

JMH-1 型母线保护原理、整定及运行

程利军 冯国东 李建新 许昌继电器研究所(461000)

【摘要】 本文分析了许继电气公司 JMH-1 型母线差动保护的原理,结合母线各种运行状态的性能,并提出了整定原则、方法及投运、运行注意事项。

【关键词】 母线保护 中阻抗方案 比率制动差动保护 CT 饱和 制动

概述

母线是电力系统重要的电气设备。母线保护对电网的安全稳定运行起着十分重要的作用。当母线故障时,快速可靠地切除故障母线是电力系统稳定控制措施的重要方面。

常规母线保护由于动作速度慢,抗 CT 饱和能力差,不能适应各种运行方式及运行调度的灵活性并且运行操作很复杂等不能满足高压、超高压系统对母线保护的要求。

JMH-1 型母线保护是一种快速、灵敏、中阻抗电流差动原理构成的母差保护。它由 13 个组件及附加继电器灵活组屏,可构成适用于各种电压等级各种接线方式的母差保护及断路器失灵保护的组屏方案。

许继电气公司 JMH-1 型母线保护自 1994 年通过两部鉴定至今已有近百套投入运行于全国各大电网中。为了方便广大用户更好的掌握 JMH-1 型母线保护装置,了解其原理、现场运行、整定、维护等方面的问题,特奉此文供继保人员参考。

1 JMH-1 型母线保护原理分析

差动继电器是基于以下两个基本原则:

对于外部故障,完全饱和的线路 CT 的二次回路可以只用它的全部直流回路,即忽略电抗。对于内部故障,空载线路 CT 的二次回路可以用一个较大的励磁电抗,要是一个具有较大时间常数(L/R)的电抗。图 1 为一个单母线系统母线保护的原理简图,图中画出了一相,其电流分布假定是正常运行及第 n 号连接元件外部故障时的情况。差动继电器通常按三相单独分装,共用一个跳闸回路。

由图 1 可得: $U_d = U_s + I_{CDJda}R_{CDJ} + U_{D1}$

$$\begin{aligned} U_d &= (n_d I_{d1(DR)} - I_{CDJda})R \\ &= n_d I_{d1(DR)}R - I_{CDJda}R \end{aligned}$$

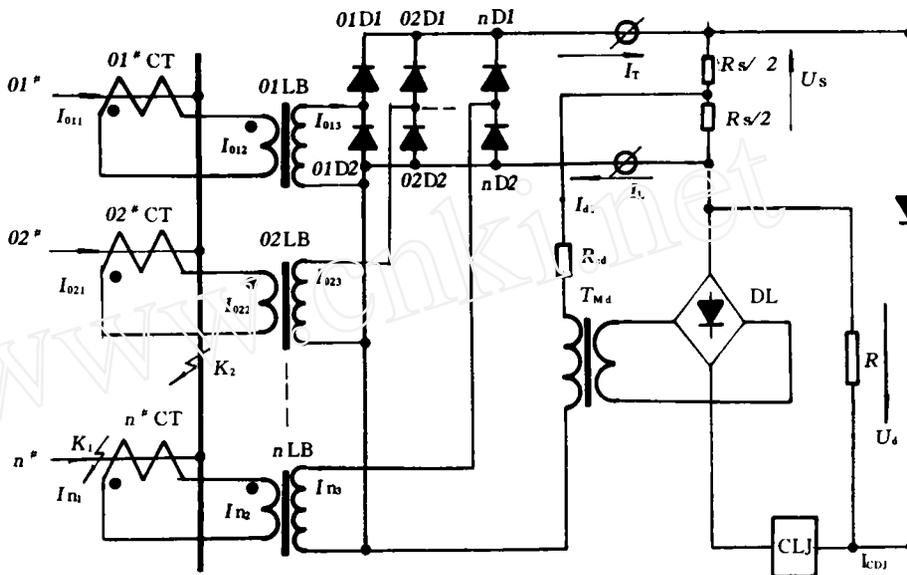


图 1 单母线差动保护原理简图

- | | | |
|---------------------------|----------------------------|----------------------|
| 图 1 中: LB—辅助变流器; | D—二极管; | R _s —制动电阻 |
| R—差动电阻; | R _{cd} —差回路中调整电阻; | |
| CLJ—差流继电器; | CDJ—差动继电器; | |
| I _T —流进继电器总电流; | n _d —差动变流器变比; | |
| I _L —流出继电器总电流; | T _{Md} —差动变流器。 | |

$$I_{d1(DR)} = [(R_s + R + R_{CDJ})I_{CDJdx} + I_T R_s + U_{D1}] / (n_d R + R_s / 2)$$

$$\text{即: } I_{d1(DR)} = \frac{R_s}{n_d R + R_s / 2} I_T + \frac{I_{CDJdx} (R_s + R + R_{CDJ}) + U_{D1}}{n_d R + R_s / 2}$$

令: $S = R_s / (n_d R + R_s / 2)$ 称“S”为整定的制动系数

$$K = [I_{CDJdx} (R_s + R + R_{CDJ}) + U_{D1}] / (n_d R + R_s / 2)$$

则 4 式可写为:

$$I_{d1(DR)} = S I_T + K$$

式 7 物理意义: 制动系数 S 取值越大, 差动继电器的制动作用越强, 保护装置, 不过区内故障灵敏度就越低, 而防止区外故障装置误动能力就越强; S 取值越器动作电流就越小, 区内故障灵敏度就越高, 但防止区外故障装置误动能力就越

I_{bp} 可按式计算:

$$I_T = I_{bp} = \alpha I_{fh} = K_k (f_i + \beta) I_{fh}$$

$$\text{即 } \alpha = K_k (f_i + \beta)$$

式中: α ——不平衡电流系数

K_k ——可靠系数,取 1

f_i ——CT 10% 误差曲线系数,取 0.1

β ——其它因素引起误差

I_{fh} ——母线引出线负荷电流

$$\text{所以 } \alpha = 1.5(0.1 + 0.05) = 0.225$$

由于式 8 中 K 为正值

故可知,当 $\alpha I_T < S I_T$ 即 $\alpha < S$ 时母差保护不会误动,由于本装置整定 S 均在正常运行中,母差保护即使在较大不平衡情况下,也不会误动。

2.2 区外故障运行状态

(a) 主 CT 未饱和 该运行状态的分析方法及结论与正常运行状态相同,

(b) 主 CT 完全饱和 设图 1 中 $K1$ 点发生区外故障,第 n 个主 CT 严重饱和二次回路可以只用它的全部直流回路电阻 R'_{LH} 代替,其电抗可忽略,此外忽略则等效电路如图 2a。

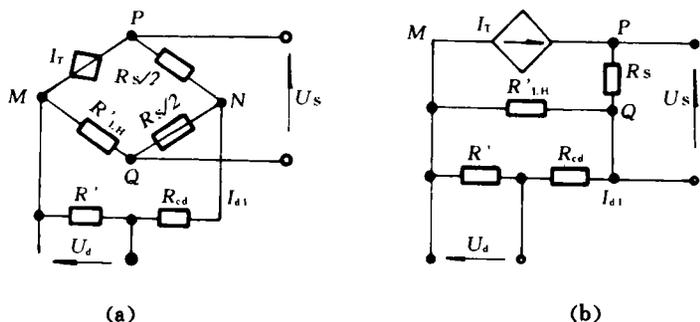


图 2 CT 饱和时差动回路等效电路图

由于 $R_s \ll R_{cd}$ 则图 2a 可简化为图 2b

则 流入差动回路的电流为:

$$I_{d1} = \frac{R'_{LH} + R_s/2}{R'_{LH} + R_T + R_s/2} \cdot I_T \approx \frac{R'_{LH}}{R'_{LH} + R_T} \cdot I_T$$

式中 R_T 为差动回路的等值电阻:

$$R_T = n_d^2 \cdot R + R_{Md} + R_{Ma} + R_A + R_{cd} + 2n_d U_D / I_{Dmin}$$

R_{CT} ——主变流器二次线圈电阻；

R_c ——主变流器二次与辅助变流器一次间单向电缆电阻；

r_1 ——辅助变流器一次电阻；

r_2 ——辅助变流器二次电阻；

令 $S'' = \frac{R'_{LH}}{R'_{LH} + R_T}$ 则式 11 可化为

$$I_{d1} = S''I_T$$

整定时，只要取适当的制动系数 S ，保证 $I_{d1} < I_{d1(DR)}$

$$I_{d1} = S''I_T < SI_T + K$$

即： $S''I_T < SI_T + K$

装置在该运行状态下也能稳定、可靠运行。

2.3 区内故障运行状态

在图 1 中假设 K_2 点发生故障，设母线上有 n 回出线，母线上最少联络线数为 j ， $(n - j)$ 为馈线或检修线，由于区内故障时馈线和检修线均按空载线路考虑，故从辅助 CT 二次侧看进去 CT 的空载电抗可用一个纯电抗 X_L' 来等值表示。

总的空载电抗为：

$$X_L = X'_L / (n - j) \quad (16)$$

流入差动回路的电流为：

$$I_{d1} = \frac{X_L}{X_L + R_T} I_T \quad (17)$$

$$\text{令 } S' = \frac{X_L}{X_L + R_T} \quad (18)$$

S' ——为区内故障制动系数

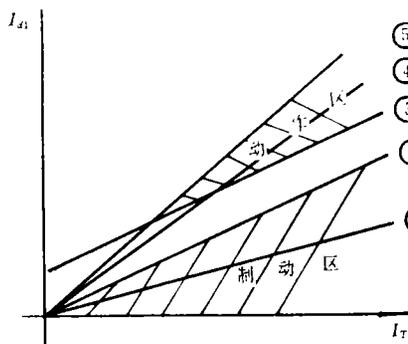
式 17 或化为： $I_{d1} = S'I_T$ (19)

整定时只要选取适当的制动系数 S ，保证

$$S'I_T > SI_T + K$$

2.4 区内故障 CT 饱和时运行状态

电流互感器无论一次流过多大电流，在故障的最初瞬间不会发生饱和，在



直线 1——差动继电器理想动作边界线
 直线 2——差动继电器实际动作边界线
 直线 3——区外故障时差电流在差回路
 直线 4——区内故障时，差电流在差回路
 直线 5——边界线

图 3 带制动特性的继电器动作特性图

辅助变流器在 JMH—1 型母线保护中作用如下:

- (a) 实现变比一致;
- (b) 隔离,使交流切换在辅助变流器二次侧进行;
- (c) 差动回路作为升流器。

其原理如图 4。

母线上各连接元件电流互感器变比 n_{CT} 与辅助变流器变比的综合变比 n_0 由下式给出:

$$n_0 = n_{CT} \cdot n_{CT}$$

JMH—1 型母线保护差动继电器,允许长期通过电流为 5A。设母线上全部次值),则

$$\frac{I_x}{n_0} \leq 5A$$

在满足式 22 热稳定的前提下,母线上最大电流互感器变比的连接元件的变比选为 5:1 或 1:1,其它变比依此类推。

此外辅助变流器,必须具备有足够高的输出电压,以保证母线内部故障时快速动作。即辅助变流器二次侧饱和电压 U_b 应满足下式:

$$\frac{U_b}{I_{CDJ} \cdot R_T} = 1.5 \sim 2$$

JMH—1 型母线保护所采用的辅助变流器其饱和电压大于 500V,足以满足要求。

辅助电流互感器的变比,可以通过其面板上的抽头位置来整定,见表 1。其中: $S_1 - M_1$ 为原边, $S_2 - M_2$ 为次边

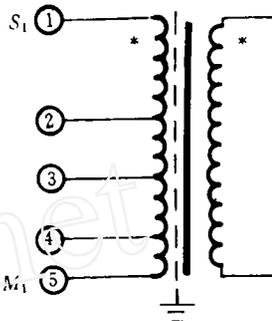


图 4 辅助变流器原理图

表 1 辅助变流器变比整定

变比 绕组	规格	5A	1A
	①~⑤		5:1
①~②		10:1	2:1
②~③或③~⑤		20:1	4:1

安全稳定运行。为保证母线保护在外部故障 CT 饱和时可靠不误动, 满足

$$\frac{R'_{LH}}{R'_{LH} + R_T} < S$$

表 2 差动继电器制动系数、差动继电器动作值及差电流继电器动作值

RS	R	nd 指标	600T/45T			600T/60T			600T/90T			S
			S	CDJ	CLJ	S	CDJ	CLJ	S	CDJ	CLJ	
3.7 × 2	1.1	×	×	×	0.5	0.34	(0.19) 0.38	0.67	0.66	(0.288) 0.57	0.8	
	2.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0.5	
4.4 × 2	1.1	×	×	×	0.57	0.39	(0.19) 0.38	0.75	0.82	(0.288) 0.57	×	
	2.2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	0.57	
5.5 × 2	1.1	0.55	0.30	(0.144) 0.288	0.67	0.47	(0.19) 0.38	×	×	×	×	
	2.2	×	×	×	×	×	×	0.55	0.30	(0.288) 0.57	0.67	
7.3 × 2	1.1	0.67	0.38	(0.144) 0.288	0.8	0.71	(0.19) 0.38	×	×	×	×	
	2.2	×	×	×	0.5	0.21	(0.19) 0.38	0.67	0.40	(0.288) 0.57	0.8	

表中: n_d ——差动变流器变比

R ——差动电阻, 单位为欧姆

R_s ——制动电阻, 单位为欧姆

S ——制动系数

I_{CDJ} ——差动继电器动作值(额定电流的倍数)

I_{CLJ} ——差电流继电器动作值(额定电流的倍数)

()——表示差电流继电器双线圈动作值(额定电流的倍数)

×——表示不推荐方式

$$\text{即: } R'_{LH} < \frac{S}{1-S} R_T$$

根据前面分析中阻抗原理的母线保护只要满足式 24 就可以安全稳定运行。路电流水平, 系统的时间常数的大小无关, 即只要满足上述条件, 发生外部故障流有多大, 都不影响母差保护的稳定运行。此外, 中阻抗保护在满足式 24 前提下传感器的特性(如 CT 的匹配、精度、绕组分布、饱和水平、剩磁时间常数等) 均无影响。

从表 2 可知 JM-1 型母线保护制动系数 S 可在 0.5 ~ 0.8 之间变化。增大 S 更容易满足, 则有利于母线保护安全稳定运行但会引起保护灵敏度下降。

根据上面所选的 S 值由表 2 确定 R_s 、 R 、 n_d 、 I_{CDJ} 、 I_{CLJ} 的值。然后校核母差保

3.4 断线闭锁元件出厂时整定为 $5\%I_n$, 不可调整。

3.5 充电保护定值

JMH-1 型母线保护装置充电保护用于空母线充电时作为保护, 也可作为变压器(极性)检查的后备保护。设有 I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_0 四相电流及两段延时。 I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_0 应躲过其最大负荷电流, 并保证被保护元件末端故障时, 有足够的灵敏度。当用于延时整定为 0s, 即无时限跳母联。作为其它用途时可根据实际情况整定。

3.6 失灵保护整定

失灵保护有两段延时:

(a) I 段延时 0.2~0.3s 跳母联(或分段)开关;

(b) II 段延时 0.4~0.6s 跳其它开关。

失灵保护用电压闭锁整定:

(a) 低电压定值按母线上最长线路末端对称故障时有足够的灵敏度整定。

(b) 负序电压定值按躲过母线正常运行时最大不平衡电压的负序分量, 母线端不对称故障时有足够的灵敏度而整定。

(c) 零序电压定值按母线上最长线路末端接地故障时有足够的灵敏度而整定。

4 运行、维护注意事项

4.1 装置投运前的准备工作

(a) 装置保护功能的校核 按照原理图及调试大纲, 校核各种保护功能。

(b) 极性试验 对母线上的每个连接元件, 必须确认其主电流变换器及辅助极性正确。特别地, 检查母联或分段用辅助变流器两组要一次反极性, 二次电流母线差动回路。

(c) 装置稳定性的校核 为确保外部故障时保护不误动, 每个连接元件辅助向主 CT 方向看去的实际阻抗 R'_{LH} 必须满足 24 式。

具体校核方法: 选母线上其阻抗 R'_{LH} 最大的联接元件(一般地, 选取主 CT 至装置的电缆最长, 辅助变流器变比最大的元件)。将其主 CT 二次短接, 在辅助变流器二次侧加电压 U , 测电流 I 得 $R'_{LH} = U/I$ 。

4.2 保护的投运

不管母线保护有多少面屏, 都应作为一整套保护来投运或停运。

投运步骤

(a) 给上母差直流电源, 失灵保护直流电源, 检查各信号处于正常状态;

期动作未复归；

- (b) 电压回路异常, PT 长期失压等；
- (c) 切换回路异常；
- (d) 直流回路异常；
- (e) 电流回路断线。

待查明原因后如无异常, 母差保护将自动投入, 同时运行人员应复位各信号。

5 结论

作为中阻抗差动原理的 JM_H-1 型母线保护在外部故障时靠以下两个因素的稳定性及安全性。

(a) 比率制动方案可以有效地保证母线正常运行或区外故障时不误动。

(b) 中阻抗差动方案增大了差回路的等价电阻值而迫使差电流流回已经饱和的励磁支路中去, 从而减少差回路中的电流。同时满足式 24 条件下在外部故障完全饱和母差也不会误动。

内部故障时母差保护的灵敏度及可靠性由以下两个因素保证：

(a) 快速动作, 母差保护动作抢在 CT 尚未饱和之前。

(b) 差动继电器动作电压低于 CT 拐点电压。虽然 CT 开始饱和但由于继电器动作电压仍低于 CT 拐点电压仍能可靠动作。同时对于馈线或空载 CT 的分流对差动继电器影响不大, 因为励磁阻抗大, 时间常数大, 差回路仍有足够的电流使继电器动作。

总之, 中阻抗保护方案在各种母线保护方案中因其巧妙地利用于暂态过程过程能保证母差保护可靠正确工作, 是现今最好的方案之一, 它在我国高压、超高压广泛使用。

全国量度继电器和保护设备标准化 技术委员会二届二次会议在闽召开

一九九七年五月十六日至二十日在福建省召开了全国量度继电器和保护设备标准化技术委员会二届二次会议, 出席会议的委员和代表共 28 人, 会议主要进行了以下内容:

1. 涂东明主任委员作“标委会二届一次会议以来的工作报告”；
2. 审议了今后几年标委会工作安排；

3. 审查 3000 Hz 脉冲群干扰试验国家标准；

4. 审查静电放电试验国家标准；