

基于故障分量原理的电动机差动保护装置

毕锐, 温阳东, 徐华丽

(合肥工业大学电气与自动化工程学院, 安徽 合肥 230009)

摘要: 采用故障分量原理设计了一种微机保护装置,介绍了基于该技术的保护装置弥补已有的电动机综合保护装置的不足,与电动机综合保护装置相结合能满足大型高压电动机对保护的要求。并通过与传统差动保护的比较,说明了采用故障分量作为制动量的差动保护所具备的优越性,对保护装置的硬件设计以及保护原理进行了介绍,并给出了对信号处理的算法。

关键词: 微机保护; 故障分量; 比率差动; 傅氏算法

中图分类号: TM774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003 - 4897(2004)03-0049-03

0 引言

大型高压电动机作为昂贵的电气主设备在发电厂,化工厂等大型企业得到广泛的应用。如果发生严重故障导致电机烧毁,将严重影响生产的正常进行,造成巨大的经济损失,因此必须对其提供完善的保护。现有电动机综合保护装置主要针对中小型电动机,为其提供电流速断,热过载反时限过流,两段式定时限负序,零序电流,转子停滞,启动时间过长,频繁启动等保护功能。而对于 2000 kW 以上特大容量电动机,则无法满足其内部故障时对保护灵敏度与速动性的要求,因而研制此装置并配合综合保护装置,为高压电动机提供更可靠、更灵敏的保护措施。本装置设计成三相式纵差,因为 2000 kW 以上特大容量的电动机所在的 3 kV、6 kV、10 kV 电网可能是变压器中性点经高电阻接地的电网,三相式纵差保护不但能作为电动机定子绕组及引出线相间短路的主保护,而且可作为单相接地故障的主保护,作用于瞬时跳闸。

1 装置的整体硬件结构

该装置的硬件结构如图 1 所示。

装置采用 Intel 公司的 80C196KB 作为处理器。为提高系统的抗干扰性,防止程序的跑飞,使用了一块 MAX705 芯片作为硬件看门狗。所有的数字量的输入输出均由 EPLD(可擦除可编程逻辑电路)芯片的管脚引入引出,开关量(未在图中标出)经光耦后进入 EPLD。除此之外 EPLD 还担负着系统中外围芯片片选的地址译码工作和数字逻辑门电路的实现。A/D 使用美国模拟器件公司的 AD7874,AD7874 是四输入 12 位数据采集系统,采样精度高,而且由

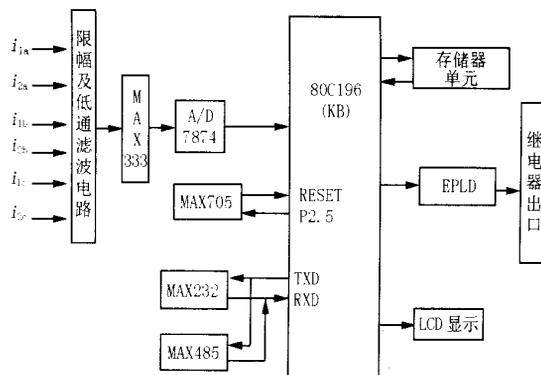


图 1 装置整体硬件结构图

Fig. 1 Integrated hardware structure

于能同时采样 4 路信号,可以减小由于信号的非同时采样带来的误差。本装置以串口通信方式和上位机交换数据,为满足不同的用户可能采用的不同通讯方式的要求,本装置设计了 RS - 232 和 RS - 485 两个通讯接口,用户可以根据需要自由选择。

2 保护原理及算法说明

2.1 保护原理及优点

各种类型的差动保护区别主要表现在制动量的构成上。传统的纵差保护中的制动量是由故障分量叠加穿越电流构成的,而故障分量纵差保护的制动量则仅仅由故障分量构成,具体分析如下。

2.1.1 传统差动与基于故障分量纵差的构成

以最简单的两侧电源为例(见图 2)。

图 2(a)为故障网络。传统纵差保护所比较的是两侧的全电流,这里“全电流”(I_s 和 I_T)包括两部分:即由两电源电动势不等(E_T - E_S)所产生的穿越电流 I_{th} (即图 2(b)中负荷电流 I_p)和由故障点的故障前反向电压 - U 产生的故障电流分量 I_s 和 I_T

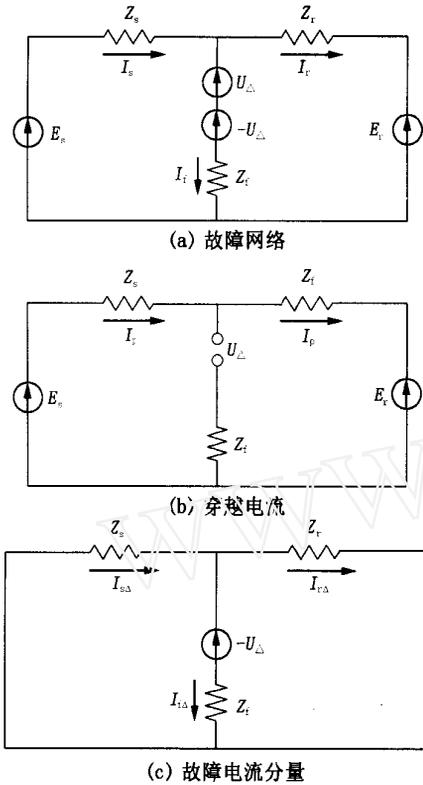


图2 重叠原理应用与平衡相似网络

Fig. 2 Application of overlapping theory and balanced similar network

(如图 2(c))。其差动电流构成如下:

$$I_f = I_s - I_r = (I_s + I_p) - (I_r + I_p) = I_s - I_r \quad (1)$$

$$I_{th} = (I_s + I_r) / 2 = (I_s + I_r) / 2 + I_p \quad (2)$$

动作方程如下:

$$|I_f| \geq I_{f.min} \quad (3)$$

$$|I_f| - I_{f.min} \geq K_{res.} (|I_{th}| - I_{th.min}) \quad (4)$$

图 3 为传统差动保护曲线。

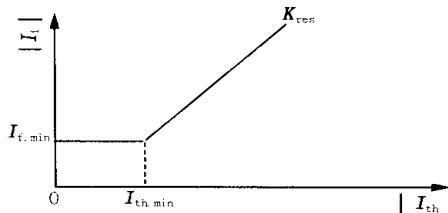


图3 传统比率制动特性

Fig. 3 Characteristic curve of the conventional ratio restraint

图 2(c) 为故障分量网络。因此故障分量纵差保护构成可以表述如下:

$$I_f = I_s - I_r = (I_s - I_p) - (I_r - I_p) = I_s - I_r = I_f \quad (5)$$

$$I_{th} = (I_s + I_r) / 2 \quad (6)$$

动作方程如下:

$$|I_f| \geq I_{f.min} \quad (7)$$

$$|I_f| - I_{f.min} \geq K_{res.} (|I_{th}| - I_{th.min}) \quad (8)$$

图 4 为故障分量纵差保护曲线,其斜率通过原点,因此可以用 $|I_f| \geq K_{res.} |I_{th}|$ 代替式(8)。

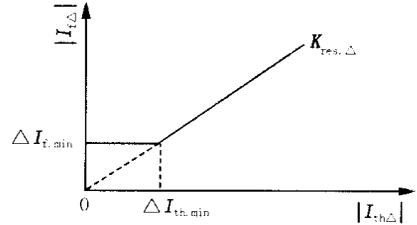


图4 故障分量比率制动特性

Fig. 4 Characteristic curve of ratio restraint based on fault component

2.1.2 灵敏度与选择性的分析

从式(1)、(5)可以看出传统纵差保护与故障分量纵差保护的制动电流没有区别。但在动作电流方面,从式(2)、(6)可以看出采用故障分量的制动电流,只与设备的平衡相似网络有关而与其两侧的电 源无直接关系,因而与穿越电流无关。传统的差动保护,两侧电流中包含有由于两侧电源不等所产生的穿越电流,形成制动作用,降低了保护灵敏度。因此故障分量的差动保护比传统的纵差保护有更高的灵敏度。

根据平衡相似网络可推出故障分量差动保护在内部故障时有下述关系:

$$|I_f / I_{th}| = 2 | (Z_s + Z_r) / (Z_s - Z_r) |$$

由于上式右方的最小值为 2.0 (Z_s 和 Z_r 均为感性阻抗,两者相角差恒小于 90°),所以内部故障时,以 I_f (I_f) 和 I_{th} 为差动电流和制动电流的纵差保护恒有:

$$|I_f / I_{th}| \geq 2.0 \quad (9)$$

即制动系数 $K_{res.} \geq 2.0$ 。

故障分量纵差保护,在内部短路时以 $K_{res.} \geq 2.0$ 划定保护动作区,在外部短路时以 $K_{res.} \leq 0.056$ 划定保护制动区,在制动区和动作区之间有很大的缓冲区,这表明保护具有极为优良的动作选择性。理论上故障分量差动保护有效地消除了正常负荷分量下不平衡电流的影响,可以做到使动作特性在坐标原点附近的死区很小,故障分量差流阈值 $I_{f.min}$ 和故障分量拐点制动电流 $I_{th.min}$ 可以取得较小。为了保护在外部故障下不误动,通常在满足灵敏度要

求的情况下,动作特性曲线的斜率尽量取大一些。由式(9)可见 $|I_f / I_{th}| > 2.0$,而且灵敏度很高(Z_f 允许较大)。由此可见,此种保护不仅具有较高的选择性而且具有较高的灵敏度。

2.2 数字滤波及处理信号有效值的算法

本装置中采用相减滤波与傅氏算法相结合的方法。傅氏算法假设输入的电压电流为周期函数,利用傅氏级数可将其分解为正弦函数和余弦函数,因而具有很强的滤去高次谐波的功能。但是该算法本身不能滤去衰减的非周期分量,因而在进行傅氏滤波之前加入相减滤波单元滤去衰减的非周期分量,达到减小误差的作用。

相减滤波方程如下:

$$y(n) = x(n) - x(n-k), \text{ 式中 } k=1$$

傅氏算法的计算公式如下:

$$U_{in} = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N U_k \cos n \frac{2k}{N}$$

$$U_{rn} = \frac{2}{N} \sum_{k=1}^N U_k \sin n \frac{2k}{N}$$

其中 N 为采样点, U_k 为第 k 次采样值。

$$\text{基波电压幅值 } U_m = \sqrt{U_{in}^2 + U_{rn}^2}$$

3 结束语

本装置的功能完善,用户可以通过对保护投退字的整定,投入或退出保护,同时装置可根据电动机所处状态(启动或运行)选择不同的定值,从而具有较好的灵活性和适应性。对 CT 状态的监视,使得保护具有了更高的可靠性。相对于传统的差动保护,其具有更高的灵敏度和选择性,能够比较理想地满足实际生产的需要。同时面对当前企业对工业生产过程自动化要求的不断提高这一实际需求为保护增添了串行通讯接口,符合当前保护装置的发展趋势。

参考文献:

[1] 陈德树,等(CHEN De-shu, et al). 计算机继电保护原理与

技术(Theory and Technology of Microcomputer-based Protection) [M]. 北京:水利水电出版社(Beijing:Hydraulic and Electric Power Press),1992.33-34,67-68.

[2] 王维俭,刘俊宏,等(WANG Wei-jian, LIU Jun-hong, et al). 故障分量纵差保护的原理与实践——对文献[1],[3]的讨论(Principle and Practice of Longitudinal Differential Protection Based on Fault Component——Discussion on Ref. [1],[3]) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment),1997,63(3):3-6.

[3] 王维俭(WANG Wei-jian). 电气主设备继电保护原理与应用(Theory and Application of Main Electric Equipment Protection) [M]. 北京:中国电力出版社(Beijing:China Electric Power Press),1996.

[4] 贺家李,宋丛矩(HE Jia-li, SONG Cong-ju). 电力系统继电保护原理(Theory of Power Systems Protection) [M]. 北京:水利水电出版社(Beijing:Hydraulic and Electric Power Press),1998.

[5] 洪良山(HONG Liang-shan). 普通纵差与故障分量纵差保护的比较(Analysis and Comparison of Longitudinal Differential Protections Based on all Components and Fault Component) [J]. 电力自动化设备(Electric Power Automation Equipment),1997,63(3):7-10.

[6] 尹项根,陈德树,等(YIN Xiang-gen, CHEN De-shu, et al). 故障分量差动保护(Differential Protection Based on Fault Component) [J]. 电力系统自动化(Automation of Electric Power Systems),1999,23(11):13-17.

[7] 孙涵芳,等(SUN Han-fang, et al). Intel 16 位单片机(16-bit Embedded Controllers of Intel) [M]. 北京:北京航空航天大学出版社(Beijing:Beijing Astronautic and Aeronautic University Press),1995.

收稿日期:2003-05-22; 修回日期:2003-07-20

作者简介:

毕锐(1979-),男,硕士,研究方向为电力系统继电保护;

温阳东(1955-),男,教授,硕士生导师,主要从事继电保护,计算机控制技术,现场总线技术方面的研究;

徐华丽(1975-),女,硕士,研究方向为电力系统继电保护。

A motor differential protection device based on fault component theory

BI Rui, WEN Yang-dong, XU Hua-li

(School of Electric Engineering and Automation, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

Abstract: A microcomputer-based motor differential protection device based on fault component theory is presented. The proposed device compensates the insufficiency of the microcomputer-based integrated protection device designed previously. Using the two devices together in practice can meet the need of high-voltage motor. Compared with conventional differential protection based on all components, differential protection adopting fault component as restraint component one is superior. The design of hardware and theory of protection are introduced, and the algorithm of signals processing is presented in the paper.

Key words: microcomputer-based protection; fault component; ratio differential protection; Fourier algorithm