通用型变压器后备保护的研究

徐斌[1], 张哲[1], 程利军[2], 吴大力[1]

(1. 华中科技大学电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074; 2. 南京中德保护控制系统有限公司, 江苏 南京 210003)

摘要: 针对通用型变压器后备保护的应用特点,对研制和开发中面临的关键技术问题进行了分析。提出了采用映射原理实现模拟量通道以及开入、开出通道按需求重构的具体技术方案,并对保护装置的基本硬件结构和相关设计问题进行了讨论。

关键词: 变压器; 后备保护; 微机保护; 映射; 数字信号处理器

中图分类号: TM772 **文献标识码**: A **文章编号**: 1003-4897(2003)12-0019-04

1 引言

随着电力系统规模的不断扩大,大容量变压器的应用日益增多,对变压器保护的性能提出了更高要求。近十多年来,微机技术的应用,极大地推动了变压器保护原理和实现技术的发展。迄今,保护新原理的研究主要集中在变压器主保护方面,并取得了良好的应用成果[1]。对于变压器后备保护,由于其原理相对简单、成熟,因此,在实现技术方面的研究更为引人关注[2,3]。变压器后备保护在开发和应用中面临的突出问题是,后备保护的配置与变压器的容量、结构型式以及所接电源和负载的情况等诸多因素有关。为了适应运行现场的不同要求,传统的微机变压器保护一般按典型方式构成不同型号的后备保护供用户选择,或根据用户的实际需要进行软、硬件的调整。这种方式开发和维护工作量大,适应性受到限制,特别是保护软件的修改和调整,涉及的逻辑关系复杂,某些错误难以通过简单的静态调试发现,从而直接影响保护装置运行的安全性和可靠性。因此,研制开发能较好满足运行现场不同应用要求的通用型变压器后备保护引起了生产厂家和运行单位的重视。与此同时,微机技术的发展和进步,计算速度、内存容量的不断提高,为通用型变压器后备保护的研制提供了有力的硬件支持。本文结合通用型变压器后备保护的开发实践,重点介绍了保护装置的设计方案和基本硬件结构。

2 通用型后备保护的解决方案

2.1 通用性需解决的主要问题

由于变压器型式多样,运行环境不尽相同,对后备保护的功能配置存在许多差异,如保护原理、动作方向、分段跳闸方式、压板和控制信号的开入方式等。要实现通用型后备保护涉及硬、软件两方面。硬件适应性的重点是计算机系统,其资源应能满足通用型保护软件运行的要求。而其它部分,如模拟量输入信号的隔离与变换,开入、开出信号的引接等则应立足于结构模块化的设计原则,而不宜为追求通用性导致硬件结构复杂,造成资源浪费,可靠性降低。通用型后备保护实现的关键在于保护软件的开发。首先,软件逻辑关系复杂,开发难度大;其次,软件的正确性必须通过全面的仿真和实验测试进行验证,这是一项系统性的工作,远较硬件调试复杂。根据后备保护的运行特点,在软件设计中,应着重解决以下4个基本问题:

1) 能根据需要进行保护配置。保护的配置与变压器的容量/电压等级、结构型式、所接电源和负载的情况以及中性点运行方式等诸多因素有关,涉及保护动作原理、保护方向以及分段跳闸方式等。这些需根据用户的不同要求进行灵活配置。

2) 满足不同模拟量输入信号的引接要求。不同的变压器,如三绕组变压器和两绕组变压器,自耦变压器与非自耦变压器以及变压器中性点接地方式等均会导致接入保护装置的模拟量信号在数量、性质和引接顺序上都有所不同。软件应能根据保护功能的配置情况和模拟量信号的实际接入情况,正确识别模拟量信号,完成相关电气量的计算。

3) 适应不同的开关量输入控制方式。开入量主要包括硬压板的投退控制和其它控制信号。原则上,保护功能的投/退可采用软压板方式实现,但为兼顾传统的运行习惯,在实际使用中,保留一定数量的硬压板仍是必要的。当保护配置不同时,硬压板的控制方式会有所不同,即使保护配置相同,不同的运行现场,由于实际系统运行方式的差异也会造成硬压板的控制方式发生改变。因此,要求软件对此

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

有良好的适用性,以满足用户的不同应用要求。

4) 开关量输出方式可灵活调整。开出量主要包括跳闸输出和各种信号、控制继电器的输出。变压器的结构型式、系统的电气接线方式、故障切除的控制策略以及与相邻电气元件的协调、配合等均会导致开关量输出发生变化。因此,如何根据实际需要,灵活、方便地进行开出方式的调整是软件设计中需要解决的另一基本问题。

在软件开发中,为实现上述要求,一种基本方法是保护功能按最大配置考虑,通过"保护功能配置表"来满足用户的不同要求。而软件与硬件间的协调与配合可通过"映射原理"加以解决。

2.2 基于映射原理的解决方案

在通用型后备保护软件设计中,模拟量通道以及开入、开出通道的物理地址均是明确、固定的,但各通道所接入的电气量信号以及输出控制方式则取决于变压器的结构以及所配置的保护原理。要实现两者之间的相互关联,即软件与硬件间的协调与配合,一种有效的处理方法是利用数学上的"映射原理"[4],根据事先指定的映射关系实现模拟通道、开入/开出通道的灵活设置。

2.2.1 模拟量通道的设置

为了使软件能正确识别模拟量信号,在软件设计中,按模拟量最大可能的引接情况,建立各模拟量名称与编号的对应表,如图 1 所示。当变压器后备保护实际接入的模拟量信号确定后,通过"模拟量通道配置表"指定各模拟量信号与 A/D 通道号的映射关系,映射结果存放于一中间数组。软件通过该中间数组所存储的数值,可自动提取所需的电气量信号进行计算。具体映射关系示例见图 1。例如,假设 30 号通道接入的是高压侧 A 相电压,则"模拟通道配置表"中 30 通道的配置值为 1,而用于存放各 A/D 通道号的中间数组的第一单元的数值为 30。

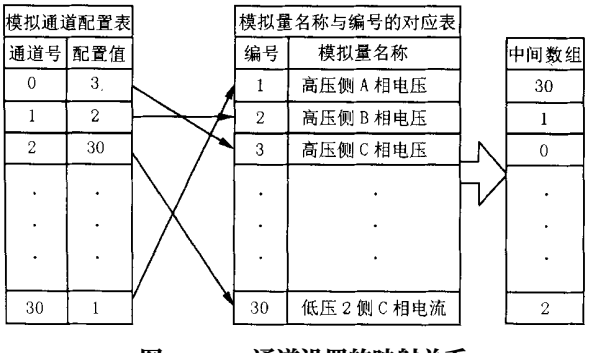

图 1 A/D 通道设置的映射关系

Fig. 1 Mapping of A/D channels

这样,根据中间数组可以方便、正确地识别各实际接入的模拟量信号。原则上,采用这种处理方式,模拟通道可以任意无规则设置。

2.2.2 开入通道的设置

在开关量输入信号中,随用户需求变化的主要是保护的投/退压板。压板设置的原理与模拟量通道的设置原理类似,即按最大的保护配置情况建立保护名称与编号的对应表,如图 2 所示,通过"保护压板配置表"指定各保护与压板开入通道的映射关系,软件由中间数组所存储的映射结果,可自动识别各压板所对应的保护功能。映射关系示例见图 2。例如,如果 15 号压板用来控制相间后备 I 段 I 时限的投退,则配置值应为 1,经过映射后,可得到用于存放各开入通道号的中间数组的第一单元数值为 15。这样,根据中间数组可以方便、正确地从开入通道的物理地址读取指定保护所对应的压板状态。

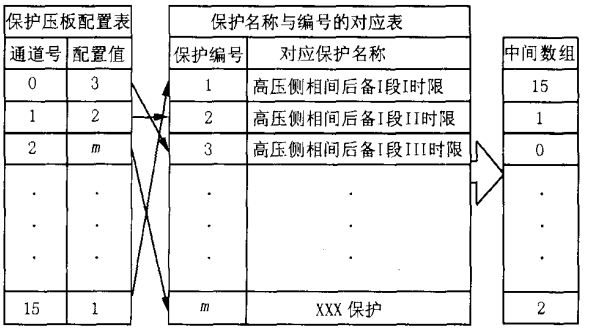

图 2 开入通道设置的映射关系

Fig. 2 Mapping of switch - in channels

2.2.3 开出通道设置

开出通道主要用于控制各类信号和跳闸出口回路。其中各类信号回路,如保护动作、过负荷、CT/PT 断线等与保护配置无关,相对固定;而与跳闸回路所对应的开出通道的设置则较为复杂。一方面,保护动作后,其跳闸逻辑包含跳母联、跳单侧开关以及跳各侧开关等不同方式,需根据实际情况设置;另一方面,开出通道与断路器跳闸回路之间的互连逻辑也需随应用要求的不同进行调整。有鉴于此,在软件设计中,与跳闸回路相关的开出通道的设置采用两级映射方式进行处理,即:断路器与开出通道的映射以及保护与跳闸断路器的映射。

1) 断路器与开出通道的映射。其设置原理与模拟量通道的设置原理类似,即按最大的断路器配置情况建立断路器名称与编号的对应表,如图 3 所示。通过"跳闸开出配置表"指定各跳闸断路器与开出通道的映射关系,中间数组 1 存放对应于跳闸断

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

路器的开出通道号。软件通过该中间数组 1 所存储的数值,可以自动识别各跳闸开出通道所对应的跳闸断路器。具体映射关系示例见图 3。

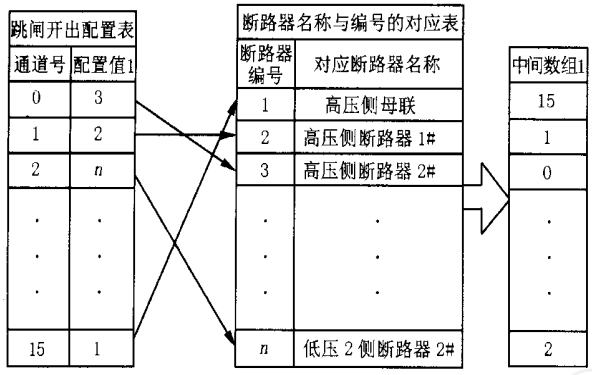

图 3　断路器与开出通道的映射关系

Fig. 3　Mapping between breakers and switch - out channels

2) 保护与跳闸断路器的映射。在实际应用中,后备保护动作后,可能要跳开一台或多台断路器,因此保护与跳闸断路器的映射是一对多关系。根据开入通道设置中已建立的保护名称与编号的对应表,通过"保护跳闸配置表"指定各保护原理与跳闸断路器的映射关系,并根据断路器与开出通道的映射结果,自动形成各保护原理所对应的跳闸出口方式字,存放于中间数组 2。当装置检测到故障并需要跳闸时,只需把相应的跳闸出口方式字写入开出缓冲就可以实现跳闸出口。具体映射关系示例见图 4。采用这种方式处理,开出通道可以任意无规则设置。

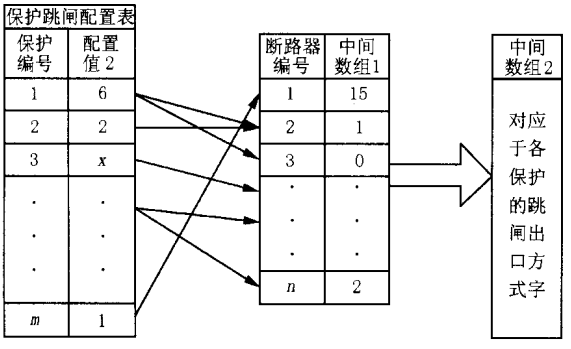

图 4　保护与跳闸断路器的映射关系

Fig. 4　Mapping between protection and trip breakers

3　保护的硬件结构

为了适应通用型变压器后备保护的应用要求,在硬件设计中,计算机系统的资源按能满足后备保护最大功能配置的要求进行配置,而其它外围模板则根据实际需要灵活调整,以降低成本。装置的基本硬件结构如图 5 所示。

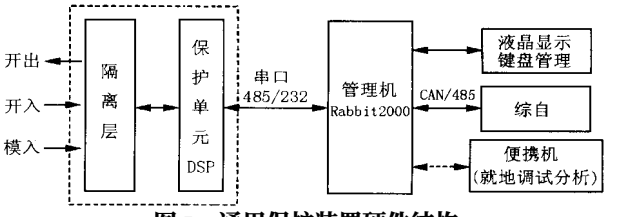

图 5　通用保护装置硬件结构

Fig. 5　Hardware structure of general protection

管理机采用 Rabbit2000 微处理器,主要完成人机交互所需的液晶显示和键盘管理,以及与变电站综合自动化系统的数据通讯。为了提高装置运行的可靠性,管理机与保护单元之间仅通过串行通信互联,无其它电气上的直接联系。

保护单元自行构成一总线不出板的独立系统,这样,即使管理机或通信出现异常,也不影响保护单元的正常运行。由于通用型后备保护功能复杂,对计算速度和内存容量等提出了更高要求。为此,保护单元以 TMS320VC33DSP 芯片为核心构成。DSP 芯片可实现每秒 120 兆次浮点运算。片内带有 34K ×32 位 RAM 存储器,并可根据需要扩展 64K ×32 位片外高速 RAM 存储器,以满足不同应用要求。板上自带 EEPROM 存储器,用于定值和配置参数存储。根据变压器后备保护最大配置的应用要求,模拟量通道选择为 32 路,其中一路作为电源和 A/D 自检。A/D 分辨率为 16 位,转换速度为 500 KSPS。

保护单元的开入通道共 24 路,按使用目的的不同分为两类:一类是固定开入量,主要包括开出自检、零序选跳、非全相运行开入等。这类开入物理地址事先确定,不进行配置调整;另一类是硬压板开入。鉴于通用型后备保护功能复杂,为简化结构,在硬件设计中,共保留 16 路硬压板。每路压板可根据实际需要任意设置。

保护单元的开出设计与开入情况类似,对于诸如保护启动、装置故障闭锁、过负荷、PT/CT 断线以及运行指示灯等这类与保护配置无关的控制和信号继电器回路,其对应的开出通道地址固定,无需调整。而与断路器跳闸回路等互连的开出通道,共 16 路,可根据实际应用要求任意设置。

上述通用型变压器后备保护的软、硬件解决方案已在实际保护装置中得到了成功应用,由于文章篇幅所限,具体情况将在其它相关文章中介绍。

4　结束语

通用型变压器后备保护的实现涉及硬、软件两

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

方面。硬件适应性的重点是计算机系统的选型和模块化结构设计。而在软件开发中,如何解决模拟量通道以及开入、开出通道按需求重构的问题是实现通用性的关键。文中提出的基于映射原理的解决方案,为上述问题的解决提供了一条有效途径。通用型变压器后备保护的研制对降低开发和维护成本,提高保护装置运行的安全性和可靠性将发挥积极作用。

参考文献:

[1] 王维俭,刘俊宏. 试论变压器差动保护的现状与发展[J]. 电力自动化设备. 1996,11(4):8 - 13.

[2] 吴运祥,沈国荣,朱声石. 重视并应用好变压器后备保护[J]. 继电器. 2000,28(7):8 - 11.

[3] 刘建尽,杨奇逊,任冰,等. 数字式变压器保护设计制造运行中一些问题的探讨[J]. 电网技术. 1998,22(7):18 - 21.

[4] 侯云畅. 高等数学(上册)[M]. 北京:高等教育出版社. 1999.

收稿日期: 2003-01-27; **修回日期**: 2003-03-21

作者简介:

徐 斌(1977 -),男,硕士,主要从事电力系统自动化和微机继电保护的研究与开发工作;

张 哲(1962 -),男,博士,教授,主要从事电力系统保护与控制方面的教学和科研工作。

Research on general backup protection for transformer

XU Bin[1], ZHANG Zhe[1], CHENG Li-jun[2], WU Da-li[1]

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074;

2. Nangjing Sino - German Protection & Substation Control Systems Ltd, Nanjing, 210003)

Abstract: Focused on the pivotal technology problems about research and development of general backup protection for transformer, a scheme based on mapping theory is presented. It solves the problems of reform of channels for analog signals, switch-in and switch-out signals. The hardware of protection and the relevant problems are also discussed.

Key words: transformer; backup protection; micro-computer protection; mapping; Digital Signal Processor(DSP)

(上接第 18 页)

入使用,运行实践表明,该系统为继电保护的实时管理,及时掌握地区电网的继电保护动态,进行决策提供了强有力的工具,实现了继电保护信息管理的无纸化、网络化、可视化和智能化。

参考文献:

[1] 王强,吕飞鹏. Windows DNA 在电力企业 MIS 开发中的应用[J]. 继电器,2001,29(9):30 - 34.

[2] 赵季中,宋政湘,等. Intranet 环境下分布式网络个人主力系统设计[J]. 计算机应用与软件,2002,19(3).

收稿日期: 2003-01-27; **修回日期**: 2003-03-24

作者简介:

宋人杰(1963 -),女,硕士,教授,从事电力系统仿真培训及管理信息系统的研究。

A distributed relay protection MIS based on intranet technology

SONG Ren-Jie, LIU Han-zhong, LI Yang

(Northeast China Electric Power Institute, Jilin 132012, China)

Abstract: A distributed relay protection MIS based on intranet technology is introduced. The structures, functions and realization of the system are illustrated at length.

Key words: Intranet; distribution; relay protection; management information system(MIS)

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net