

变电站微机监控保护仿真培训系统

杨先义, 郑华

(成都电业局继电保护所, 四川 成都 610016)

摘要: 随着技术的发展, 变电站微机监控与保护技术越来越多地应用于电力系统中, 对运行人员的培训工作愈显重要。分析了变电站监控系统的构成, 提出了新颖的解决方案, 研制开发出了一套实用灵活的微机监控保护仿真培训系统。

关键词: 电力系统; 变电站; 监控系统; 微机保护; 通信规约; 程序; 仿真培训

中图分类号: TM743 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2003)04-0079-04

1 引言

随着高新技术的应用和电网的不断扩展, 无人值班变电站、综合自动化变电站日益增多, 对电气运行人员的技术要求越来越高。许多老运行人员虽然对设备非常熟悉, 有丰富的运行经验, 但却不熟悉计算机; 而许多才毕业分配来的年轻的运行人员虽然熟悉计算机, 却无一定的运行经验。由于电力系统运行的特殊性, 不可能随时执行操作任务。而当发生停电事故或设备异常或系统故障时, 又要求应及时正确地应对处理, 如处理不当或处理不够果断迅速都可能造成重大的经济损失或人身伤害, 造成无法挽回的影响和后果。因此在当前的发展形势下, 对电气运行人员的培训工作要求愈显迫切和重要。由于各个变电站的主接线、监控系统类型、微机保护类型不尽相同, 如何切合各个变电站的具体实际, 开发出经济适用、方便灵活的仿真培训系统摆在了我们面前。

2 综合自动化变电站的操作流程

在综合自动化变电站中, 监控主机是整个监控系统的核心, 是实现变电站无人值班和综合自动化

的关键。而变电站或监控中心的监控后台机则是平时运行人员的操作界面, 所有的遥测、遥信、遥控、遥调等监测和控制操作均是在后台机上进行。监控后台机一般采用监控设备生产厂家开发提供的监控系统软件, 具备较为良好的用户界面与强大的功能, 通过串口或网络通讯, 达到实时控制一个或多个运行中变电站的目的。

如要执行某开关的合闸操作, 则操作过程中信息流程为(以 131 # 开关为例):

- (1) 接调度令, 值班员在监控中心(或变电站当地)的监控后台机上按照一定的操作步骤执行遥控 131 # 开关合闸命令;
- (2) 后台机发出遥控 131 # 开关合闸的通讯报文;
- (3) 通讯报文由站控两端的光纤通道或通讯电缆传送至变电站监控主机;
- (4) 监控主机将通讯报文通过网络转发给相应 131 # 线路监控单元;
- (5) 131 # 线路监控单元解释出报文信息, 并执行合闸操作, 合闸继电器动作;
- (6) 合闸线圈励磁, 断路器合闸完成;

Design and implementation of simulation system of microcomputer relay

ZHANG Fu-sheng, KOU Qiang, LIU Fang, LIU Pei-jin, CAO Zheng-jian
(Xi'an Jiao Tong University, Xi'an 710049, China)

Abstract: This paper present a simulation project for microcomputer relay. Based on objectoriented technology and according to the composing principle of the real microcomputer relay, a protection model is built. This simulating method not only make the simulating result nearly real and full-scale, but also can be used in the training of the inspectors and operators of protective devices in power plant or substation.

Key words: protection device simulation; microcomputer relay; objective oriented technique

(7) 断路器辅助接点接通, 131 # 线路监控单元感受到遥信变化, 并组织变化遥信及遥测报文上送至主机;

(8) 变电站监控主机将变化遥信遥测报文转发上送至监控中心(或当地)后台机;

(9) 后台机解释出报文信息, 运行人员观察到 131 # 开关状态变化, 并汇报调度;

(10) 操作完毕。

从上述操作流程可看出, 由于实现无人值班综合自动化, 变电站所有功能信息均是在变电站级监控主机进行汇总处理, 并通过通讯在监控后台机上显示出来, 故监控后台机相当于是一个终端, 是运行人员同变电站设备之间的联系纽带。无论变电站工况发生了什么样的变化, 对于监控后台机来说只是通讯口收到了相应的通讯数据而已。因此我们可从此找到一个楔入口, 即如果保留监控后台机这个联系纽带, 而由一 PC 机代替变电站级监控主机, 采用同样的通讯联系方法与之通讯, 发送相关的遥测遥信等工况, 则对于监控后台机的运行来说, 应是与正常运行状态一致的。

3 仿真培训系统的实现方法

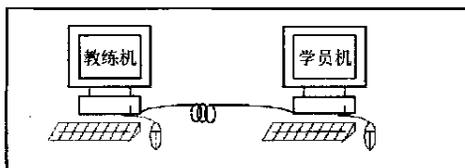


图 1 系统构成示意图

Fig.1 Connection of simulated system

系统运行于 Win95/ 98 环境下, 分为教员机和学员机两部分, 通过 RS232 串口相联。为了使学员在与实际运行完全相同的操作界面环境中熟悉电力系统的基本操作、事故紧急处理和恢复控制, 熟悉监控系统的各项功能, 学员机上安装有实际的变电站监控系统(如 EMT)。教练员在安装仿真培训软件的教员机上操作, 模拟变电站工况变化。这样当实际应用中的变电站微机监控系统升级或改变时, 能实时地改变学员环境, 做到仿真培训的真正目的。所以教员机系统的开发工作和教员机与学员机之间的通讯成为开发重点。

4 电力系统节点模型的建立

在电力系统变电站中, 一次接线是多种多样的, 有单台主变的, 有两台主变的; 有内桥接线方式, 有

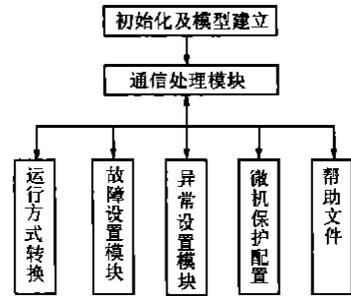


图 2 系统结构框图

Fig.2 Block diagram of simulated system

外桥接线方式, 有单母线分段方式等等。为了模拟一个实际变电站的运行工况, 就必须先行建立该变电站的节点模型。为此, 我们先来分析一个常见的单母线分段接线变电站的电气特点:

在该变电站中, 110 kV 一母进线有三条, 通过母联开关 YL 与二母相联, 而 110 kV 电压经 1 # 变, 变换为低压 10 kV, 带 L1-L5 五条馈线的负荷。

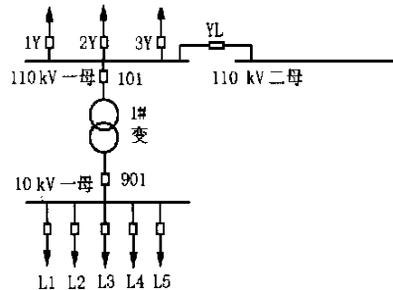


图 3 一个变电站主接线图分析

Fig.3 Wiring diagram of a power substation

根据电工基础知识, 我们知道, 对于一个电气联接点, 其必定满足基尔霍夫电流定律, 即所有流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和。如果我们把一台变压器看作为一个电气节点, 则上述定律依然有效, 只不过由于变压器的电压变换作用, 上述定律应改述为: 对于一个电气联接点, 所有流入节点的功率之和必定等于流出节点的功率之和。这便是电力系统的功率平衡原则。

上述变电站模型可由如下计算式表述:

$$P_i = 0 \quad Q_i = 0 \quad (i: \text{各分支线路})$$

$$\text{节点 1: } P_{1y} + P_{2y} + P_{3y} + P_{y1} + P_{101} = 0$$

$$Q_{1y} + Q_{2y} + Q_{3y} + Q_{y1} + Q_{101} = 0$$

$$\text{节点 2: } P_{101} + P_{901} = 0$$

$$Q_{101} + Q_{901} = 0$$

$$\text{节点 3: } P_{L1} + P_{L2} + P_{L3} + P_{L4} + P_{L5} + P_{901} = 0$$

$$Q_{L1} + Q_{L2} + Q_{L3} + Q_{L4} + Q_{L5} + Q_{901} = 0$$

如果已知各进线的功率来算 10 kV 各出线的功

率,则根据功率平衡原则,我们可由高压侧功率之和计算出 10 kV 总路 901 开关的有功功率和无功功率。10 kV 各条线路根据各自额定负荷的不同,其 CT 变比也不尽相同。根据这个特点,我们将总负荷进行分配,CT 变比大的线路则相应分配的负荷就应高一些,而 CT 变比小的线路分配的负荷就低一些。在各条线路的有功功率 P 和无功功率 Q 决定后,根据公式: $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$, 我们可算出视在功率 S , 再由公式: $S = 1.732 * U * I$, 即可算出相应的电流值来。这个过程,即为一个顺向功率平衡的过程。

相反,由 10 kV 出线的功率变化,而算出高压侧各进线的功率变化,即为一个逆向功率平衡的过程。

对于一个待仿真模拟的变电站,只需将其实际运行的监控系统数据库拷贝回来,运行系统初始化程序,并建立起系统节点模型,即可正常运行。

5 正常运行状态的模拟

在实际运行中,虽然系统潮流静态是平衡的,但每时每刻各条线路的潮流功率又是在动态变化的,它们总在稳定的潮流值附近波动。为了模拟实际运行状况,要求计算机发出的遥测数据不应呆死不变,而应该在稳态值附近波动。为此,在编程中作了稳态数据叠加随机数值的处理,不同的遥测类型其随机因子不同。对于开关遥信状态,则每隔一定的周期发送一次全遥信报文。采用上述处理后,较为理想地实现了实际运行工况。

6 各类故障异常的模拟

6.1 小电流系统单相接地故障的模拟

在小电流系统中,发生单相接地故障时,允许继续运行 1~2 小时,但要求运行人员应尽快及时处理。当小电流系统发生单相接地短路时,系统电气量发生如下变化:故障相电压降低为 0 V (如经过渡电阻接地,则降低为过渡电阻上的残压值),非故障相电压升高 1.732 倍额定电压值 (如经过渡电阻接地,则升高为 1.732 倍额定电压值减过渡电阻上的残压值),而三个线电压则保持不变。

根据上述电气量变化特征,可在设定电压等级和段别,以及接地相别和接地类型 (金属性接地或经过渡电阻接地) 后,程序自动改变相关遥测数据,模拟出单相接地的电气变化量来。

如果系统发生电压回路断线,则电气量将变为断线相电压降为约 1/2 线电压幅值,而线电压则变为相关相别电压之矢量和。根据此电气量变化特

征,也可模拟出电压回路断线的电气变化量来。

6.2 遥控障碍的设置

正常运行时,运行人员可根据调度命令进行遥控开关等操作。但如果监控系统、断路器操作机构或通信通道发生故障或异常,则会出现遥控操作障碍。常见的遥控障碍有:

通信误码,将报文丢失;监控装置故障,造成返校出错;开关机构故障,无法成功跳合闸;出口压板或切换开关未正确投入,导致遥控无法出口;其他故障。

6.3 运行方式的转换

为了模拟各种运行方式下的各种工况,要求仿真系统能实现各种运行方式的转换。而运行方式的不同,实际上就是变电站各个开关的分合闸状态变化,潮流功率发生变化。因此,要模拟运行方式的变化,其实质也就是改变系统转发的全遥信状态以及稳态遥测值。本系统提供了上述手段,可以方便地预先设置保存各种不同的运行方式,也可在运行中随时改变各种状态并可保存,或在运行中随时调取预先保存的运行方式。

6.4 事故跳闸

当电力系统发生短路等故障时,为了切断电源,变电站开关 (断路器) 会即刻事故跳闸。如果是线路保护,则线路开关在投入重合闸的条件下,保护会在跳闸之后经短暂延时自动重合。如果系统发生的是瞬时性故障,则开关重合后系统恢复正常,恢复对用户的供电;如果系统发生的是永久性故障,则开关重合到故障上会加速跳闸。为了真实地模拟出系统发生的故障,在仿真系统中应能实现上述常规故障动作行为。另外,如果系统发生相继故障,如先发生某条线路故障,继而造成母线故障,则开关的动作行为应为先是某条线路跳闸,然后某段母线连接的元件全部跳闸。此外还有许多不可预知的各类故障,为了能反应实际运行的各式各样的故障类型,要求在仿真系统中应能实现随意组合各种故障跳闸行为的功能。为此,本系统设置了简单型和复杂型两种跳闸故障模块用以模拟各种系统事故跳闸故障。

7 微机保护

在变电站监控系统中,监控系统与各种微机保护进行通讯,运行人员可在监控系统后台机上进行调取微机保护定值、修改定值、调取采样值等操作,当微机保护动作后,微机保护将主动上送保护事件报告。为模拟变电站实际工况,仿真系统应能实现

上述微机保护功能。

实际运行中,运行人员进行微机保护定值修改操作,监控装置接收到命令后,通过通讯联系将定值信息送到相应的微机保护,微机保护接收到下装命令后,便将之写入 E²PROM 中。本程序在仿真机上建立一微机保护数据库,用于存放各微机保护定值信息,当接收到调取定值命令后,便将此保护数据库中的数据取出并组装发送至通讯口,如接收到修改定值命令,则将收到的新的定值信息写入此数据库中,从而达到模拟变电站实际操作的目的。

由于系统已获得变电站的微机保护类型配置信息,因此教练员可在模拟开关事故跳闸过程中根据需要加入微机保护跳闸事件信息。例如假如在模拟 10 kV 馈线 905 开关事故跳闸过程中,系统检测如果发现设备名称为“905 开关保护单元”的微机保护(如 ISA-10 kV 类型),则系统自动提示是否有微机保护动作事件发生,如果有,则系统根据该微机保护所设定的定值,在大于整定值的基础上给出一理想的随机数值(该数值可由教练员干预调整),将相关微机保护事件信息伴随开关变位、SOE 等信息发送至后台。同理,在故障类型设置时可选择开关跳闸、重合闸、后加速等不同跳闸过程,而程序处理上仅需相应加入不同的微机保护信息即可。由此可真切地再现变电站的事故跳闸。

8 帮助功能

本程序利用 WIN-HELP 制成的帮助文件,提供了两类帮助功能:其一为本软件的使用手册,用以帮助用户熟悉本系统的功能和操作步骤;其二为变电站运行人员提供强大的技术支持,在变电站监控系统技术、微机保护技术、微机故障录波技术、电压无

功自动投切装置 VQC 技术以及各类技术问答等方面,为运行人员提供全方位的帮助支持。

由于程序采用开放式接口,使得用户可根据自身实际情况不断地增加帮助内容,日积月累,该系统帮助文件即可成为一本变电站实用技术问答、事故处理经验、运行规程等集粹。

9 结论

针对采用微机监控系统与微机保护的变电站特点,提出了新颖的解决方案,研制开发出简单实用、方便灵活的仿真培训系统。运行人员随时可以组态进行自身培训,在不知不觉中提高运行人员处理电力系统故障的能力。

参考文献:

- [1] 郑毅. 变电站自动化与无人值班[M]. 北京:中国电力出版社,1998.
- [2] 谭浩强. Visual BASIC 语言简明教程[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [3] 钱寿宇,杜斌. 微机通信技术[Z]. 电子科技大学出版社,1995.
- [4] 郑玉平,叶峰. CM90 继电保护通信规约[Z]. 南京:南瑞继电保护有限公司,1998.
- [5] 王芊. ISA 保护与监控系统通信规约[Z]. 深圳:南京自动化研究所,1998.

收稿日期: 2002-10-24; 修回日期: 2003-01-09

作者简介:

杨先义(1973-),男,本科,长期从事继电保护及微机监控系统维护工作;

郑华(1974-),男,本科,主要研究方向为继电保护及微机监控系统。

Microcomputer-based simulation training system of supervisory control and protection of substation

YANG Xianyi, ZHENG Hua

(Chengdu Electric Power Supply Bureau, Chengdu 610016, China)

Abstract: Along with more application of microcomputer base supervisory control and protection in power substation, the training to operators are more important. This paper analyzes the structure of the substation's supervisory control and protection system and presents a new scheme to deal with the problem. A practical and active microcomputer based training system of supervisory control and protection is developed.

Key words: electric power system; substation; automation system; numerical protection; communication; program; simulation training