

基于 DSP 硬件平台的新型电铁主变保护装置的研制

任雪涛,郭华,谷锦滨,马水生,郭勤俭

(许继集团有限公司,河南 许昌 461000)

摘要: 介绍一种新型电铁主变保护装置的特点及保护配置,对主要的保护原理及判据进行分析。对于各种接线形式的铁路变电所主变设备的差动保护方案进行了论述。

关键词: DSP; 主变; 保护

中图分类号: TM774 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)04-0043-03

1 前言

铁路电气化是实现铁路运输高速、重载的有效途径,是铁路建设现代化的标志。近年来,国家作出了加大铁路基础建设投资的决定,中国的电气化铁路事业进入了一个高速发展的崭新阶段。随着电气化铁道牵引供电系统对自动化要求的不断提高,对主变保护的要求也越来越高,对保护的性能也提出了更高的要求。因此有必要研制一套软硬件可靠、技术先进、功能齐全的新型电铁主变保护产品,以满足电铁市场对主变保护性能要求的不断提高。WBH-891型电铁主变保护装置充分吸收了以往主变保护装置的优点及运行过程中取得的经验,在功能和性能上有了很大的提高。

2 装置特点

WBH-891型电铁主变保护装置是以 TMS320C32 DSP 为基本软硬件平台的新一代数字式电铁主变保护,采用分层 32 位多 CPU 并行运行的系统结构,多层印制电路板布线技术及 SMT 表面贴装工艺,抗干扰能力强,采用了高精度的模数转换器件,机箱及接插件可靠性高、接插灵活,为装置的可靠运行奠定了基础。整套计算机系统、模数转换、开关量的输入及输出等集中设计于一块印制板中。开关量的输入、输出采用高可靠性的光电隔离器件,机箱采用整体面板和模块插件结构,插件间的连线采用背板走线方式,装置的出线采用直接出线端子,这种强弱电分开的出线方式,降低了强电回路对弱电回路的影响,提高了装置的抗干扰性能。

WBH-891型电铁主变保护装置按一套保护对应一台变压器配置。人机界面采用 320 × 240 全汉化大屏幕液晶显示,界面友好、直观,能实时显示保护元件的投入、退出状态、各种运行参数及报告信

息;装置能根据现场不同的接线自动改变相对应的算法,能同时满足平衡变、Y/ 变及 V/V 变三种不同接线方式的现场需要;同时具有负荷录波、故障录波功能,装置可通过记录故障发生前后电网波形的变化及各高次谐波的含量比来分析设备故障的性质,进而判断装置动作的正确性及定值的合理性;直流电源掉电时故障报告不丢失,可靠保存最新的多份故障报告;同时装置提供 LON 网或串行接口,支持与变电站自动化监控系统通讯。

3 保护配置

WBH-891型电铁主变保护装置保护配置齐全,每种保护功能均可任意投退。装置具有差动速断保护、差动保护、零序电流保护、零序电压保护、过负荷保护、高压侧低压过电流保护、低压侧分相低压过电流保护、失压保护、检有压、高低压侧 PT 断线功能、故障录波功能、负荷录波功能。

4 保护原理

4.1 差动保护

差动保护作为变压器内部、套管及引出线发生短路故障时的主保护,动作于变压器高低压两侧断路器跳闸。

a) Y/ —11 变压器差动保护接线及电流平衡关系

变压器两侧电流平衡关系(CT 二次侧)

$$\begin{bmatrix} I_A - I_B \\ I_B - I_C \\ I_C - I_A \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \begin{bmatrix} n_{II} & 0 \\ 0 & n_{II} \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I \end{bmatrix}$$

K 为变压器高、低压侧绕组匝数比,若高压侧电压等级为 110 kV,则 $K = 4/\sqrt{3}$;若高压侧电压等级为 220 kV,则 $K = 8/\sqrt{3}$ 。

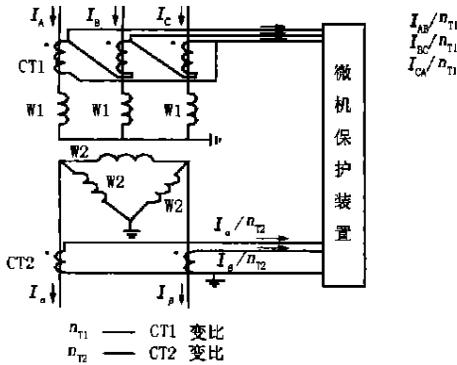


图1 Y/Δ-11 变压器差动保护接线

Fig. 1 Wirings of Y/Δ-11 transformer differential protection

$$AB \text{ 相差动电流 } I_{dz} = \left| I_A - I_B - \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

$$AB \text{ 相制动电流 } I_{zd} = \frac{1}{2} \left| I_A - I_B + \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

BC相、CA 相差动电流、制动电流计算方法类似。

b) 阻抗匹配平衡变压器差动保护接线及电流平衡关系

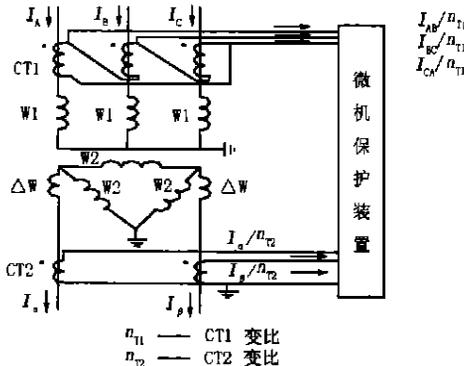


图2 阻抗匹配平衡变压器差动保护接线

Fig. 2 Wirings of the transformer differential protection with balanced impedance

变压器两侧电流平衡关系 (CT 二次侧)

$$\begin{bmatrix} I_A - I_B \\ I_B - I_C \\ I_C - I_A \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \frac{n_{T2}}{n_{T1}} \begin{bmatrix} 1.366 & -0.366 \\ -0.366 & 1.366 \\ -1 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I \end{bmatrix}$$

K为变压器高、低压侧绕组匝数比,若高压侧电压等级为110kV,则 $K=4/\sqrt{2}$;若高压侧电压等级为220kV,则 $K=8/\sqrt{2}$ 。

AB 相差动电流

$$I_{dz} = \left| I_A - I_B - 1.366 \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I + 0.366 \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

AB 相制动电流

$$I_{zd} = \frac{1}{2} \left| I_A - I_B + 1.366 \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I - 0.366 \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

BC相、CA 相差动电流、制动电流计算方法类似。
C) V/V 变压器差动保护接线及电流平衡关系

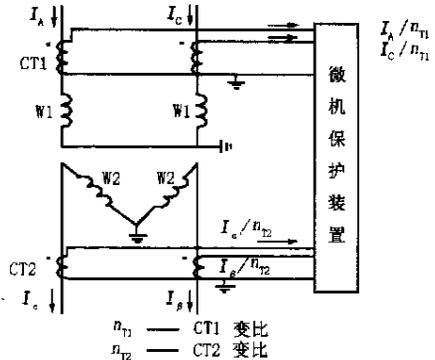


图3 V/V 接线变压器差动保护接线

Fig. 3 Wirings of V/V transformer's differential protection

高低压侧电流平衡关系 (CT 二次侧)

$$\begin{bmatrix} I_A \\ I_C \end{bmatrix} = \frac{1}{K} \frac{n_{T2}}{n_{T1}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I \\ I \end{bmatrix}$$

K为变压器高、低压侧绕组匝数比,若高压侧电压等级为110 kV,则 $K=4$;若高压侧电压等级为220 kV,则 $K=8$ 。

$$A \text{ 相差动电流 } I_{dz} = \left| I_A - \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

$$A \text{ 相制动电流 } I_{zd} = \frac{1}{2} \left| I_A + \frac{n_{T2}}{Kn_{T1}} I \right|$$

C相差动电流、制动电流计算方法类似。

变压器三相差动保护采用具有比率制动特性的差动保护,带有二次谐波闭锁判据。CT变比误差由软件调整平衡。

设差动保护双侧电流分别为 I_1 和 I_2 ,比率制动式差动保护判据为:

$$\text{若 } I_{zd} < I_{zd1}, \text{ 则 } I_{zd} < I_{dz1} \quad (1)$$

$$\text{若 } I_{zd1} < I_{zd} < I_{zd2} \text{ 则 } |I_{dz} - I_{dz1}| < K_2 |I_{zd} - I_{zd1}| \quad (2)$$

$$\text{若 } I_{zd} > I_{zd2} \text{ 则 } |I_{dz} - I_{dz2}| < K_3 |I_{zd} - I_{zd2}| \quad (3)$$

式中: $I_{dz} = |I_1 - I_2|$, $I_{zd} = |I_1 + I_2|/2$, $I_{dz1} = K_2 \cdot |I_{zd} - I_{zd1}| + I_{dz1}$, I_{dz1} 为最小差动电流整定值, I_{zd1} 为制动电流 段整定值, I_{zd2} 为制动电流 段整定值, K_2 为 段比率制动系数, K_3 为 段比率制动系数。

为防止变压器空投时产生的励磁涌流影响,增加二次谐波闭锁判据:

$$\left| \frac{I_{cd2}}{I_{cd1}} \right| < k \quad (4)$$

式中: I_{cd2} 为差电流的二次谐波值, I_{cd1} 为基波差电流, k 为二次谐波制动比。

二次谐波闭锁中只要有一相满足条件则同时闭锁三相。

差动保护动作特性见图 4:

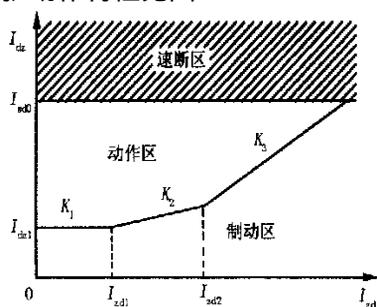


图 4 比率制动特性曲线

Fig.4 Characteristics of ratio restraint

4.2 差动速断保护

装置中设有变压器差动速断保护,动作判据为:

$$|I_{dz}| > I_{sd0}$$

式中: I_{dz} 为差动电流, I_{sd0} 为差流速断整定值。

4.3 过电流保护

装置中设有变压器高压侧三相低压过电流保护和低压侧两相低压过电流保护。低压启动辅助判据可以投入或退出,动作判据为:

$$\text{高压侧: } |U_{\min}(U, U)| < U_{dy0}$$

$$|I_{dz}| > I_{g10}$$

$$\text{低压侧: } |U_{\min}(U, U)| < U_{dy0}$$

$$|I_{dz}(\cdot)| > I_{d10}$$

式中: I_{dz} 为高压侧动作电流, I_{g10} 、 I_{d10} 分别为高、低压侧过电流整定值, $I_{dz}(\cdot)$ 为低压侧电流动作值。 $U_{\min}(U, U)$ 为低压侧各相电压中的最小值, U_{dy0} 为低压整定值。

4.4 零序保护

该保护作为变压器或相邻元件的接地后备保护,分为零序电流保护和零序电压保护,作用于出口跳闸。

4.5 过负荷保护

装置中设有变压器高压侧三相过负荷保护,动作判据为:

$$|I_{dz}| > I_{gth0} \quad (5)$$

式中: I_{dz} 为动作电流, I_{gth0} 为过负荷整定值。

过负荷保护分为两段,其中过负荷一段动作于发信号,过负荷二段动作于跳闸,分别用三段式定时限模拟反时限保护。

4.6 非电量保护

装置中设有非电量保护,可实现变压器重瓦斯、轻瓦斯和温度、压力、油位等各种非电量信号的出口

跳闸或信号指示功能。

非电量触点引入保护装置,直接经保护出口到信号插件,扩展其跳闸和信号触点,同时还引入保护插件的内部开关量输入回路,供 CPU 检测其动作时刻,以便记录和打印动作信息。

4.7 失压保护

装置中装有失压保护,当主变高压侧开关在合位,高压侧三相及低压侧均无压时,经过一定的延时发跳闸命令。

4.8 检有压

当装置检测到主变高压侧三相均有电压时,发出有压信号。

4.9 备自投

当装置判别到差动速断、差动、重瓦斯或压力(温度)段保护动作时,驱动自投起动作信号。

5 动模试验

在湖南大学电力系统动态模拟实验室利用阻抗匹配平衡变压器实验模型和在国家继电器检测中心动模实验室利用 Y/ 变压器模型分别对本装置进行了性能检验动模试验。试验表明,变压器高低压侧各种外部短路时差动保护可靠不动作;变压器空投时差动保护可靠不动作;变压器高低压侧发生各种短路故障时,差动保护可靠动作。WBH891 型电铁主变保护装置所采用的算法判据先进、正确,动模试验结果表明测量精度高,动作正确,能作为阻抗匹配平衡变压器和 Y/ 变压器的保护装置投入实际运行。

6 结束语

WBH891 型电铁主变保护装置是利用 32 位 DSP,结合许继公司多年来微机保护装置的优点和经验开发而成的,装置软硬件可靠、技术先进、辅助功能强大,2000 年 5 月通过了部级鉴定。至今已经被各铁路变电所广泛使用,现场运行情况良好,实践证明该装置适应电气化铁道发展的新形势,符合市场经济发展的客观需求,是电气化铁道系统更新换代的理想产品。

参考文献:

- [1] 贺威俊,张淑琴,等. 晶体管与计算机继电保护原理[M]. 成都:西南交通大学出版社,1990.

论用 Linux/ PC 构建电力系统 SCADA 通用平台

周拥华¹, 程时杰¹, 黄立滨², 罗成²

(1. 华中科技大学电气工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 河南许昌许继集团, 河南 许昌 461000)

摘要: 为向我国 220kV 及以上电压等级的 SCADA 系统提供可靠性高、普遍实用、具有自主知识产权且性能价格比高的系统软硬件平台, 结合计算机技术发展的最新成果, 论述了基于 Intel 架构的 PC 服务器与 Linux 操作系统用于构建 SCADA 平台的必要性和可行性, 同时提出了平台的构建方案。从电力系统中广泛存在的监控后台需求出发, 讨论了现有 Solaris/ Sparc、MS Windows/ Intel 等多种方案的局限性, 并针对 PC 的局限, 着重论述了各项关键指标的解决办法。得出的结论是, 采用该 Linux 操作系统构建的平台, 可以降低成本, 提高性能, 最大限度地满足电力系统监控与自动化技术发展的需要。

关键词: PC 服务器; 变电站; 综合自动化; 廉价磁盘冗余阵列; 对称多处理器; 自动故障冗余

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)04-0046-05

1 引言

随着信息技术、自动化控制技术的飞速发展, 电力系统对各种监控系统尤其是变电站综合自动化系统的要求也越来越高。这意味着在数据采集、数据通信以及数据处理、存储等方面都将面临新的挑战。在计算机领域, Sun Sparc、HP Alpha 等高端计算机系统的价格依然不菲, 而从性能上来说, 类似 Sun Ultra 系列的工作站和低端服务器的性能却并不十分优越。另一方面, 商用的 Unix 系统虽然已经广泛应用于高端领域, 但缺乏这一平台上的研发与技术支持人员, 很多关键技术还依赖于国外, 而 MS Windows 虽然已经被广泛接受, 但它在稳定性、安全性等方面还一直没有达到相对严格的工业控制的要求。实践表明, Unix/ Sparc、Unix/ Alpha 这样的系统技术起点

高, 成本大, 而 MS Windows/ PC 又难以满足工业控制的要求。同时, Unix、Windows 操作系统依然完全依赖于国外, 其核心并不公开, 难以满足发展中的电力信息系统安全的需要。为适应这一要求, 本文提出了采用 Linux/ PC 构建通用平台的设想和实现方案。

2 电力 SCADA 对系统平台的要求

电力系统的发展直接导致变电站复杂程度的增高, 而变电站的稳定运行又直接影响到电力系统的安全与稳定, 因此, 作为变电站监控的系统平台就很重要。我国自 80 年代以来, 在 500kV 变电站综合自动化领域, 一直在努力改变全盘引进的局面, 目前已经开始拥有了自主研发的系统。但其计算机平台, 由于稳定性要求等因素, 无论是其硬件还是其操作系统, 都还一直依赖于国外。

[2] 曹建猷. 供电系统[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1993.

[3] 周有庆, 等. 湖南大学差动保护研究与运行课题科研资料[Z]. 湖南大学, 1992.

任雪涛(1972-), 男, 工程师, 现从事铁路供配电二次系统研制工作;

郭华(1976-), 男, 助工, 现从事铁路供配电二次系统研制工作;

谷锦滨(1971-), 女, 助工, 现从事铁路供配电二次系统研制工作。

收稿日期: 2002-07-31; 修回日期: 2003-01-07

作者简介:

Research on the new electrification railway transformer protection based on DSP

REN Xue-tao, GUO Hua, GU Jir-bin, MA Shui-sheng, GUO Qir-jian

(XI Group Corporation, Xuchang 461000, China)

Abstract: The feature and configuration are introduced for the new generation of electrification railway transformer protection. Its main protective principle and criterion are analyzed. The protection is equipped with perfect protective functions and powerful auxiliary functions, and it passed the ministerial appraise in May 2000. The protection has been widely delivered in China with good operation experience in site.

Key words: DSP; main transformer; protection