

影响 BZT 装置正确动作的原因分析及 自适应改进措施

王 红,常喜强

(新疆电力调度控制中心 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 电网中备用电源自动投入装置(简称备自投或 BZT)可以提高供电可靠性和连续性,在生产实际中得到广泛应用。但是,随着电网中新设备的接入 BZT 正常运行受到了影响。首先介绍了 BZT 装置基本工作原理及其分类;其次分析了影响 BZT 装置正确动作的主要因素——分布式电源(DG)的接入、与安自装置功能冲突以及备自投后主变压器过负荷等。最后,针对 DG 接入问题提出了主供电源跳开时联切 DG 的方案,针对安自装置与 BZT 功能冲突问题提出了电压不平衡启动判据,针对主变压器过负荷问题提出了基于功率负荷的自适应 BZT 方案,具有较强的实用性。

关键词: 备自投; 分布式电源; 安自装置; 负荷; 自适应

Abstract: Automatic throw-in devices of stand-by power can improve the reliability and continuity of power supply system, and it is widely used in the actual production. However, with grid integration of new devices, the operation of automatic throw-in device of stand-by power is affected. Firstly, the basic working principle of automatic throw-in device and its classification are introduced. Secondly, the main factors that affect the right action of automatic throw-in device are analyzed, that is, the integration of distributed generation (DG), the conflict with automatic safety control devices and the overload of main transformer etc. Finally, for DG integration, the scheme is proposed that DG is jointly cut when the main supply power jumps; for the conflict of automatic safety control device with automatic throw-in device, the startup criterion of voltage unbalance is proposed; for the overload of main transformer, the adaptive automatic throw-in device based on power load is proposed, which has a strong practicality.

Key words: automatic throw-in device of stand-by power; distribution generation; automatic safety control devices; load; adaptive

中图分类号: TM762 文献标志码: B 文章编号: 1003-6954(2014)02-0014-04

0 引 言

备用电源自动投入装置(简称备自投或 BZT)是电力系统中为了提高供电可靠性而装设的自动装置^[1]。目前,中国 110 kV 及以下电压等级电网多为开环运行^[2-4]。对处于电网终端的变电站,为了提高供电可靠性和经济性,其进线多为两路——互为备用或一备一用。近年来,随着能源需求和新能源技术的发展,以风电、光电为代表的分布式电源(distributed generation,简称 DG)接入电网以及系统接线和运行方式等因素的影响,BZT 常常不能正确动作^[5-10]。

首先介绍了 BZT 装置基本工作原理及其分类;其次分析了影响 BZT 装置正确动作的主要因

素——分布式电源的接入与安自装置功能冲突以及备投后主变压器过负荷等。最后,针对 DG 接入问题提出了主供电源跳开时联切 DG 的方案、针对安自装置与 BZT 功能冲突问题提出了电压不平衡启动判据、针对主变压器过负荷问题提出了基于功率负荷的自适应 BZT 方案,得出一些有益结论。

1 备自投装置的原理及分类

备自投装置是一种当工作电源因故障断开后,能自动且迅速地将备用电源投入到工作,保证对用户不间断供电的一种自动装置。BZT 采用交流不间断采样方式采集信号并实时进行傅里叶法变换,进而准确判断电源状态,并经一定延时来切换电源进线。

目前,中国电网中 BZT 常用方式主要有进线

BZT方式和母联分段BZT方式以及主变压器BZT方式,且均以微机型BZT为主,以图1为例来说明。

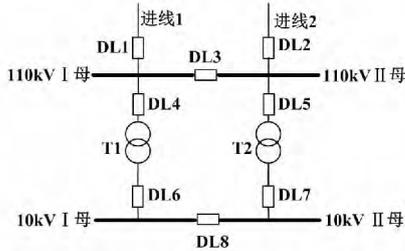


图1 典型备自投接线方式

1) 进线BZT方式

进线BZT方式中,图1中DL2、DL8断开,其他断路器合上。正常运行方式下,进线1处于工作状态,进线2备用。当BZT检测到变电站110kV I母失压且主供开关DL1无电流,在整定时间内,主供电源进线对侧重合闸重合不成功。此时,若进线2有压,则备自投装置启动,迅速跳开DL1,合上DL2。

2) 母联分段BZT方式

母联分段BZT方式下一般无备用进线2。图1中,DL8断开,其他断路器合上。即正常工作时2台变压器各母线均投入,分段断路器断开,10kV的两段母线互为备用。当10kV母线的某一进线电源因故障断开后且重合不成功,则BZT启动,跳开故障线路且DL8自动投入。

3) 主变压器BZT方式

主变压器备自投方式下T1工作,T2备用。DL1、DL3、DL4、DL6、DL8合上,其他断路器断开。当变压器T1发生故障,10kV I母失压,则BZT启动,跳开DL4、DL6,合上DL5、DL7。

2 影响备自投正确动作的主要因素

2.1 DG接入对BZT的影响

如图2所示,以110kV终端变电站为例,进线L1运行,L2备用,即DL1、DL3、DL4、DL6、DL8、DL9在合位,DL2在分位。DG从110kV母线侧接入变电站,以下分两种情况讨论,当变电站主供电源线路故障时DG对BZT的影响。

(1) DL1对侧开关无重合闸功能

当电源进线L1发生故障,DL1对端保护动作跳闸且不重合,在没有DG情况下,此时110kV I母失压,备自投满足启动条件,迅速启动跳开DL1,合上DL2,恢复对负荷供电。但当DG接入时,在电源进

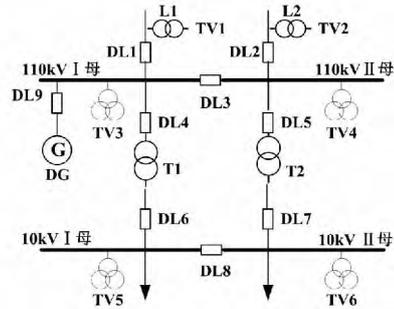


图2 含DG的变电站接线图

线消失后,DG继续与电网连在一起对负荷送电,将形成一个单独供电的短时孤岛。导致110kV I母、II母上仍有电压且高于备自投检无压定值(一般为 $0.3U_e$),备自投不启动。

(2) DL1对侧开关有重合闸功能

当DG未接入时,进线L1发生瞬时性故障时,DL1对侧跳开后,经一段时间延时重合闸检无压重合,恢复供电,备自投不投运。若进线发生永久性故障,DL1跳开后重合不成功,此时备自投检无压启动,跳开DL1,合上DL2。在这个过程中,备自投时间整定必须躲过重合闸动作时间。当DG接入时,瞬时性和永久性故障下,备自投检无压均失效,从而不启动,即备用电源无法可靠供电。

2.2 BZT与安自装置的功能冲突的影响

电网中安自装置主要有低频、低压解列装置、振荡(失步)解列装置、切负荷装置、自动低频、低压减负荷装置、大小电流联切装置等。当系统中频率或电压低于电网下限时,即系统有功或无功不足时,其将可靠切除部分负荷,使系统频率或电压恢复稳定。为了保证电网的稳定,中国220kV变电站内开始大量安装安自装置,其对110kV线路BZT的投退将产生影响。

如图3 220kV站I安装有低周减载装置,同时A站内安装有进线BZT装置。当系统有功不足时,要求220kV站I处低周减载装置动作以切除负荷线路1,此时A站处BZT装置检测到母线无压且主供开关无电流,满足启动条件,BZT装置将会误动,即BZT与低周减载装置之间发生了功能冲突。在实际运行中,BZT装置应能区分线路是因故障时保护动作跳开,还是因安自装置动作跳开。

2.3 过负荷对BZT装置的影响

如图4所示为典型的两线路主变压器组运行方式,配置主变压器BZT或分段BZT。若系统中两台

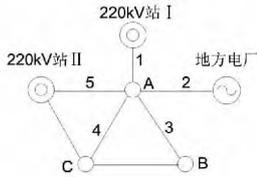


图 3 典型电网结构图

主变压器容量大小不同或单台主变压器容量小于全站负荷,此时,其中 1 台主变压器发生故障时,BZT 的动作将全部负荷切换到另 1 台主变压器上,易造成单台主变压器过负荷。同时,此时若闭锁 BZT 会产生甩掉一半负荷的问题。

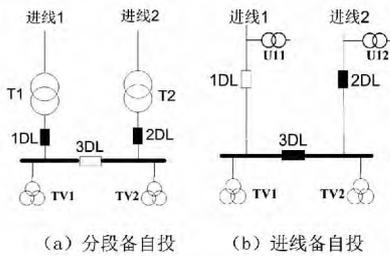


图 4 两线路主变压器组接线图

1) 分段 BZT 过负荷问题

如图 4 (a) 所示,当主变压器 1(或 2) 断电时,BZT 投入跳开 1DL(或 2DL),主变压器 2(或 1) 将承担 2 台主变压器的负荷,将出现过负荷问题,过负荷保护装置可能会动作,造成全站失电。若此时,BZT 闭锁则将甩掉一半负荷。

2) 进线 BZT 过负荷问题

如图 4 (b) 所示,若故障前由进线 1 带全站负荷,且进线 1 出自 1 台大容量变压器。当进线 1 失电时,BZT 将跳开 1DL 投入 2DL,若线路 2 出自 1 台小容量变压器,则将出现小容量主变压器过负荷。此时,若闭锁 BZT 则会产生全站失电问题。

3 备自投自适应运行方式逻辑策略

3.1 适应 DG 接入的备自投逻辑改进

当电源进线故障时,为快速可靠地切除 DG,选取以下两种解决方案。

1) 主供电电源进线安装光纤纵差保护。当主供电电源进线发生故障时,线路两侧保护跳闸的同时,联跳 DG,BZT 检无压启动,这样可以缩短 BZT 的投入时间。

2) 在进线断路器(即图 2 中 DL1) 处加装具有

检电压、电流以及功率方向等功能的装置。系统正常运行时,DL1 的功率流向为线路到母线。当主供电电源故障时,DG 将向故障点提供一定短路电流,DL1 上功率流向将发生变化。当主供电电源线路因断线等其他原因使 DL1 对侧开关跳开,DL1 上有电压但无电流。所以,若 DL1 处功率流向发生变化或 110 kV 母线有压但 DL1 上无电流,则迅速跳开 DL1,同时联切 DG。

上述两种方法的思路都是故障时联跳 DG,具体实现方法如下。

为确定 DG 在 DL2 闭合前已经切除。这里是基于南瑞继保 RCS-9653BZT 中的动作逻辑来改进。

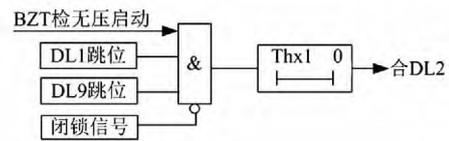


图 5 基于 RCS-9653 的部分逻辑改进

逻辑框图如图 5 所示,在 BZT 出口动作与门处加一输入条件——DG 出口断路器 DL9 跳位。在此条件下,经延时继电器一定时间延时后为 DL2。若故障清除,母线电压恢复,DL9 经检同期合闸。

3.2 适应安自装置的备自投逻辑改进

当进线两端变电站同时装有安自装置和 BZT 时,若线路因低周减载跳开,则 BZT 应该闭锁,保证负荷可靠切除。

通过比较变电站母线电压数值大小的对称性,来区分线路切除是因为本身故障还是因为安自装置动作。

具体实现方法如下。

令则 $u_{\varphi\max} = \max(|U_a|, |U_b|, |U_c|)$ 则

$$u_{\varphi\min} = \min(|U_a|, |U_b|, |U_c|) \quad (1)$$

$$u_{\varphi\max} = \max(|U_{ab}|, |U_{bc}|, |U_{ca}|) \quad (2)$$

$$u_{\varphi\min} = \min(|U_{ab}|, |U_{bc}|, |U_{ca}|) \quad (3)$$

$$k_1 = u_{\varphi\min} / u_{\varphi\max} \quad k_2 = u_{\varphi\min} / u_{\varphi\max} \quad (4)$$

BZT 是否投入的判据如下:若 $k_1 < k_{1set} \cup k_2 < k_{2set}$,即图 3 中 110 kV 输电线路 1 发生故障。在此情况下,开放 BZT 一段时间,这段时间内 BZT 按原有动作逻辑动作。若上述条件不满足,则为外部 110 kV 输电线路故障,此时 BZT 装置闭锁,保证负荷可靠切除。BZT 装置必须在电压不平衡启动判据输出为 1 时才能启动,BZT 电压不平衡启动判据的逻辑如图 6 所示。

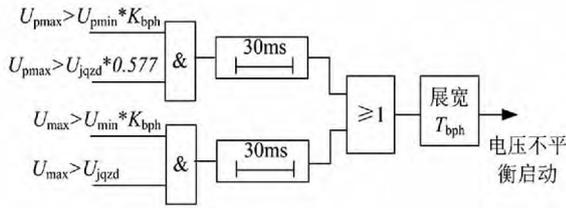


图 6 BZT 电压不平衡启动判据逻辑

3.3 适应负荷情况的备自投逻辑改进

当主电源进线因故障而跳开时, BZT 将工作母线接于备用电源上, 此时可能出现负荷超出备用电源容量的情况, 备用电源或设备可能会因过负荷而使继电保护装置动作, 进而扩大停电范围。这与使用 BZT 的初衷相违背。针对上述问题, 提出一种基于功率负荷自适应的 BZT 方案。

图 7 所示为基于功率负荷自适应的 BZT 方案流程。

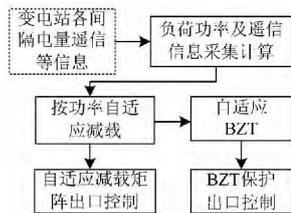


图 7 基于功率负荷的自适应 BZT 方案

2 台主变压器的负荷功率及遥测信息通过变电站二次侧采样接口来采集并转换成一次侧有功功率 (P_1 、 P_2) 及无功功率 (Q_1 、 Q_2)。

故总视载功率为

$$S = \sqrt{(P_1 + P_2)^2 + (Q_1 + Q_2)^2} \quad (5)$$

为使 BZT 动作后, 主变压器在规定负荷容量内运行。需要根据 BZT 投入前的负荷分布情况, 选择性地切除部分负荷, 直到主变压器容量不过载。

若减载次数为 n 次, 则各出线的负荷功率按 n 轮减载顺序逐次减负荷, 直到满足要求。

第一轮减载后, 系统所剩总负荷为

$$P_{n1} = P_1 + P_2 - P_{j1} \quad (6)$$

$$Q_{n1} = Q_1 + Q_2 - Q_{j1} \quad (7)$$

$$S_{n1} = \sqrt{(P_{n1} + Q_{n1})^2} \quad (8)$$

第 n 轮减载后, 系统所剩总负荷为

$$P_{in} = P_1 + P_2 - (P_{j1} + P_{j2} + \dots + P_{jn}) \quad (9)$$

$$Q_{in} = Q_1 + Q_2 - (Q_{j1} + Q_{j2} + \dots + Q_{jn}) \quad (10)$$

$$S_{in} = \sqrt{(P_{in} + Q_{in})^2}$$

其中, 第 n 轮需要减去的有功、无功如下。

$$P_{jn} = \sum_{x=1}^m P_{lx} \quad Q_{jn} = \sum_{x=1}^m Q_{lx} \quad (11)$$

其中 l_x 和 m 分别为被减载线路间隔、每次减载所选低压出线间隔数。

已知备用主变压器容量为 S_1 , 分别将每一轮负荷减载后的总视载功率与主变压器容量分别作比较。

BZT 投入运行的逻辑条件如下。

1) 若总负荷 $S < S_1$, 则减载装置不用减载, BZT 直接投入运行。

2) 若总负荷且 $S > S_1$ 且 $S_{(n-1)} > S_1, S_n < S_1$, 则需要进行 n 次减载, 直至第 n 次减载后的容量 S_n 满足条件则不需要减载。若不满足则继续减负荷, 直至满足条件为止。此时, BZT 装置可将负荷投入到备用主变压器。

4 结论与展望

分析研究了 DG 接入、安自装置与 BZT 功能冲突、过负荷等多种情况下 BZT 装置的不足之处。针对 DG 接入问题提出了主电源跳开时联切 DG 的方案, 针对安自装置与 BZT 功能冲突问题提出了电压不平衡启动判据, 针对主变压器过负荷问题提出了基于功率负荷的自适应 BZT 方案。上述方案提高了 BZT 装置的可靠性, 具有较强的实用性。

参考文献

- [1] 杨忠礼, 赵慧光, 张光衡. 影响备自投正确动作原因分析[J]. 电力系统保护与控制 2008, 36(21): 97-98, 101.
- [2] 刘若溪, 张建华, 李更彧. 地区电网备自投在线投退控制策略(二) 考虑备用电源侧可用供电能力的备自投控制策略[J]. 电力自动化设备 2011, 31(4): 13-16.
- [3] 张丽丽, 侯有韬. 备自投装置在双母线接线方式下的改进[J]. 电力系统保护与控制 2008, 36(17): 90-91.
- [4] 王锐, 李钊, 许元戎. 高压电网自适应式站间实时自控备自投装置的研制[J]. 继电器 2007, 35(19): 45-49.
- [5] 张鑫. 计及主变保护的备自投装置改进方案[J]. 电力系统保护与控制 2009, 37(3): 91-92.
- [6] 马力, 宋庭会, 库永恒. 防止母线 PT 断线引起备自投不正确动作的研究与改进[J]. 继电器 2008, 36(2): 79-81.
- [7] 刘延乐, 刘文颖, 王传起, 等. 电网备自投自适应建模方法研究[J]. 电力系统保护与控制 2012, 40(6): 40-45.

(下转第 77 页)

5) 由于长期没有进行倒母操作,隔离开关传动部分没有有效运动,传动部分因长期不操作造成积污、锈蚀和卡涩,最终出现操作卡涩、分闸、合闸拒动的现象。

6) 本系列的 GW16A 型隔离开关由于在连接轴内渗入水分,造成齿轮和齿条锈蚀,导致隔离开关分合闸不到位、卡涩、不同期等现象。

4 预防措施

为了防止公司同系列 GW16A 型隔离开关发生同类型问题,建议采取以下预防措施。

1) 针对防水功能差的原因,对防水罩与触指接触部分、螺栓连接处、顶杆滚轮防水罩部分涂抹防水胶,并在触指座挖开两个排水孔,这样水分在受热后变成水蒸气从排水孔排出。

2) 从锈蚀的原理角度,主要是控制或避免铁发生电化学反应:①保持导电管内干燥;②对弹簧表面涂抹二硫化钼锂基润滑脂;③将复位弹簧的轴套更换成镀锌的材质。

3) 检查复位弹簧和夹紧弹簧的时候,务必测量弹簧自由松弛时候的长度,应符合厂家要求,以防弹力不足,导致分合不到位。

4) 加强对 GW16A 型隔离开关红外测温,防止弹簧弹力不足,在状态检修制定计划时,建议对此类型隔离开关不宜延长检修周期,按时进行检修。

5) 重点检查连接轴滚轮的接触是否紧密,滚轮是否磨损,上导电管顶杆露出部分距离是否合适,因为这将决定最终触指的夹紧度。

6) 检修本类型隔离开关时,应手动进行分合,确认无卡涩再做电动分合 5 次,确保分合到位并且同期合格,检修过程中重点检查传动部分是否灵活,密封部分是否失效。

7) 由于本类型隔离开关下导电管无法做到全密

封,或多或少会有水分渗入下导电管内腐蚀拉杆和平衡弹簧,因此检修时应重点关注下导电管作操作是否卡涩、灵活,若出现问题,应及时进行解体处理。

5 结 论

通过对该类型隔离开关的大修及解体检查,发现不少问题是在运行中不能及时发现的,如导弹簧锈蚀断裂、顶杆锈蚀、转动部分卡涩等,这些缺陷都非常容易恶化,造成严重故障。隔离开关机械回路的防尘、防雨能力较差,极易引发机械故障。为防止此类高压隔离开关发生故障,保证安全运行,要在日常巡视操作中注意观察其状况,发现异常及时处理,避免缺陷恶化造成故障。应根据隔离开关运行环境具体运行状况,确定其解体大修年限及小修维护检查项目。只有把握好隔离开关检修维护的关键问题,才能使隔离开关设备的安全运行得到保障。

参考文献

- [1] 朱勇,王雁飞,马庆君. GW16-252 隔离开关拐臂发热原因分析及处理方案[J]. 中国电力教育, 2008(s1): 166-167.
- [2] 孙亚辉. GW16 型隔离开关的改造原因分析[J]. 华中电力, 2011, 24(6): 21-22.
- [3] 柳舜水,金勇. 高压隔离开关接触电阻超标原因分析及改造[J]. 内蒙古电力技术, 2012, 30(2): 86-88.
- [4] 肖辉,吴兴斌,曾祥君. GW16/17 型隔离开关在运行中出现的问题及解决方案[J]. 长沙理工大学报: 自然科学版, 2005, 20(3): 18-19.
- [5] 孟辉,李杰. GW16、GW17 型隔离开关缺陷处理[J]. 东北电力技术, 2006(3): 30-32, 33.

作者简介:

李运涛(1968),高级技师,现从事变电检修管理工作;

刘同杰(1984),硕士,现从事变电检修工作。

(收稿日期:2013-11-04)

(上接第 17 页)

[8] 秦贵锋,王明,张进. 智能变电站自适应备自投应用[J]. 电力自动化设备, 2012, 32(6): 111-115.

[9] 汤大海,杨合民,刘春江,等. 一种自适应的扩大内桥备自投装置[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(15): 107-111.

[10] 赵家庆,霍雪松,钱科军,等. 基于功率负荷自适应的

备自投实现方法[J]. 江苏电机工程, 2013, 32(3): 50-53.

作者简介:

王红(1959),工程师,研究方向为电力系统调度与控制。

(收稿日期:2013-10-11)