

高压电气设备绝缘状态管理与评估系统

刘 铁¹, 鲁铁成¹, 李建胜², 何 清¹, 田 侃¹, 宋志国²

(1. 武汉大学电气工程学院, 湖北省武汉市 430072; 2. 河南开封电力公司, 河南省开封市 475004)

摘要:为了对高压电气设备绝缘状态信息进行快速、高效的管理,开发了一种基于浏览器/服务器3层网络结构的高压电气设备绝缘状态管理与评估系统。该系统利用计算机数据库管理高压电气设备绝缘状态,实现对试验数据的实时查看和分析;通过绝缘状态专家评估,能根据数据库中的信息给出高压电气设备的合格性判断、曲线拟合和趋势分析、变压器油的色谱分析。同时,系统充分利用电业局内部网络资源,实现了设备绝缘状态信息经电脑网络逐级审批和统一上报的功能。系统的运用有利于电业局相关人员进行信息汇总和统计分析,以便对设备管理做出准确的决策。

关键词:高压电气设备; 绝缘状态; 管理信息系统; 专家系统; 浏览器/服务器3层网络结构

中图分类号: TM83; TP73

0 引言

在电力系统中,高压电气设备的绝缘状态水平决定了系统的运行稳定,因此,我国一直采用定期对高压电气设备进行预防性试验的方法来获取设备的绝缘状态信息^[1]。由于每年的预防性试验都会产生大量的数据,无论是对其进行抄录和保存,还是查找和统计,都变得十分困难。采用传统的人工方式对数据进行管理,不仅无法实现资源的实时共享,并且还可能出现对某些设备的漏检,远远不能满足电力系统自动化的要求。基于此,本文开发了基于网络的高压电气设备绝缘状态管理系统。

以计算机技术为基础的绝缘状态管理与评估系统,可以提供快速、准确、翔实的设备绝缘资料信息,及时反映电力系统设备的绝缘情况并予以专家评估,而且根据《电力设备预防性试验规程》^[2-3]规定的设备预试周期自动生成设备的下一次试验时间,为各级工作人员宏观调控起到重要的参考作用,也便于对系统一次设备绝缘状况的综合分析和宏观控制,对生产实践有具体的指导作用,能够为电力系统安全经济运行提供有力保障。

1 系统总体构架和结构特点

通常,高压电气设备试验数据的采集、填写和管理工作主要由高压班试验检修人员完成,而且电业局领导及相关人员会不时查询和审批设备的试验报表,了解设备的绝缘状况。本系统为了满足不同用户的数据操作需求,开发了系统单机版和网络版。

单机版主要面向高压班试验检修人员,进行设备试验数据及相关数据信息的自动化管理工作。网络版主要面向设备试验数据报表审批和报表查询人员、电业局领导及相关技术人员。系统单机版和网络版由同一个数据库提供数据支持^[4-6]。

系统总体设计方案如图1所示。

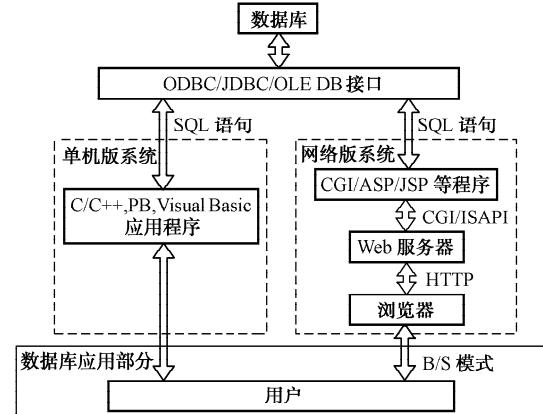


图 1 系统总体设计方案图
Fig. 1 Project diagram of system total design

数据库用来存储高压设备的铭牌参数、试验数据及变电站相关信息,采用 Access 作为数据库管理系统建立相应表格,使用开放式数据库连接(ODBC)/Java 数据库连接(JDBC)/对象链接和嵌入数据库(OLE DB)等技术建立数据库接口,与前台开发程序建立联系。单机版系统采用面向对象编程的 Visual Basic 设计应用程序,并使用结构化查询语言(SQL)语句调用数据库具体记录,实现对数据库的维护和对设备绝缘状况的分析^[4,7]。网络版系统采用动态服务器网页(ASP)程序设计网页系统,

共用单机版数据库,利用浏览器/服务器(B/S)3层网络模式^[5-6],实现网上查询及审批的功能。

2 各子系统功能

2.1 单机版系统功能设计和实现

系统单机版最终的开发成果是形成一个数据信息管理系统(MIS),以实现对高压电气设备试验数据信息的计算机化管理功能。单机版系统的数据来源并不仅限于设备的各类试验数据信息,它还包括对设备铭牌信息、设备试验周期信息、变电站及变电站设备信息等相关数据资料的管理。单机版系统主要面向高压班试验检修人员。图2是单机版系统的功能模块结构图。

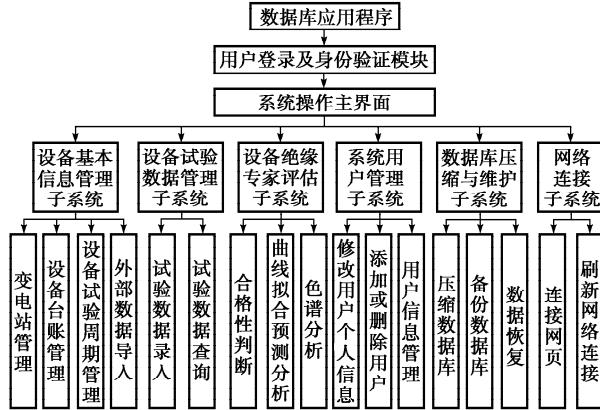


图2 单机版系统框架

Fig. 2 System frame diagram of single machine version

为了保障系统安全,系统提供了登录界面,对登录用户自动检验身份,并给予合法用户相应的操作权限。基于保障数据安全的考虑,系统提供了数据备份功能,当数据出现错误或数据损坏时,系统能提供最近一次的备份数据进行恢复,以最大程度地减小损失。当需要大批量向数据库中导入数据时,系统提供了方便快捷的导入方法。在填写试验数据报表时,系统对试验数据报表中涉及的设备铭牌信息内容,能根据设备运行编号自动填写,而不需人工录入,这样既减少了数据录入量,避免人工输入错误,又保证了数据的一致性。对于数据库中的试验数据,系统能自动调用Word报表模板填写数据并打印出表。当网络故障时,系统据此打印,进行试验数据报表的人工传递审批流程,以保证工作的连续性。

2.2 电气设备绝缘状态专家评估系统

电力设备绝缘状况评估需要融合多种方法综合分析各种试验数据,从而得出绝缘状况的正确评价。本系统涉及电力电容器、电力电抗器、主变压器等18类高压电气设备,每种设备又分别有2种~6种不尽相同的常见预防性试验。由于系统需要评估的

电力设备种类较多,其判断的标准也不相同,因此,采用面向对象的技术,设计了基于黑板模型的电力设备绝缘状态专家评估系统。该系统不但可以改变知识库结构(面向对象构造知识库),而且是基于多知识源协同求解问题的最有效的途径之一,能够较好地解决电力设备绝缘状况多专家合作评估问题。

黑板模型结构是模拟一组(多位)人类专家围坐在桌子边讨论问题,对于问题或问题的各个方面,每一位专家都根据自己的专业经验提出看法写在黑板上,其他专家都能看到,随意使用,共同解决问题。黑板专家系统的基本思想是把需要求解的问题分解成一个任务树,即一个问题由若干个任务组成,每个任务又可以分成若干子任务。对每一个具体任务分别用不同的知识源求解,每个知识源用到的推理机可以相同,也可以不同,每个知识源解决的具体任务可以看成是一个小专家系统。可见,黑板结构是使多个专家实现联合操作、共同解决复杂问题的一种结构形式。

在面向对象技术中,引入了类和对象的概念,它使我们面对一个问题时不是将软件分成几个功能模块,而是设法把所求解的问题分类。类体现了对象的共性,对象则是问题的个性所在。最基本的的本质问题被分离出来后,将其确定为基类,在基类的基础上再构建派生类,具有类似特征的对象则归入子类。这种设计不仅使程序的整体结构清晰明了,而且能自然地表述并行问题。

电力设备绝缘评估系统中电力设备类型多,不同电力设备的预防性试验项目也不尽相同,其求解方法并不一致。因此,作者采用面向对象技术建立知识库,把针对某一对象获取的知识、事实作为数据成员封装进对象类中^[8]。这种设计让对象成为知识和功能的自治单元,是本身具有知识处理能力的实体。评估系统如图3所示。

该电力设备绝缘评估专家系统的黑板被分为合格性判断层、曲线拟合预测判断层和色谱分析判断层3层,实现如下3项判断:

1)合格性判断:本评估方法是以《电力设备预防性试验规程》、设备运行规定和厂家规定为判断基准,分析设备的试验数据,给出合格性判断。

2)曲线拟合和趋势分析:本评估方法主要是通过电气设备的历次试验数据,进行纵比来判断电气设备的绝缘状况,并给出图形,帮助工作人员直观了解设备发展趋势。

3)变压器油的色谱分析:电力变压器是电力系统中重要的枢纽设备之一,对保证电力系统的安全运行起着重要作用。因此,电力变压器除了要进行常规的电气试验外,还要进行油污试验,通过变压器

中溶解气体的含量来分析变压器的绝缘状况^[9-10]。本评估即是对此类试验数据进行分析。

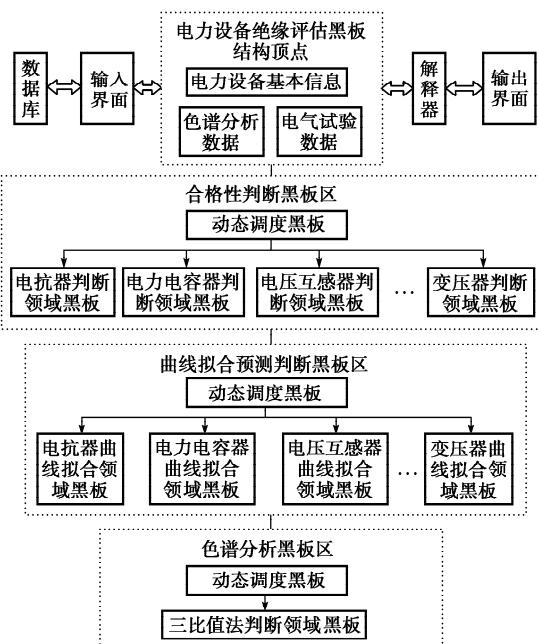


图3 面向对象的黑板型电力设备绝缘评估系统

Fig. 3 Blackboard type valuating system of electric power equipments

2.3 网络版系统功能设计和实现

网络版系统的主要功能是实现对高压电气设备试验报表的网络化逐级审批和查询,主要面向报表审批人员、电业局领导及相关技术人员。设备试验报表的逐级审批过程,是根据进行报表审批的各级专工和电业局主管领导的审批权限,利用电业局内部网络以网页形式进行操作来实现的。试验数据网络查询只提供已经公布的试验数据信息的浏览和查阅,以实现合理的数据资源共享。

网络版本的开发选用微软公司开发的 ASP 技术。ASP 和微软公司的 Web 服务器软件——Internet 信息服务器(IIS)相结合,可以轻松地建立和执行动态、交互式 Web 服务器应用程序。通过对试验状态标志位和用户权限标志位的设置可以实现

图4所示电业局新开展试验的报表审批流程。

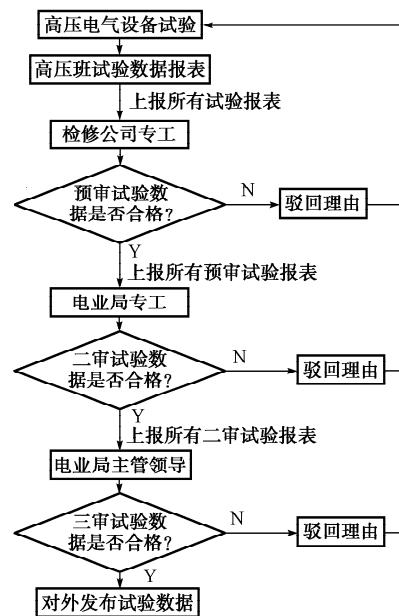


图4 设备试验数据报表逐级审批流程

Fig. 4 Flow chart of test data examining and approving

3 专家评估实例

以下利用开封电业局下属某变电站某电抗器的专家评估为例来说明系统评估功能的实现。该电抗器预防性试验的部分试验数据如表1所示。这些数据由单机版系统录入数据库,并经网络审批流程被审批为合格试验数据。根据数据库提供的这些数据,系统对该电抗器的绝缘状态做出评估。

1) 对绝缘电阻做出评估

评估依据: 绝缘电阻与前相比无明显变化且不低于 $1000 \text{ M}\Omega$ 。

评估结论: 合格。

2) 对直流电阻做出评估

评估依据: 各相测得值的相互差值应小于平均值的 4%, 与以前相同部位测得值比较其变化不应大于 2%。

表1 某变电站某电抗器预防性试验数据

Table 1 Test data of an electric reactor from a transformer substation

试验日期	试验性质	相对湿度/ (%)	气温/ ℃	绝缘电阻/MΩ			直流电阻/MΩ			交流耐压/(kV · min ⁻¹)		
				A 相	B 相	C 相	A 相	B 相	C 相	A 相	B 相	C 相
2001-03-12	交接	30	8	2 500+	2 500+	2 500+	0.029 90	0.029 72	0.029 59	42	42	42
2002-09-23	检查	38	26	2 500+	2 500+	2 500+	0.028 60	0.028 74	0.029 20	42	42	42
2003-09-10	预试	42	18	2 500+	2 500+	2 500+	0.028 20	0.028 70	0.028 80	42	42	42
2004-10-06	预试	37	22	2 500+	2 500+	2 500+	0.028 70	0.028 44	0.028 80	42	42	42
2005-09-20	预试	40	17	2 480	2 500+	2 500+	0.028 10	0.028 22	0.028 60	42	42	42

评估结论:不合格,A相直流电阻较上次数据变化较大。

3) 交流耐压

评估依据:油浸铁心电抗器的试验电压值应为出厂电压值的0.85倍,干式空心电抗器只需对绝缘支架进行试验,试验电压同支柱绝缘子。

评估结论:合格。

这3项专家判断结论被放到评估系统黑板上,最后由专家系统汇总得到最后的判断结论。

利用曲线拟合评估可以获得A相的三次拟合曲线如图5所示。由图可以直观地看到A相直流电阻较上次试验的数据变化较大。

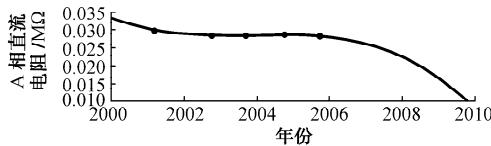


图5 A相直流电阻三次拟合曲线

Fig. 5 Cubic curve fitting for A-phase

针对其他试验数据,评估系统也可以给出相应的拟合曲线,例如对A相绝缘电阻可以得到如图6所示的二次和三次拟合曲线,根据拟合曲线可以观察到A相绝缘电阻的变化趋势,并判断来年的试验数据是否会超过警戒线。

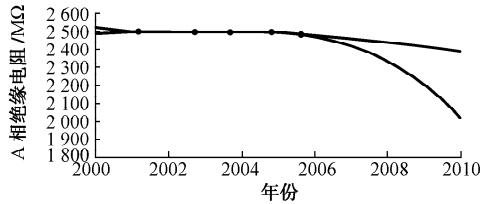


图6 A相绝缘电阻二次/三次拟合曲线

Fig. 6 Quadratic and cubic curve fitting for A-phase

变压器油的色谱分析评估是针对变压器的专项评估,对电抗器不进行此评估。

综上所述,利用专家系统依据试验数据对该电抗器的绝缘状态给出了“不合格”的评估结论。其理由为A相直流电阻较上次数据变化较大,这些评估都将被写入系统生成的评估报告中。

4 结语

传统的人工编写试验报告、进行数据处理以及送审的方法已经不能满足生产的需要,本文介绍的高压电气设备绝缘状态管理与评估系统利用计算机进行试验数据的保存、分析、送审和审批,不仅降低了试验检修人员的劳动强度,而且通过对试验信息的分析,能让变电运行人员和试验检修人员方便快

捷地了解设备状况。同时,系统也是基层班组实现科学化、规范化管理的新手段,能为局领导和主管部门制定全局生产规划提供必要的帮助。

本系统在实验室内部搭建的局域网内运行稳定,上述功能都可以成功实现,并已在河南开封电业局试运行。在试运行过程中将历史试验数据文档录入系统数据库,通过专家评估系统获得比较丰富且实用的判断信息;同时,网络化的试验审批功能在很大程度上方便了对最新试验的审批操作,是本系统的一个特点。系统后续的改进和开发方向是更为人性化的MIS数据录入和对评估系统专家知识库的完善。

参 考 文 献

- [1] 陈化钢. 电气设备预防性试验方法. 北京: 水利电力出版社, 1999.
CHENG Huagang. Preventive test method for power equipment. Beijing: Hydraulic and Electric Power Press, 1999.
- [2] DL/T 596—1996 电力设备预防性试验规程. 北京: 中国电力出版社, 1997.
DL/T 596—1996 Preventive test code for electric power equipment. Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [3] 电力设备预防性试验规程(DL/T 596—1996)修订说明. 北京: 中国电力出版社, 1997.
Revision of preventive test code for electric power equipment (DL/T 596—1996). Beijing: China Electric Power Press, 1997.
- [4] 唐琳, 李云枫. 供电企业生产检修全过程管理信息系统. 电力系统自动化, 2001, 25(21): 73-74.
TANG Lin, LI Yunfeng. MIS for production and maintenance process in power supply enterprises. Automation of Electric Power Systems, 2001, 25(21): 73-74.
- [5] 秦炜, 姚建刚, 姚尧, 等. 基于B/S模式的MIS设计. 电力自动化设备, 2002, 22(11): 35-38.
QIN Wei, YAO Jianguang, YAO Yao, et al. MIS design based on B/S mode. Electric Power Automation Equipment, 2002, 22(11): 35-38.
- [6] 缪国钧, 葛晓霞, 林中达. B/S架构的电厂实时MIS系统的分析与研究. 电力系统自动化, 2003, 27(7): 23-27.
MIAO Guojun, GE Xiaoxia, LIN Zhongda. Research on power plant real-time MIS with B/S architecture. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(7): 23-27.
- [7] 陈刚, 谢松, 刘劲. 电力线路管理信息系统的设计与实现. 电力系统自动化, 2004, 28(11): 97-99.
CHEN Gang, XIE Song, LIU Jin. The design and realization of MIS for electric lines. Automation of Electric Power Systems, 2004, 28(11): 97-99.
- [8] 刘青, 彭晓兰, 程时杰, 等. 面向对象的电力系统专家系统设计. 电力系统自动化, 1997, 21(5): 33-36.
LIU Qing, PENG Xiaolan, CHENG Shijie, et al. An object oriented expert system for power systems. Automation of Electric Power Systems, 1997, 21(5): 33-36.
- [9] 莫娟, 严璋, 李华, 等. 基于多种智能方法的变压器故障综合诊断模型. 电力系统自动化, 2005, 29(18): 85-89.
MO Juan, YAN Zhang, LI Hua, et al. A multi-AI methods

based model for synthetic diagnosis of transformer faults.
Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(18): 85-89.

[10] 李静,涂光瑜,罗毅,等.基于多数据源的电力变压器分层故障诊断系统设计.电力系统自动化,2004,28(23):85-88.

LI Jing, TU Guangyu, LUO Yi, et al. Development of a hierarchical fault diagnosis system of power transformers using multi data resources. Automation of Electric Power Systems, 2005, 29(18): 85-89.

刘铁(1981—),男,博士研究生,研究方向为电力综合管理信息系统的开发及电力系统过电压。E-mail: monkeytie@sina.com

鲁铁成(1953—),男,教授,博士生导师,从事电力系统过电压等方面的研究工作。

李建胜(1954—),男,硕士,副总经理,总工程师,长期从事供用电工作。

An Information Management and Evaluating System for High Voltage Electric Equipment Test Data

LIU Tie¹, LU Tiecheng¹, LI Jiansheng², HE Qing¹, TIAN Kan¹, SONG Zhiguo²

(1. Wuhan University, Wuhan 430072, China; 2. Kaifeng Electric Power Company, Kaifeng 475004, China)

Abstract: An information management system for high voltage electric equipment test data based on B/S three-layer network structure is developed. There are plenty of test data produced annually by the preventive tests for the high voltage electric equipment in power bureaus, which makes the manual type management difficult. This system helps to manage the data on the insulation state of high voltage electric equipment by using the computer database instead of manual work. The test data is saved in the computer database to be read by software in real time for examination and analysis. Through the appraisal of the expert system for the insulation state of high voltage electric equipment, the system can give the results of qualification judgment, curve fitting, trend analysis, and chromatography analysis of transformer oil. Using the internal network resources in the power bureau, it can deliver the information on the insulation state in the local area network. It can also upload the latest test data information level by level, and report it to leaders in a unified manner. The system is propitious to people concerned in collecting and analyzing the information on high voltage electric equipment test data, according to which accurate decisions on the management of equipment can be made.

Key words: high voltage electric equipment; insulation states; MIS; expert system; B/S three-layer network structure