

继电保护柔性定值单管理系统开发

谢俊¹, 石东源¹, 张德泉², 段献忠¹

(1. 华中科技大学 电气与电子工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 华中电力调度(交易)中心, 湖北 武汉 430077)

摘要: 开发了一种继电保护柔性定值单管理系统, 实现了整定计算和定值单管理的一体化和定值单流转的网络化、自动化控制, 并解决了保护装置多样性和定值项不确定性的影响。介绍了系统的整体结构; 详述了利用 ActiveX 技术和 Excel 格式电子表格设计三层式柔性定值单模版, 实现定值单的内容和格式的自定义; 阐述了利用工作流的基本思想对定值单的修改、审核、执行等一系列流转过程建模, 实现其在多部门、多用户中的协调和网络化自动控制。

关键词: 继电保护; 柔性定值单; 管理系统; 整定计算

中图分类号: TM 77

文献标识码: B

文章编号: 1006-6047(2007)01-0074-04

0 引言

继电保护整定计算除了线路零序和距离保护的定值配合计算以外, 还包括线路保护装置和发电机、变压器、母线、断路器、电容器和电抗器等元件保护装置定值的正确计算, 而定值单的管理过程是整定计算结果的实际执行过程, 因此定值单生成、审核和下发, 装置定值修改及复核等是继电保护运行管理工作的重要内容之一, 其管理效果的好坏对于继电保护的准确动作、保障电网安全非常重要^[1]。

近年来, 继电保护整定计算以及运行管理的自动化和网络化研究与系统开发得到了蓬勃发展, 整定计算、定值通知单管理自动化系统和故障信息系统也在部分电力部门得到了成功应用。但目前定值单管理系统往往局限于独立运行或者与调度管理信息系统(MIS)中定值单发布模块的简单接口, 而与整定计算等系统之间的交互和配合尚实现得很不充分, 而且整定计算系统主要侧重于后备保护如距离和零序电流保护等的计算, 输出的定值仅限于常规定值项(例如距离保护各段定值和时间, 零序电流保护各段定值和时间), 不能形成完整的定值通知单; 而故障信息系统从厂站端保护装置在线获得保护定值后的进一步应用, 如与调度中心下发的定值单的核对, 以及定值的在线修改等, 也往往由于缺乏完善、开放的定值单管理系统而难以完整地实现。所以, 在继电保护运行管理自动化和网络化的进一步发展过程中, 从整定计算系统自动生成完整的定值单, 到定值单的审核、批准和执行, 以及与故障信息系统得到的现场保护定值的核对等应该形成一个闭环的一体化过程, 对于保证定值数据的一致性、提高工作效率非常重要。

为了实现上述一体化的定值计算及管理过程, 定值单的数字化是关键。但是, 目前实际电网中保护型号多种多样, 各地定值单管理方式各不相同, 使得统一固定格式的定值单难以满足要求。为了实现定值单系统与其他系统的接口, 满足定值单型号和样式的多样性要求, 本文提出了一种基于可控自定义格式 Excel 电子表格的继电保护柔性定值单设计方案, 实现了定值单中定值项的可解析性, 方便与其他系统接口, 实现了定值单内容和形式的完全自定义, 适应不同地区的需求, 同时利用工作流的基本思想, 完善了定值单流转的网络化自动控制。

1 系统整体结构设计

继电保护定值计算及定值单管理自动化系统的总体结构如图 1 所示。系统通过可控自定义格式 Excel 电子表格实现定值单模板的自定义和管理, 在此基础上, 定值单生成模块将整定计算模块的计算结果自动写入由定值单模板生成的具体保护装置的定值单, 而定值单管理模块实现对定值单的分类管

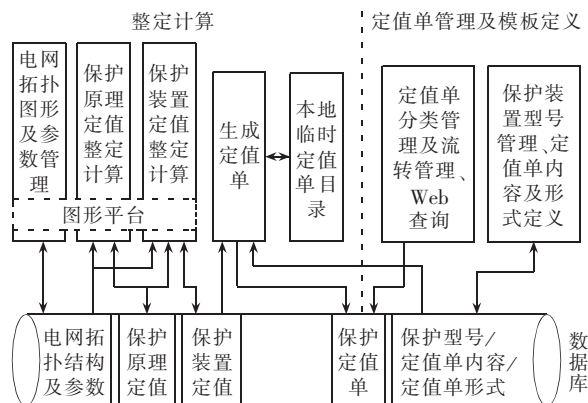


图 1 保护装置定值计算及定值单管理系统总体结构图

Fig.1 Overall structure of flexible-setting-list management system

理和定值单审核、批准等流转过程的网络化管理^[2]。

2 柔性定值单模板设计

2.1 设计方法

可视化设计环境中,报表的设计方法基本雷同^[3]。以 PowerBuilder 环境为例,常用的报表开发方法一般有 4 种。

a. 在 PowerBuilder 中设计固定样式的报表。这种方法只能得到统一固定格式的定值单报表,无法满足各地对定值单格式的不同要求。

b. 数据窗口的动态设计。这种方法为用户提供了少量的自定义功能(例如输出项目的增减),但自定义功能有很大的限制,当定值单表头信息和样式更改时仍难满足要求。

c. Sybase 提供的 Info mark。这种方法使用其提供的 PBL 文件,读取其中的数据窗口进行编辑,但由于其提供的操作界面是 PowerBuilder 中设计数据窗口的界面,同时是英文界面,对于一般用户而言,学习和使用较专业,不利于推广。

d. 采用控件方式。PowerBuilder 支持 Windows 具备的对象链接与嵌入(OLE)功能,可以直接在窗口上放置 OLE 2.0 控件,然后将 Windows 支持的 OLE 对象(如 Word/Excel 等)连接到 OLE 2.0 控件中,这样就能在 PowerBuilder 应用中利用 OLE 服务器的命令和函数完成对 OLE 对象的操作工作。如果采用合适的控件,可以将程序开发工作量降低到最小,同时使用控件可以提供丰富的接口函数,增加程序灵活性。

通过以上各种方案的对比,不难发现采用 OLE 控件的方式可以使定值单模板报表形式灵活多样,易于满足各地区的不同需要。而 Windows 支持的 OLE 对象中 Microsoft Excel 是公认的制表功能最强大、应用最为广泛的电子报表软件,支持曲线和图形显示,内嵌数百种统计分析函数,支持数据自由排序、筛选、数据透视表,允许报表自由缩放显示,支持缩放打印和自定义打印范围,并且可以将报表发布到 Web 供网上查询。

为拓展 Excel 的应用范围,VBA 封装了 Excel 的所有对象,使 Excel 能方便地被各种常用的开发语言调用,成为其他应用的电子表格服务程序。在此基础上,Microsoft 又进一步提供了 OWC(Office Web Components),它是一组组件对象模型 COM(Component Object Model)控件的集合,用于为多种控件容器提供交互式的电子表格模型、数据库报表与数据可视化服务,可用于开发商业智能应用(BI)和其他需要各种报表的应用,无缝地成为这些应用的一部分。

OWC 中的电子数据表(Spreadsheet)是应用最广泛、灵活的 OWC 组件,其对象模型包括了上百个不同的对象,从矩形、文本框等简单对象到区域、工作表、图表等复杂对象。

基于上述优点,柔性定值单模板采用了基于 OWC

Spreadsheet 控件的自定义方案。

2.2 柔性定值单模板的构成

所谓柔性定值单模板即定值单模板的样式和内容具有良好的可编辑性,并且拥有用户自定义保护装置定值项计算原则的功能。针对继电保护装置的多样性、继电保护装置更新换代的快速性,可以为每种继电保护装置任意定义其 Excel 格式的定值单模板,该模板不仅可以根据不同地区的需要编辑某保护类型定值单的外观样式,而且还包括定义该型号保护的所有定值项,以及各定值项的计算原则。这样,当增加新类型保护或定值设置有所改变时,只需添加或改动相应的定值单模板即可,方便易行。

为了灵活实现上述要求,系统将定值单模板设计为三层结构模型,一是定值单内容自定义层,二是定值单模板样式自定义层,三是定值单数据关联层。

定值单内容自定义层主要管理保护型号及其基本信息(如生产厂家、类型等)、定义各型号保护定值单所包含的定值项及控制字项;同时可以定义各定值项的计算原则。除了可以选择程序中设定的计算原则外,系统采用 ActiveX Scripting 技术^[4]开发了公式编辑器,用户可以按照实际的整定要求以及一定的语法标准在公式编辑器中编辑形成一个计算组件,整定时软件通过接口函数自动调用这些计算组件,利用规范的脚本语言进行简单的数学公式计算或是逻辑判断即可。

这样,当增加新类型保护或定值设置有所改变时,软件用户仅需编写非常简单的脚本代码,形成计算组件然后为保护的定值项目选择合适的计算组件,软件开发商也只需利用脚本引擎(Script Engine)^[5]支持脚本语言的解释和执行操作,而不必修改程序代码,方便易行。

定值单模板样式自定义层主要定义各型号保护的 Excel 形式定值单模板的格式,将在定值单内容自定义层中定义的各保护装置的定值/控制字项的名称、原定值、新定值等布置于 Excel 模板文件中的指定单元格。本层支持单元格合并和撤销合并,单元格背景颜色设置,字体设置,表格线线型、颜色和宽度设置,对齐方式设置,数字格式设置等,能够满足常用电子表格的需求,使得定义的定值单模板文件的样式与实际定值单相同。

定值单数据关联层主要在定值单模板文件中明确定义各定值项的计算值应该写入到哪一个单元格,以及定义定值单编号、厂站名称、设备名称、保护型号、电流互感器、电压互感器等定值单基本信息的对应该单元格。以往对于此类定值单模板的定义通常是在电子表格模板文件的单元格中输入以特殊格式定义的字符串来表达其意义,如以“^LXGL,GL1,M”表示该单元格为中压侧零序过流保护的过流 I 段定值,通过循环搜索带有“^”等特殊字符单元格并解析其意义来实现定值的写入和读取^[6]。但此类方法使得定值单模板的维护和修改的工作量很大,且容

易出错。本文利用 OWC Spreadsheet 提供的给单元格在后台命名(对用户是不可见的)的功能,自动根据定值分类的编号和定值/控制字项的编号(这 2 项编号均由程序自动维护)对单元格进行命名,命名规则为:SnsZnzFnf[N],其中 Sns 表示该单元格处于 Excel 格式文件的第 ns 页,用于处理模板文件有多页的情况,ZnzFnf 表示该单元格对应于第 nz 个定值分类中的第 nf 项定值/控制字,N 表示该单元格存放的是对应定值/控制字项的新定值。对于定值单的基本信息如定值单编号等信息,其 nz 固定为 0, nf 顺序编号,从而方便实现了上述关系定义的程序化,使得模板文件更加直观且易于维护。

这样的三层结构,使得定值单模板形式和内容分离,定值单的定值数据变量化,定值单格式可塑化以及数据处理模板化。

3 柔性定值单管理系统功能

3.1 定值单的生成

定值单生成模块主要完成与整定计算程序的接口,在定义好定值单模板内容和样式、规定了保护装置的定值项计算方法以后,利用整定计算程序进行原理级计算,然后装置级计算模块根据具体保护型号查找到对应的定值单模板,根据模板内容定义层设定的定值项计算原则进行计算,最后定值单生成模块根据模板样式层定义的格式和数据关联层定义的位置关系生成相应的定值单。整个定值单生成流程如图 2 所示^[7]。

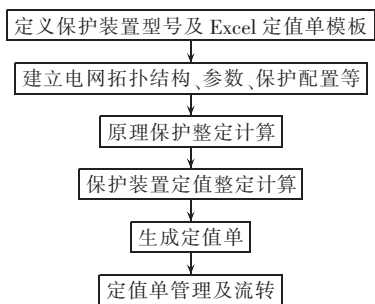


图 2 定值单生成流程图

Fig.2 Flowchart of setting list generation

此外,定值单生成模块还提供了手动生成功能。为减少用户工作量,提供从相同型号保护装置拷贝或从同装置正在执行定值单更新整张定值单,再修改个别信息^[8],以及将同型号 2 张定值单对比,拷贝 1 行或多行定值的措施,大大方便用户的手工录入。

3.2 定值单的流转管理

为满足定值单流转管理的需要,系统将定值单分为“录入”、“待审核”、“待执行”、“已执行”、“已作废”5 种状态。定值单的流转控制部分主要完成定值单在上述 5 种状态中的依次自动切换,从而实现对定值单的审核、修改和执行的网络化控制功能。

3.2.1 定值单流转过程设计

在定值单流转过程中的审核、修改、执行等一系

列的操作是一个多部门、多人协同工作的过程,因此系统利用工作流的基本思想^[9],把协同工作机制和过程控制用于定值单的审核申请及批准、执行下发等业务过程中,在电力企业计算机网上完成定值单流转管理的工作任务,快捷、安全、准确地实现定值单流转控制的网络化和自动化。

对于定值单流转过的工作流管理,首先需要对它进行过程建模^[10-11],图 3 所示为定值单流转流程图。

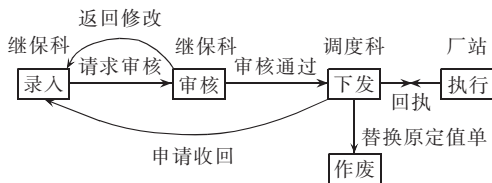


图 3 定值单流转流程图

Fig.3 Flowchart of setting list circulation

图 3 中的基本要素是:传送的 Excel 格式定值单和定值单的状态数据信息、传送经过的部门及人员、相应的任务处理。其整个流程由一系列处理任务环节构成,它在电力企业计算机网络上自动执行;定值单录入和修改完毕后,整定人将定值单提交给指定的审核人进行审核,定值单的状态变为“待审核”;审核人审核处于“待审核”状态的定值单后,可以选择返回给整定人进行修改后再送审,或者选择审核通过后将其状态变为“待执行”;而调度部门具有执行权限的用户对处于“待执行”状态的定值单,确认现场执行情况后,如果执行正常,则对定值单进行执行通过操作,定值单状态变为“已执行”,而如果定值单未得到正确执行,则返回给整定人和审核人进行处理;而在执行一张新的定值单时,系统自动将此装置上原有的“已执行”状态定值单作废。

3.2.2 定值单流转过过程中的消息处理

在定值单的流转过程中,每个用户都可以看作是一个独立的移动对象,系统为各个移动对象提供消息通信是一个很重要的服务。系统设计了用户消息处理模块,在一张定值单的提交审核、审核通过或返回修改、申请收回或执行等一系列流转过程中,消息处理模块将自动生成相应的消息给对应的用户,当该用户登录系统时,消息处理模块将自动检索对应消息,弹出提示信息对话框,直到用户完成相应操作,消息处理模块才自动删除相应消息。从而对各用户所要完成的工作给予明确的提示,大大提高了工作效率。

3.2.3 系统安全和责任机制

系统为了严谨、方便地定义用户的操作权限,从整体和定值单流转工作的内在逻辑出发,将用户在定值单流转过过程中的权限分为浏览、录入、审核、执行、作废监护 5 种;而为了方便系统管理员管理用户和电力设备信息,系统还设置了用户管理和系统代码维护权限。

此外,系统还采用电子签名技术记录整定和审核人信息,以及采用备忘录的方式提供定值单的录

入、审核、修改、执行的情况记录查询,包括何时由何人修改或审核时建议修改定值和关键字的详细信息。电子签名和备忘录由系统自动生成,不允许任何用户修改,从而方便事故责任的确认。

4 结论

本文介绍的柔性定值单管理系统已在华中电网公司、湖北省电网公司、贵州省电网公司等电力企业应用,运行效果良好。它利用基于 Excel 的定值单模板,实现了定值单格式与内容的分离,使定值单能够及时满足用户不断变化的需求,并能根据用户需求定义新增保护装置的定值/控制字项的计算原则,实现了从整定计算自动生成定值单;利用工作流的基本思想,设计了定值单审核、执行等工作在多部门、多用户中的协调和网络化控制。系统大大提高了继电保护相关工作的效率,为电网的安全运行提供了有力保证,产生了良好的经济和社会效益。

参考文献:

- [1] 李巍. 电力企业信息化建设思考与实践[J]. 电力自动化设备, 2004,24(10):83-87.
LI Wei. Think and practice of IT construction in electric power enterprise[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004,24(10):83-87.
- [2] 李艳涛,栗然. 继电保护管理信息系统中数据仓库设计[J]. 电力自动化设备, 2004,24(2):41-43.
LI Yan-tao, LI Ran. Design of data warehouse for relay protection management information system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2004,24(2):41-43.
- [3] 李晓明,高军,杨光耀,等. 异构电力信息系统柔性动态报表的设计与实现[J]. 电力系统自动化, 2003,27(24):56-58.
LI Xiao-ming, GAO Jun, YANG Guang-nuo, et al. Design and implementation of the flexible and dynamic report in heterogeneous power information system[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003,27(24):56-58.
- [4] FERTITTA K G, HARVEY J M. The role of ActiveX and COM in ATE, Auto testcon'99[C]//IEEE Systems Readiness Technology Conference. [S.l.]:IEEE, 1999:35-51.
- [5] LI Fang-xing, ROBERT P. Broadwater, software framework concepts for power distribution system analysis[J]. IEEE Transac-

- tions on Power Systems, 2004,19(2):948-956.
- [6] 王俏文,陶文伟. 调度 MIS 定值到 DTS 保护数据的自动转换[J]. 电力系统自动化, 2003,27(13):87-89.
WANG Qiao-wen, TAO Wen-wei. The auto conversion from settings in MIS to protective data in DTS[J]. Automation of Electric Power Systems, 2003,27(13):87-89.
- [7] 王洪涛,王剑,朱诚. 电力系统信息管理自动化的研究[J]. 电力自动化设备, 2001,21(2):20-23.
WANG Hong-tao, WANG Jian, ZHU Cheng. Study of information management automation in electrical power system[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001,21(2):20-23.
- [8] 石昭郡,林小村,文杰,等. 电力系统继电保护配置及定值管理系统[J]. 电网技术, 1996,20(8):26-29.
SHI Zhao-jun, LIN Xiao-cun, WEN Jie, et al. Administrative system for the disposal and settings of protective relaying in power system[J]. Power System Technology, 1996,20(8):26-29.
- [9] van der AALST W, WEIJTERS T, MARUSTER L. Workflow mining: discovering process models from event logs [J]. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 2004,16(9):1128-1142.
- [10] 王玮,徐丽杰,王林,等. 基于工作流的电力系统检修管理建模方法和技术实现[J]. 电力系统自动化, 2004,28(13):80-84.
WANG Wei, XU Li-jie, WANG Lin, et al. The modeling method and realization of the power system overhaul and repair management based on workflow technique[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004,28(13):80-84.
- [11] 陆剑江,张建平. 电力系统中移动工作流平台的设计[J]. 电力系统自动化, 2004,28(17):84-87.
LU Jian-jiang, ZHANG Jian-ping. Design of and research on the mobile workflow platform in power systems[J]. Automation of Electric Power Systems, 2004,28(17):84-87.

(责任编辑:李 玲)

作者简介:

谢 俊(1979-),男,湖北武汉人,博士研究生,从事电力系统继电保护定值单管理系统、定值校核等方面的理论及相关软件技术的研究工作(E-mail: xjvhj@163.com);

石东源(1974-),男,湖南冷水江人,副教授,从事信息化电力系统相关理论及支撑软件技术方面的研究工作;

张德泉(1964-),男,湖北武汉人,高级工程师,从事电力系统继电保护整定计算、运行管理工作;

段献忠(1966-),男,湖南冷水江人,教授,博士研究生导师,从事电压稳定、FACTS、信息化电力系统、网络化控制等方面的研究工作。

Development of flexible-setting-list management system of relay protection

XIE Jun¹, SHI Dong-yuan¹, ZHANG De-quan², DUAN Xian-zhong¹

(1. Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, China;

2. Central China Power Dispatching & Communication Bureau, Wuhan 430077, China)

Abstract: A flexible-setting-list management system of relay protection is researched and developed, which integrates relay coordination and setting list management, realizes automatic control of setting list circulation on network, and avoids influences of both protective equipment variety and setting item uncertainty. The overall system structure is introduced, as well as the design of three-layer flexible setting list template based on ActiveX technology and Excel electronic table are described. The setting list content and format can be defined by user. With the basic concept of workflow, circulation processes of list modification, examination and execution are modeled to realize the coordination among different departments and users and the automatic control on network.

Key words: relay protection; flexible setting list; management system; relay coordination