

10 kV 简约型微机母线保护方案的可行性探讨

梁煜

(广东电网公司广州供电局, 广东 广州 510245)

摘要: 针对 10 kV 母线在没有快速保护下发生故障时所造成的严重后果, 指出了配置 10 kV 母线保护的重要性。通过对目前几种主流 10 kV 母线保护的优缺点比较, 提出了一种新的 10 kV 简约型微机母线保护方案。并从保护原理、安装方式、动作行为、经济技术指标等方面进行了详细分析, 证明了采用 10 kV 简约型微机母线保护是现阶段较为可行的解决方案。

关键词: 母线故障; 保护; 微机; 差动; 电流互感器

Discussion on the feasibility of the 10 kV simple microcomputer based busbar protection system

LIANG Yu

(Guangzhou Power Supply Bureau, Guangdong Power Grid Corporation, Guangzhou 510245, China)

Abstract: This paper points out the importance of configuring a 10 kV busbar protection for the serious consequences of 10 kV busbar fault without any fast protection. Comparing with several present main 10 kV busbar protections' merits and defects, a new kind of 10 kV simple microcomputer based busbar protection is pointed out. The principles, install method, acts and econo-technical norms of the protection are detailed, which testifies the 10 kV simple microcomputer based busbar protection is the more viable solution at this stage.

Key words: busbar fault; protection; microcomputer; differential; current transformer

中图分类号: TM77 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2010)11-0140-04

0 引言

10 kV 母线故障通常分为接地故障与相间故障两种。导致故障的主要原因有: 小动物进入; 绝缘损坏; 主回路接头接触不良过热; 移开式开关柜的静触头挡板不能正常开启, 动触头移入时与其触碰而发生短路等。

10 kV 母线故障通常会在开关柜内造成相对地或相间弧光短路, 10 kV 母线短路时电流很大, 一般可达 10 kA 以上。由于高成本与开关柜体积所限等原因, 10 kV 母线一直没有设置快速保护, 因此, 10 kV 母线发生故障时只能通过主变的后备保护来切除故障。而主变低压侧后备复压过流保护的动作时间定值需与 10 kV 馈线保护配合, 因而, 10 kV 母线故障的最快切除时间也要超过 1~2 s。根据焦耳-楞次定律 $Q = 0.24RI^2t$ (cal), 1~2 s 的短路过程会产生极高热量, 使金属熔融、有机绝缘物炭化燃烧。因此, 10 kV 母线短路故障对开关设备损坏极其严重; 同时, 在开关柜内瞬间形成的高温、高压气体万一喷射至开关柜外, 还可能危及到运行人

员的人身安全。

鉴于上述情况, 配置 10 kV 母线快速保护是完全必要的。本文从经济性、可靠性以及可操作性等几方面进行考虑, 提出了一种 10 kV 简约型微机母线保护方案。

1 目前几种主流 10 kV 母线保护的可行性分析

1.1 应用弧光传感技术判断母线故障(经变低电流及母线电压闭锁)

10 kV 母线短路时会产生电弧并发出弧光, 当感光探头感受到弧光后就会将信号传送到控制主机, 主机会通过监测变低电流是否越限及 10 kV 母线电压是否降低以作为判断母线是否真正发生故障的条件, 若满足条件则动作出口跳闸。但这种方法在实际运用上将遇到几个难题: 首先, 一般每个开关柜都设置有几个隔室, 每个隔室内都必须安装感光探头, 投资巨大, 一个高压室(15 段馈线、2 组电容器、1 个变低、1 个母联间隔)就要几十万元的设备费用; 同时, 尽管有电流、电压闭锁, 但若在

10 kV 电缆头与开关 CT 之间的部分发生母线区外故障, 弧光保护装置也会在该馈线保护动作前误切除整条母线, 扩大了故障停电范围; 另外, 开关柜内各小室元件较多, 此种保护有可能因受到某些元件遮挡而无法感受弧光造成保护拒动。

1.2 经 10 kV 配电装置保护闭锁的简易母线保护

该简易母线保护是在主变低压侧后备保护的基础上加入一个经 10 kV 配电装置保护动作信号闭锁的过流快速段(动作时间可整定)。其原理是当 10 kV 母线发生区内故障时, 10 kV 配电装置保护均不会动作, 主变低压侧后备保护在没有收到闭锁信号的情况下快速段保护动作出口跳闸; 而在母线发生区外故障时, 10 kV 配电装置保护将动作并发送闭锁信号^[1]。

这种方法的优点在于简单、投资少、对一次设备没有要求, 但在运用时存在以下问题:

(1) 10 kV 母线故障时, 电容器将向母线提供故障电流, 电容器过流保护动作就会误闭锁主变低压侧后备保护, 造成拒动, 因此不能加入电容器保护的闭锁条件; 同时, 主变低压侧后备保护的快速段动作时间必须与电容器的速断保护相配合。

(2) 当母线发生故障, 小电源或用户无功补偿电流倒供将有可能使 10 kV 馈线保护动作, 误发闭锁信号, 使简易母线保护不能动作, 因而所有馈线保护都必须加入方向闭锁功能。

(3) 为尽快切除母线故障, 此快速段保护不能与 10 kV 分段保护形成配合(分段保护与馈线保护的时间整定存在一个级差配合), 所以当一台主变停电, 其高压室负荷由另一台主变经 10 kV 分段代供时, 相关的主变低压侧后备保护的快速段必须退出, 否则当被代供母线出现故障时后备保护的快速段将误切变低开关造成扩大事故范围。

(4) 该种闭锁式保护的可靠性需依靠所有 10 kV 配电装置保护的可靠性来共同保障, 其中任何一套保护的非正常动作均有可能使主变低后备保护误动或拒动。

(5) 当 10 kV 配电装置出线发生近区故障时, 若开关柜内一次导体存在接触不良的缺陷, 在流经较大短路电流时存在因过热发生弧光短路的可能, 此时主变低压侧后备保护因收到出线保护闭锁信号而造成拒动。

(6) 尤为重要的是, 按继电保护整定原则, 为躲过 10 kV 馈线过流 I 段保护动作时间(0.3 s), 主变低压侧后备保护至少需 0.5~0.6 s 时间才能出口跳闸切除故障, 实践证明, 0.5~0.6 s 的故障持续时间已足够对开关柜造成非常严重的损害。

2.3 数字化 10 kV 母线保护

随着数字化变电站技术的不断发展、成熟, 10 kV 简易母线保护可以通过 IEC61850-GOOSE 协议同步接收 10 kV 母线进线、分段和各个配电装置保护的交流数字采样与开关位置数据以进行综合分析, 判断母线是否发生故障。这种保护形式与一次设备无关, 但却对保护的通讯网络提出了极高的要求——稳定性、可靠性、快速性缺一不可, 在尚无稳定、持续运行实践的此刻, 能否将其大规模推广应用还是一个问題。

2 简约型微机母线保护运用在 10 kV 母线的可行性探讨

2.1 10 kV 一次设备的技术参数

对于容量为 63 MVA 与 40 MVA 的 110 kV 变压器, 其变低的 10 kV 母线三相金属性短路时的最大故障电流由公式:

$$x_b^* = \frac{u_d\%}{100} \times \frac{S_j}{S_c}$$

$$I_b^* = \frac{1}{x_b^*}$$

$$I_b = I_b^* \times I_j = \frac{1}{x_b^*} \times \frac{S_j}{\sqrt{3}U_j} = \frac{100 \times S_c \times S_j}{u_d\% \times S_j \times \sqrt{3}U_j} = \frac{100 \times S_c}{\sqrt{3} \times u_d\% \times U_j}$$

其中 $S_j=100$ MVA, U_j 为基准电压, S_c 为变压器额定容量, $U_d\%$ 为变压器短路电压的百分值。

计算分别约为 21 kA 与 20 kA。而对于各种 220 kV 变压器, 其 10 kV 侧一般配置了限流电抗器, 将 10 kV 变低母线发生短路时最大的故障电流限制在 25 kA 以内。受国产开关柜的制造工艺所限, 10 kV 变低及分段开关的额定电流通常选为 4 000 A 或 3 150 A、遮断容量为 40 kA, 10 kV 母线的热稳定容量也选为 40 kA, 而其余的 10 kV 配电装置开关的额定电流选为 1 250 A、遮断容量则定为 31.5 kA。

2.2 保护原理及接线、安装方式

1) 采用经电压闭锁的电流型、带比率曲线制动的差动保护原理。

能有效解决: 当发生穿越性故障时, 由于故障间隔 CT 严重饱和导致母线保护因不平衡电流而误动的问题。

复式比率差动公式:

$$\begin{cases} I_d > I_{dset} \\ I_d > K \times (I_r - I_d) \end{cases}$$

其中: $I_r = \sum_{j=1}^m |I_j|$ 是指母线上所有连接元件电流的

绝对值之和; $I_d = \left| \sum_{j=1}^m I_j \right|$ 是指所有连接元件电流和的

绝对值; I_{dset} 为差电流门坎定值; K 为复式比率系数 (制动系数)。

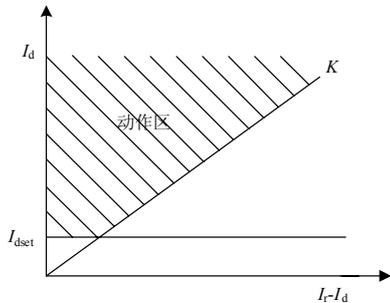


图 1 复式比率差动元件动作特性

Fig.1 Operating characteristics of double-percentage differential element

2) 由于同一 10 kV 母线上的设备均在同一高压室内且各开关柜相互紧挨, 因此 CT 变比相同的各馈线、电容器可以通过小母线方式先形成和电流然后输入 10 kV 母线保护。

小母线的形式可根据不同开关柜厂家的实际情况, 采用如: 柜顶铜管小母线、电缆小母线等多种结线方式。这样, 保护所需的交流采样元件可从最多 20 个减少到 4~5 个 (变低、分段、馈线、电容器、站用变/接地变), 很大程度地降低了成本与减少了保护的体积。

3) 接入 10 kV 变低、分段开关位置以判断“死区故障”。

4) 母线保护动作时只需将相关变低、分段、小电源开关跳开即可, 大量减少了出口压板的数量。

5) 随着保护体积的减小与出口压板的大量缩减, 母线保护可直接安装在本段母线的 PT 柜仪表室, 节省了保护屏的组屏费, 同时也不用再考虑保护屏的安装位置了。

2.3 各种故障状况下的保护动作情况

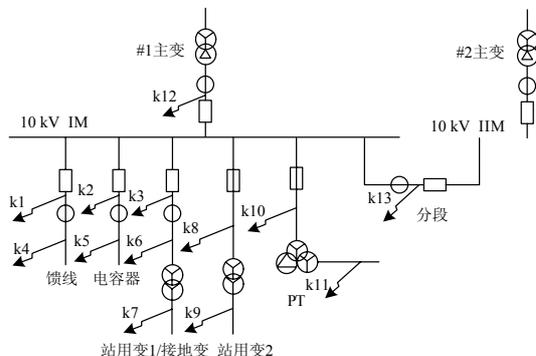


图 2 各种故障状况

Fig.2 Various fault conditions

1) 当故障发生在开关 CT 前 (k1、k2、k3) 时, 属于母线区内故障。

根据复式比率差动公式计算, 设故障电流为 20 kA, 则: $I_d=20$ kA, $I_r=20$ kA, $K=+\infty$, 母线保护可靠、灵敏、快速动作。

2) 当 k4、k5、k6 处发生故障时, 属于母线区外近端故障, 短路电流很大, 故障间隔的 CT 有可能因饱和导致母线保护出现差流。

表 1 10 kV 配电装置的常用 CT 变比

Tab.1 CT transformation ratio of 10 kV power distribution devices

10 kV 配电装置	常用 CT 变比	
	一次侧额定电流 / A	二次侧额定电流 / A
变低	4 000	1 或 5
分段	3 000	1 或 5
馈线	800	1 或 5
电容器	600	1 或 5
站用变/接地变	200	1 或 5

10 kV 开关 CT 二次侧绕组的误差特性一般可选为 5P30 或 10P30。由各种 10 kV 配电装置的 CT 变比可以看出: 对于一次侧近 20 kA 的最大故障电流来说, 站用变/接地变出线近端 (k6) 故障时, 因其 CT 饱和所产生的差流应该是最大的。故障电流在 6 kA 以内时其二次侧电流误差在 5% 以下, 但达到 20 kA 时若其二次侧绕组因 CT 铁心严重饱和只能反映出一次侧 6 kA 的故障电流时 (极端状态), 按复式比率差动公式计算得: $I_d=14$ kA, $I_r=26$ kA, 则 $K=1.16$, 只要 K 值整定为 1.2 以上就可有效防止因各种穿越性故障造成保护误动。若存在 10 kV 小电源时则可参考总流入、流出电流比确定所选取的 K 值。

3) 当站用变 (接地变) 低压侧出口 (k7) 处发生故障时, 由于站用变 (接地变) 的短路阻抗较大, 流经高压侧的故障电流均在 1 kA 以下, 其开关 CT 能正确反映, 母线保护没有差流。

4) 200 kVA 以下容量的站用变 10 kV 侧一般采用快速熔断器 (容量为 200 kVA 时选用 15 A 的熔断器), 虽然在出线近端 (k8) 发生故障时, 因没有开关 CT 导致母线保护无任何制动电流, 但按照快速熔断器的安/秒特性, 超过 1 kA 的故障电流即能使熔

丝在 10 ms 内可靠熔断, 因此只需在 10 kV 母差保护中加入 20 ms 的延时即可确保保护的正确性; 而在站用变低压侧 (k9) 发生出口短路故障时, 高压侧的故障电流只有 290 A 左右, 熔丝熔断时间约 90 ms, 但母线保护的启动门坎值 I_{dset} 能有效躲开此电流, 确保不误动。此外, 10 kV PT 的容量比站用变小得多 (一般选用 0.5~2 A 的熔断器), 因此 k10、k11 处故障时母线保护具有同样的可靠性与选择性。

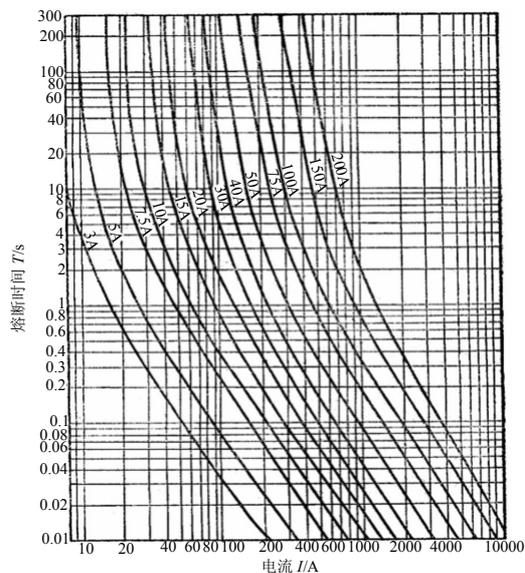


图 3 6~35 kV 高压熔断器的安秒特性曲线

Fig.3 Amps - second characteristic curve of 6-35 kV high-voltage fuse

5) k12、k13 处发生的故障称为“死区故障”, 即相应的变低、分段开关切开后, 故障电流仍然持续。

k12 发生故障时, 属 IM 母线区内故障, IM 母线保护迅速切开 #1 变低与分段开关, 当保护判断开关分位后 #1 变低间隔仍有故障电流, 保护立即进入“死区保护”逻辑, 跳开 #1 变高开关, 切除故障。k13 发生故障时, 属 IIM 母线区内故障, IIM 母线保护迅速切开 #2 变低与分段开关, 当保护判断开关分位后分段间隔仍有故障电流, 保护立即进入“死区保护”逻辑, 跳开 #1 变低开关, 切除故障。

由以上的分析可知, 简约型微机母线保护能可

靠、快速切除各种区内故障, 而在各种区外故障时均能可靠闭锁。

2.4 技术经济指标分析

1) 现用的 10 kV 开关柜一般均配置三相电流互感器 (CT) 且二次绕组的总负载能力已达到 15~30 VA, 而每套微机保护的二次负载在 5 VA 以下, 所以 10 kV 配电装置保护与母差保护可以共用一个二次绕组, 不需增加二次绕组就避免了因 CT 大小、绝缘水平、安装位置等改变所带来的一系列问题。

2) 目前, 国产 18 间隔标配的微机母线保护的价格均已在 15 万元以下 (包括独立组屏), 而简约型微机母线保护的价格能控制在 5 万元以内。同时, 运用简约型微机母线保护还能节省大量的二次电缆, 降低成本。

3) 新投产变电站运用简约型微机母线保护没有任何问题。对于运行中变电站的改造则分为两种情况: 首先, 若 10 kV 配电装置配有三相 CT, 则只需增配电流小母线并敷设少量二次电缆, 然后逐间隔轮停接入即可; 若 10 kV 配电装置只配有两相 CT, 则每个间隔还需轮流停电加装一相 CT 并进行相关试验, 工作量有所增加。

3 结论

实现快速切除 10 kV 母线故障、最大限度地减轻母线故障时对 10 kV 开关设备的损坏是完全必要的。上述几种方案中, 现阶段能在继电保护的选择性、快速性、灵敏性、可靠性与经济技术指标以及施工难易程度等几方面取得较好平衡的, 应是简约型微机母线保护。

参考文献

- [1] 李韶涛, 常胜. 高压变电站 10 kV 母线保护的分析和研究[J]. 继电器, 2003, 31(8): 30-32, 42.
LI Shao-tao, CHANG Sheng. Analysis and study on 10kV busbar protection of HV substation[J]. Relay, 2003, 31(8): 30-32, 42.

收稿日期: 2009-07-29; 修回日期: 2009-08-26

作者简介:

梁煜 (1980-), 男, 继电保护工程师, 学士, 从事电力系统主网继电保护运行维护工作。E-mail:scutliangyu@tom.com