

[断路器]

更换热磁脱扣器的原因分析

文/国网浙江省电力公司绍兴供电公司 陈可硕

低压断路器是低压配电网中一种重要的控制与保护电器。低压断路器的保护功能是由脱扣器来实现的。结合绍兴地区的实际情况来分析说明采用热磁式脱扣器的弊端以及采用电子式脱扣器的必要性。接着描述了多年来电子式脱扣器在我国实际应用中的缺陷, 以及针对电子式脱扣器的缺陷应该采取的预防措施。

绍兴的居民用电来源于小区配套的公变设施, 公变又可分成户外箱式变电站以及户内变电所两种形式。小区公变出线断路器额定电流一般采用250 A、400 A两种电流规格, 配置热-磁式脱扣器。从2013年起, 绍兴地区就陆续将塑壳断路器配置的热-磁式脱扣器整改为电子式脱扣器。原因主要有两个: 出线设置为热-磁式脱扣器进线设置为电子式脱扣器, 往往会造成越级跳闸。另外热-磁式脱扣器的降容系数相较于电子式脱扣器要大, 环境温度对其影响较大。

原因分析

1. 热-磁式脱扣器的降容系数大

2013年, 绍兴地区7~8月出现60余年来最严重的高温热浪少雨天气, 平均高温日数达38天, 其中40℃以上高温多达6天。数日来的连续高温导致用电量急剧攀升, 居民用电负荷居高不下。该年夏天绍兴小区的户外箱式变电站出线断路器跳闸几率比往年高出许多。究其原因, 一方面是由于某些小区公变运行年代久远、设施陈旧, 当时配置的出线断路器额定电流偏小, 无法满足目前负荷激增的需求; 另一方面, 原因是环境温度的攀升导致了热磁脱扣器的降容。

夏季, 绍兴地区户内变电所内的环境温度平均可达40℃。户外箱式变的环境温度更高: 户外高温、箱体的设计限制(配电设施全部集中在一个箱体内)热量散发不理想, 导致户外箱式变的

环境温度甚至可高达50℃。

断路器在不同的环境温度下所承载的电流是不同的。根据IEC 60947-1标准, 框架断路器、塑壳断路器额定电流在最大参考环境温度为40℃时有效。当环境温度高于40℃, 断路器继续通以额定电流, 就会造成产品的不正常工作, 如误跳闸。轻则影响正常工作与生活, 重则会造成产品的损坏或者火灾等, 此时, 就需要降低断路器的使用电流, 这就称为降容。

下表为国内一线品牌断路器热磁脱扣器的降容系数。

表1 环境温度变化引起的热式过载保护整定电流值降容系数

壳架等级 额定电流 I_{nm}/A	环境温度变化						
	+10℃	+20℃	+30℃	+40℃	+50℃	+55℃	+60℃
100	1.2	1.14	1.08	1.0 I_n	0.93	0.89	0.85
160	1.15	1.10	1.05	1.0 I_n	0.94	0.91	0.88
250	1.14	1.10	1.05	1.0 I_n	0.95	0.91	0.87
400	1.13	1.11	1.04	1.0 I_n	0.92	0.88	0.85
630	1.12	1.1	1.03	1.0 I_n	0.9	0.85	0.8
800	1.10	1.08	1.03	1.0 I_n	0.84	0.8	0.77

从上表中可以看到, 当环境温度超过40℃, 采用热磁脱扣器的断路器电流值发生了一定程度的降容。而且原本的壳架等级额定电流值越大, 降容系数就越大。按照小区公变采用的250 A与400 A

的壳架电流来算,在环境温度50℃的情况下,降容系数达到了0.95与0.92,也就是意味着250 A的塑壳断路器,在50℃时,只能荷载237.5 A的负荷。400 A的塑壳断路器,在50℃时,只能荷载368 A的负荷。

一方面是攀升的居民负荷,一方面是降容的断路器,两者共同作用导致了公变出线断路器的频繁跳闸。

在这样的背景下,绍兴地区决定将公变出线断路器的热磁脱扣器,更换为电子式脱扣器,一方面可以降低跳闸几率,提高供电可靠性,另一方面可以减少越级跳闸、烧毁变压器等事故的发生。

2. 热-磁式脱扣器容易造成越级跳闸

绍兴市区曾经接到过“××花园”频繁停电的投诉。接到第一次停电工单后,95598抢修人员赶到现场,发现公配房内发生了越级跳闸,进线断路器过载跳闸而未发现出线断路器跳闸,抢修人员合上了跳闸进线断路器,恢复送电。不久后该花园又发生停电事故,抢修人员进现场查勘,发现仍然是同一个进线断路器跳闸而出现断路器未跳闸,抢修人员怀疑为出线断路器故障,遂更换了那路疑似故障的出线断路器。

是否是出线断路器故障,造成了该次停电事故呢?专家对更换下来的出线断路器进行了通电试验。更换下来的出线断路器脱扣器额定电流为200 A,热-磁脱扣器,带两段保护。首次通电电流为210 A(即过载电流为整定电流的1.05倍),载流导体开始发热,2 h后最大偏移量只有1 mm左右,无法达到热脱扣所需的偏移量,不能够完成脱扣;第二次通电试验,通以300 A(即过载电流为整定电流的1.5倍)电流时,热脱扣完成脱扣,脱扣时间为1 200 s;第三次通电试验,通以400 A(即过载电流为整定电流的2倍)电流时,热脱扣完成脱扣,脱扣时间为420 s;第五次通电试验,通以1 000 A试验电流(即过载电流为整定电流的5倍),脱扣时间为5 s。

表2 热脱扣器动作特性试验结果

过电流倍数/(I/I_n)	1.05	1.5	2	5
脱扣时间/s	大于2 h, 不脱扣	1 200	300	5

从表中可以看出过载电流越小,热脱扣器要脱扣所需的时间就越长,当过载电流比较大时,热脱扣器脱扣所需要的时间就比较短。这与通过的电流和电流加热双金属片的时间有关,具有反延

时特性,当电流整定值的1.05倍时,冷态通电2 h后,断路器不能脱扣,符合国家对反延时脱扣器的规定。

试验证明了出线断路器脱扣正常,无故障。

既然出线断路器无故障,造成越级跳闸的事故原因是什么?考虑到进线断路器为电子式脱扣,就将出线断路器更换为电子式脱扣器进行过载保护试验。

电子脱扣器的过载保护,是由其控制器控制的。当断路器实际电流超过长延时电流设定值时,控制器发出报警信号,延时一段时间(根据公式由软件计算实现)控制器发出脱扣信号。过载长延时保护时间是基于通过电流的有效值来计算的,

当实际通过电流 $I=1.5I_{r1}$ 且 $I<I_{r2}$ 时计算公式为:动作时间即为 T ;

当实际通过电流 $I>2I_{r1}$ 且 $I<I_{r2}$ 时计算公式为

$$T = \frac{(1.5I_{r1})^2 \times T_1}{I \times T}$$

其中 I_{r1} 是控制器的长延时电流设定值, I_{r2} 是控制器的短延时电流设定值, T_1 是长延时动作时间设定值, I 是实际电流值, T 是实际动作时间。根据断路器的设定不同可以设定不同参数。

表3 电子脱扣器动作特性计算结果

过电流倍数/(I/I_n)	1.05	1.5	2	5
脱扣时间	大于2 h, 不脱扣	T	0.5625 T	0.09 T

若为200 A的出线塑壳断路器,设定为其长延时电流设定值即为脱扣器的额定电流值,可以设定不同参数(15~240 s)。

按上表,若设定实际电流为210 A,根据GB/T14048.2规定,在基准温度下,在电流整定值的1.05倍时,冷态通电2 h后,断路器不能脱扣;若设定实际电流整定值为300 A(1.5倍 I),动作时间为 T_s ;若设定实际电流整定值为400 A(2倍 I),则动作时间为0.5625;若设定实际电流整定值为1 000 A(5倍 I),动作时间为0.09 T 。

若为1 000 A的进线智能型万能式断路器,设定为其长延时电流设定值即为脱扣器的额定电流值,可以设定不同参数(30~240 s)。

按上表,若设定实际电流为1 050 A(1.05倍 I),断路器不能脱扣;若设定实际电流整定值为1 500 A(1.5倍 I),动作时间为 T_s ;若设定实际电流整定值为2 000 A(2倍 I),则动作时间为0.5625;若设定实际电流整定值为5 000 A(5倍 I),动作时

间为0.09 T。

按照1.5倍过载电流的脱扣时间来对比：进线断路器的电子式脱扣器在（30~240 s）内即可完成脱扣，出线断路器的电子式脱扣器在（15~240 s）可完成脱扣，而热磁式的脱扣器完成脱扣的时间在1 200 s。电子脱扣器的动作时间明显短于热磁脱扣器的动作时间。

产生“××花园”频繁停电事故最可能的原因是出线热磁脱扣器脱扣速度缓慢，而进线电子式脱扣器脱扣时间以及长延时的整定设定值又过小，造成了这次故障。解决方案就是更换出线断路器为电子式脱扣器，设定值与上一级配合，或者重新设定进线断路器长延时脱扣器以及脱扣时间。

绍兴地区提高电子脱扣器正常工作的措施

1. 加装辅助电源

电子脱扣器的轻载误动作现象多发生于实际工作电流小于脱扣器额定电流的20%的400 A及以上的大容量断路器。绍兴公配房出线断路器多用200~400 A的断路器，自从2013年出线侧更换为电子脱扣器后，误动作以及越级跳闸的情况至今未发生。

考虑到日后用电负荷的增加，出线断路器也将会采用630 A以上的大容量断路器，为避免轻载时电子式脱扣器误动作的现象，首先实际工作电流不宜小于脱扣器额定电流的20%，且不应大于脱扣器的额定电流。

其次是对大容量断路器配备辅助电源（DC24V）。

在加DC 24 V电源之后，电子脱扣器的工作电压在21~30 V随负载变化而变化，变化范围较小，可以很好地满足电子脱扣器20~30 V工作电压的要求，可靠性得到提高。

塑壳断路器的产品介绍书中注明了整流装置（DC24V）用于给电子脱扣器的性能校验、预报警装置及故障显示型供给电源，并将其列为选件由用户选用，故只需在选用电子脱扣器时选用整流装置（DC24V）。

2. 电流互感器使用钢片进行外面屏蔽、减少磁场干扰

在电子式塑料外壳式断路器中，电流互感器是包括电源信号及电流信号在内的所有信号的来源，同样也是外部干扰的主要来源。只要对互感器及信号处理正确，外部干扰就基本能解决。这部分的干扰主要有以下的表现形式。

1) 各相流过的电流产生的磁场对其他相上的电流互感器产生干扰，使电流互感器不能准确地反映实际通过电流，导致误动作或不动作。

2) 包括瞬间脉冲在内的电网上各种骚扰信号通过电流互感器进入控制器，导致主芯片判断为大电流而导致误动作，并且经常表现为瞬动。

3) 电网上的各种谐波信号随着电流信号进入控制器，导致有效信号减弱，影响测量。

采取措施：对电流互感器使用钢片进行外面屏蔽、减少磁场干扰。EA

（收稿日期：2015.07.31）

（编辑：白文亭）

（上接第57页）

伺服控制在制版设备中的应用

目前，国内凹印制版公司，有从德国进口Helio k500系列电子雕刻机，是国外专业雕刻凹印版辊的设备。

凹印设备在印制包装产品时，需要制作凹印母版，即凹版雕刻。凹版雕刻数量需要根据客户印制样品确定，样品中有几种颜色就需要雕刻几只版辊，颜色数和版辊数一一对应。凹版雕刻要求各版辊的起始位置、图案文字的周向及轴向距离保持高度一致，否则就会出现套印不准，影响印制质量。这就要求凹版雕刻设备的精度必须满足制版要求，同时雕刻速度也要保证以满足生产效率。国内凹版

制版企业从德国进口的Helio k500系列雕刻机，采用伺服控制，通过伺服驱动器驱动电动机，通过光电编码器判断起始零位、并将速度检测信号反馈回伺服系统，保证了凹版雕刻的工艺要求。

结束语

通过以上分析，可以看出伺服控制系统以其高精度、稳定性等特性，在工业生产中得到了广泛应用。当前，在机器人技术快速发展的热潮中，伺服控制也是主要角色之一。EA

（收稿日期：2015.07.31）

（编辑：白文亭）