-16]。

为避免上述问题,设计时通常在跳位监视支路中串接断路器位置常闭接点 DL-4 和防跳继电器常闭接点 K201-4^[17-18],如图 3 所示。具体地,串接断路器位置常闭接点,可以在断路器合位时将寄生回路切断,避免继电器因参数配合不当而不正确动作;串接防跳继电器常闭接点,可以避免合闸接点粘连的异常消失后,防跳继电器通过跳位监视支路形成自保持。两个接点互为补充,可以可靠消除寄生回路,避免防跳继电器与跳位监视继电器的不正确动作。

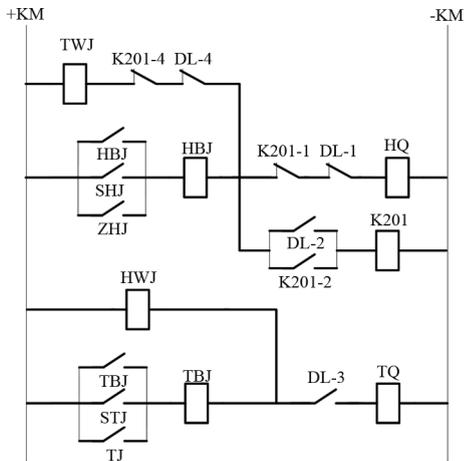


图 3 机构防跳设计改进

在江苏电网,根据《华东电网 500 kV 继电保护工程设计审查要点(试行稿)》中的第 12.1.5 条^[19],以及《江苏省电力公司十八项电网重大反事故措施实施细则》中的第 12.1.2.5 款规定:断路器防跳功能由断路器本体机构实现^[20]。

3 防跳试验方法

断路器防跳回路对于保证断路器可靠分合闸具有重要意义。因此,在基建验收、周期校验等工作中都会重视对防跳回路进行传动试验。常见的防跳回路试验方法主要有合位防跳试验和分位防跳试验。下面以机构防跳回路(如图 3)为例,对两种防跳试验方法进行说明。

3.1 合位防跳试验

当防跳回路设计正确时,合位防跳试验的步骤及可观察到的现象时序如图 4 所示。

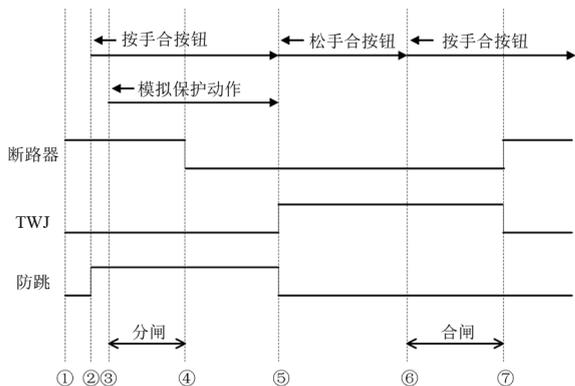


图 4 合位防跳试验步骤及现象

1) 断路器初始在合位,其辅助接点 DL-2 闭合,防跳继电器不动作。

2) 持续按住手合按钮,防跳回路导通,防跳继电器动作,其常开接点 K201-2 闭合,形成自保持;其常闭接点 K201-1、K201-4 打开,断开合闸回路与跳位监视支路。

3) 通入故障电气量,使保护动作,断路器开始分闸。

4) 断路器跳开,但由于 K201-1、K201-4 接点打开,TWJ 继电器未得电动作,可观察到 TWJ 灯不亮。

5) 松开手合按钮,防跳回路断开,防跳继电器失电,其常闭接点 K201-1、K201-4 重新闭合,TWJ 继电器得电,可观察到 TWJ 灯点亮。

6) 再次按下手合按钮,断路器开始合闸。

7) 断路器合上,TWJ 继电器失电,可观察到 TWJ 灯熄灭。

3.2 分位防跳试验

当防跳回路设计正确时,分位防跳试验的步骤及可观察到的现象时序如图 5 所示。

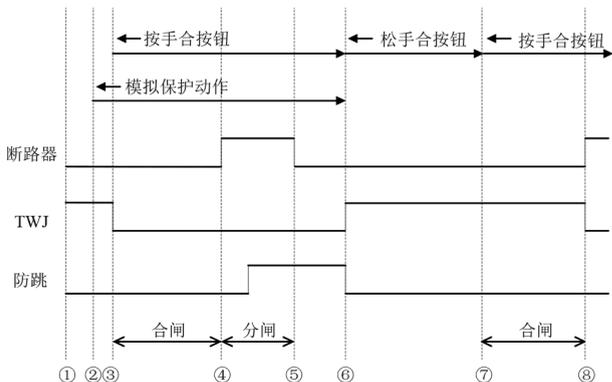


图 5 分位防跳试验步骤及现象

1) 断路器初始在分位,其辅助接点 DL-2 打开,防跳继电器不动作。

2) 通入故障电气量,使保护动作,发出持续分闸命令。

3) 持续按住手合按钮,断路器开始合闸,可观察到 TWJ 灯熄灭。

4) 断路器合上,可观察到 HWJ 灯点亮。断路器辅助接点 DL-2 闭合,防跳继电器得电,开始动作;另一方面,分闸回路中的断路器辅助接点 DL-3 闭合,因保护分闸接点持续闭合,分闸回路导通,断路器开始分闸。

5) 在断路器分闸过程中,防跳继电器动作,其常开接点 K201-2 闭合,形成自保持,其常闭接点 K201-1、K201-4 打开,断开合闸回路与跳位监视支路。断路器跳开后,可观察到 HWJ 灯熄灭,TWJ 灯未点亮。因防跳起作用,此时虽持续按住手合按钮,但断路器不合闸。

6) 松开手合按钮,防跳继电器失电,其常闭接点 K201-1、K201-4 重新闭合,TWJ 继电器得电,可观察到 TWJ 灯点亮。

7) 再次按下手合按钮,断路器开始合闸。

8) 断路器合上,TWJ 继电器失电,可观察到 TWJ 灯熄灭,HWJ 灯点亮。

4 防跳试验方法问题探讨

4.1 防跳继电器动作时间验证

根据《国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施》^[21] 中第 15.2.11 条规定:防跳继电器动作时间应与断路器动作时间配合。

具体地,当断路器手合或重合于故障时,断路器合上后加速分闸,位于防跳支路中的常开辅助接点 DL-2 经历迅速的“分位-合位-分位”变化。若在 DL-2 合位期间,防跳继电器接点 K201-2 未能成功闭合形成防跳自保持,则在断路器跳开、DL-2 重新打开后,防跳继电器将失电,防跳回路不起作用^[22]。

对比两种防跳试验方法,可以发现:合位防跳试验无法验证防跳继电器动作时间与断路器动作时间的配合,而分位防跳试验则可以有效验证这一问题。

4.2 防跳回路正确性验证

通过防跳试验,可以验证防跳回路动作正确性,诊断防跳回路是否存在参数配合不当问题。同样以机构防跳的分位防跳试验为例,对比在不同的参数

表1 不同参数配合情况下的防跳试验现象

回路设计	参数配合	防跳动作结果	防跳试验现象
跳位监视支路 无串接接点	HBJ 继电器保持电流低	不正确	第⑥步,松开手合,TWJ 不点亮; 第⑦步,再次按下手合按钮,断路器不合闸
	K201 继电器返回电压低	不正确	第⑦步,再次按下手合按钮,断路器不合闸
	TWJ 继电器动作电压低	不正确	第⑧步,断路器合上后,TWJ 和 HWJ 同时点亮
	继电器参数配合得当	正确	无异常现象
跳位监视支路 串接两个接点	HBJ 继电器保持电流低	正确	无异常现象
	K201 继电器返回电压低	正确	无异常现象
	TWJ 继电器动作电压低	正确	无异常现象
	继电器参数配合得当	正确	无异常现象

配合情况下的试验现象,如表1所示。

从表1中可以看出,通过防跳试验可以诊断出防跳回路因参数配合不当造成的不正确动作问题。但是,需要注意的是:在跳位监视支路无串接接点而继电器参数配合得当时,防跳回路虽能正确动作,但在正常运行时防跳继电器持续带电,这将影响元件的使用寿命^[23]。从表1可知,现有的防跳试验并未关注跳位监视支路中是否串接辅助触点,无法诊断出上述缺陷。针对这一问题,提出以下方法对防跳试验进行优化:

1)判断是否串接断路器位置常闭接点

在跳位监视支路中串接断路器位置常闭接点,可以在断路器正常运行在合位时,阻断防跳继电器经跳位监视支路导通。因此可以在断路器合位时进行电位测量实现判别,测量点选择保护屏柜(或操作继电器屏)上的跳位监视支路外端子,即图6中的外端子4C1D-8、4C1D-11、4C1D-14。

时,接点打开,回路未导通,测量点电位等于正电源电位;若跳位监视支路未串接断路器位置常闭接点,当断路器在合位时,防跳继电器经跳位监视支路导通,由于两个继电器内阻相差不大,形成分压,测量点电位将低于正电源电位。

2)判断是否串接防跳常闭接点

在跳位监视支路中串接防跳常闭接点,可以在防跳继电器动作后,阻断其通过跳位监视支路实现自保持。因此可以在防跳继电器动作后进行电位测量实现判别,测量点同样选择保护屏柜(或操作继电器屏)上的跳位监视支路外端子。为避免断路器位置常闭接点影响试验判断,测量时应保证断路器在分位。当分位防跳试验第5步结束后,防跳继电器已动作,在松开手合按钮前,在保护屏柜(或操作继电器屏)上打开跳位监视支路端子连片,测量其外端子电位。测量结果对比如表3所示。

表2 断路器合位时测量点电位对比

序号	回路设计	测量点电位
1	跳位监视支路串接断路器位置常闭接点	+57.74 V
2	跳位监视支路未串接断路器 TWJ 和 K201 分压,测量点位置常闭接点	电位具体视继电器参数而定

表3 防跳继电器动作时测量点电位对比

序号	回路设计	测量点电位
1	跳位监视支路串接防跳常闭接点	0 V
2	跳位监视支路未串接防跳常闭接点	+57.74 V

如表3所示,此时,若跳位监视支路未串接防跳常闭接点,测量点与操作箱合闸支路外端子通过两根长电缆直接连通,两者等电位,约等于+57.74 V;若跳位监视支路串接有防跳常闭接点,由于防跳继电器

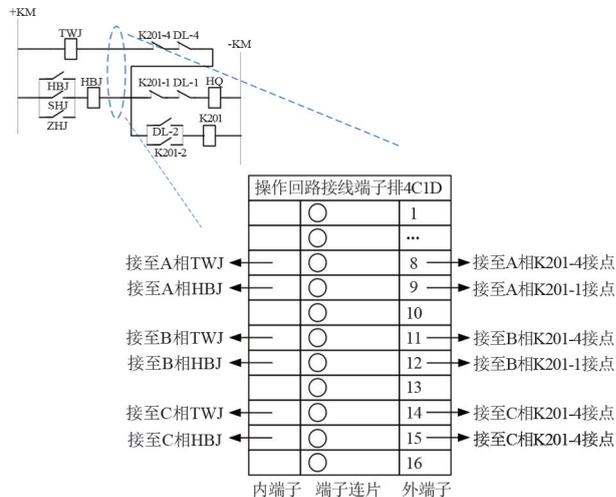


图6 操作回路端子排接线

电位测量结果对比如表2所示。若跳位监视支路中串接有断路器位置常闭接点,当断路器在合位

器动作,接点打开,测量点为无电源点,电位为 0 V。

综合以上两项试验,可以有效检验出跳位监视支路中是否串接有断路器位置常闭接点与防跳继电器常闭接点,从而可靠消除寄生回路缺陷,保证防跳回路设计的正确性与完整性。

5 结 论

防跳回路是用于防止高压断路器跳跃的重要二次回路,对于保障人身、电网及设备安全具有重要意义。上面围绕防跳回路,梳理了操作箱防跳与机构防跳两类防跳回路存在的问题及在实际工程中的解决措施,分析了合位防跳试验与分位防跳试验两类方法的区别,指出了现有防跳试验方法存在无法检验出跳位监视支路是否串接有辅助触点的风险,并提出通过增加对跳位监视支路外端子的电位测量加以改进,有效提升了防跳试验的全面性与可靠性。

参考文献

- [1] 国家电力调度通信中心.国家电网公司继电保护培训教材[M].北京:中国电力出版社,2009.
- [2] 丁宣文,刘明忠,郑永康,等.一起防跳回路异常引起的断路器误动事件分析[J].四川电力技术,2020,43(2):74-76.
- [3] 董超,胡楠楠.断路器防跳回路失灵案例分析及改进措施[J].南方电网技术,2012,6(1):91-93.
- [4] 徐春新.防跳继电器触点卡滞导致断路器反复跳跃的问题分析[J].电力系统保护与控制,2009,37(12):115-117.
- [5] 王轶成,刘波.断路器防跳回路的典型接线及其应用[J].电力系统自动化,2001(1):69-70.
- [6] 龙启峰,陈昊.二次重合故障的原因分析[J].电工技术,2012(12):10-11.
- [7] 冯轩,张宇,何茂慧,等.断路器合于故障分析及改进措施[J].电工技术,2020(24):111-112.
- [8] 毛晨炜.断路器防跳回路的配合问题及优化措施研究[D].保定:华北电力大学,2014.
- [9] 颜华敏,顾国平,陆敏安,等.一起断路器防跳回路异常分析及改造[J].电力系统保护与控制,2010,38(12):138-140.
- [10] 兀鹏越,董志成,陈琨,等.高压断路器防跳回路的应用

及问题探讨[J].电力自动化设备,2010,30(10):106-109.

- [11] 朱韬析,史志鸿,郭卫明,等.断路器操作箱和就地操作机构内合闸回路的配合问题[J].电力系统保护与控制,2010,38(8):115-119.
- [12] 王海波.断路器分位防跳失败原因分析与整改措施[J].电气技术,2022,23(9):81-85.
- [13] 欧阳帆,刘海峰,赵永生,等.智能终端与断路器操作机构防跳配合问题分析[J].湖南电力,2011,31(6):23-26.
- [14] 缪新民,任宾,王明佳.1000 kV 断路器防跳回路故障分析[J].电工技术,2023(3):165-166.
- [15] 李振文,李辉,吴晋波,等.110 kV 断路器防跳回路异常分析及改造[J].湖南电力,2014,34(4):61-63.
- [16] 孔凡坊,胡红霖,刘尚孟.一起 110 kV 变电站事故总异常告警的故障分析[J].电工技术,2021(3):109-111.
- [17] 肖博峰.500 kV 断路器操动机构二次回路典型缺陷及优化建议[J].四川电力技术,2021,44(6):85-91.
- [18] 黄远鹏.一起防跳回路故障的发现及处理过程[J].电气开关,2021,59(4):93-95.
- [19] 国网华东电力调控分中心.华东电网 500 kV 继电保护工程设计审查要点(试行稿)[R].上海,2017.
- [20] 江苏省电力公司.江苏省电力公司十八项电网重大反事故措施实施细则[R].南京,2012.
- [21] 国家电网有限公司.国家电网有限公司十八项电网重大反事故措施(2018年修订版)及编制说明[M].北京:中国电力出版社,2018.
- [22] 陈伟华,吴坚,叶仁杰,等.220 kV 断路器防跳回路研究综述及案例分析[J].电工技术,2020(9):102-104.
- [23] 高远,刘怀宇,赵睿.一起断路器防跳回路缺陷案例的分析及改进方法[J].电工电气,2021(4):34-37.

作者简介:

徐胜蓝(1996),男,硕士,从事变电二次运检工作;

陈昊(1980),男,高级技师,研究员级高级工程师,从事变电二次运检工作;

涂腾(1997),女,助理工程师,从事电力系统调度运行工作;

宋宇(1989),男,技师,高级工程师,从事变电二次运检工作;

缪新民(1990),男,技师,工程师,从事变电二次运检工作。

(收稿日期:2023-09-19)