

# 高压变电站 10 kV 母线保护的分析和研究

李韶涛<sup>1</sup>, 常胜<sup>2</sup>

(1. 佛山南海电力设计院工程有限公司, 广东 佛山 528200; 2. 广东省电力设计研究院, 广东 广州 510600)

**摘要:** 对高压变电站 10 kV 母线的保护现状和存在问题进行了分析和讨论, 论述了装设 10 kV 母线专用快速保护的必要性和可行性, 并提出了两种母线保护的新方案。

**关键词:** 母线保护; 网络; 变电站

**中图分类号:** TM773 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)08-0030-03

## 1 前言

在电力系统中, 35 kV 及以下电压等级的母线由于没有稳定问题, 一般未装设专用母线保护。但由于高压变电站的 10 kV 系统出线多、操作频繁、容易受小动物危害、设备绝缘老化和机械磨损等原因, 10 kV 开关柜故障时有发生。多年的运行实践表明, 虽然国内外的高压开关柜的制造技术进步很快, 10 kV 母线发生故障的机率为减少, 但是仍然有因个别开关柜故障引发整段开关柜“火烧联营”事故的发生, 甚至波及到变压器, 造成变压器的烧毁。虽然造成此类事故的原因是多方面的, 但是在发生 10 kV 母线短路故障时没有配备快速母线保护也是重要原因之一。变电站的 10 kV 母线一般不配置专用的快速母线保护是目前国内的典型设计做法, 是符合国标及现行的电力行业规程规范要求的。因此, 长期以来人们对中低压母线保护一直不够重视。但是, 惨痛的事故教训已经引起电力部门的广泛关注, 在技术上寻求新的继电保护方案也是广大继电保护工作者的目标之一。

## 2 10 kV 母线保护的应用现状及技术要求

### 2.1 10 kV 母线保护的应用现状

根据国标《电力装置的继电保护和自动装置设计规范》(GB 50062 - 92), 对于发电厂和主要变电所的 3 ~ 10 kV 母线及并列运行的双母线, 只有在下列情况下才装设专用的母线保护: 需快速而有选择地切除一段或一组母线上的故障, 才能保证发电厂及电网安全运行和重要负荷的可靠供电时; 当线路断路器不允许切除线路电抗器前的短路时。

在变电站的设计中, 10 kV 母线故障要靠主变压器低压侧的后备保护来切除。如图 1 所示, 该图表示的是常见的 220 kV(110 kV) 变电站 10 kV 母线

的某一段接线情况, 在 K1 点发生故障时, 要靠变压器低压侧的过流保护跳开 DL1 断路器来切除故障。同样的问题也存在于发电厂的 6 kV(10 kV) 厂用电系统, 当中压厂用电系统发生母线故障时, 要靠厂用变压器或启动/备用变压器低压侧的过流后备保护来切除。这种设计方案的弊端是一旦发生母线短路故障时, 故障不能被快速切除, 而只能等到过流后备保护动作。因后备过流保护动作时间一般整定为 1.2 ~ 2.0 s, 所以在切除故障时将会加大设备的损坏程度, 甚至引发相邻设备的大面积烧毁。

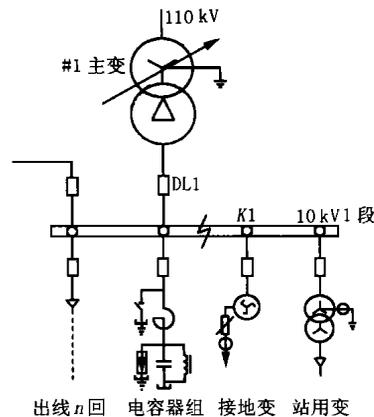


图 1 典型的 220 kV(110 kV) 变电站 10 kV 系统图  
Fig. 1 Typical single line diagram of 10 kV system of 220(110) kV substation

### 2.2 对 10 kV 母线保护的技术要求

对 10 kV 母线保护的要求, 主要包括以下几个方面:

(a) 保护可靠性要求高, 不允许拒动和误动。特别是对防止误动的要求更高, 因为拒动的结果是故障还可以靠进线(或分段)的后备过流切除, 与目前不配置专用母线快速保护的结果是一样的, 使用单位从心理上还可以接受, 但是如果是发生误动, 后果很严重, 直接影响到用户的供电可靠性, 运行单位

会产生抵触,影响到采用该保护的积极性。

(b) 保护的构成尽可能简单。不大量增加一次设备(如电流互感器)和外部电缆,而且施工和改造工作简单易行。

(c) 保护不受运行方式的影响,可以自动适应母线上连接元件的改变。如从电源进线切换到分段开关运行,个别或部分元件的投入及退出运行,综合微机保护的调试和维护修理等情况。

(d) 保护可以适应安装在开关柜上的运行条件。

### 3 两种有应用业绩的 10 kV 专用母线保护方案

为了解决在 10 kV 系统发生母线故障时没有快速保护的问题,最直接的保护方案就是配置常规的母线差动保护,把所有母线段上各回路的电流量引入差动保护装置(或差动继电器),但是在实施上这种方案还存在一些弊端,具体应用时会受到限制,很难得到运行单位的认可(其存在的问题在下述章节中有讨论)。以下是两种有应用业绩的保护方案介绍。

#### 3.1 采用电流互感器第三个二次线圈构成差动保护的方案

过去因 10 kV 系统开关柜内的电流互感器只有两个二次线圈,一个 0.5 级用于测量,一个 P 级用于本单元的保护。如要增加一个用于母差保护的二次线圈,只能再增加一组电流互感器,但受开关柜内空间的限制,一个开关柜根本布置不下,除非再增加一个柜,这样对由很多面柜构成的一段母线来说,造价大大增加。近几年,具备三个二次线圈的电流互感器开始出现和应用,这为实现 10 kV 母线短路故障的快速保护创造了有利条件。如图 2 所示,各元件电流互感器的第三个二次线圈专用于母线差动保护,为提高可靠性,保护可以经电压元件闭锁,只有在出现差电流和系统电压条件满足的前提下,保护才能出口。差动保护动作后跳开电源进线断路器(或分段断路器)。

该方案的特点是构成简单,利用了目前电流互感器制造方面的新特点,开关柜投资增加不多。缺点是需增加的二次电缆较多,电缆投资大,现场施工工作量大。但如不增加电压闭锁回路,在发生 TA 断线情况时,保护的安全性较低。该方案保护可以集中组屏布置在继电器室内,也可以将保护布置在进线开关柜上。

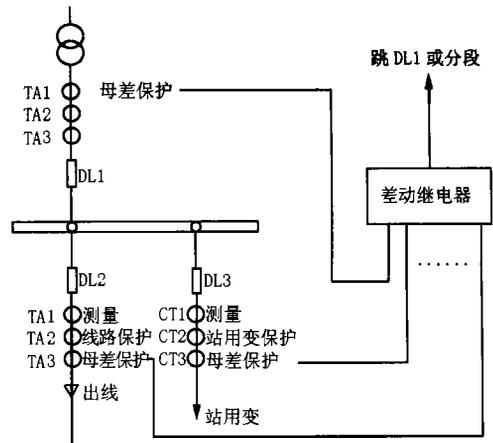


图 2 利用 TA 第三个二次线圈构成的 10 kV 母线差动保护方案

Fig. 2 Scheme of 10 kV busbar protection based on the third TA secondary winding

#### 3.2 利用各开关柜内综合保护构成的母线快速保护方案

其原理是:利用各开关柜综合保护提供的故障信息(硬接点),经汇总后进行综合分析和逻辑判别,来实现 10 kV 母线短路故障的快速切除。母线故障的快速保护功能“镶嵌”在进线保护装置及分段保护装置内,不以独立的母线保护装置形态出现,从而进线保护装置及分段保护装置的设计也是非常规范的。

其原理是如故障发生在母线之外,则必有某一个回路的综合保护发出闭锁信号,这样进线保护(或分段保护)被可靠闭锁;如果故障发生在母线上,则进线保护接收不到闭锁信号,经一短延时(该延时主要是为躲开暂态过程,提高保护可靠性,一般小于 100 ms)后出口跳闸。在母线区域内发生故障时,将快速切除进线断路器,在用分段断路器带母线运行时,保护将快速切除分段断路器。该方案的构成如图 3 所示。

该方案的特点是在构成上不需要增加和改变 TA 和 TV 设备和回路,只是在综合保护上增加构成母线快速接点的配合接点,增加的电缆也不多。其缺点是母线保护依赖于进线保护(或分段保护),保护装置本身在物理上不独立,另外,目前的保护还没有考虑电压闭锁条件,保护的可靠性略感不足。这种保护方案已经出现了几年时间,但没有得到推广应用,估计原因是用户对该保护方案信心不足。

### 4 两种新型 10 kV 母线保护的设想方案

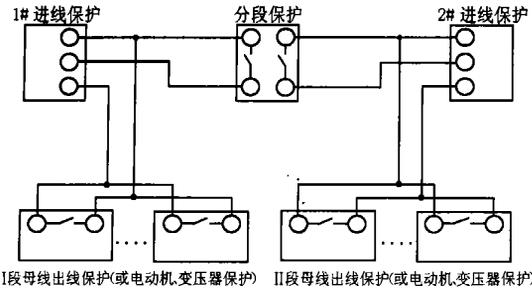


图3 利用综合保护附加触点构成的 10 kV 母线保护示意图

Fig.3 Scheme of 10 kV busbar protection based on auxiliary contact of synthetical protection

### 4.1 基于数字网络技术的 10 kV 母线保护方案

10 kV 母线网络保护的核心思路是利用母线上各回路的综合保护装置和保护专用网络构成。系统结构如图 4 所示。

各回路的综合微机保护需增加一个保护专用数字通讯接口,同时在保护程序中增加一段配合母线保护的服务程序。采用数字通信网络技术来构成变电站的综合自动化功能已经非常成熟的技术,如采用 LONWORK、Profibus、CAN 网等。目前在变电站综合自动化技术方案里,数字通讯网络主要用来传送控制命令和监视、测量数据,不用作实现继电保护功能,原因是继电保护对可靠性的要求高,必须设置独立的、专用的装置和数字通道。

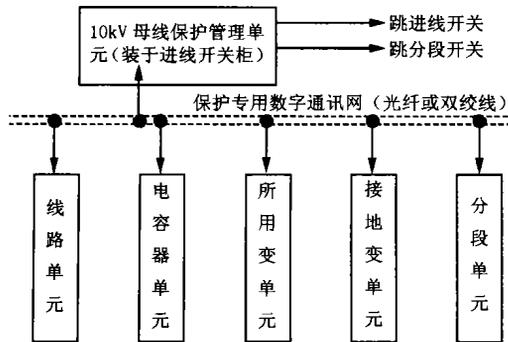


图4 数字网络母线保护方案

ig.4 Scheme of 10 kV busbar protection based on digital network

正常运行时,母线保护管理单元循环向网络上每个 10 kV 就地综合保护单元发出询问信息,其目的有两个:一是实时掌握本段母线上各回路的运行状态,即运行方式,作为母线保护条件满足时的出口依据,即在分段断路器处断开,电源进线带本段母线运行时,保护去跳进线断路器,而由分段断路器带本段运行时,保护去跳分段断路器;第二个目的是在母线保护管理单元感受到系统发生了故障时,要询问各回路的综合保护是否感受到有短路电流流过本保

护单元,以作为母线保护管理单元发出动作跳闸命令的依据。

母线保护管理单元是本保护方案的核心,可以安装在进线断路器开关柜上。它是信息搜集和处理的中心,也是保护动作的执行人。为了提高本保护的可靠性,在母线保护管理单元中还可以引入本段母线电压互感器的电压,作为保护出口的闭锁条件,降低保护误动的风险。

### 4.2 基于电弧光传感技术的 10 kV 母线保护方案

其原理是通过检测开关柜内部发生母线故障时产生弧光这一特性,并结合过流闭锁的动作原理,即它采用检测弧光和过流双判据原理。该原理保护有以下特点:

(a) 该保护原理简单,通过检测弧光短路故障产生的电弧这一简单原理来实现,其技术核心是电弧光传感器的采用。电弧光传感器安装在开关柜内部,作为光感应元件,将检测发生弧光故障时突然增加的光强,并将光信号转换成电信号传送给母线保护单元。

(b) 动作可靠性高,由于采用了“双判据”,即使弧光传感器误报信号,也不会出口。

(c) 动作迅速,通过检测弧光信号,整套保护的動作速度可达 5~7 ms。

(d) 无论新建或技改工程均容易实施。

(e) 造价低。

基于该原理的保护在国外已有应用,运行效果令人满意,但国内很少报道。鉴于该保护的上述优点,可以预计这种原理的母线快速保护也会在国内得到推广应用。

## 5 结束语

综上所述,在高压变电站的 10 kV 母线上装设快速保护很有必要,电力系统现行的保护方案显然不能满足快速切除故障的要求。电力系统迫切需要采用安全可靠、简单经济的新型保护系统,来解决中低压母线故障的快速切除问题。希望笔者提出的母线快速保护的新方案能得到有关方面的重视,并在此基础上推出高质量的产品,为电力系统的安全可靠运行作出贡献。

### 参考文献:

[1] 电力工程设计手册:电气二次部分[M].北京:中国电力出版社,1991.

[2] GB 50062-92. 电力装置的继电保护和自动装置设计规范[S].

(下转第 42 页)

MCS-96 系列单片机开发的高级语言,它简单易学,源程序可读性好,编译得到的代码无论从效率还是运行速度上都不逊色于汇编语言。数据采集模块软件流程图如图 4。

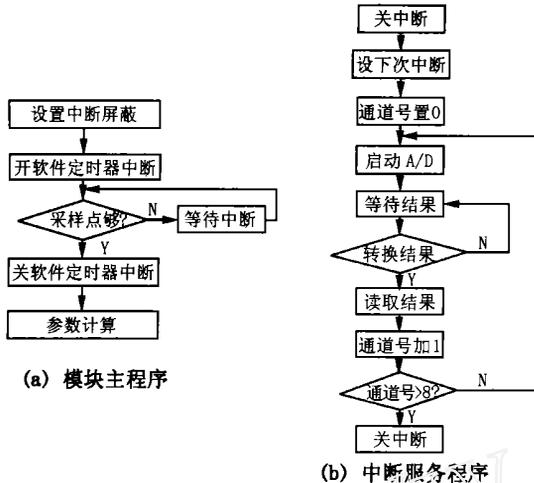


图 4 数据采集模块软件流程图

Fig. 4 Flow chart of signal acquisition module software program

## 4 结语

本文介绍的变电站电压无功综合控制装置具有自己独立的数据采集系统和控制操作系统,可以独

立运行并实现变电站内电压无功局部优化控制,具有实时性和独立性好的特点。采用模糊控制与离线优化相结合的方法,可大大减少电压波动,提高电能质量。在实验室仿真运行中显示可有效减少有载调压变压器分接头和并联电容器的动作次数。

## 参考文献:

- [1] 孙涵芳. Intel 16 位单片机[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1999.
- [2] 金若君,胡协和,卢慧芳. 基于 80C196KC 单片机综合电量变送器的实现[J]. 电测与仪表,2001,(9):8-10.
- [3] 李川香,王宝珍. 基于 80C196KC 的多功能电参数测试仪[J]. 电测与仪表,2001,(6):16-19.
- [4] 王志凯,郭宗仁,李琰. 基于神经网络的模糊控制在变电站综合控制中的应用[J]. 继电器,2002,(3):17-19.

收稿日期: 2003-02-19; 修回日期: 2003-05-26

## 作者简介:

王磊(1979-),男,硕士研究生,从事电力系统自动化、无功优化与控制等方面的研究工作;

黄纯(1966-),男,博士,副教授,从事电力系统自动化、谐波分析与抑制、微机保护等方面的教学与科研工作;

郭上华(1977-),男,硕士研究生,从事电力电子在电力系统中的应用、电能质量检测与抑制等方面的研究工作。

## The design of voltage & reactive power comprehensive control device of substation based on fuzzy control theory

WANG Lei, HUANG Chun, GUO Shang hua, CAO Guo jian

(College of Electricity & Information Engineering of Hunan University, Changsha 410082, China)

**Abstract:** A design plan and the hardware & software realization of substation voltage & reactive power comprehensive control device are presented in this paper. Based on fuzzy control and off-line optimization methods, this device can effectively decrease day-adjusting times of the switching of on-load transformer and paralleled compensation capacitors in substation, and then improve the adjusting ability of power system and its voltage quality remarkably.

**Key words:** VQC; fuzzy control; substation; signal acquisition

(上接第 32 页)

收稿日期: 2003-04-25; 修回日期: 2003-07-16

作者简介:

李韶涛(1962-),男,工程师,工学学士,主要从事变电站的设计研究工作;

常胜(1965-),男,高级工程师,工学硕士,从事电力系统继电保护的设计研究工作。

## Analysis and study on 10 kV busbar protection of HV substation

LI Shao-tao<sup>1</sup>, CHANG Sheng<sup>2</sup>

(1. Foshan Nanhai Electric Power Design Engineering Corp., Foshan 528200, China;

2. Guangdong Electric Power Design Institute, Guangzhou 510600, China)

**Abstract:** The article analyses and discusses the current conditions and existing problems about 10 kV busbar protection of HV substation. On the discussion of necessity and feasibility of equipping fast busbar protection, two new protection schemes are given.

**Key words:** busbar protection; networks; substation