

大型发变组集成电路保护的微机自动检测装置研制

柳海龙 姚晴林 合肥工业大学电气系 (230009)

王 净 李 正 上海继电器厂研究所 (200072)

【摘要】 对一套大中型发电机—变压器组的继电保护装置进行全面的测试是一项必须而又复杂又费时的任务，XH-01型微机自动检测装置是一种基于单片机的先进的自动测试工具，借助于此装置，继电保护工作者可以高效而可靠地对保护装置进行全面的测试和分析，对保护的性能作出评价。本文简要介绍了自动检测装置的硬件设计和软件设计，并对装置的基本工作原理做了比较详细的论述。

【关键词】 发电机 变压器组 检测装置 继电器 单片机

0 引言

大型发电机—变压器组集成电路保护的微机自动检测装置是由上海电气联合公司继电保护及自动化研究所与合肥工业大学共同开发研制的。

目前20万千瓦及以上的大型发变组大量投入运行，大机组在电力系统中具有重要地位和影响，在考虑大机组继电保护的总体配置时，强调最大限度地保证机组安全和最大限度地缩小故障破坏范围，尽可能避免不必要的突然停机，尤其要避免继电保护的误动和拒动。常规的继电保护二次系统，无论是电磁型的、晶体管型的，还是集成电路型的，都是一个被动系统，即系统本身不能主动发现和报告其内部故障。这就使得必须定期对设备加以测试和校验，以确信保护装置的工作可靠性，随着发电机组单机容量的不断增大，大机组保护配置更加复杂，例行的检验项目很多，而且配合复杂，相互重叠，因此要全面测试一套机组保护是很困难的。

尤其重要的是，虽然静态继电器具有灵敏度高、动作速度快、功耗低、体积小等优点，但是，从目前情况来看元件保护的正确动作率普遍偏低，这给继电保护工作者提出了严峻挑战。研制集成电路元件保护的微机自动检测装

置，正是为了及时发现保护在运行中可能出现的种种故障和问题，提高元件保护的正确动作率。

1 总体简介

XH-01型微机自动检测装置以Intel 8051单片机为核心构成，装置的总体结构如图1所示。它由突变量插件、主CPU插件（即检测插件）、监控CPU插件、信号插件、开关量输入和输出插件、模拟量输入和输出插件及电源等插件组成。

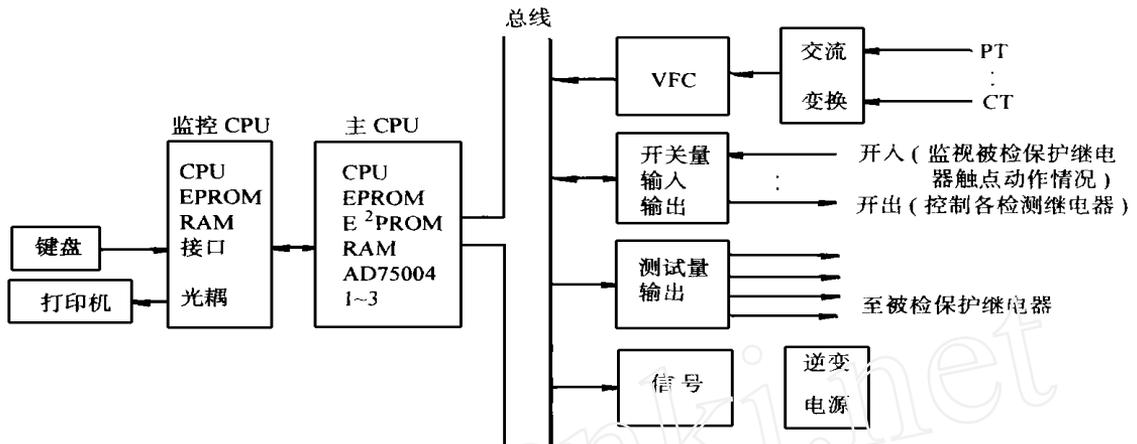
突 变 量	TCPU 检测	CCPU 监控	ALM 信号	KGS 开关量	IOW 模拟量	POWER 电源
-------------	------------	------------	-----------	------------	------------	-------------

图1 装置总体结构示意图

2 装置逻辑框图

装置的硬件逻辑框图如图2所示。

在检测交流继电器（如电流、电压、阻抗、差动等）时，通过与保护装置接口的OMRON型检测继电器对被测保护的出口回路和信号回路进行闭锁，然后计算机根据被测保护继电器的要求，实时输出代表测试信号的数据流，经D/A变换和平滑滤波变成正弦模拟量，送到保护装置中进行测试。检测过程中通



过开关量输入回路，检测装置可以对运行中的继电器保护装置进行全面的监视。

3 检测原理

3.1 测试信号注入方式

测试信号的注入方式可以分为切换式和叠加式两种，切换式是把被检测的保护继电器在二次侧从原有输入回路上断开，切换到自检装置的信号发生器上。采用切换方式的优点是可以精确地测出被测保护继电器的动作值，但是由于增加了切换继电器，受切换继电器触点可靠性的牵制，机组保护的安全性受到影响，而且这种方式只能是离线检测方式。

叠加式信号注入方式的优点是不需要断开原有输入回路，不存在二次回路开路问题，但其缺点是原有输入量和测试注入量叠加后共同作用于被检保护继电器，难以指出被测继电器的准确动作值，因而测试精度不高。为了解决这一难题本装置在信号叠加回路中独创采用一种精确而可靠的反相和加法运算电路，彻底抵消了原二次输入量，只有测试量注入被检继电器，而又不必断开原二次回路，因此本装置在测试信号注入方式上非常好地兼顾了切换式和叠加式的共同优点，既保证了可靠性，又具有很高的测试精度，而且可以实现在线检测。

3.2 保护继电器动作出口的闭锁

出口闭锁包括跳闸回路闭锁和信号回路闭锁。

对保护装置来说，由于出口继电器可能是多个保护共用的，一个出口继电器可能涉及多种保护，同时一个出口继电器还可能涉及多组出口。比如解列出口继电器就涉及到纵差保护、逆功率保护、失磁保护以及对称过负荷和不对称过负荷保护等，而解列出口继电器既去跳主开关，又启动汽机甩负荷，启动失灵，还启动远动信号，涉及到多组出口。自检时理论上应将出口继电器的直流电源解除，但出口继电器是多个保护共用的，将出口电源解除就等于退出了其它保护继电器，这是不允许的。因此在考虑出口闭锁方式时，只闭锁被检测的保护继电器本身的出口触点和信号触点，而不闭锁总出口继电器，这就避免了同时退出多种保护的情况。同时，为了能够检测出口回路是否完好，在出口回路中加入 5mA 的电流（出口继电器的动作电流在 100mA 左右，所加电流不会引起出口继电器误动。）以实现对外回路检查。

3.3 检测装置与保护装置之间的接口设计

一套机组保护的子保护种类多达 30 余种，分配在几块屏上，每块屏上按层配置各种不同功能的保护继电器插件，检测装置主机与被检测的保护继电器不可能在同一层次，而且相距较远，这使检测与保护之间的接口更加困难，为了解决这一问题，我们采用了外部总线结构，在保护装置每一层都配置两块接口插件，即模拟量输入输出插件 IOW 和开关量输入输

出插件 KGS, 检测装置主机与各层接口插件通过背板上的外部总线插座层层相连。巡检时检测装置主机对每一层接口插件上的继电器的操作结果及保护开关量状态均可进行监视, 这使整个检测装置和被检保护成为一个完整的闭环系统, 从而可以根据被检保护的定值和状态自动地完成所有试验。

3.4 检测过程

完整的检测过程包括从检测投入到全部保护继电器检测完毕后检测退出的整个过程。在自动检测方式下, 检测步骤分成出口回路断线检查、继电器动作值测试、保护动作逻辑检查、成组功能测试四种情况考虑。

(1) 检测程序给被选址的保护出口回路注入 $5 \sim 10\text{mA}$ 的测试电流, 经光耦读取输入 CPU 的开关量电平, 若被读开关量为低电平, 则说明出口回路完好, 反之说明出口回路断线。

(2) 保护继电器动作值测试

在检测状态下, 通过选址先将被测继电器的相关出口闭锁, 读取相应开关量, 确认被测保护的出口回路和信号回路已被闭锁, 然后检测程序完成检测装置与保护装置共地、信号注入回路选通。对过量继电器和欠量继电器分别按检验规程进行检测, 与角度有关的继电器在最大灵敏度和两个边界上各测量一次; 对反时限特性继电器, 反时限部分只抽测 $2 \sim 3$ 点, 以缩短因检测而使保护继电器退出运行的时间。

(3) 保护动作逻辑检查

对于发变组保护来说, 有些子保护是两个或两个以上保护继电器的触点串联后去启动出口继电器, 因而检测时要先后动作于两个不同继电器, 才能检查启动出口的动作逻辑是否正确。特别是当这两个继电器来自不同 PT、CT 的时候, 检测要讲究先后顺序, 先作用于时间长和同组出口中的保护都非主保护或有双重化的继电器, 其次作用于重要的继电器。

(4) 成组功能测试

首先准备好代表系统可能发生的各种典型

故障的若干套数据, 定时启动各功能程序, 检查整套保护是否达到预定的动作行为, 从而确定整套保护装置的可靠性。

检测完毕后, 检测装置退出工作, 在退出之前, 检测装置将读取相应开关量, 确认被测保护继电器已返回, 确认被闭锁的出口回路和信号回路已恢复, 然后退出共地, 检测装置全部失电, 防止其误动。

4 检测过程中可能遇到的两个问题

4.1 检测过程中发现保护继电器失效的处理

如果发现被测继电器在规定的范围内动作行为不正确, 就连测三次, 以排除干扰的影响, 如果确认继电器已失效, 则发出报警信号, 同时检测装置执行与人工召唤检测时相同的程序, 测试出这个继电器的实际动作值, 再区别不同的情况进行处理。

如果继电器拒动, 不采取闭锁措施, 只发告警信号。如果继电器误动或逻辑回路出错, 则立即将其退出, 再由接口插件切断相应出口继电器的直流电源。

如果仅是继电器的动作范围超差, 则要分析保护区的变化。若保护区缩小, 则不需要闭锁, 若保护区稍有扩大, 也不采取闭锁措施, 因为退出一个继电器可能会连锁解除多组出口, 也就是说多种保护被迫停运。这大大降低了整套保护的性, 是得不偿失的。而若保护区扩张得太大, 会导致失去选择性, 则必须将出口解除。最终要不要将出口解除, 还取决于保护的配置, 若保护配置得较全, 重叠区较多, 显然闭锁出口是合理的, 若保护重叠区不是太多, 或者牵涉面太广, 则尽量不要闭锁。

4.2 检测过程中遇到机组故障时的对策

在检测状态, 检测装置输出的模拟量已进入被测继电器, 这时检测装置的突变量插件感受到保护二次输入量有 $10\% \sim 15\%$ 以上的突变, 在此最不利情况下, 突变量元件强迫检测装置立即退出, 并发讯给检测 CPU, 立即中断正在执行的检测程序, 执行故障中断服务程序, 迅速解除被闭锁的出口继电器, 恢复出口

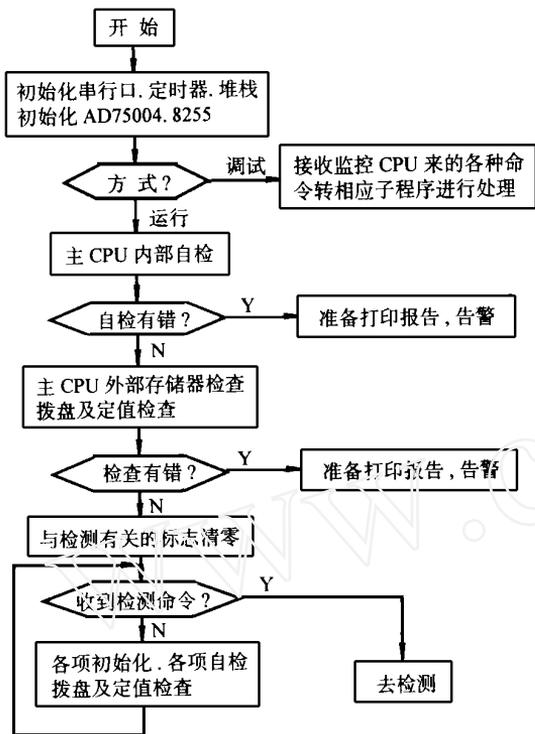


图3 监控程序框图

电源, 把保护投入运行。但出口电源并不是恢复得越快越好, 出口回路应闭锁一段时间, 这是因为考虑到被测继电器的累积效应, 当输入继电器的检测模拟量中止后, 继电器可能仍需毫秒级延时才能可靠返回; 因为必须通过读取开关量确认被测保护继电器可靠返回后才能解除出口闭锁。否则由于出口闭锁突然解除而被测继电器的触点尚未返回, 有可能造成保护误出口。如果发生的是区内故障, 这时保护继电器将再次动作, 发出跳闸命令或告警信号。这样做虽然可能在最不利情况下延长保护的动作时间, 但换回的是可靠性; 而且大机组保护都是多重化配置, 一种保护继电器的延时动作并不会对整套保护带来严重影响, 而若发生误动则可能造成严重后果。

5 检测装置软件设计特点

检测装置的软件用 8051 汇编语言写成, 软件结构分为监控程序和检测程序两大部分。本装置软件具有以下特点:

(1) 本装置可由使用者控制进行随机测试, 也可由计算机管理, 按预先选定的检测周期定时自动测试, 检测周期可根据需要确定。

(2) 装置的继电保护测试程序按继电器品种编制成基本模块, 并设计了继电保护测试的通用构架, 可灵活、方便地调集继电器测试基本模块, 形成各屏、各层保护继电器的测试程序。

(3) 在测试方法上采用了新思路, 测试精度高, 测试速度快, 并采取措施使得在有干扰影响的情况下, 仍然能保证测试的可靠性。

(4) 检测装置配有完善的外部中断程序, 当检测装置正在检测过程中, 软件突变量或硬件突变量元件感受到系统发生故障时, 检测装置的各部分能按预定的程序迅速复归, 把被检测的继电器投入运行。

(5) 检测完毕后, 自动打印出检测报告。监控程序框图如图 3 所示。

6 后记

XH-01 型微机自动检测装置已在上海继电器厂生产的 ZFB-1 型集成电路发变组保护装置上得到应用, 先后在广东南海电厂、青岛电厂和广州等地投入运行, 运行结果表明装置的性能及各项指标全部达到设计要求。检测装置具有全自动、多功能、测试精度高、速度快等特点, 在各种测试条件下工作无误、动作可靠, 是一种先进的主设备保护测试装置, 具有良好的应用前景。

参考文献

- 1 李华. MCS-51 系列单片机实用接口技术. 北京航空航天大学出版社, 1993. 8
- 2 宋从矩、姚晴林. 集成电路继电保护. 水利电力出版社, 1995. 12
- 3 柳海龙. 大型发电机—变压器组集成电路保护的微机自动检测装置. 合肥工业大学硕士论文, 1995. 6

TP130 型水轮发电机失步保护的构成原理和特征

喻光明 广州蓄能水电厂 (510950)

【摘要】 介绍 GEC—ALSTHOM 公司专用 TP130 型失步保护继电器的构成原理、与常用的同名继电器根本不同的特征。

【关键词】 失步保护 功率角 有功功率

1 失步保护的两个动作判据

同步发电机组在电网或机组本身发生微小扰动后,为使机组能够自行恢复到原来稳定状态,达到静态稳定,一般要求其功率角不超过 90° 。但当受到较大扰动出现振荡时,机组是否能够进入到一个新的稳定平衡,不再取决于机组功率角是否越过静态稳定边界,因与振荡初始时的电磁功率 P_{em} 、系统等效电动势 E_N 、扰动因素性质等有着直接的制约关系,无法预先设定一功率角值来提前判别机组能否进入动态稳定而不失去同步。

不过,分析机组在振荡过程中功率角和电磁功率 P_{em} 的变化趋势,角一旦越过 180° , P_{em} 由正变负,电机进入电动机状态运行产生更大的加速度,角很快冲到 360° (0) 处,重新进入发电机状态,由于累积的加速度使转子的此时速度已高于同步速度,

角仍将继续增大并不断地在 $0 \sim 360^\circ$ 内往复变化,电机的电磁功率 P_{em} 也因此正负交替改变,失去平衡而完全失步。因此,功率角越过 180° 、电磁功率 P_{em} 正负交替振荡,两者是同步电机已经失步的主要标志。以两者任一作为机组的失步判据,能够准确区别机组失步与稳态振荡、失步与短路故障。从而可以避免采用测量被保护机组与系统等效电动势之间相位差、测量振荡中心电压及其变化率等复杂方法。

测量旋转中的发电机励磁电势 E_0 与机端电压 U 间夹角即 δ ,按照凸极电机的特性,由反映 E_0 变化的空间失效率量 F_f (励磁主磁场) 所对应的磁极方位的改变,得出的交变波形与机端电压波形作相位比较测得。

测量发电机的电磁功率 P_{em} ,依据同步电机输出功率近似等于电磁功率的条件,由机端测得的有功电功率来取得。

2 TP130 型失步保护继电器的构成原理和特点

1997-07-14 收稿

DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR- BASED AUTOMATIC DETECTING DEVICE FOR IC- BASED PROTECTION OF LARGE GENERATOR- TRANSFORMER SET

Liu Hailong, Yao Qinglin (Hefei Industrial University, 230009, China)

Wang Jing, Li Zheng (Shanghai Relay Research Institute, 200072, China)

Abstract Testing protective devices in large power generator - transformer unit is a demending and time consuming task. XH- 01 is an advanced microcomputer based tool for performing the related testing and analyses in a way that improves the relay engineer ' s productivity and offers him an overview of his protection system. This paper mainly deals with two parts: one is to introduce the hardware design of the devices, the another is to write the software design of the devices. The detail interpret about the device ' s principle fundamentals are also given in this paper.

Keywords generator - transformer uint testing devices protective relay single - chip computer