

基于图形界面的发电机内部故障主保护整定系统

朱佳杰, 邵能灵, 房鑫炎

(上海交通大学电气工程系, 上海 200240)

摘要:介绍了一套可视化的发电机内部故障计算和主保护整定管理系统。该系统采用先进的可视化编程技术, 成功地将发电机内部故障主保护的信息集成到图形界面中来, 实现了智能型的发电机内部故障主保护的管理系统。该系统基于 VC++ 编程环境, 统一以图形界面作为前台, 通过接口访问后台数据库, 提高了软件的通用性。重点介绍了软件各模块的功能和特点。软件通过把发电机内部故障的仿真计算和主保护的整定工作有机地结合起来, 方便了整定工作的进行, 同时提高了整定工作的准确性, 具有很大的实用价值。

关键词:发电机内部故障; 继电保护; 整定计算

Setting system of generator internal faults protection based on the graphic interface

ZHU Jia-jie, TAI Neng-ling, FANG Xin-yan

(Department of Electrical Engineering, Shanghai Jiaotong University, Shanghai 200240, China)

Abstract: A visible calculation and management system for generator's internal faults and main protective relaying setting is developed. With the advanced visible programming technology, the system can integrate the protection information on the graphic interface. The system is based on VC++. In order to enhance its universality, the system uses graphic interface as its foreground application, and uses interface program to visit background database. The function and feature of each module of the system are introduced. Based on the transient-state analysis of generator's internal faults, the protection setting is easy to be completed, which also enhances the reliability of the relay protection. Field tests show it can improve the accuracy of the setting of relay protection.

Key words: generator internal faults; relay protection; setting of relay protection

中图分类号: TM772 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2007)01-0009-04

0 引言

大型发电机组是现代电力系统的重要组成部分之一, 它造价昂贵, 结构复杂, 一旦发生故障, 检修期长, 给国民经济造成的直接和间接损失巨大。发电机定子绕组内部故障是对发电机危害最大的一类故障。从发电机内部故障主保护的整定来看, 利用数字仿真方法分析故障后的电量变化特征, 并以此作为保护整定分析依据, 将有助于提高发电机运行可靠性。作者开发了这套基于图形界面的发电机内部故障主保护整定系统, 减轻了保护工作的强度, 最大限度地提高了发电机运行的可靠性和安全性, 使发电机内部故障的继电保护工作智能化, 形象化。

1 发电机内部故障仿真计算原理

本系统在文献[1]所论述的多回路理论的基础上, 利用故障发电机短路环的磁链等效原理, 建立了发电机与无穷大系统相连的数学模型, 研究计算了发电机内部故障条件下的暂态过程。该方法的要点是: 将定子侧绕组故障分支的短路回路等效为一条独立支路, 该支路电压方程为短路环回路电压方程, 并按照计算的要求, 将故障相中健全分支以及各非故障相的分支按实际回路来列写电压和磁链方程。转子绕组遵循正常绕组处理方法, 如将阻尼绕组等效为一个纵轴和横轴阻尼绕组。以此为基础计算各支路的电感和电阻参数, 列写支路电压, 磁链及运动方程, 考虑系统约束条件, 用数值方法求解。

在绕组的电感参数计算方面, 多回路理论使用了很多诸如定子铁芯长度、定子内径、最小气隙等结构参数, 转子方对阻尼回路的处理采用了多个阻尼回路, 所有这些使绕组电感参数的计算对电机物

理结构参数的要求比较多, 计算过程非常复杂, 计算量太大, 从而使暂态过程的研究遇到很大困难。本仿真系统根据文献[2]建立了基于正常电机的直轴同步电抗 X_d 、交轴同步电抗 X_q 、直轴电枢反应电抗 X_{ad} 及交轴电枢反应电抗 X_{aq} 等参数的故障发电机绕组电感系数的简化计算方法。从而大大减少了对发电机结构参数的需求, 适于工程计算。

2 系统总体结构及功能特点

出于对系统总体结构的考虑, 作者采用了分层结构设计的模式, 即以前台的图形界面和后台的数据库管理为基础, 按模块挂接方式实现对各功能的连接, 这样既便于用户对系统功能的进一步改进, 也易于对各模块的调试和统一管理。系统总体结构如图1所示。

系统的主要功能包含:

1) 用户使用发电机参数管理界面可以方便快捷地输入发电机的各项基本参数以及定子绕组的分布参数。

2) 输入发电机参数后, 用户可以使用发电机内部故障仿真程序计算发电机正常运行和发生内部故障(内部故障类型主要包括定子绕组相间短路、同相不同分支绕组短路、同一分支绕组的匝间短路和分支断线故障等)时的相电流、分支电流、短路环电流及机端电压的暂态值。

3) 通过仿真数据处理界面, 用户可以得到任意相电流, 分支电流, 短路环电流及机端电压的电流、电压值。

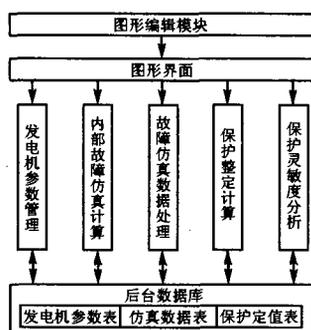


图1 系统总体结构

Fig.1 Main structure of system

4) 参照发电机内部故障仿真计算结果, 用户可以使用保护整定计算界面完成发电机内部故障主保护的整定工作, 同时可以对各种保护原理(如完全纵差, 不完全纵差, 裂相差动和单元件横差等)的灵敏度进行分析。通过比较各种保护原理的灵敏

度, 用户可以找到最适合该发电机组的保护方案, 以提高发电机发生内部故障时保护动作的准确性, 更好地做到不误动、不拒动, 提高发电机运行的可靠性和安全性。

3 系统的开发及特点

本系统基于VC++编程环境, 统一以图形界面作为前台, 通过接口访问后台数据库。Visual C++ 6.0是运行于Windows平台上的可视化集成开发环境, 它集程序的界面设计、代码编辑、编译、连接和调试等功能于一体, 为编程人员提供了一个方便而又完整的开发界面和许多有效的辅助开发工具, 是一种比较先进的可视化编程技术。由于采用了先进的可视化编程技术, 系统的各种功能很好地结合在图形界面中。用户可直接在图上录入、查询、修改发电机的参数, 完成各种计算, 进行保护配置、定值管理、调用整定方案等等, 从而实现对数据库的管理和维护。

图形化界面对于改善信息管理系统的人机交互性至关重要。本系统中, 图形界面不仅使用户能直观地了解发电机绕组分布以及其他参数的相关信息, 而且使软件的各种操作简单方便, 易学易用。在程序开发过程中, 充分考虑了图形界面的友好性, 采用了多种编程方法, 如弹出式菜单、属性页、列表框等, 使界面丰富多样。

后台数据库是前台图形化界面的数据基础。本系统以图形界面作为前台, 通过ODBC(Open Database Connection)接口访问后台数据库, 系统的各种功能的实现均以数据库作为其数据访问源, 并依托于图形界面来完成。客户程序可以用标准的结构化语言SQL或用ODBC接口直接访问数据库。SQL语言是一种介于关系代数与关系演算之间的语言, 其功能包括查询、操纵、定义和控制4个方面, 是一个通用的功能极强的关系数据库语言。用户使用SQL语言可以方便对数据库进行查询、操纵、控制工作。

在数据库建模时, 根据系统设计的需要, 详细分析了本系统的各种数据信息, 将数据主要分为三大类: 发电机参数信息, 仿真计算结果信息及发电机内部故障主保护整定及配置信息, 相应地, 数据库的表也可归为这三类:

1) 发电机参数信息表: 包括发电机的各项参数和绕组分布信息以及和发电机相联的外部系统的参数。

2) 仿真计算结果信息表: 包括各分支电流电压的暂态值。

3) 继电保护定值数据表: 包括保护型号、整定原则、定值等。

程序开发过程表明, 这种分类方法实现了资料的结构化、系统化, 保证了数据库操作的正确性、安全性和可靠性, 维护了数据的完整性, 是非常合理的。

本系统在设计时, 充分考虑了系统的通用性。首先, 系统在多回路理论和短路环的磁链等效原理的基础上, 列写各支路电压方程和磁链方程, 构成了一个具有开放结构的定子故障同步发电机暂态过程仿真模型, 并为外部系统提供了一个标准接口——端口电压, 使发电机暂态过程仿真模型与外部系统具有相对独立性, 因此当外部系统参数改变时, 无需修改发电机参数, 只要输入实时系统参数, 就可进行仿真计算; 其次, 系统考虑了各个发电机的分支数可能不同, 提供了一个可修改的分支数参数, 由此可以进行不同分支数的发电机的仿真计算。用户只需使用发电机参数管理界面, 改变发电机的各项参数, 即可进行各种不同分支数发电机的内部故障仿真计算。用户还可以通过内部故障仿真计算界面, 选择进行各种故障情况的仿真计算(包括定子绕组相间短路、同相不同分支绕组短路、同一分支绕组的匝间短路和分支断线故障等)。仿真结果采用输出数据和绘制图形两种方式, 以方便用户更直接地了解仿真计算结果。同时, 系统提供了多种保护原理的内部故障主保护, 如: 完全纵差、不完全纵差、裂相差动和单元件横差等, 用户可根据具体情况自行选择。

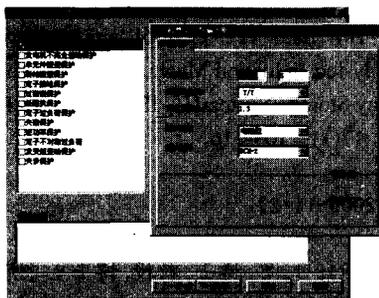


图2 发电机保护配置选择界面示例

Fig.2 Choice interface of generator protection configuration

此外, 该系统目前已运用在继电保护整定及定值管理系统中。系统充分考虑了与电厂其它设备继电保护的融合, 对其它设备继电保护的整定做了必要考虑, 以共同保证电厂的安全运行。比如, 用户

可以根据发电机内部故障仿真结果计算主变高压侧电流, 从而完成发-变组不完全纵差保护的整定工作等。图2是发电机保护的配置界面的某一示例, 用户首先需要选择保护配置类型, 选中后点击下一步, 即可在所提供的各种保护型号中选择合适的保护型号, 点击确定后再进行整定工作。

4 系统总体效果

根据以上设计思想开发出发电机内部故障主保护整定系统, 其功能主要包括:

1) 能够进行各种不同分支数发电机内部故障的仿真计算;

2) 能够进行各种原理的发电机内部故障主保护的整定工作;

3) 能够比较分析各种主保护的灵敏度, 完善该发电机内部故障主保护的方案。

系统完全在可视化的图形操作平台下运行, 所有数据的维护都具有图形和文本两种方式, 计算结果、报表、图形既可屏幕显示, 也可打印输出。数据库访问可设立不同的访问权限, 具有很高的数据安全性。该系统目前已经挂接在河北某电厂继电保护整定及定值管理系统中投入使用, 通过某台发电机的实际运行证明其效果良好。图3是系统生成的某厂1号机组WFB801型差动保护整定通知单。

| 某厂1号机组WFB801型差动保护整定通知单 | | | | | |
|------------------------|-----------|--------|--------|--------------------|----|
| 设备名称: | | #1发电机 | | | |
| 保护类型 | 互感器变比 | 输出继电器 | 整定值 | | 作用 |
| 差动保护 | CT 1500/5 | WFB801 | 最小动作电流 | 0.2In (建议值0.2-0.3) | 跳闸 |
| | | | 最小制动电流 | 1.0In (建议值0.8-1.0) | |
| | | | 最大制动系数 | 0.3 (建议值0.2-0.5) | |
| | | | 制动特性系数 | 0.5 (建议值0.3-0.5) | |

图3 某保护方案整定通知单示例

Fig.3 Example of protection's setting requisition

5 结论

可视化计算和仿真是电力系统计算软件的发展趋势。针对目前发电机内部故障继电保护信息管理中普遍存在的信息分散、不直观等不足, 本文提出了将信息以图形化的方式集成管理的方法, 并研制成功了发电机内部故障主保护整定系统。该系统兼容性好, 运行稳定可靠, 使用方便灵活。系统采用的分层结构设计的模式(即以前台的图形界面和后台的数据库管理为基础, 按模块挂接方式实现对各功能的连接), 使软件易学易用。经测试, 该系统能够很好地帮助用户进行发电机内部故障主保

保护的整定工作,其功能完全符合发电机内部故障主保护整定工作的需要。

参考文献

- [1] 高景德,王祥珩,李发海.交流电机及其系统的分析[M].北京:清华大学出版社,1993.
GAO Jing-de, WANG Xiang-heng, LI Fa-hai. Analysis of AC Electrical Machines and Their System[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1993.
- [2] 王为国,尹项根,刘世明,等.故障发电机定子绕组主电感系数的简化计算[J].中国电机工程学报,2000,20(5).
WANG Wei-guo, YIN Xiang-gen, LIU Shi-ming. A Simplified Method for the Calculation of Fault Generator Stator Winding's Main Inductance[J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(5).
- [3] 王维俭.电气主设备继电保护原理与应用[M].北京:中国电力出版社,1996.
WANG Wei-jian. The Relay Protection Theory And Application of the Electric Main Equipment[M]. Beijing: China Electric Power Press, 1996.
- [4] 张龙照,王祥珩,高景德.大型水轮发电机定子绕组内

部故障计算的简化方法[J].电工技术学报,1991,6(2):1-5.

ZHANG Long-zhao, WANG Xiang-heng, GAO Jing-de. Simplification in the Analysis of the Faults Inside the Stator Windings of Large Hydro Generators[J]. Transactions of China Electro Technical Society, 1991, 6(2): 1-5.

- [5] 萨师焯,王珊.数据库系统概[M].北京:高等教育出版社,1991.
SA Shi-xuan, WANG Shan. Database System Conspectus[M]. Beijing: Higher Education Press, 1991.

收稿日期:2006-09-10; 修回日期:2006-09-18

作者简介:

朱佳杰(1981-),男,硕士研究生,主要从事发电机保护的研究; E-mail: zhujiajie_sjtu@sjtu.edu.cn

邵能灵(1972-),男,博士,副教授,主要从事电力系统继电保护,电力系统安全稳定控制,电力市场的教学和研究工作;

房鑫炎(1963-),男,博士,副教授,主要从事电力系统继电保护与自动化的研究工作。

(上接第8页 continued from page 8)

- [19] 张建成,黄立培,陈志业.飞轮储能系统及其运行控制技术[J].中国电机工程学报,2003,23(3):108-111.
ZHANG Jian-cheng, HUANG Li-pei, CHEN Zhi-ye. Reserch on Flywheel Energy Storage System and Its Controlling Technique[J]. Proceedings of the CSEE, 2003, 23(3): 108-111.
- [20] 贾要勤,曹秉刚.基于DSP微处理器的飞轮充放电控制系统研究[J].电力电子技术,2004,38(3):58-60.
JIA Yao-qin, CAO Bing-gang. DSP Micro-controller Based Control System of Flywheel Charge and Discharge[J]. Power Electronics Technologies, 2004, 38(3): 58-60.
- [21] 廖勇,杨顺昌.交流励磁发电机运行及控制原理[J].电工技术学报,1997,12(10):21-25.
LIAO Yong, YANG Shun-chang. Principles of Operation and Control for Alternating Current Excitation Generators[J]. Journal of Electrotechnics, 1997, 12(10): 21-25.
- [22] 刘其辉,贺益康,卞松江.变速恒频风力发电机空载并网控制[J].中国电机工程学报,2004,24(3):6-11.
LIU Qi-hui, HE Yi-kang, BIAN Song-jiang. Study on the No-load Cutting-in Control of the Variable-speed Constant-frequency Wind-power Generator[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(3): 6-11.

- [23] 李辉,杨顺昌.可调速双馈水轮发电机组控制系统的稳定性分析[J].中国电机工程学报,2004,24(6):152-156.

LI Hui, YANG Shun-chang. Stability Analysis of Control System of Adjustable Speed Hydroelectric Generating Units with Doubly Fed Generators[J]. Proceedings of the CSEE, 2004, 24(6): 152-156.

- [24] Urbanek J, Piwko R J, Larsen E V, et al. Thyristor Controlled Series Compensation Prototype Installation at Slatt 500kV Substation [J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1993, 8(3): 1460-1469.

- [25] Akagi H, Sato H. Control and Performance of a Doubly-fed Induction Machine Intended for a Flywheel Energy Storage System[J]. IEEE Trans on Power Elect, 2005, 17(1): 109-116.

收稿日期:2006-11-27

作者简介:

程时杰(1945-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统运行与控制、人工智能在电力系统中的应用、低压电网载波通信、超导电力等;

E-mail: sjcheng@hust.edu.cn

文劲宇(1970-),男,博士,教授,博士生导师,主要研究方向为电力系统运行与控制、超导电力、飞轮储能等;

潘垣(1933-),男,教授,博士生导师,中国工程院院士,目前主要研究方向为脉冲功率、强磁场和储能等。