

# 基于 MCGS 的变电站电气系统仿真设计

商立群, 吕斗牛

(西安科技大学电气与控制工程学院, 陕西 西安 710054)

**摘要:** 在 MCGS 组态软件开发平台上, 对变电站电气系统进行了仿真设计, 包括仿真系统界面设计, 数据库建立, 元件建模, 运行流程设计等内容。该仿真系统不但很好地仿真了变电站的倒闸操作, 故障的发生, 而且还具有实时数据显示, 历史数据和报警数据记录等功能。整个仿真系统简单明了, 使用方便, 可以应用到变电站运行的教学和培训中去。

**关键词:** 变电站; 电气系统; 仿真; MCGS

## Simulation design of substation electrical system based on MCGS

SHANG Li-qun, Lü Dou-niu

(Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** In this paper, the substation electrical system simulation is designed in the MCGS development platform, including simulation system interface design, database establishment, component modeling, and operation process design. The simulation system not only simulates the substation switching operation and the fault occurred, but also has the functions of real-time data, historical data and alarm records. The entire simulation system is simple and clear, and easy to use. It can be applied to the teaching and training of the substation operating.

**Key words:** substation; electrical system; simulation; MCGS

中图分类号: TM732 文献标识码: A 文章编号: 1674-3415(2010)03-0114-04

## 0 引言

随着我国电网规模不断扩大, 电网的结构日益复杂, 具有高电压等级和先进自动化设备的变电站不断投入运行, 对变电站运行人员的技术水平提出了更高的要求。有资料显示, 电力系统发生事故的70%~80%与运行人员的操作有关, 由此看来, 提高运行人员的操作技能具有十分重要的意义, 从一定程度上来说, 运行人员的操作水平决定着电力系统的安全水平。由于电力系统的特殊性, 使得在实际运行过程中进行人员培训, 很难在较短的时间内达到满意的效果, 因此, 建立一个与实际变电站运行状况相同或相似的仿真环境来进行培训十分必要。计算机仿真技术的迅猛发展使得变电站仿真成为变电运行人员培训的有效手段, 使用计算机仿真软件可以方便地组成变电站仿真系统, 使学员熟悉变电站的各种运行状况, 提高专业水平和处理事故的能力, 从而提高电力生产的安全性。

## 1 变电站电气系统仿真设计

变电站电气系统仿真设计是在分析系统资料的

基础上, 建立变电站数字仿真模型, 通过仿真软件仿真出变电站的运行状况, 使所设计的变电站仿真系统符合实际需要, 并且可以使运行人员真实地了解和快速地掌握变电站的运行情况, 提高其操作能力。

本文在通用监控系统 (Monitor and Control Generated System, MCGS) 工控组态软件的开发平台上, 采用面向对象的方法, 设计出一种简单明了, 使用方便的变电站仿真系统。该仿真系统避免了复杂的计算机程序和数学方程, 十分便于对该系统进行修改和维护, 也便于该仿真系统的扩充。

### 1.1 变电站电气仿真系统功能

所设计的变电站仿真系统应具有如下功能: 实现变电站的倒闸操作, 故障模拟, 报警显示, 实时数据显示, 历史数据记录, 报警数据记录等。

变电站含有众多断路器和隔离开关, 通过控制断路器和隔离开关, 能够实现线路和设备的得电和失电。

当母线、变压器、电源进线、低压出线发生故障时, 其所联断路器应立即跳开, 同时显示并记录报警信息。

所设计的变电站有两台主变压器, 10 kV 侧有两条电源进线, 一条为工作电源, 一条为备用电源, 当工作电源发生故障时, 备用电源应能通过倒闸操作, 自动投入运行。380 V 侧为单母分段接线, 当一台主变压器发生故障时, 通过母联开关的倒闸操作, 另一台主变压器应能承担故障变压器所带的负荷(同时为保证系统的正常运行, 自动切除一部分三级负荷)。

能够显示高压侧、低压侧、各条出线的实时运行数据, 如电流、功率等。

能够记录各条出线的历史数据。

### 1.2 变电站电气仿真系统框架结构设计

本文的变电站仿真系统由五大窗口组成, 即主控窗口、用户窗口、设备窗口、实时数据库和运行策略, 如图 1 所示。

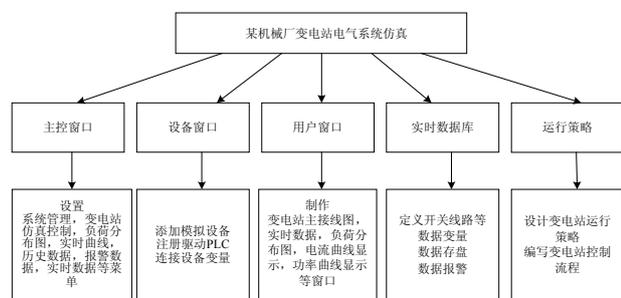


图 1 仿真系统框架结构图

Fig.1 Structure diagram of simulation system

总共建立五个用户窗口: 变电站主接线图, 实时数据, 负荷分布图, 电流曲线显示, 功率曲线显示; 七个主菜单: 系统管理, 变电站仿真控制, 负荷分布图, 实时曲线, 历史数据, 报警数据, 实时数据, 如图 2 所示。



图 2 主控菜单

Fig.2 Main control menu

### 1.3 系统界面设计

根据所设计变电站电气主接线方案, 并且结合仿真系统的功能设计, 在窗口中设计变电站主接线仿真控制图, 如图 3 所示。

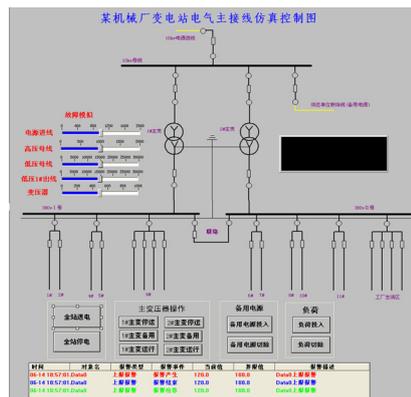


图 3 系统主界面

Fig.3 Main interface of system

### 1.4 实时数据库的建立

实时数据库是 MCGS 系统的核心, 是应用系统的的核心。系统各个部分均以实时数据库为公用区交换数据, 实现各个部分协调动作。实时数据库的建立, 必须对每一操作对象的数值、属性和操作方法作出定义, 并封装在一起, 作为一个整体, 以对象的形式为系统运行提供服务。实时数据库的操作, 是根据仿真系统画面组成的图形对象, 与实时数据库中的数据对象建立链接关系, 以动画形式实现数据的可视化; 运行策略通过策略构件, 对数据库进行操作和处理。

“仿真控制图”操作的对象主要是断路器、隔离开关、负荷刀闸等开关设备, 它们都定义为开关型。各条线路包括电源进线、母线、电缆的状态只有两种, 带电或者不带电, 也把它们定义为开关型。

除此之外, 还有高低压侧和各条出线的电流、电压、有功功率、无功功率、容量, 以及时间显示中的数值量(年、月、日、时、分、秒、星期), 它们都定义为数值型。

时间显示定义为字符型, 用于显示时间量转换成的字符串。

为便于对电流和功率的数值进行处理(组态存盘、曲线显示等), 将所有电流集合起来, 定义为电流组对象, 将所有功率集合起来, 定义为功率组对象, 为便于对报警信息进行处理(报警信息显示, 报警信息浏览), 将所有模拟故障的电流定义为报警组对象。

### 1.5 元件建模

#### 1.5.1 线路的模型建立

一般情况下, 线路有两种状态: 带电和不带电, 可以用两种颜色表示。为区分 10 kV 侧和 380 V 侧, 当线路带电时, 电压等级为 10 kV 的线路为黄色, 电压等级为 380 V 的线路为淡蓝色, 当线路失电时, 所有线路都为黑色。两种颜色分别与 1 和 0 建立关

联，把数据库中代表线路的数据变量设置为与两种颜色连接的表达式。这样，当对应变量的数值改变时，线路模型的颜色相应发生改变。特别地，将母线和出线的故障状态设置为红色，当发生短路故障时，母线和出线将变为红色。

### 1.5.2 断路器、隔离开关、负荷开关模型的建立

断路器、隔离开关、负荷开关都可以看作开关，开关只有两种状态：闭合和断开，因此，所建立的模型的状态也只有两种，用 1 和 0 表示。可以将代表开关的矩形（或圆形）的填充颜色设置为两种：绿色和红色，绿色代表闭合，红色代表断开，再将两种颜色分别与 1 和 0 建立关联，把数据库中代表开关的数据变量设置为与两种颜色连接的表达式。

断路器、隔离开关、负荷开关都是可以操作的设备，因此所建立的模型也应该可以操作，把矩形（或圆形）设定为一个按钮动作的模型，每用鼠标点击一次，它的状态改变一次，即由闭合变成断开（绿色变成红色），或由断开变成闭合（红色变成绿色），可以将按钮动作与代表开关的数据变量建立联系，按一次模型，与其连接的数据变量就取一次反，由 1 变为 0，或由 0 变为 1。

由于断路器具有特殊性，当断路器失电时，断路器将自动断开，这个问题可以通过编写脚本程序得到解决，程序基本思想是如果与断路器电源侧一端相连的线路对应的数据变为 0 时，然后断路器对应的数据变为 0。

### 1.5.3 主变压器的模型建立

本文将变压器设定为开关型。一般情况下，它有两种状态，运行和停止运行，运行时，变压器高压侧为黄色，低压侧为淡蓝色，停止运行时，变压器为黑色。当发生故障时，变压器变为红色。

## 1.6 运行策略设计

运行策略是仿真系统按一定条件执行某项操作和实现某种功能的程序块，由多个复杂的功能模块组成，如图 4 所示。启动策略和退出策略是工程自动生成的，不需要专门设计。

名字	类型	注释
启动策略	启动策略	当系统启动时运行
退出策略	退出策略	当系统退出前运行
循环策略	循环策略	按照设定的时间循环运行
1秒时间	循环策略	按照设定的时间循环运行
报警数据	用户策略	供其他策略、按钮和菜单等使用
变压器短路故障...	循环策略	按照设定的时间循环运行
低压出线短路模拟	循环策略	按照设定的时间循环运行
低压母线短路策略	循环策略	按照设定的时间循环运行
低压母线互为备...	循环策略	按照设定的时间循环运行
电源进线故障	循环策略	按照设定的时间循环运行
高压母线短路策略	循环策略	按照设定的时间循环运行
历史数据1	用户策略	供其他策略、按钮和菜单等使用
历史数据2	用户策略	供其他策略、按钮和菜单等使用
汽车运动策略	循环策略	按照设定的时间循环运行
全站送电策略	用户策略	供其他策略、按钮和菜单等使用
时间模块	用户策略	供其他策略、按钮和菜单等使用

图 4 仿真系统运行策略

Fig.4 Operation strategy of simulation system

循环策略控制流程包括所有组成变电站的电气元件的控制流程，是整个仿真系统设计的基础，是实现其他控制功能的前提。

变电站电气系统主要是由线路和开关构成的，线路起着为下一级元件送电的作用，而开关起着决定是否为下一级元件送电的作用。开关的位置越靠近电源侧，其作用范围越大，开关的位置越靠近负荷侧，其作用范围越小。一条线路是否带电，取决于线路上方连着的两个元件，开关和与开关上方相连的线路，如果与开关上方相连的线路带电，开关闭合，则这条线路带电，而其他情况：线路带电，开关断开；线路失电，开关闭合；线路失电，开关断开，这条线路都不会带电。基于这种思想，所设计的控制流程应该是前一级元件的输出变量是后一级元件的输入变量，前两级元件逻辑与运算后得 1，则后一级元件得 1，否则得 0。

根据以上程序设计的基本思路，编写变电站控制系统程序，即循环策略控制流程。

在循环策略控制流程设计好后，可以方便地设计出一台变压器停运，由另一台变压器承担全部负荷时切除部分负荷的程序（根据设计，一台变压器只能承受全部负荷的 70%，所以当一台变压器停运，由另一台变压器承担全部负荷时，要切除部分负荷）；断路器失电、断路器自动断开的程序；两台主变始终保持分裂运行的程序；低压母线互为备用的程序；故障模拟的程序；操作按钮的程序设计和时间显示的程序。

历史数据和报警数据可以分别通过调用策略工具箱中的存盘数据浏览，报警信息浏览，然后设置内部相应参数实现。

## 1.7 设备组态设计

设备窗口是 MCGS 系统的重要组成部分，在设备窗口中建立变电站仿真系统与外部硬件设备的连接关系，使仿真系统能够从外部设备读取数据并控制外部设备的工作状态，实现对变电站的实时监控。

根据现场实际情况与 MCGS 所支持的硬件设备情况，本文采用西门子 S7-200PPI 作为系统与现场联系的硬件设备。通过现场的电流互感器、电压互感器，将高电压、大电流转化成低电压、小电流，然后通过模/数转换器，将采集到的模拟量转换为数字量，再将数字信号输入 PLC，经过 PLC 处理后，通过通道连接，输入 MCGS 的实时数据库，再从实时数据库查询控制参数，发送给现场的设备。

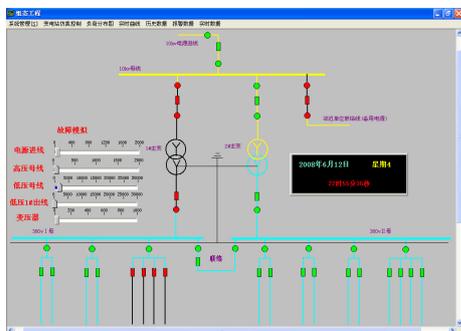
模拟设备是 MCGS 软件根据设置的参数产生一组模拟曲线的数据，以供用户调试工程使用。本构件可以产生标准的正弦波、方波、三角波和锯齿波信号，且其幅值和周期都可以任意设置。

通过添加模拟设备，让模拟设备产生正弦波信

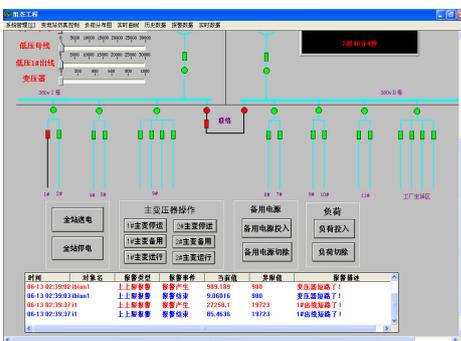
号,然后把信号输入到实时数据库,使定义的电流、容量、有功功率、无功功率等变量能够实时的变化,让仿真系统自动运行起来,检查所设计的仿真系统是否可以正常工作,发现仿真系统的漏洞,让仿真系统更加完善。

## 2 仿真结果

在 MCGS 环境下对所开发的变电站电气仿真系统进行了调试与运行。仿真结果如图 5 所示。图 5(a)为 1#主变停运,2#主变承担变电站全部负荷时切除部分负荷的运行结果。图 5(b)为 1#出线故障模拟及故障显示。此外,还可以显示各种实时运行结果曲线,如电流、功率、电量等;还可以显示各种历史数据记录,以及报警数据记录等信息,在此不再一一列出。



(a) 主变 1#停运, 2#承担负荷时切除部分负荷



(b) 1#出线故障模拟及故障显示

图 5 仿真运行结果

Fig.5 Simulation results

## 3 结论

本文所设计的仿真系统将变电站电气系统看成一个完整的系统,将系统中的每一个设备或元件看成是一个图形模块,采用面向对象的方法,在 MCGS 软件开发平台上,用图形模块像搭积木一样,使各个的元件形成一个整体,然后通过程序设计,将上一级模块的输出变量变成下一级模块的输入变量,

将各个独立的模块相互一级一级地联系起来,从系统内部形成一个整体。所设计的变电站仿真系统具有较强的实用性,不但很好地仿真了变电站的倒闸操作,而且仿真了故障的发生、实时数据的显示、实现了历史数据和报警数据的记录,整个仿真系统简单明了,使用方便,可以应用到变电站运行的教学和培训中。本仿真系统具有较强的功能扩充性,可以根据变电站的实际运行情况,增加新的仿真功能,充分发挥仿真软件的特点,提高培训人员的操作水平。

## 参考文献

- [1] 傅军,雷飞华. 电气仿真系统的设计与应用[J]. 中国西部科技, 2007(7): 5-6, 13.  
FU Jun, LEI Fei-hua. Design and Application of Electrical Simulation System[J]. Science and Technology of West China, 2007(7): 5-6, 13.
- [2] 张浩,徐红燕. 仿真技术在电力系统中的应用[J]. 系统仿真技术, 2005, 1(2): 109-115.  
ZHANG Hao, XU Hong-yan. Application of Simulation Technology in Power System[J]. System Simulation Technology, 2005, 1(2): 109-115.
- [3] 罗钦文,甘灼坚,吴刚远. 新颖的变电站仿真系统[J]. 继电器, 2000, 28(1): 35-36.  
LUO Qin-wen, GAN Zhuo-jian, WU Gang-yuan. A New Simulation System of Substation[J]. Relay, 2000, 28(1): 35-36.
- [4] 陈素芳. 变电站仿真系统的分析与应用[J]. 自动化与仪器仪表, 2005(6): 36-37.  
CHEN Su-fang. Analysis and Application on the Substation Simulation System[J]. Automation & Instrumentation, 2005(6):36-37.
- [5] 李俊秀. 基于 MCGS 变电所高压系统运行操作的仿真[J]. 兰州石化职业技术学院学报, 2005(6): 10-12.  
LI Jun-xiu. Simulation of One Time System Process Operation of Substation Based on MCGS[J]. Journal of Lanzhou Petrochemical College of Technology, 2005(6): 10-12.
- [6] 北京昆仑通态自动化软件科技有限公司. MCGS 参考手册[Z].  
Beijing Kunlun Tongtai Automation Software Technology Co.,Ltd. References Manual of MCGS[Z].
- [7] 柏强,刘君. 电厂电气系统图形建模仿真[J]. 继电器, 2006, 34(2): 62-65.  
BO Qiang, LIU Jun. Simulation of Graphical Modeling for Power Plant Electric Systems[J]. Relay, 2006, 34(2): 62-65.

收稿日期: 2009-02-28; 修回日期: 2009-03-30

作者简介:

商立群(1968-),男,博士,教授,研究方向为电气工程及其自动化; E-mail: shangliq@xust.edu.cn

吕斗牛(1985-),男,硕士生,研究方向为电力系统继电保护,电力系统自动化。