

母线代路运行识别方式的自适应识别

黄玲玲, 何奔腾

(浙江大学电气工程学院, 浙江 杭州 310027)

摘要: 带旁路母线的母线接线方式, 当投入代路运行时, 将影响大差回路差动电流的计算, 使起动元件失去选择性, 并且在倒闸过程中, 由于实际运行方式的不可知, 可能引起保护误动作。分析了母线代路运行和常规运行的特点, 总结两种运行方式对母联单元接线系数的影响, 提出了一种在微机保护平台上, 结合刀闸位置和压板输入, 自适应地选择大差计算公式的新方案, 并且在倒闸过程中, 采用两种差动计算公式“与”的方法, 提高了母差保护动作的正确性。

关键词: 母线; 差动保护; 旁母; 代路运行; 误动

中图分类号: TM773 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)15-0014-03

0 引言

母线是电力系统的重要组成部分^[1]。为了确保电力系统的安全稳定运行, 要求母线保护装置达到可靠、安全及快速动作。母线保护中仍然以差动保护应用最广。

母线有多种运行方式。当母线运行方式发生改变时, 需要调整差动保护内部的差动回路, 使之与实际运行方式保持一致。在这方面, 国内外许多学者做了广泛的研究, 提出了许多方法, 例如通过刀闸辅助触点位置自适应判别^[2]、引入电流判据判别^[3]等。

母线的接线方式很多。许多电力设备生产厂家为了适应不同的母线接线方式, 通常采用不同的软件版本, 这样在软件管理上造成了一定的困难, 并且也容易出现错误。另外, 当投入代路运行时, 由于母线断路器代替线路断路器工作, 将影响差动计算。仅仅依靠刀闸辅助触点位置的自适应判别存在一定的不足。本文就母线代路运行方式的可靠识别和代路运行对大差计算的影响进行分析, 并提出相应的处理方案。

1 母线差动保护

微机母线差动保护一般包括大差差动回路和小差差动回路。大差差动回路是指除母联开关或分段开关外所有支路电流所构成的差动回路。某段母线的小差电流是指该段母线上所连接的所有支路(包括母联开关和分段开关)电流所构成的差动回路。对于某一母线系统, 大差差动电流用于判别母线区

内和区外故障, 小差差动电流用于故障母线的选择。

微机保护中通常采用具有比率制动特性的电流差动保护。即对于接入保护装置的每相电流, 取各单元

元电流绝对值之和作为制动电流 $I_{res} = \sum_{j=1}^M K_j |I_j|$, 取各单元电流之和的绝对值作为差动电流 $I_d =$

$\sum_{j=1}^M |K_j I_j|$, 动作判据为:

$$I_d > I_{dz} \quad (1)$$

$$I_d > K_{res} I_{res} \quad (2)$$

其中: K_{res} 为比率制动系数; I_j 为第 j 个连接元件的电流; I_{dz} 为差动继电器的最小动作电流; M 为两段母线的元件数; K_j 为单元接线系数。为了表达方便, 规定母联单元(包括分段单元)处于第一单元, 即式(1)和(2)中的 K_1 为母联单元的接线系数, 其他的 $K_j (j > 1)$ 取支路单元的接线系数。根据运行中出现的各种可能性, K_1 的取值为: 1, 0, -1。当母联单元断开时 $K_1 = 0$; 当电流与母联 CT极性一致时, $K_1 = 1$, 否则, $K_1 = -1$ 。对于 $K_j (j > 1)$, 以 I母为例, 当支路与 I母连接时, $K_j = 1$; 当支路与 I母断开时, $K_j = 0$ 。

常规运行时, 根据大差差动回路的定义, 大差计算并不包括母联单元, 即大差计算从 $j=2$ 开始。但是当母线投入代路运行时, 由于母联断路器代替线路断路器工作, 此时的母联单元需要计入大差差动回路中, 即大差计算从 $j=1$ 开始。为了统一计算表达式, 在这里定义常规大差, 即常规运行方式下采用的大差计算公式:

差动电流:

$$I_d = \left| (K_1) \cdot I_1 + \sum_{j=2}^M K_j I_j \right| \quad (3)$$

在式(3)中,若不计母联单元时, \$K_1\$ 恒等于 0。代路运行方式下采用特殊大差,即差动电流:

$$I_d = \left| K_1 \cdot I_1 + \sum_{j=2}^M K_j I_j \right| \quad (4)$$

式(4)中, \$K_1\$ 为代路运行方式下的母联单元的接线系数,其取值与上述定义的 \$K_1\$ 相同。

判别母线是否处于代路运行,若完全由跨母刀闸来进行判别,对刀闸辅助触点和光耦工作状态有很强的依赖性。当辅助触点和光耦发生故障,给出错误信息时,即可能引起运行方式的误判别,从而造成大差回路错误地计入或忽略母联 CT 的电流,引起保护误动,发出直接切除两条母线的跳闸命令,这对于母线安全稳定运行是非常不利的。

2 用于识别母线代路运行方式的新方案

针对刀闸辅助触点的问题,考虑到实际运行中,母线投入代路运行的机率比较少,可以在刀闸辅助触点的判别的基础上,结合压板和人工确认的方法,保证代路运行的可靠识别。

为了满足微机保护的灵活性和广泛的适用性,在多种母线连接方式和运行方式均能可靠地工作,这里设置了以下四个代路状态标志:

DL1 = 1:代路运行

DL2 = 1: I母代路运行

DL3 = 1: II母代路运行

DL4 = 1:处于过渡状态

其中:DL2、DL3只针对“单母分段带旁路 接线方式”。

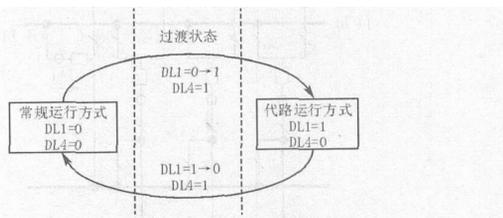


图 1 代路状态标志与运行方式切换对应图

Fig 1 Substituting flags and their corresponding operation modes

母线的代路运行状态大致可以分为三种:常规运行、代路运行以及过渡状态。从图 1 中可以看出,上述三种运行状态可以根据 DL1 和 DL4 的值准确地区分出来。

具体运行中,母线运行方式的变化可以分为从“常规运行方式切换为代路运行方式”和从“代路运行方式切换为常规运行方式”两种情况,由于两种情况下投入运行的刀闸是不相同的,主要是旁路刀闸,代路运行的状态标志的判别逻辑也不尽相同。表 1 给出了不同运行情况下的代路运行标志位的计算逻辑。

表 1 不同运行情况下的代路运行标志位的计算逻辑

Tab 1 Calculation logic of substituting flags in different operation modes

接线方式	从常规运行切换到代路运行	从代路运行切换为常规运行
双母母联兼旁路	DL1 = YB ₁ & [! q & ! G _I + q & ! G _{II}]	DL1 = YB ₁ & KG ₁
双母旁路兼母联	DL4 = (KG ₁ + YB ₁) & ! DL1	DL4 = (! q & G _I + q & G _{II}) & DL1
母线兼旁母	DL1 = YB ₁ & [q & ! G _I + ! q & ! G _{II}]	DL1 = YB ₁ & KG ₁
	DL4 = (KG ₁ + YB ₂) & ! DL1	DL4 = (q & G _I + ! q & G _{II}) & DL1
单母分段带旁路	DL2 = YB ₂ & ! G _{II}	DL2 = YB ₂ & KG ₂
	DL3 = YB ₃ & ! G _I	DL3 = YB ₃ + KG ₁
	DL1 = DL2 + DL3	DL1 = DL2 + DL3
	DL4 = (KG ₁ + KG ₂ + YB ₂ + YB ₃) & ! DL1	DL4 = DL2 & G _{II} + DL3 & G _I

其中: YB₁、YB₂、YB₃ 分别为“母线代路运行 压板输入”、“I母代路运行 压板输入”、“II母代路运行 压板输入”; q 为母线兼用方式, q = 0 代表 I母母联兼旁路断路器, q = 1 代表 II母母联兼旁路断路器; G_I、G_{II} 分别为母联两侧靠近 I母和 II母的隔离刀闸输入,“0”表示刀闸断开,“1”表示刀闸闭合; KG₁ (KG₂) 为旁路刀闸输入值 (单母分段代旁路时需要分别考虑两个旁母刀闸的状态值),“0”表示刀闸断

开,“1”表示刀闸闭合。

以上是微机内部的代路运行方式的识别方法。对于具体的外部操作过程,为了叙述简便,这里以双母线母联兼旁路为例 (如图 2 所示) 加以说明。

当支路 L2 上的线路断路器检修时,母线由常规运行切换到 I母代路运行。首先,由运行人员将“代路运行 压板投入,得到 YB₁ = 1。然后,在看到装置压板输入的显示信号后再进行倒闸操作。倒闸

操作按照具体操作规程进行。断开 L2 上的线路断路器并投入旁路。在整个倒闸操作过程中,装置一直发出“代路压板与刀闸位置不对应”的信号,提示运行人员。倒闸操作完成后,信号自检复归。

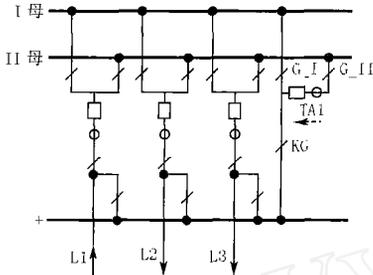


图 2 双母线母联兼旁路

Fig 2 The dual bus-tie and bypass circuit

在装置工作过程中或者倒闸操作结束后,如果出现刀闸位置损坏或者开入回路损坏,使得刀闸辅助触点出错,将引起压板开入与实际代路方式不一致,保护装置将发出“母线代路运行与刀闸位置不对应”的警告信号,提示运行人员进行确认检查。从而有效地避免了刀闸辅助触点出错对母线代路运行方式的影响。

从代路运行切换到常规运行时,操作过程与上述相仿。

3 差动计算的选择

从上述的分析中可以看出,代路运行对大差差动电流计算的影响主要是对母联单元接线系数 K_1 (K_1) 的影响。因此正确确定常规运行方式和代路运行方式下的 K_1 (K_1) 是解决问题的关键。各种可能出现代路运行的接线方式 K_1 (K_1) 的计算方法如表 2 所示。

表 2 不同母线接线下 K_1 和 K_1 的计算方法

Tab 2 Calculating method of K_1 and K_1 with different bus arrangements

接线方式	双母母联	双母旁路	母线兼	单母分段
	兼旁路	兼母联	旁路	带旁路
常规运行 K_1	0	1	0	0
代路运行 K_1	$(-1)^{p+q}$	0	$(-1)^{p+q+1}$	$(-1)^{p+r}$

其中: p 为 CT 的极性; q 为 I 母 / II 母兼用方式; r 等于 DL3, 即 I 母代路时 $r=0$; II 母代路时 $r=1$ 。

当母线运行方式发生改变时,通过上述的判别方法,保护可以准确地识别母线的运行状态:常规运行、代路运行或者过渡运行状态。在常规运行方式下投入常规大差,在代路运行方式下投入特殊大差。

但是在过渡状态时,由于实际的运行方式保护装置是不知道的,按照上节的分析,此时无论是投入常规大差还是投入特殊大差,都可能引起大差误判。

可以采取在过渡状态时,将常规大差和特殊大差都投入,两者构成“与”门输出的方法,这样就可以很好地解决过渡状态时的大差误动的问题。

1) 常规运行时: $DL1 = 0, DL4 = 0$

K_1 取表 2 中常规运行方式下的 K_1 , 差动电流按常规大差, 即式 (3) 计算。

2) 代路运行时: $DL1 = 1, DL4 = 0$

K_1 取表 2 中代路运行方式下的 K_1 , 差动电流按特殊大差, 即式 (4) 计算。

3) 过渡状态: $DL4 = 1$

取常规大差和特殊大差的与, 逻辑图如图 3 所示。

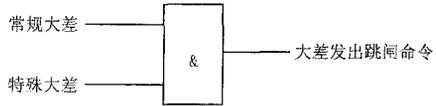


图 3 过渡状态下大差的计算方法

Fig 3 Big difference during the interim

4 结束语

本文提出的结合刀闸位置和压板开入的自适应判别新方案,通过设置“代路压板和隔离刀闸位置不对应”的警告信号,可以有效地防止刀闸辅助触点不对应而引起的代路运行方式的误判。同时,通过设置代路运行状态字,适用于多种母线接线方式,在各种运行状态都能准确识别运行方式,具有很强的适应性和灵活性。另外,在不同的代路运行状态下,采用不同的大差计算公式,特别是在过渡状态下,采用常规大差和特殊大差组成“与”门输入的方法,能有效地减少大差误动的概率。

参考文献:

[1] 王春生,卓乐友,艾素兰. 母线保护 [M]. 北京: 水利水电出版社, 1985.
WANG Chun-sheng, ZHUO Le-you, AI Su-lan, et al Busbar Protection [M]. Beijing: Hydro Power Press, 1997.

[2] 于子重,张俊山,赵世斌. 微机母线保护运行方式自适应方案分析 [J]. 继电器, 2003, 31 (8): 54-56
YU Zi-zhong, ZHANG Jun-shan, ZHAO Shi-bin Analysis on the Adaptive Scheme of Operation Mode of Micro-computer-Based Busbar Protection [J]. Relay, 2003, 31 (8): 54-56

(下转第 40 页 continued on page 40)

- 34(1): 25-26
WU Wei-yang, SUN Jian-feng, LU Yan-min Research on Improvement of Dynamic Characteristics of PFC Circuits Based on Output Pulse Compensation[J]. Power Electronics, 2001, 34(1): 27-28.
- [7] Williams A B. 电子滤波器设计手册[M]. 喻春轩, 等译. 北京: 电子工业出版社, 1986
Williams A B. Electronic Filter Design Handbook[M]. YU Chun-xuan, et al Trans Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 1986
- [8] Erickson R W. Optimal Single Resistors Damping of Input Filters[A]. Applied Power Electronics Conference and Exposition 1999. 1073-1076
- [9] Huliehel A, Lee F C, Cho B H. Small-signal Modeling of

the Single-phase Boost High Power Factor Converter with Constant Frequency Control[A]. Power Electronics Specialists Conference 1992. 475-480.

收稿日期: 2006-02-14; 修回日期: 2006-05-11

作者简介:

惠杰(1979-),男,硕士,主要从事电力电子电路研究、500 kV 变电站继电保护工作; E-mail: spsdesigner@yahoo.com.cn

谭震宇(1957-),男,教授,主要从事电工理论、科学计算及应用研究;

刘妮娜(1980-),女,主要从事逆变电源(电焊机)的研究与开发工作。

The optimal simulation of power factor corrector based on saber

HU I Jie¹, TAN Zhen-yu², LU Ni-na²

(1. Extra-high Power Subcompany of SEPCO, Jinan 250021, China; 2. Shandong University, Jinan 250061, China)

Abstract: A single-phase boost chop-mode power factor corrector is designed. The simulation studies and parameter optimizations are made for the voltage loop, pulse compensation circuit and the input filter respectively. The ripple of the output voltage is decreased remarkably and the dynamic performances of the circuit are improved obviously due to the pulse compensation circuit and the optimized voltage loop. The higher power factor and the input current with I_0 have been obtained by using the optimized input filter while retaining the stability of the correction circuit. An optimized simulation model of power factor corrector based on the saber is presented.

Key words: power factor corrector; input filter; pulse compensation; current ripple; voltage ripple; cauer-chebyshev1 filter

(上接第 16 页 continued from page 16)

- [3] 陆征军,李栋,毛亚胜,等. 微机母线保护运行方式自适应方案[J]. 电力系统自动化, 1999, 23(10): 41-44.
LU Zheng-jun, LI Dong, MAO Ya-sheng, et al. A Scheme of Digital Busbar Protection Adaptive to Operation Mode [J]. Automation of Electric Power Systems, 1999, 23(10): 41-44.

收稿日期: 2006-04-21; 修回日期: 2006-05-09

作者简介:

黄玲玲(1982-),女,硕士研究生,研究方向为继电保护; E-mail: loveamab@hotmail.com

何奔腾(1959-),男,博士,教授,研究方向为继电保护。

Analysis of the adaptive scheme of identifying the substituting situation

HUANG Ling-ling, HE Ben-teng

(School of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: In the substituting situation, bus-bar differential relays may lose the selecting capability because of the wrong differential current and mal-operation because of the unknown operation mode during switching situation. After analyzing characters of substituting situation and normal situation, this paper presents a new method, based on the isolator auxiliary contact and the hands joint, for selecting the proper differential expression, and an "and" algorithm of two differential expressions in switching operation. It improves the accuracy of differential bus-bar protection and provides a new way to make one algorithm for all types of bus arrangements.

Key words: bus-bar; differential protection; by-pass bus; substituting situation; mal-operation