

带接地保护功能塑壳断路器在发电厂 低压电动机中的应用

龙 军, 朱远萍

(西南电力设计院, 四川 成都 610021)

摘 要:根据厂用电规程相关要求, 发电厂低压厂用电动机相间短路保护如不能满足单相接地短路的灵敏度时, 应另装接地短路保护, 介绍了常规接地保护的实现方法并指出其在某些特殊情况下的局限性, 结合发电厂实际情况介绍了一种采用带接地保护功能的塑壳断路器实现电动机单相接地短路保护的方法, 供大家参考。

关键词:塑壳断路器; 漏电保护模块; 电子脱扣器; 单相接地

Abstract: According to the technical rules for designing auxiliary power system of fossil-fired power plants, if the interphase short-circuit protection for low-voltage motor can not meet the sensitivity requirements of single-phase earth fault, a special earth fault protection device shall be provided. A traditional design for earth fault protection is introduced and its limitations in a certain case are pointed out. For reference, a way to realize single-phase earth fault protection is introduced by using moulded case circuit-breaker with the function of ground protection.

Key words: moulded case circuit-breaker; leakage protection module; electronic trip element; single-phase earthing

中图分类号: TM307 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2011)02-0034-04

1 低压电动机单相接地短路保护装设要求

按《火力发电厂厂用电设计技术规定》的要求, 低压厂用电动机的单相接地短路保护可按以下方式配置。

低压厂用电系统中性点为直接接地时, 对容量为 100 kW 以上的电动机, 宜装设单相接地短路保护; 对 55 kW 及以上的电动机, 如相间短路保护能满足单相接地短路的灵敏度时, 可由相间短路保护兼作接地短路保护, 当不能满足时, 应另装接地短路保护。

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, 此继电器瞬时动作断路器跳闸。

为可靠起见国内工程中一般对 55 kW 及以上的电动机装设了单相接地短路保护。在部分国外工程中, 业主对装设单相接地保护的低压电动机容量要求低至 30 kW 及以上, 有些工程甚至更低。

2 常规单相接地短路保护实现方法及存在的问题

这里主要介绍低压电动机一次供电回路接线采用塑壳断路器+接触器+热继电器或马达保护器的接地短路保护方法, 其接地保护主要有以下两种方式实现:

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。

②采用电动机控制器实现电动机单相接地保护功能。电动机控制器一般通过外接零序 TA 或采用三相电流矢量和滤过的方式实现接地保护, 保护出口接点动作于塑壳断路器分励线圈跳闸。

存在问题: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接触器 ~220V 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。有观点认为可在选型上可适当加大接触器额定电流, 当恰好控制电源相发生接地导致电压降低分励线圈无法跳闸时, 接触器线圈也会因电压降低而自行释放, 主触头打开而切除故障电流, 这种方式是建立在预期接地短路电流在接触器触头安全分断电流范围内, 而一旦接地短路电流大于接触器最大分断电流会造成触头烧毁。

采用外接直流电源虽然可靠, 但对于部分远离直流电源中心的 MCC 则很难实现其直流供电。按厂用电规程, 容量为 75 kW 以下的 II、III 类电动机宜由电动机控制中心 (MCC) 供电, 因此需要装设单相接地

保护而又接在远离直流电源中心 MCC 上的电动机不在少数。

因此,上述两种常规保护方式在无法取得外部直流电源的情况下存在一定问题。

3 采用带接地保护功能的塑壳断路器实现低压电动机接地保护

目前,在工程中已广泛采用塑壳断路器自带的漏电模块或带接地保护功能的电子脱扣器来实现电动机接地短路保护。现以工程中使用较多的施耐德 NSX 塑壳断路器为例介绍。

施耐德能 NSX 实现接地保护功能的方式有两种,即漏电保护模块和带接地保护的电子脱扣器。其漏电保护模块分为两种,即 Vigi compact 漏电保护模块和 Vigiex 漏电保护继电器。根据样本介绍, Vigiex 漏电保护继电器是通过其所带的封闭式环形互感器测量电器装置中的对地泄露电流,然后作用于塑壳断路器的分励线圈实现接地故障保护,实际上其原理与常规采用的接地保护方式完全一样,同样存在如何给分励线圈提供可靠跳闸电源的问题,这里不再介绍。

3.1 Vigi compact 漏电保护模块

Vigi compact 漏电保护模块为电磁式,由配电系统自行供电,在缺一相时或两相电压降达至 80 V 时仍可工作,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,同时还简化电动机二次回路接线。

3.1.1 发电厂低压厂用电采用 TN - C 接地系统使用漏电保护的探讨

漏电保护模块采用剩余电流保护工作原理,其原理及装设要求等相关规范及文章已经介绍的很多了,这里不再说明。根据其原理,漏电保护不能用于 TN - C 接地系统,因为 TN - C 接地系统中保护线 PE

和中性线 N 合用一根线 PEN, PEN 在正常工作时流过三相不平衡电流,当单相接地时产生的接地故障电流 I_d 也从 PEN 线上流过,漏电保护模块根本无法检测出是不平衡电流还是接地故障电流,也就是说,已丧失单相接地故障的检测功能。

由于发电厂低压供电系统采用 TN - C 系统,仅低压照明、检修等回路采用 TN - C - S 系统,那么电动机回路能否装设这种以剩余电流原理实现接地保护的塑壳断路器呢。发电厂内厂用低压电动机供电电缆均采用三芯电缆,如要满足漏电保护模块装设要求,按原理厂用低压电动机供电电缆应该采用四芯电缆供电,即第四芯作为 PE 线,一端与配电柜内 PEN 线连接,另一端与电动机外壳连接。实际上,发电厂内敷设了一个十分可靠的接地系统,接地网遍及全厂主辅生产车间及办公大楼,厂内所有用电设备,如配电箱、电动机等外露可导电金属部分均用扁钢与接地网连接,因此可以将组成这一接地网的导体视为 PE 线,该 PE 线等效于电动机四芯供电电缆中的 PE 线,因此,针对厂用低压电动机供电电缆采用三芯电缆的情况,是符合漏电开关装设要求的。实际上,不管是什么接地系统,在用电设备的金属外壳发生故障后(相线碰壳),只要能采用一定的方式给接地故障电流提供通路返回电源,让接地故障保护装置可靠动作而又不误动就可以了。

3.1.2 Vigi compact 漏电保护模块具体应用介绍

发电厂低压厂用电动机为三相平衡负荷,无 N 线,配电开关采用 NSX 三极开关加漏电保护模块,在这种情况下漏电模块保护原理跟常规零序电流原理一样了。需要注意的是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。

根据施耐德 NSX 样本, Vigi compact 漏电保护模块参数见表 1。

表 1 Vigi compact 漏电保护模块参表

档 位	名 称		
	VigiME	VigiMH	VigiMB
NSX100	√	√	×
NSX160	√	√	×
NSX250	×	√	×
NSX400	×	×	√
NSX600	×	×	√
I_n (A):	0.3 固定	0.03-0.3-1-3-10 可调	0.3-1-3-10-30 可调
动作延时:	<40 ms 固定	0-60* -150* -310* 可调	0-60-150-310 可调

注: * 中,如 $I_n=0.03$ A 时,脱扣器瞬时动作。

按【大型发电机组继电保护整定计算与运行技术(第二版)】采用零序电流互感器实现低压电动机单相接地保护,动作电流计算如下。

按躲过电动机起动时最大不平衡电流计算:

$$3I_{b.OP.SET} = K_{mb}K_{st}I_{M.N} = 0.0525I_{M.N}$$

由于 400 V 单相接地电流均很大,低压电动机单相接地时灵敏度足够,一般根据经验公式取 $3I_{b.OP.SET} = (0.05 \sim 0.15)I_{M.N}$

式中, $3I_{b.OP.SET}$ 为单相接地零序过电流保护一次动作电流整定值;

K_{rel} 为可靠系数;

K_{mb} 为磁不平衡电流;

K_{st} 为低压电动机起动电流倍数;

$I_{M.N}$ 为低压电动机一次额定电流。

当电动机容量较大时可取: $3I_{b.OP.SET} = (0.05 \sim 0.075)I_{M.N}$, 当电动机容量较小时可取: $3I_{b.OP.SET} = (0.1 \sim 0.15)I_{M.N}$; 由于发电厂低压配电系统单相接地短路时接地电流一般较大, 根据具体情况, $3I_{b.OP.SET}$ 可以适当选择大些。

现按一台 55 kW 电动机计算, 塑壳断路器选择 NSX160H MA /150A, 那么:

$$3I_{b.OP.SET} = (0.05 \sim 0.075)I_{M.N} = (0.05 \sim 0.075) \times 110 = 5.5 \sim 8.25 \text{ A};$$
 应配 VigiMH 漏电模块, 漏电电流整定值 10 A;

按一台 132 kW 电动机计算, 塑壳断路器选择 NSX400H MIC2.3-M /320A, 那么:

$$3I_{b.OP.SET} = (0.05 \sim 0.075)I_{M.N} = (0.05 \sim 0.075) \times 264 = 13.2 \sim 19.8 \text{ A},$$
 应配 VigiMB 漏电模块, 漏电电流整定值 30 A。

VigiME 漏电模块由于漏电保护动作电流太小, 为 300 mA, 主要作为人身保护, 对电动机回路则太过灵敏, 不适用于电动机接地短路保护回路。

值得注意的是如果在运行中电动机三相电流出现了比较大的不平衡, 容易导致漏电保护整定值躲不过电动机不平衡电流而造成误动, 这种情况下应先对电动机停机检查, 解决电动机不平衡电流的问题后, 再投入漏电保护。

3.2 带接地保护的电子式脱扣器

根据施耐德 NSX 样本, NSX100~630 全系均可以配 Micrologic 6.2/6.3 E-M 电子式脱扣器, 该电子脱扣器带有接地故障保护功能。

电子脱扣器实现的接地保护一般采用三相电流

矢量和滤过的方式, 无零序电流互感器, 按【大型发电机组继电保护整定计算与运行技术(第二版)】其单相接地保护动作电流应躲过电动机起动时, 由于三相电流互感器误差一致而产生的不平衡电流计算。

$$3I_{b.OP.SET} = K_{rel}K_{cc}K_{st}K_{ap} \times K_{er} \times I_{M.N} = 1.5 \times 0.5 \times 7 \times 2 \times 0.1I_{M.N} = 1.0I_{M.N};$$

式中, $3I_{b.OP.SET}$ 、 K_{rel} 、 K_{st} 、 $K_{M.N}$ 上面已做说明;

K_{cc} 为三相电流互感器同型系数;

K_{st} 为低压电动机起动电流倍数;

K_{ap} 为非周期分量系数;

K_{er} 为电流互感器在电动机起动时的误差;

Micrologic 6.2/6.3 E-M 电子式脱扣器参数说明中, 其整定范围如下。

① 脱扣器额定电流 I_n 大于 50 A 时, 接地故障电流 I_g 可以整定为 $(0.2 \sim 1)I_n$;

② I_n 等于 50 A 时, I_g 可以整定为 $(0.3 \sim 1)I_n$;

③ I_n 小于 50 A 时, I_g 可以整定为 $(0.6 \sim 1)I_n$;

由于塑壳断路器选型时其额定电流 I_n 均大于电动机额定电流 $I_{M.N}$, 所以该电子脱扣器整定范围满足定值要求;

早期施耐德 NS 系列塑壳断路器, 只有 NS400、NS630 可以选配带接地故障保护功能的 STR53UE 电子脱扣器, 其整定范围为 $I_g = (0.2 \sim 1)I_n$, 由于 NS400 额定电流 I_n 选择最低为 150 A, 额定电流范围无法满足小容量电动机的相关要求, 因此在 NSX 推出前, 工程中均采用 NS 的 Vigi 漏电模块实现电动机的接地保护功能, 并在很多工程中应用。NSX 推出后, 全系列均可以提供带接地保护功能的电子脱扣器, 因此后续工程中也根据具体需求选用。

3.3 其他品牌带接地保护功能的塑壳断路器

带漏电保护或电子脱扣器带接地故障保护的塑壳断路器品牌很多, 如上海人民 RMM2 系列、西门子 3VL 系列以及 ABB S 系列等, 但部分品牌塑壳断路器的漏电保护电流整定范围太小, 如西门子 3VL 系列和 ABB S 系列断路器的剩余电流可调范围都在 $0.03 \sim 3 \text{ A}$, 其主要针对人身伤害保护, 不太适用于发电厂低压电动机的接地保护, 因此工程中采用这些塑壳断路器时最好采用其电子脱扣器带的接地故障保护来实现电动机单相接地短路保护。

4 结 语

采用带接地保护功能的塑壳断路器来实现电动

机单相接地短路保护,较常规电动机接地保护方式有较为明显的优势,其简单可靠,安装方便,解决了常规电动机接地保护不容易取得可靠外部跳闸电源的问题,同时也能减小二次设计工作量,简化二次接线,可供大家参考。

参考文献

[1] 高春如 编著. 大型发电机组继电保护整定计算与运行

技术(第二版)[M].北京:中国电力出版社,2010.

作者简介:

龙 军(1978),男,工程师,学士学位,目前从事发电厂电气二次线设计工作。

朱远萍(1977),女,工程师,学士学位,目前从事发电厂电气一次线设计工作。

(收稿日期:2010-11-30)

(上接第 33 页)

变压器零序过电压动作。

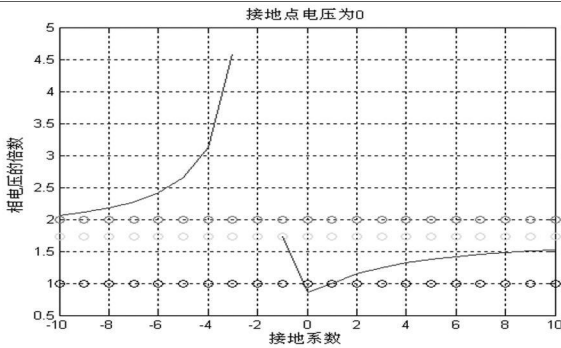


图 3 非故障相电压与接地系数的关系图

本次零序电压动作的原因总结如下。

(1)该线路接地系数过大,造成故障点的零序电压显著提高而达到动作值;

(2)10 kV 侧怀疑有倒送电的可能性,在发生单相接地故障时,在 110 kV 变压器侧形成中性点不接地系统,此时 10 kV 侧倒送电造成主变压器零序电压过高。

2 应对措施

2.1 减少 T 型线路

由于自然环境的影响和限制,存在一条线路有时可能带两个甚至更多变电站的 T 型网络接线方式,一旦线路发生故障,将引起多个片区的停电。减少 T 型网络的存在,加强电网规划及建设,即使线路发生故障也仅仅影响某个片区,将停电范围极大的缩小。

2.2 加强 10 kV 侧自备电源的管理

线路 X_0 之所以比 X_1 大是因为互感的缘故,而避雷线的存在等值于大地表面抬高,所以能降低互感。可以通过增大线路避雷线截面的方法来降低线路互感,从而降低线路接地系数。加强 10 kV 侧自备电源的管理工作,防止故障时 10 kV 侧倒送电。对于低压

侧接入有小电源的线路,要增加主变压器零序过电压跳小电源回路,避免主变压器由于过电压而受损。

2.3 加强 220 kV 站中性点接地刀闸的维护及巡视

规程 DL/T 559-2007《220~750 kV 电网继电保护装置运行整定规程》变电所有两台及以上变压器时,应只将一台变压器中性点直接接地运行,当该变压器停运时,将另一台中性点不接地变压器改为直接接地。从图 1 中可以看出,当线路 1 发生接地故障而开关拒动时,只能由 1 号主变压器动作首先跳开母联开关,再跳开中压侧开关以切除故障。因为 2 号主变压器中性点不接地,从而 110 kV II 母所连接的 110 kV 系统为中性点不接地系统,此时线路 2 再发生故障,接地保护将无法发生作用。其一,只有等故障发展为相间故障,由相间距离保护动作跳闸,对设备造成大的伤害。其二,造成所有主变压器中性点的电位将提升为故障相的电位,对主变压器中性点的绝缘造成威胁,将引起主变压器零序过电压动作。当然随着设备性能的提高,开关拒动和线路 1、2 相继故障的几率很小;但由于系统运行方式所存在的隐患,运行人员和继电保护人员必须对各种故障加强认识和学习;线路发生故障时不能仅仅检查线路,应当根据运行方式对可能受影响的设备进行检查,以便及时的发现问题、采用及时的补救措施,将电网的危险降低到零。

3 总结

从上述的事件经过、原因查找分析及应对措施可以看出,加强电网建设,加强对设备的管理和维护,对于较少停电事故,保持电网系统稳定及可靠具有相当重要的作用。

(收稿日期:2010-12-10)