

低压单相接地保护的几个问题探讨

王岩¹ 宋涛²

(1. 河南佰利联化学股份有限公司钛一分公司 焦作 454000;

2. 国网河南省电力公司焦作供电公司 焦作 454000)

摘要: 单相接地是化工企业低压配电系统经常出现的一种事故,通过计算分析了变压器高压侧过流保护能否起到低压侧单相接地保护的作用,以及如何在低压总进线断路器及支线断路器中设置接地保护,论述了在每一用电回路中如何使用带接地保护的断路器实现快速切除单相接地电流,最后结合实际时机运用情况,给出应在低压总进线断路器和馈出干线断路器中取消单相接地保护,而在每一个负荷回路接地电流大于断路器瞬动电流时使用一般断路器的结论。

关键词: 断路器;单相接地保护;变压器

中图分类号: TM771;TN081 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 470.4054

Discussion on several problems of low-voltage single-phase grounding protection

Wang Yan¹ Sone Tao²

(1. Henan Baililian Chemical Titanium Branch of a Limited by Share Ltd., Jiaozuo 454000, China;

2. Jiaozuo Power Supply Company of State Grid Henan Provincial Electric Power Company, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: Single-phase ground is an accident that often occurs in low voltage distribution systems of chemical company, this paper analyzes whether the high voltage side of the transformer over current protection can play a role in the low-voltage side ground fault protection by calculating, then analyzes how to set ground protection at the low voltage circuit breaker of the total line and the branch line, discusses how to achieve rapidly removal of single-phase ground current with using ground fault protection in each electrical circuit breakers to. Finally, at low total incoming circuit breaker and feeder breakers cancel out the trunk ground fault protection, and the use of the circuit breaker when the general conclusion of each load circuit breaker ground current is greater than the instantaneous current.

Keywords: circuit-breaker; single-phase ground fault protection; transformer

1 引言

长期以来,电力系统中性点接地方式问题都是综合性的技术问题,它和电力系统的供电可靠性,设备和人身安全,各项继电保护等问题密切相关。由于历史条件,环境资源条件等的差异,世界各国电网中中性点的处理方式也不尽相同。我国在6~35 kV中低压配电网中主要采用的是小电流接地系统。一方面,由于小电流接地系统在发生单相接地短路故障时,不会形成短路回路,不会影响系统的正常运行,因此我国规定小电流接地系统可以带单相接地故障运行1~2 h,以提高系统供电的持续性和可靠性。另一方面,由于小电流接地系统在发生单相接地故障时会引起非故障相的对地电压升高,线路的绝缘收到威胁,容易将故

障扩大为相间短路,必须尽快排除故障,这样既降低了系统的供电可靠性,也会增加人力资源的投入。

单相接地是低压系统中最常见的一种故障^[1-4],据有关资料显示,在化工企业中,此类故障占所有故障的60%以上,然而此类故障设置由于牵扯的方面多,人们理解的不同,反而容易被人忽视,要么就不设接地保护,要么设置不合理,引起低压系统频繁出现越级动作现象,降低了供电系统的可靠性^[5-6]。给化工企业的连续生产造成不利影响,本文根据本单位的实际情况,结合近年来专业人士对此问题的新思考,提出自己的几点看法,供同行参考。

2 Dyn11 变压器二次侧单相接地保护

由于配电变压器绕组采用 Dyn11 连接较之采用 YynO

连接具有明显优点^[7-8],使之在近几年的工程设计中被广泛选用。但对于该低压系统中能否利用高压侧过电流保护兼作低压侧单相接地保护,其灵敏系数能否满足要求尚没有统一的定论。下面通过对一台使用数量较多的1 600 KVA Dyn11连接的变压器进行分析和计算,来确定是否满足以上两点的要求。

要想判断变压器高压侧过流保护能否兼作低压侧单相接地保护,就要计算其灵敏度能否满足大于等于1.5的要求^[9],必须对低压侧进行单相接地电流计算。要计算低压

侧单相接地电流需要引入相保电阻 R_{fp} 和相保电抗 X_{fp} 的概念,相保电阻和相保电抗是指当系统发生单相接地时相线和保护线之间的电阻和电抗。该变压器高压系统短路容量200 MVA,母线型号为TMY-[3×2(125×10)+1(125×10)];三相,每相用两根截面为125 mm×10 mm的铜线组成;地排(或零件),由一根截面为125 mm×10 mm的铜母线组成。当低压母线6 m末端发生单相接地及150 m 4[3×150+1×70]馈出支线末端单相接地时的接地电流计算结果如表1所示。

表1 短路电流计算表

序号	电路元件	计算电阻、电抗/mΩ				短路点阻抗/mΩ		三相短路	单相短路
		R	X	R_{fsp}	X_{fp}	$Z_k = \frac{Z_k}{\sqrt{(R^2 + X^2)}}$	$Z_{\text{fp}} = \frac{Z_{\text{fp}}}{\sqrt{(R_{\text{fsp}}^2 + X_{\text{fp}}^2)}}$	电流/kA $I''_s = 230/Z_k$	电流/kA $I'_{(1)} = 220/Z_{\text{fp}}$
1	高压侧系统阻抗	0.05	0.53	0.03	0.35				
2	变压器 T	0.91	4.41	0.91	4.41				
3	母线 M1	0.05	1.09	0.16	2.14				
4	母线末端短路	1.01	6.03	1.1	6.9	6.11	6.98	37.62	31.5
5	150 m 馈出支路阻抗	4.39	2.85	20.7	6.04	5.23	21.56		
6	馈出支路末端短路					11.35	28.55	20.27	7.71

当低压母线末端 K1 发生单相接地时的灵敏系数:

$$K_{\text{sen1}} = I_{2k1, \text{min}} / I_{\text{op}} = 1\ 212.4 / 308 = 3.94 \geq 1.5 \quad (1)$$

$$I_{2k1, \text{min}} = \frac{\sqrt{3}}{3} I(1)' / n_t = 1\ 212.4 \text{ A} \quad (2)$$

式中: n_t 为变压器高低压侧电压变比,此处为15。

$$I_{\text{op}} = K_{\text{rel}} \frac{K_{\text{gh}} I_{1r}}{K_r} = 1.2 \times \frac{1.5 \times 154}{0.9} = 308 \text{ A} \quad (3)$$

当馈出支路末端 K2 发生单相接地时的灵敏系数:

$$K_{\text{sen2}} = I_{2k1, \text{min}} / I_{\text{op}} = 296.75 / 308 = 0.96 < 1.5 \quad (4)$$

$$I_{2k1, \text{min}} = \frac{\sqrt{3}}{3} I(1)' / n_t = 296.75 \text{ A} \quad (5)$$

从以上计算可以看出,高压侧的三相式过电流保护是可以兼做低压侧的单相接地保护的,保护装置的灵敏系数是满足要求的。但是当馈出支路的末端或者支路所带的配电间母线发生单相接地短路时,可以从上表和以上计算公式很容易得出结果,这时高压侧过流保护不再能起低压侧单相接地保护功能。

3 断路器单相接地保护的设置

对于采用零序保护方式来实现单相接地故障保护的低压总进线断路器和馈出支线断路器,零序保护整定电流 I_{set0} 一般为长延时整定值 I_{set1} 的20%~100%,多为几百安到1 000 A。与下级的一般断路器很难有选择性,只有后者的额定电流很小(如几十安)时,才有可能。对于化工企业来说,现场环境多含腐蚀性气体、液体,电机等其他类型

用电设备动辄几百上千台,低压单相接地故障经常发生^[10]。如果每次发生接地故障,低压系统都没有选择性的切除馈出支路乃至低压总进线断路器,则必将大大降低配电系统的可靠性。化工企业大都是连续化生产,频繁出现大面积的停电事故是不允许的,那么当配电系统的灵敏性和可靠性发生矛盾时,低压总进线断路器和馈出支线断路器的零序接地保护还应不应该设置呢,结合我公司的生产实际,以及这些年的工作经验和化工企业的相关规章制度,本文给出如下几点建议。

1) 低压总进线断路器和馈出支线断路器不设零序接地保护或零序接地保护只动作于报警。首先配电系统越往上级,可靠性要求越高,不应设置过多过灵敏的保护而降低了系统的可靠性,并且下级出现的接地故障应该尽量在下级切除;其次,在低压配电室及其馈出干线回路,由于回路数少,线路敷设环境相对较好,出现接地故障的几率较低,一旦出现接地故障,也基本上可以通过高压侧的过流保护进行切除,从而最大限度的提高低压系统的可靠性。最后,现在不带接地保护的一般断路器在电动机回路及其他用电回路中普遍使用,不能及时的切除接地故障。当出现接地故障时,如接地电流小于电动机断路器瞬动电流值而大于干线或低压总进线的零序电流整定值,这时必定要出现大面积的停电事故,这是不允许的。所以在现在最下级的用电负荷普遍使用一般断路器的情况下,低压总进线断路器和馈出支线断路器不设零序接地保护。

2) 认真的计算每个负荷回路末端的单相接地电流大

小,如果接地电流足够大,大于所用断路器的瞬动电流整定值,保证接地故障可以通过断路器瞬动保护切除,这时可以使用一般断路器;对于接地电流过小,小于所用断路器的瞬动电流的整定值的情况下,则必须设置单相接地保护。

我公司是一大型化工企业,箱变普遍在整个工厂中得到运用,每个箱变一般有数个馈出支线回路把电能送往各个工序的配电间,为了保证保护动作的选择性,箱变内的断路器都选择带有接地保护的智能型断路器,配电系统简图如图 1 所示。

箱变在交工时的原始整定值是低压总进线断路器,长延时整定电流是 3 200 A,接地保护电流 1 200 A,延时 0.1 s 脱扣;馈出支线断路器,长延时整定电流 1 200 A,接地保护电流 800,延时 0.1 s 脱扣。但在实际运行过程中,出现多次由于馈出支路所带配电间内电机负荷出现接地短路,馈出支路断路器脱扣动作而致整个配电间停电的事故,对生产造成了不利的影 响。经过仔细分析,我们采取了以下措施:1)对各电动机回路空气断路器的瞬时保护整定值进行检查、计算,确保在电动机出现接地故障时空气断路器能够瞬时动作;或如以下所述使用带接地保护的断

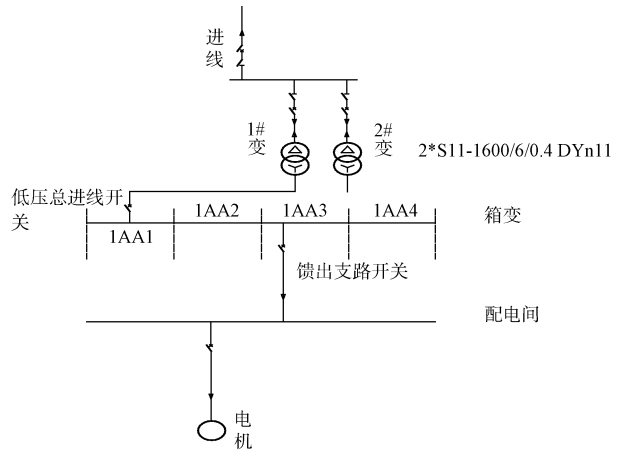


图 1 配电系统

路器,都能使该回路出现接地故障时本回路可靠跳闸。2)将总进线断路器的接地保护延时时间整定设为 0.4 s,馈出支线断路器整定设为 0.2 s,同时将二者接地保护“脱扣动作”改为“报警”。按以上方法调整后,各此类箱变馈出回路没有再出现误动作现象。调整前后各开关保护定值如表 2 所示。

表 2 调整前后各开关保护定值

	调整前保护定值				调整后保护定值			
	长延时	接地保护		是否脱扣	长延时	接地保护		是否脱扣
	整定电流/A	整定电流/A	延时时间/s		整定电流/A	整定电流/A	延时时间/s	
低压总进线开关	3 200	1 200	0.1	脱扣	3 200	1 200	0.4	报警
馈出支路开关	1 200	800	0.1	脱扣	1 200	800	0.2	报警

4 电机回路的单相接地保护

在我国现阶段电机回路的接地保护主要有以下两种实现方式^[11]。

1)采用零序电流保护原理,保护装置由 1 个接于零序电流互感器上的电流继电器构成,通过电流继电器动作接点作用于塑壳断路器分励线圈跳闸。但是此种方式为实现可靠跳闸,塑壳断路器分励线圈的跳闸辅助电源一般采用外接直流电源,如果不采用直流电源而用本回路交流 220 V 控制电源作为跳闸电源,会出现控制电源相发生接地故障时,导致分励线圈跳闸电压降低而无法跳闸。故没有可靠直流电源的配电间不宜采用此种方法。

2)采用电机智能综合保护器实现电动机单相接地保护功能^[12]。智能综合保护器一般通过外接零序 TA 或采用三相电流矢量和的方式实现接地保护,保护出口接点接于交流接触器的控制回路。不过此种方式存在以下问题:切除单相接地电流依靠接触器,当接地短路电流大于接触器最大分断电流时会烧毁触头。

可以看出,以上两种方式都存在一定的缺陷,那么有

没有更完善的切除电动机回路单相接地电流的方式或装置呢?近年来我国逐渐推广使用的带接地电流保护的断路器较好的解决了以上的缺陷,应该在大容量低压电机回路推广使用。该类断路器使用漏电保护模块实现单相接地保护,漏电保护模块为电磁式,由所带回路供电,在缺一相或两相电压降至 80 V 时仍可正常工作,它动作时不需要任何辅助电源,故障电流是它跳闸的直接能量。其不但解决了常规接地保护方案存在的问题,同时还简化了电动机二次回路接线。选型时要注意漏电动作电流整定范围应能躲过电动机启动时的不平衡电流。

5 结 论

在化工企业及其他单相接地故障较多的企业的低压配电系统中,为了提高系统的可靠性,避免由于单相接地故障而出现频繁的大面积停电事故,给生产带来不利,应该在低压总进线断路器和馈出干线断路器中取消单相接地保护,而在每一个负荷回路接地电流大于断路器瞬动电流时使用一般断路器,在单相接地电流较小不能使一般断

(下转第 75 页)