

# 微机型电力变压器保护系统

刘立群 韩 韪 阿城电站自动化研究所(150302)

**【摘要】** 本文介绍了一种新型微机式变压器保护

**【关键词】** 微机型 变压器保护 模块式

## 前言

电力变压器是电力系统的重要设备。它担负着电能的传输和电压变换的重要作用。大型电力变压器、尤其是 220kV 及以上的变压器的安全运行与系统的运行情况息息相关。提高电力变压器的继电保护的性能和水平、对保证电力系统安全、稳定运行具有重要的意义。

将微型计算机技术应用于变压器保护是提高变压器保护水平的一个主要途径。采用微机技术构成的变压器保护系统,较现有的模拟式保护具有更加完善的功能,提高了电力系统安全运行水平。本文对我们研制的微机型变压器保护系统作以说明和讨论。

## 1 保护系统的设计原则

### 1.1 采用模块式结构

由于变压器容量、电压等级、以及电网情况的差异,变压器的保护配置是有所不同的,为了灵活地为各种变压器配置保护、满足其安全运行要求,又减少各种保护之间的相关性,方便运行与维护,在结构上采用模块式结构,而弃之大而全的成套式保护结构。

1.2 由多个 CPU 来分担全部保护功能。每一种主要的和复杂的保护各由一个 CPU 来实现,后备保护根据输入量情况考虑几种占用一个 CPU。这样既较充分地利用了 CPU 的处理能力,又不致于因一个 CPU 故障而使整个保护系统受到严重影响。

1.3 气体和温度保护跳闸回路不进入微机保护装置,直接作用于跳闸,以保证可靠性。

1.4 设有液晶显示,便于整定、调试和运行中的监视。

1.5 具有通讯和打印功能

1.6 具有有效的防止不正确动作和拒动措施。

## 2 保护系统构成

系统由电源、保护组件、管理单元、跳闸与信号回路等组成。其方框图见图 1。

### 2.1 管理单元

管理单元 CPU 作为管理机,与各保护用 CPU 构成主、从多机并行工作系统。一个管理单元最多可以管理 10 个保护 CPU。管理单元框图见图 2。

管理单元 CPU 采用 8098 单片机,外设 32K EPROM 作为程序存储器,8K RAM。利用 8256 芯片构成标准串口与上位机通讯。通过 8255 并行口驱动打印机记录系统的工作信息,并利用其在检查到保护 CPU 工作不正常时对保护 CPU 进行复位。利用 8098 单片机的串行口与

收稿日期:1996-01-03

保护 CPU 构成通讯网络,与各保护 CPU 进行数据通讯、定值整定、显示、修改、打印,对各保护 CPU 进行检测等。

利用管理单元上的 4×4 键盘可对各保护进行采样数据和各种信息调用、修改定值和时钟等操作。在进行每一种操作时,液晶显示器上都给出相应的提示,使各种操作简单方便、容易掌握。

用 146818 芯片构成硬件时钟系统,为整个保护系统提供一个准确的计时。管理单元每隔 1 小时对保护 CPU 的时钟校对,保证整个保护系统的时间同步。

## 2.2 保护组件

由于保护采用模块式结构,所有保护的硬件是通用统一的,每个保护组件都由相应的变换插件、保护 CPU 插件和出口插件组成。保护组件的基本结构框图见图 3。

变换器插件用来实现交流电流/交流电压,交流电压/交流电压的变换,并对变换后的模拟信号进行滤波,滤除其中的高次谐波成份,以满足采样定理的要求。

CPU 插件是保护组件的核心,用来完成保护的全部功能。采用 8098 单片机,外接晶体的基频为 12M。由 32K EPROM、8K RAM 和 2K E<sup>2</sup>PROM 构成存贮系统,由 9 路采样保持器 S/H<sub>1</sub>~S/H<sub>9</sub>、一个多路转换开关 MUX 和一个 A/D 转换器构成数据采集转换系统。CPU 对数据采集系统送来的数据进行相应的计算,判断是否有故障发生,如果有故障,通过 8255 并行口输出动作命令,并通过串行口将故障报告及故障前的一个周波和故障后的三个周波的采样值传给管理单元进行打印输出。同时将故障信息存入 E<sup>2</sup>PROM 的报告区保存。在 E<sup>2</sup>PROM 中可以存放三次的故障报告,每次故障可以存放 10 份报告。

保护的定值存放在 E<sup>2</sup>PROM 中,定值区可以存放 20 个定值。

出口插件接收 CPU 插件发出的出口命令,并将其转换成触点输出,同时给出相应的保护

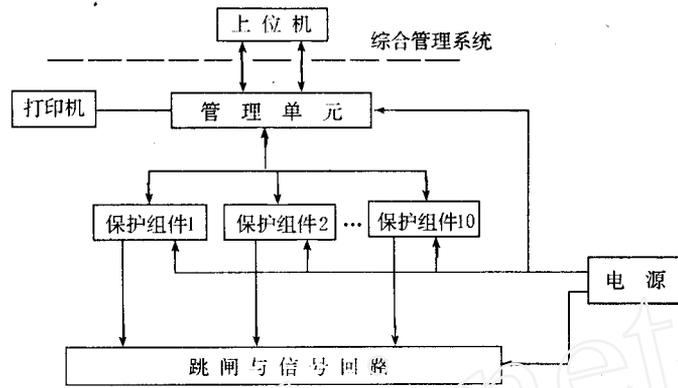


图 1 保护系统方框图

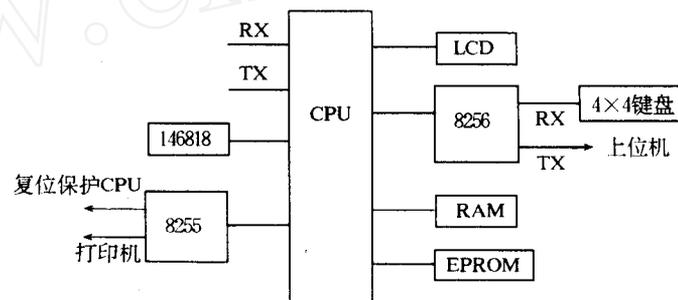


图 2 管理单元框图

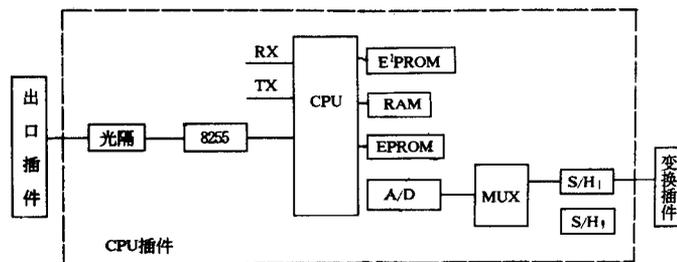


图 3 基本保护组件框图

CPU 对数据采集系统送来的数据进行相应的计算,判断是否有故障发生,如果有故障,通过 8255 并行口输出动作命令,并通过串行口将故障报告及故障前的一个周波和故障后的三个周波的采样值传给管理单元进行打印输出。同时将故障信息存入 E<sup>2</sup>PROM 的报告区保存。在 E<sup>2</sup>PROM 中可以存放三次的故障报告,每次故障可以存放 10 份报告。

保护的定值存放在 E<sup>2</sup>PROM 中,定值区可以存放 20 个定值。

出口插件接收 CPU 插件发出的出口命令,并将其转换成触点输出,同时给出相应的保护

动作灯光信号。

由于变压器差动保护数据采集量大,采样频率高(每周期 20 点),计算工作量大,该保护组件的 CPU 插件与上述介绍的 CPU 插件不同,其框图见图 4。该 CPU 插件中包括两片 8098 CPU、两个 A/D 转换器,两个多路转换开关、21 路采样保持。CPU1 完成保护功能、CPU2 用于数据处理、数据通过双端口 RAM 共享。

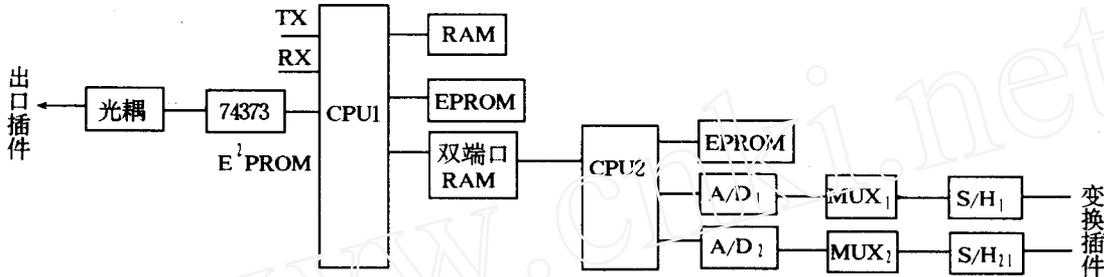


图 4 变压器差动组件 CPU 插件框图

### 2.3 电源

保护系统设两套容量足够大的开关电源,正常运行时,一套电源为 CPU 供电,另一套作为出口电源,当其中一套电源故障时,报警并通过手动切换,由一套电源同时向 CPU 和出口供电。

### 2.4 跳闸与信号回路

保护系统的跳闸与信号回路有两种方案供选择:一种是根据保护的跳闸对象配置跳闸总出口继电器,以及配置相应的保护信号继电器;另一种方案是采用矩阵逻辑出口跳闸,跳闸矩阵的列对应保护的出口、列数由保护的出口数量而定,可通过增减跳闸矩阵模块来增减矩阵的列数。跳闸矩阵的行数固定为 15 行。采用矩阵方式跳闸,可以作到各保护的出口接线完全一致,而只通过改变矩阵的逻辑编程即可满足不同的保护跳闸要求。

## 3 保护系统可靠性的保证措施

微机保护运行的可靠性主要面临两个问题,一是元件损坏,二是干扰引起的功能障碍。针对此,在该微机保护系统的设计中,采取了相应措施,保证保护系统具有高可靠性。

### 3.1 正确合理的接地

干扰对微机保护的影响是严重的,因此首要的任务是切断各种耦合途径,防止干扰进入保护装置。在微机保护中采取正确合理的接地是抑制干扰的主要方法。

从抗干扰和安全考虑,将保护系统中的金属机壳均与大地相连,并保证接地电阻小于  $10\Omega$ 。

在保护组件内部设有以下地线:

- a. 数字地,即数字器件的零电位点;
- b. 模拟地,主要指采样保持器、多路转换开关及 A/D 转换器前置放大器的零电位;
- c. 直流电源地,即内部电源零电位。每组工作电源的零电位与相应的工作部件零电位相连;

d. 屏蔽地,指内部小电流变换器、小变压器原付边线圈之间的屏蔽层、逆变电源变压器屏蔽层及金属机壳等,与大地相连。

### 3.2 屏蔽与隔离

为防止外部浪涌影响微机工作,保护系统中采取了隔离与屏蔽措施。

- a. 交流模拟量输入通过小变换器隔离,并在原付线圈间加屏蔽层接机壳。
- b. 开关量输入、开关量输出、数字量输出均采用光电隔离。

### 3.3 自检与互检

为了及时发现和排除微机保护硬件和软件故障,系统中采取了自检与互检措施。

自检是每个保护 CPU 对本保护组件的循环检查,主要有:EPROM 的求和检查,RAM 的读写检查,E<sup>2</sup>PROM 的读写检查,定值检查,开关量输出检查,以及 A/D 转换检查等。如发现其中某项有问题,立即发出装置故障信号,并闭锁保护出口。

互检是在保护 CPU 与管理单元 CPU 之间进行的。管理 CPU 定期向保护 CPU 发出“问好”信号,如保护 CPU 正常则回答 OK,管理 CPU 若接收不到保护 CPU 发回的 OK 信息,便认为保护 CPU 工作不正常,于是向保护 CPU 发出复位信号,然后再发“问好”信号,如仍接收不到 OK 答复,则发出相应保护 CPU 故障的信号,同时闭锁该保护组件出口。

### 3.4 自恢复

外部的干扰有可能使程序“出轨”或“卡死”。微机不能正确运行。保护系统中采取了自恢复措施,可以尽快地使它恢复正常工作。方法是:将不存放程序和数据 EPROM、E<sup>2</sup>PROM、RAM 区域全部写上 FFH,因为 FFH 是 8098 单片机的复位指令机器码,一旦 PC 进入不可执行区时,即执行 Reset 指令使 CPU 复位。使程序从头开始执行,另一方面是利用 8098 单片机内部的“Watch Dog”电路,当程序运行不正常时,将 CPU 复位。

### 3.5 可靠的出口

保护出口回路分别经过多个与非门电路把关、采取编码输出。可以防止由于硬件损坏导致的误出口。主要保护都设有启动元件、出口经过启动元件多重表决方可跳闸,可以防止某一个 CPU 由于某种原因造成误动作。保护组件的装置故障继电器触点串接在保护出口继电器电源回路,当有装置故障时,切断保护出口电源、闭锁保护出口。通过 CPU 不断地对出口回路的检查,还可以报告由于元件损坏等原因造成的保护拒动。

### 3.6 提高软件的可靠性

程序设计是微机保护系统设计中极其重要的一个环节,程序设计的质量对保护系统工作影响极大,为了提高软件的可靠性,在保护系统的软件设计上采用了结构程序设计方法。首先编制出各功能独立的小程序,即软件模块,然后将这些软件模块按照一定的逻辑结构组合起来,实现所要求的保护等功能。在进行软件模块逻辑连接时,各模块之间不采用跳转语句,保证各个软件模块只有一个入口和一个出口。从而使程序结构条理清晰、易懂、便于分析和调试、保证可靠性。

## 4 保护配置

根据特定变压器的具体要求,利用相应的保护组件,可以非常灵活而方便地组成所需要的保护系统。供选用的主要保护组件简单介绍如下。

### 4.1 变压器差动保护组件

变压器差动保护采用比例制动差电流原理,具有以下功能和特点:

- a. 电流互感器采用 Y/Y 接线、其相位补偿和电流补偿均由软件实现；
- b. 具有电流补偿系数自动调整功能，以减小有载调压造成的不平衡电流；
- c. 可调整的三折线或两折线比例制动特性；
- d. 二次谐波、五次谐波制动功能；
- e. 具有差电流速断；
- f. 低电压自动解除二次、五次谐波制动功能；
- g. 非涌流条件下的解除二次、五次谐波制动功能；
- h. CT 断线监视和闭锁功能；
- i. 两倍动作值下的动作时间 < 30ms，差电流速断动作时间 < 20ms。

#### 4.2 零序电流、电压保护组件

该保护组件适合于各种接地方式运行的变压器，作其接地保护。有以下保护功能：

- a. 两段定值、四段时限的零序电流保护；
- b. 零序电压保护（可由零序电流控制是否开放）；
- c. 间隙零序电流保护。

#### 4.3 过电压、过激磁保护组件

- a. 两段过电压保护；
- b. 两段定时限过激磁保护；
- c. 反时限过激磁保护。

反时限过激磁保护的動作特性曲线，可由用户分成 20 段折线输入到保护中，能够精确地逼近实际的变压器过激磁能力曲线。

- d. 精确的软件电压/频率计算。

#### 4.4 过负荷/过流保护组件

- a. 两段定时限过负荷/过流保护；
- b. 一段反时限过流保护、保护的動作特性为：

$$t = \frac{80}{(I/I_p)^2 - 1} \cdot t_p$$

式中  $t$ ：跳闸时间

$t_p$ ：时间乘数（一般为 0.05 ~ 3.2s）

$I$ ：故障电流

$I_p$ ：电流设定值

#### 4.5 复合电压过流保护组件

- a. 两段过电压保护
- b. 两段定时限过流保护
- c. 两段低压过流保护
- d. 两段低压记忆过流保护
- e. 两段复合电压过流保护

其中 b—e 通过保护组件中的控制字来选择投哪一种保护。

#### 4.6 阻抗保护组件

阻抗保护具有以下功能与特点：

- a. 一段阻抗、两段时限；

- b. 动作特性可调成圆、橄榄圆；
- c. 可实现全阻抗、偏移阻抗和方向阻抗；
- d. 具有 PT 断线监视功能；
- e. 三相式  $0^\circ$  接线方式。

#### 4.7 零序差动保护组件

零序差动保护具有高灵敏度和极高的对三次谐波的抑制能力。可作为高阻差动使用，也可作为有选择性的变压器接地保护。

## 5 结论

采用微机式变压器保护是提高变压器保护的水平和性能的一个主要途径，它有利于电网的安全、可靠运行，必将在电力系统中发挥重要作用。

### 参考文献

- 1 赵依军、胡戎编著. 2096 单片机原理及系统设计技术. 华工理工大学出版社
- 2 山东工学院、山东省电力工业局著. 电力系统继电保护(内部参考书)



(上接 25 页)

(2)生成、显示、保存和打印操作票。

根据操作任务,通过人机接口选项控制,系统能自动生成与现场状态相符的操作票,如果需要可以保存和按标准格式打印操作票。

(3)模拟培训功能

能对变电站运行人员提供键盘和模拟屏进行仿真培训的功能,同时通过键盘和模拟屏还可以检验手写操作票的正误。

(4)防误监视

能向电脑钥匙输入正确的操作顺序,由电脑钥匙指导现场操作,具有实时防误功能。

## 7 结论

本系统可以方便地适用于各种接线方式的变电站,具有很强的实用性。采用可编程序控制器采集开关量并实现防误功能,满足了变电站对防误可靠性的要求。本系统同时具有多种功能,可以大大提高变电站的自动化程度。上层软件采用 C 语言编写,可方便地与其他应用系统接口。

