

一起 10kV 分段备自投拒动事件引发的思考

吴琳嫻，宋晓东

(无锡供电公司，江苏 无锡 214000)

摘 要：为提高电网安全可靠，备自投装置在 110kV 及以下变电所得到了广泛的应用，是变电所重要的二次设备。本文结合一起 10kV 分段备自投拒动事件，详细分析了该备自投装置的动作条件及充放电逻辑，得出了其拒动的真正原因。通过比较不同厂家的备自投装置充放电逻辑及在上述情况下的动作情况，分析其存在的问题。文章最后分析了几种 10kV 系统常见的电压异常，并分析了不同厂家备自投装置可能发生的不正确动作情况，提出了运行人员运行维护中需注意的一些事项。

关键词：备自投；拒动；充放电逻辑；电压异常

0 引言

随着社会对电网供电可靠性的要求越来越高，10kV 备用电源自动投入装置在电力系统中的应用也越来越广泛^[1]。据不完全统计，无锡地区本部 110kV 及以下变电所低压侧一般采用单母线分段接线方式，所辖变电站 10kV 备自投装置约有 80 套，其中使用较多的为南京自动化、南瑞继保及南京中德厂家的备自投保护装置。如果 10kV 备自投装置的逻辑设置不完善，不但起不到保供电的作用，还会造成整段母线失压，甚至是全站的 10kV 母线失压^[2]。因此，研究 10kV 备自投装置的动作逻辑，意义重大。本文将结合一起 10kV 分段备自投拒动事故，分析其拒动原因，并通过比较不同厂家的备自投装置在各种电压异常下的动作情况，为运行人员处理类似异常事故提供一些思路。

1 事件现象分析

1.1 变电站接线情况

某 110kV 变电站为双主变运行，一次接线如图 1 所示，高压侧为线变组接线方式，低压侧为单母线分段接线方式。该站配置了 NSP40B 型 10kV 分段备自投装置。事故前运行方式为进线 L1 经 701 开关供 1 号主变，进线 L2 经 702 开关供 2 号主变；1 号主变 10kV 侧经 101 开关供 10kV I 段母线，2 号主变 10kV 侧经 102 开关供 10kV II 段母线；10kV I、II 段分段 110 开关热备用，10kV 备用自投启用。

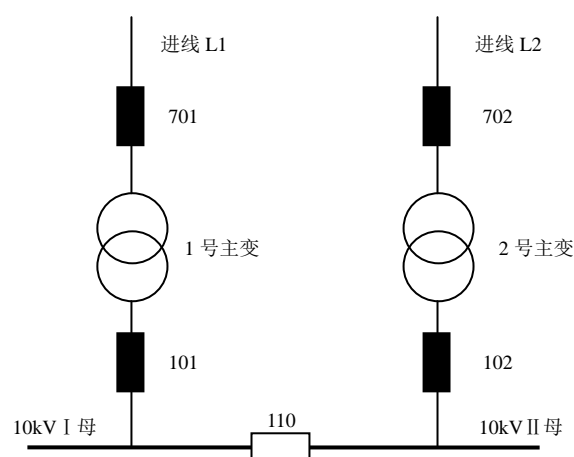


图 1 某 110kV 变电站一次主接线图

1.2 事件经过

当日 15 时 01 分，该变电站 10kV I 段母线 A 相电压下降为 2.62kV，B 相电压下降为 3.22kV，C 相电压上升为 6.29kV，线电压 U_{ab} 为 0.96kV。监控中心告知 110kV 进线 L1 B 相无电。16 时 14 分，进线 L1 对侧开关被拉开，该变电站 1 号主变、10kV I 段失电，10kV 备自投未动作。经继保人员现场检查，10kV 备自投装置在失电前已经放电，所以导致备自投拒动。

根据监控所得的信号，110kV 进线 L1B 相无电流，经主变 Y/△转换后，10kV 侧 A、B 两相相电压下降，约为正常电压的 1/2，C 相电压略比正常电压升高，可判断此次事故为 110kV 侧单相断线事故。

2 备自投动作条件说明

图2为变压器备自投的基本主接线形式。当两段母线分列运行时，装置选择桥开关自投方案。正常运行时I母、II母分列运行，即1DL、2DL在合位，3DL在分位，当I母电压因故障或其他原因失压，1DL跳开，3DL合上，两段母线并列运行。

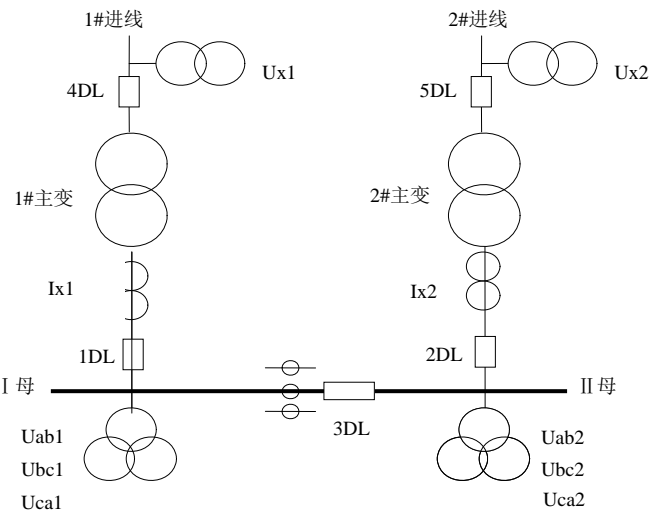


图 2 变压器备自投主接线示意图

该变电站使用的备自投为南京中德生产的 NSP40B 型备自投装置，备自投动作逻辑如图3所示。备投方式1是指II母暗备用。

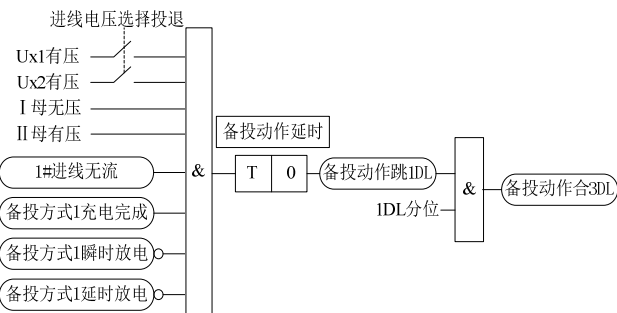


图 3 备自投动作逻辑图

图 3 中， U_{x1} 及 U_{x2} 是装置引入进线的单路线电压或相电压（任意相别），是为了在进线互投时判别备用进线电压是否合格（即备用电源是否正常）。根据系统配置，可通过控制字决定是否引入进线电压。该变电站进线侧未装设 PT，故未引入进线电压。其中，母线有压是指母线的三个线电压均大于母线有压定值，母线无压是指母线的三个线电压均小于母线无压定值。进线无流检查取一相电流，进线无流的定值一般按照躲过最小负荷电流整定。根

据表 1 所示的该变电站 10kV 分段开关备自投的继保整定单，母线有压整定为大于 70% 的额定电压，即次级电压大于 70V；母线无压整定为小于 25% 的额定电压，即次级电压小于 25V；进线无流整定为次级电流小于 0.1A。

整定类型	变流比	改变后整定值					备注
	变压比	I(A)	I(a)	U(kV)	u(v)	T(s)	
1 号主变高压侧电流	300/5A	6	0.1				闭锁
2 号主变高压侧电流	300/5A	6	0.1				闭锁
10kVI、II 段有压定值	10/0.1kV			70%U _e =70V			起动判别
10kVI、II 段无压定值	10/0.1kV			25%U _e =25V			起动判别
备自投动作跳闸时间						5	跳闸

按照图 3 的动作逻辑和表 1 的整定值，在备自投充电完成后，I 母三个线电压均小于 2.5kV，II 母三个线电压均大于 7kV，1#进线电流小于 6A 且不满足放电条件时，经 5s 延时后备自投能够正确动作。

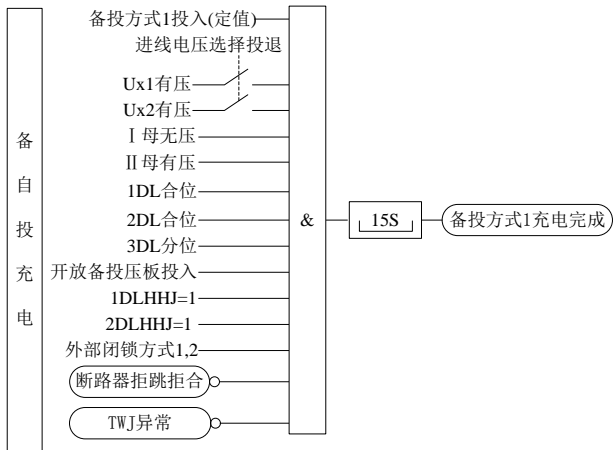


图 4 备自投充电逻辑图

图 4 为 NSP40B 型备自投装置的充电逻辑图，充电条件为：

- (1) BZT 投入工作；
- (2) I 母、II 母均符合有压条件；
- (3) 工作断路器（1DL、2DL）均在合位且继电器处于合后位置，备用断路器（3DL）在跳位。
- (4) 无外部闭锁信号输入且断路器工作正常；
- (5) TWJ 正常。

其中, TWJ 异常信号在三种情况下会发出: 一是 1DL 在分位而 $I_{x1} > \text{无流定值}$; 二是 2DL 在分位而 $I_{x2} > \text{无流定值}$; 三是 3DL 常闭接点和常开接点总是一致。这三种情况下经 10s 延时发相应的断路器异常信号, 并闭锁备投。

上述充电条件全部满足后经 15s 持续充电即可完成备自投的充电。根据上述备自投充电逻辑可以得出, 在异常发生之前, 备自投充电条件也都满足, 备自投充电是正常的。那么可以判断, 在异常开始发生到 1 号主变、10kV I 段失电这段时间内备自投已发生了放电, 故导致备自投拒动。

3 备自投拒动原因分析

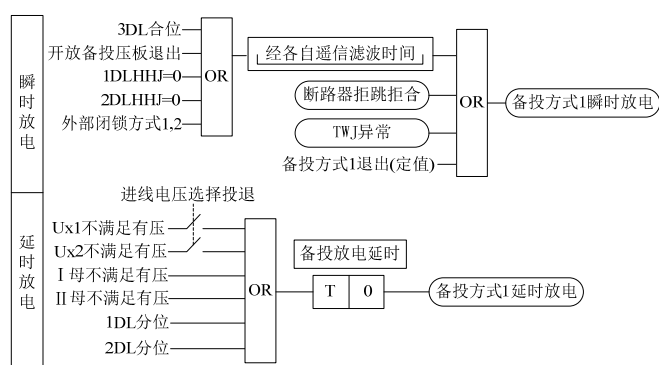


图5 备自投放电逻辑图

图5为 NSP40B 型备自投装置的放电逻辑图, 当满足备自投压板退出, 备用断路器(3DL)合上, 手跳运行断路器(1DL 或 2DL), 外部闭锁信号输入这四个条件中的任意一个, 经相应的遥信滤波时间备自投就会瞬时放电, 当断路器拒跳拒合或 TWJ 异常时备自投也会放电。据现场排查, 这几个都不是真正的放电原因。

当 I 母不满足有压, II 母不满足有压, 1DL 在分位, 2DL 在分位这四个条件中满足任意一个并且经过一段时间延后备自投延时放电。异常发生后, 根据监控中心所测得的数据, 10kV I 段母线线电压 U_{ab} 为 0.96kV, 次级电压为 9.6V, 而母线有压整定为大于 70% 额定电压, 即次级电压大于 70V。从图 5 的延时放电逻辑中, 可以看出“ I 母不满足有压”条件已经满足, 导致备自投延时放电。所以当 16 时 14 分, 进线 L1 对侧开关被拉开, 变电站 1 号主变、10kV I 段母线失电时, 该变电站 10kV 备自投未动作。至此, 可以清楚地了解此次事故备自投拒动的真正原因。

4 其他厂家备自投装置对此故障的动作情况

现无锡地区站内使用较多的为南京自动化、南瑞继保及南京中德厂家的备自投保护装置。下面分析其他两个厂家的备自投的充放电逻辑。

4.1 南自备自投充放电逻辑^[3]

4.1.1 充电逻辑

1) 不是所有允许条件都满足;

2) 且时间超过 10s。

以上条件同时满足后为“充电”满状态。

其中, 允许条件为:

1) I 段母线失压, II 母有压, 线路 I 电流小于电流定值 I_{dz1} 作为允许条件;

2) II 段母线失压, I 母有压, 线路 II 电流小于电流定值 I_{dz2} 作为允许条件;

3) 1DL 在跳闸位置, I 段母线失压作为允许条件;

4) 2DL 在跳闸位置, II 段母线失压作为允许条件。

4.1.2 放电逻辑

1) 任一个闭锁条件满足;

2) 或备投动作出口。

以上条件任一个满足, 立即对该计数器“放电”。

其中, 闭锁条件为:

1) 1DL 或 2DL 开关在跳闸位置;

2) 3DL 开关在合闸位置;

3) 备用母线电压小于有压定值;

4) 变压器保护动作。

4.2 南瑞继保备自投充放电逻辑^[4]

4.2.1 充电逻辑

1) I 母、II 母均三相有压; 有压一般整定为 70V;

2) 1DL、2DL 在合位, 3DL 在分位。

经备自投充电时间后充电完成。

4.2.2 放电逻辑

1) 3DL 在合位经短延时;

2) I 母、II 母均无压(三线电压均小于 U_{wyqd}), 延时 15S; U_{wyqd} 一般整定为 25V;

3) 外部闭锁信号(手分 1DL 或 2DL 闭锁、主变保护动作闭锁);

4) 1DL、2DL、3DL 的 TWJ 异常; 使用本装置的分段操作回路时, 控制回路断线, 弹簧未储能

(合闸压力异常);

5) 1DL 或 2DL 开关拒跳;

6) 整定控制字或软压板不允许 I 母 (II 母) 失压分段自投。

4.3 动作情况

从以上逻辑可以看出, 南自及南瑞厂家的备自投装置在该变电站的异常下, 备自投均不会放电, 能够正常动作。南京中德的备自投装置与国内主流产品的区别主要在于判无压的条件比较严, 只要任一母线不满足有压即放电, 而南自和南瑞厂家的备自投装置是要两段母线均无压才会放电。

5 常见电压异常及备自投动作情况

5.1 10kV 系统常见电压异常

为保证供电可靠性, 无锡地区 10kV 系统大多采用中性点不直接接地系统, 它包括中性点不接地系统、中性点经消弧线圈接地系统。当发生单相故障时, 由于不能构成低阻抗短路回路, 接地短路电流很小, 因此这种系统称为小电流接地系统。小电流接地系统电压异常是变电站常见的故障^[4], 一般有如下四种: (1) 单相接地故障; (2) PT 熔丝熔断; (3) 谐振; (4) 高压线路断线。

5.1.1 单相接地故障

(1) 如系金属性接地, 则接地相电压接近于零, 其余两相相电压升高为线电压。

(2) 如系非金属性接地, 则接地相电压降低但不为零, 其余两相相电压升高但不相等, 其中一相略高于线电压。

(3) 如三相电压表的指针不停摆动, 这时是间隙性接地。

5.1.2 PT 熔丝熔断

(1) 高压熔丝熔断

在一相、两相或三相高压熔丝熔断时, 熔断相二次电压将显著降低, 但因有其它相互感作用, 使其仍显示一较小的电压值, 非故障相电压为相电压, 有零序电压。

(2) 低压熔丝熔断

低压熔丝熔断后, 一次侧电压正常, 没有零序电压, 故障相二次电压将降低为零。

5.1.3 谐振^[5]

(1) 分频谐振

三相对地电压依次轮流升高 (一般上升为

1.2~1.5 倍的相电压), 表计有节奏地摆动。

(2) 基频谐振

当比值 X_C/X_L 接近于 1 时, 发生谐振的谐振频率与电网频率相同, 故称之为基频谐振。具体表现为三相电压不平衡, 一或二相电压升高超过线电压。过电压一般不超过 1.5~2 倍相电压, 最高可达 3 倍相电压。

5.1.4 高压线路断线

高压线路出现单相断线但又不接地的情况很少出现, 但也需要注意, 这对农网变电所母线电压影响较大。一相断线时, 三相电压不平衡, 非断线相的两相电压相等且降低, 断线相电压升高, 供电功率减少; 两相断线, 非断线相的电压降低, 断线两相电压升高, 供电功率明显减少。

5.2 备自投动作情况

假设在异常发生前备自投均充电完好, 那么在异常发生的时候起到备自投动作的这段时间内以及备自投延时动作这段过程中不发生放电现象, 备自投就不会拒动。现排除各种外力放电原因, 单从电压角度比较各备自投厂家在电压异常下的动作情况。

南京中德备自投装置在“I 母不满足有压”或“II 母不满足有压”的情况下延时放电, 南自的备自投装置在“备用母线电压小于有压定值”时放电, 南瑞继保的备自投装置在“I 母、II 母均无压”时延时放电。

南京中德的备自投装置当发生 PT 熔丝熔断、高压线路断线时, 总有一至两个线电压降得比较低, 肯定能够满足“I 母不满足有压”或“II 母不满足有压”, 如不能在放电延时时间内切除故障, 必然会导致备自投拒动。

南自和南瑞继保的备自投装置在上述电压异常下不会导致备自投延时放电而拒动, 但是在一些特殊情况下也会拒动。如当主供电源和备用电源取自同一母线时, 当主供线路故障引起备用线路电压降低, 当低于电压整定值时, 会导致备自投瞬时或延时放电, 造成备自投拒动^[6]。

6 运行维护注意事项

备自投装置已广泛应用于 110kV 及以下变电站, 其可靠性直接影响着整个变电站乃至系统的安全稳定运行, 稍有不慎就会导致全站停电或者大面

积停电。因此，在正常运行、维护过程中，应注意以下几点：

(1) 在变电站新投运时，必须做备自投装置的实际带开关跳、合试验，不能用简单的模拟试验来代替，模拟试验只能用来检测备自投装置的一般逻辑功能；

(2) 备自投装置要完全独立于保护装置，不能影响保护的正确动作，其回路应避免与保护回路混杂。在进行备自投装置的逻辑试验时，首先要通过做安全措施，把备自投装置完全独立出来，以免试验时误动或者拒动；

(3) 备自投逻辑试验时，必须严格按照备自投逻辑进行，尤其应注意对备自投闭锁逻辑的试验；

(4) 运行人员在投备自投装置时，应注意装置的充电标志，如有现场不能解决的异常情况，及时反映，以便迅速得到解决；

(5) 运行人员应加强对备自投装置的巡视，对相关指示灯及压板作重点检查，发现异常及时反映处理，不断提高备自投装置的运行可靠性；

(6) 备投装置逻辑试验不能只停留在装置本身，必须从电网角度进行分析。当备自投装置的逻辑或整定值不合理时，在方便的情况下优先修改逻辑或整定值，无法做到这一点时，要能根据故障时的电压状况迅速判断备自投可能的动作情况（闭锁、放电或误动），然后做出正确的应急方案。

(7) 运行人员要熟悉各个自动装置厂家备自投动作及充放电逻辑的特殊之处，当备自投拒动时，要配合调度及时手动投入备用电源，先拍开故障线路开关，再合上备用电源开关，迅速切除故障，缩短停电时间，减少停电范围。

7 结束语

目前，备自投装置在电网中的使用越来越多，

备自投逻辑虽然简单，但影响备自投逻辑的因素很多。现不少厂家仅仅停留在备自投装置本身逻辑的实现，很少从电网的角度考虑，致使备自投在某些特殊的运行方式或者故障情况下会发生误动或拒动。在分析备自投不正确动作原因时，不能仅仅停留在装置本身逻辑试验，应从电网参数变化方面进行分析。为保证备自投的准确可靠动作，需要结合一次接线的实际情况，编制出适当的逻辑和整定出切合实际的定值，并尽量创造条件带所有断路器做整组传动试验。运行人员要熟悉各个自动装置厂家备自投动作及充放电逻辑的特殊之处，当根据电压异常判断出备自投不能正确动作时，要及时建议调度采取最优的运行方式，迅速切除故障，缩短停电时间，减少停电范围。

参考文献：

- [1] 郑曲直，程颖. 备用电源自投装置设计、应用的若干问题[J]. 继电器，2003，31(8)：18-21.
- [2] 高宏慧. 一组典型的 10kV 备自投装置动作行为分析[J]. 广东输电与变电技术，2010，12(2)：21-23.
- [3] 国电南京自动化股份有限公司. PSP 642 数字式备用电源自投装置技术说明书[Z]. 2001.
- [4] 南京南瑞继保电气有限公司. RCS-9600CS 系列工业电气保护测控装置技术说明书[Z]. 2002，294-299.
- [5] 詹钊，廖莉萍. 中性点不接地系统电压异常探讨[J]. 四川水利发电，2011，30(3)：128-130.
- [6] 陈丹丹. 10kV 备自投误动作事故分析及改进措施[J]. 中国新技术新产品，2010，(21)：125.

作者简介：

吴琳嫻（1986—），女，江苏张家港人，助工，变电值班员，
Email: tiantianwlx@126.com。