

[石化电气]

快切装置的功能设置与试验

文/陈 农 韩建生 常艳萍
兰州石化榆林化工有限公司

目前，石化企业大多利用快切装置实现抗晃电，但在应用中，存在由于定值设置、切换功能、动作方式配置不合理等原因造成故障影响范围扩大的现象。通过配置快切装置的串联切换方式、保护定值的设置，对保护启动、变位启动、失电压启动的试验过程进行分析，验证设置的合理性，对工作进行指导。

快切装置在石化企业的抗晃电应用已日益增多，但快切装置与其他电气保护装置的配合还存在一定问题，保护配置不合理、切换方式选择不当等使得抗晃电的应用效果较差，快切装置动作后引起保护启动造成的装置非计划停车时有发生。2021年某石化企业发生一起非计划停车事件，经过调查发现，速断保护动作造成10 kV II段母线电压降低，快切装置以“残压切换模式”完成切换，另外一台电动机在自启动过程中速断保护动作跳闸，造成装置非计划停车。因此，快切装置的抗晃电成为石化企业目前迫切需要解决的问题。为实现炼化板块“晃电不停装置”的工作要求，对快切装置进行试验分析，探讨快切装置上下级配合的方案，对快切装置的应用进行理论与实践相结合的指导。

快切装置的设置

快切装置的切换功能包含启动方式、切换方式和实现方式三部分。某石化企业新建装置供电系统经110 kV/10 kV变压器降压后由总变10 kV变电所馈线为下级10 kV系统供电。10 kV系统采用单母线分段方式，在10 kV系统的进线和母联间装设快切装置。系统结构如图1所示。

系统出现异常时，快切装置通过保护启动、逆功率启动、无电流启动、失电压启动和误跳启动等判据，采用快速切换、同相捕捉切换和残压切换等

方式及时投入备用电源。结合该厂实际情况，快切装置手动切换时使用并联切换方式或串联切换方式；其他启动方式均采用串联方式切换，切换功能配置如图2所示。

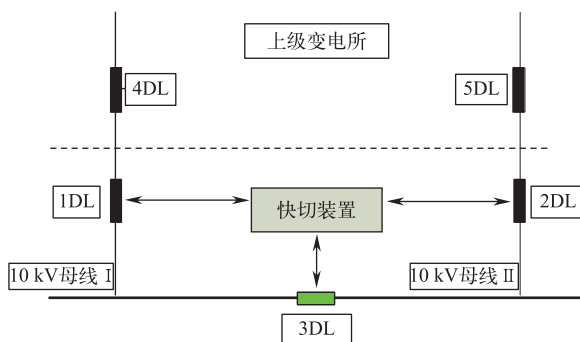


图1 系统结构图

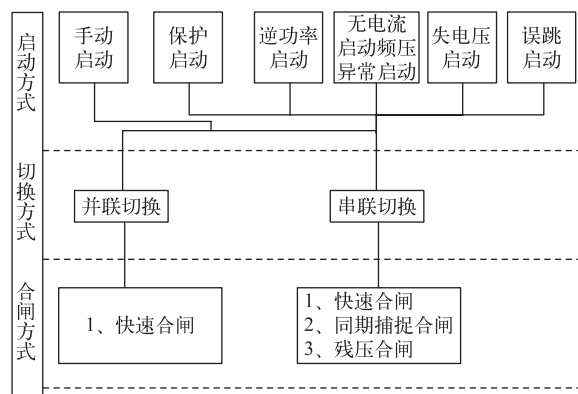


图2 快切装置切换功能配置图

试验验证

为验证快切装置的功能设置的合理性，以保护启动、变位启动和失电压启动进行试验验证。该厂10 kV I段馈出4台10 kV/0.4 kV变压器，2台高压电动机处于运行状态，电流为82.5 A；10 kV II段馈出4台10 kV/0.4 kV变压器，2台高压电动机处于运行状态，电流为175.4 A；断路器分闸时间55 ms，合闸时间64 ms。系统图如图3所示，保护配置情况见表1、表2。

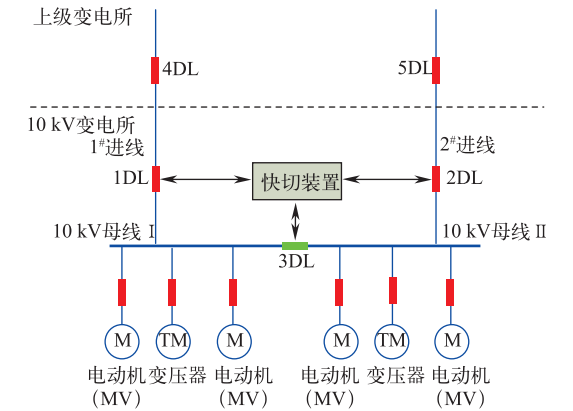


图3 系统图

表1 10 kV出线保护配置表（部分）

10 kV出线 电流保护	功能	定值	作用
过电流 二段	动作值	$6.65 I_n$	I_n 为互感器一次电流1 000 A
	动作类型		定时限
	动作时间	500 ms	跳闸
过电流 三段	启动值		
	动作类型		定时限
	动作时间	700 ms	

表2 10 kV电动机保护配置表（部分）

10 kV电动机 保护	功能	定值	作用
速断电流 段	启动值	$7.5 I_n$	I_n 为互感器一次 电流1 000 A
	动作时间	20 ms	跳闸
过电流反 时限段	启动值		
	启动值乘数	1.0	
	时间乘数	0.24	
	动作时间	40 ms	跳闸
	动作曲线类型	14 = IEC LT Inv	长反时限

1. 保护启动

(1) 试验步骤

- 1) 将故障切换串联控制字置为1，并联切换和同时切换均置为0。
- 2) 将控制字1-3、3-1置为1，3-2、2-3置为0，

故障切换串联。

3) 将串联切换置为1，并联切换置为0，同时切换也置为0。

4) 模拟I段进线线路保护动作（线路差动动作）。

5) 查看母联断路器动作时间及报文。

6) 恢复1#进线电源，母联断路器置热备用。

2. 动作记录分析

系统报文见表3。

表3 快切动作记录表

序号	切换方式	启动方式	切换方向	合闸方式	动作情况
1	串联切换	保护启动	进线1到 母联	快速合闸	成功

故障录波器记录的10 kV II段母线电流波形如图4、图5所示。

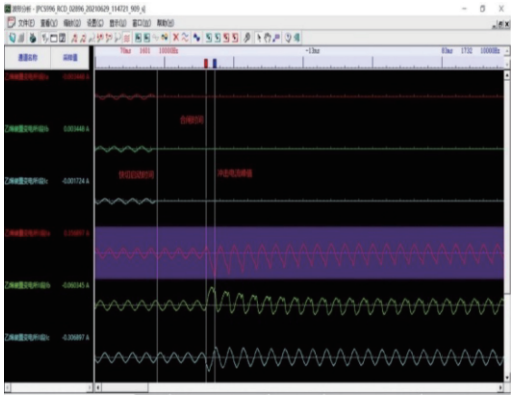


图4 保护启动录波

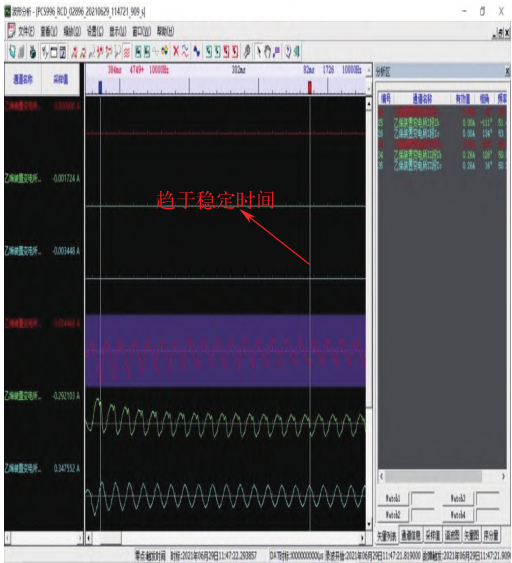


图5 快切后稳态运行录波

- 从图4、图5中可知：
- 1) II段母线电流出现突变时，快切装置分断10 kV I断路器1DL用时80 ms。
 - 2) 合母联断路器3DL用时70 ms，1[#]母线的无流时间为70 ms。
 - 3) 事故串联切换最小断电时间， $t'=(10+64)$ ms=74 ms，满足要求。
 - 4) 3DL合闸13 ms后，最大冲击电流450 A，约为总负荷电流的1.75倍。
 - 5) 302 ms后系统稳定运行，电流为260 A。

正常生产时，10 kV I、II段母线最大负荷电流 $I_{\max}$ 约为340 A，上级10 kV出线电流保护定值见表1。保护启动、进入快切合闸时，可能出现的最大的冲击电流 I_{cj} 约为

$$I_{cj}=1.75I_{\max}=1.75\times 340\text{ A}=595\text{ A}\quad (1)$$

冲击电流值小于10 kV出线保护过电流二段整定动作值6 650 A、过电流三段整定动作值2 840 A，不会引起上级10 kV出线的保护误动作，快速合闸动作成功。

变位启动

1. 试验步骤
 - 1) 将故障切换串联控制字置为1，并联切换和同时切换均置为0。
 - 2) 试验方式1-3、3-1置为1，其他方式置为0。
 - 3) 其他定值不变。
 - 4) 进行该步骤之前先检查装置告警灯是否正常亮。
 - 5) 手动停1[#]电源进线断路器，检查切换至母联断路器合，检查合闸时间及报文信息。
 - 6) 手动停母联断路器，检查切换至1[#]进线断路器合，检查合闸时间及报文信息。
 2. 动作记录分析
- 系统报文见表4。

表4 快切动作记录表

序号	切换方式	启动方式	切换方向	合闸方式	动作情况
1	串联切换	变位启动	进线1到母联	快速合闸	成功

故障录波器记录的10 kV II段母线电流波形如图6、图7所示。

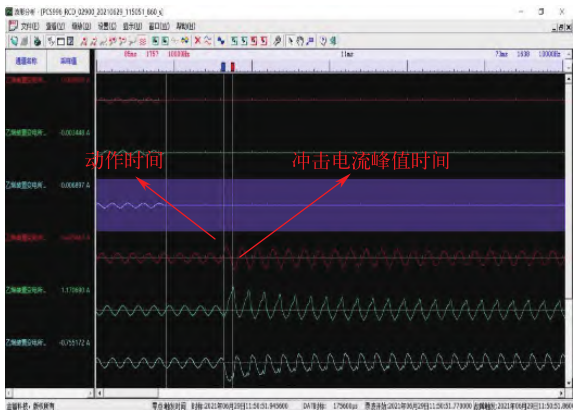


图6 变位启动录波

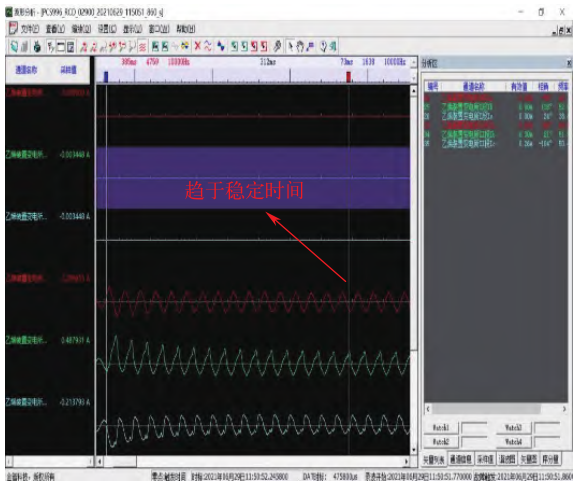


图7 稳态运行录波

- 从图6、图7中可知：
- 1) 在II段母线电流出现突变的情况时，快切装置分断10 kV I断路器1DL用时80 ms。
 - 2) 合母联断路器用时73 ms，1[#]母线的无流时间是73 ms。
 - 3) 事故串联切换最小断电时间 $t'=(10+64)$ ms=74 ms，满足要求。
 - 4) 3DL合闸11 ms后，最大冲击电流有效值430 A，约为总负荷电流的1.67倍。
 - 5) 312 ms后系统稳定运行，电流为290 A。

正常生产时，10 kV I、II段母线最大负荷电流 $I_{\max}$ 约为340 A，上级10 kV出线电流保护定值见表1。当变位启动、进入快切合闸时，可能出现的最大的冲击电流 I_{cj} 约为

$$I_{cj}=1.67I_{\max}=1.67\times 340\text{ A}=567.8\text{ A}\quad (2)$$

冲击电流值小于10 kV出线保护过电流二段整

定动作值6 650 A、过电流三段整定动作值2 840 A，不会引起上级10 kV出线的保护误动作，快速合闸动作成功。

失电压启动

1. 试验步骤

- 1) 将串联切换置为1，并联切换置为0，同时切换也置为0。
- 2) 将控制字1-3、3-1置为1，3-2、2-3置为0。
- 3) 将失电压启动检进线 U 置为1。
- 4) 进线电流最大值小于无流定值，降低母线电压值，使其小于失电压启动电压幅值 $0.6U_n$ 。
- 5) 进线电压小于失电压启动电压幅值。
- 6) 检查以上两种情况下的动作情况。
- 7) 将失电压启动检进线 U 置为0。
- 8) 使进线电流最大值小于无流定值，降低母线电压值，使其小于失电压启动电压幅值。
- 9) 查看母联断路器动作情况以及时间、报文。

2. 动作记录分析

系统报文见表5。

表5 快切动作记录表

序号	切换方式	启动方式	切换方向	合闸方式	动作情况
1	串联切换	失电压启动	进线2到母联	残压合闸	成功

根据故障录波器记录的10 kV I段母线电流波形可知：

- 1) 快切装置启动1 308 ms后，I段母线电流出现突变，快切装置完成切换动作。
- 2) 3DL合闸12 ms后，最大冲击电流有效值2 530 A，约为负荷电流的10倍。
- 3) 500 ms后，冲击电流 I_{cj} 衰减至1 080 A，约为负荷电流的4倍。
- 4) 700 ms后，冲击电流 I_{cj} 衰减至1 020 A，约为负荷电流的4倍。
- 5) 2 200 ms后系统稳定运行，电流为250 A。

正常生产时，10 kV I、II段母线最大负荷电流 I_{max} 约为340 A。当失电压启动且进入残压合闸时，可能出现的最大的冲击电流 I_{cj} 约为

$$I_{cj}=10I_{max}=10 \times 340 \text{ A}=3\ 400 \text{ A} \quad (3)$$

冲击电流值小于10 kV出线保护过流二段动作定值6 650 A，过电流二段保护未启动；冲击电流值大于过流三段整定动作值2 840 A，过流三段保护启动；但冲击电流在700 ms（过电流三段整定动作延时）后，已经衰减至 $I_{cj}=4 \times 340 \text{ A}=1\ 460 \text{ A}$ ，小于动作值。因此，并不会引起上级10 kV出线的保护误动作，快切动作成功。

残压合闸后，母线上所带电动机再起，电动机保护定值见表2。起动电流约为电动机额定电流的6倍，也不会引起电动机速断保护动作。此时，起动电流值达到过电流反时限定值，但持续时间未满足反时限曲线。因此，电动机过电流反时限保护启动，未动作，不会引起10 kV电动机停机。

结束语

- 1) 将快切装置设置为串联切换方式，可有效实现抗晃电功能。
- 2) 为防止残压切换后，电动机再起时保护动作，不应将快切装置残压切换定值设置为下限且失电压启动快切装置应设置延时，同时电动机速断保护定值应大于启动电流。
- 3) 为防止快切装置切换后，冲击电流引起上级10 kV出线的电流速度保护动作，应将上级10 kV出线的速断保护退出，光差保护作为主保护。
- 4) 为防止快切装置切换后，冲击电流引起本级10 kV进线的电流速度保护动作，应将本级10 kV进线的电流保护退出，光差保护作为主保护。

通过试验证明，利用快切装置合理设置启动判据、切换方式和闭锁条件等，可有效提高快切装置动作的可靠性，为企业的安全生产提供可靠保证。EA

(收稿日期：2022-01-28)

参考文献

- [1] 马宏忠，胡虔生，张利民，等．异步电机的失电残余电压研究[J]．中小型电机，2005，32(5)：3-5．
- [2] 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．