

EMS 规划态应用软件的开发与应用

耿建¹, 龚成明¹, 於益军¹, 冯树海¹, 高宗和¹, 罗建裕², 钱玉妹², 徐田²

(1. 国电南瑞科技股份有限公司, 江苏省南京市 210003; 2. 江苏省电力公司, 江苏省南京市 210024)

摘要: 设计开发了能量管理系统(EMS)规划态应用软件系统, 该系统具备以下特点: 应用多态机制嵌入 EMS, 可直接利用电网的实际运行数据进行数值仿真; 能够以系统单线图的方式, 动态地修改电网模型, 构建未来规划电网, 并基于各种实测数据断面, 分析电网在不同规模和运行方式下的系统潮流及设备安全状况。提出了系统总体设计方案, 介绍了图形、模型、算法分析、数据访问等子系统的设计方案和实现方法。该系统已成功应用于江苏省调电网, 为未来规划电网运行方式的研究提供了一个良好的工具。

关键词: 能量管理系统; 规划; 运行方式; 潮流分析

中图分类号: TM734

0 引言

目前, 电力系统运行方式分析和调度自动化系统面临 2 个新的要求: 一是全数据仿真, 以直接、简单、方便、快捷的方式获得丰富的能量管理系统(EMS)实测数据, 包括整点断面、极值断面、事故断面等, 进行更为广泛、深入的运行方式分析和研究; 二是在线动态电网模型仿真, 适应当前电网建设的高速发展要求, 能够以直观、快捷的方式在线构建和修改电网模型, 在 EMS 实测数据的基础上, 对未来电网架构进行准确、定量的分析在线实时计算是现代 EMS 的发展趋势^[1-2]。

适应上述要求, 本文设计开发了规划态应用软件系统。该系统嵌入 EMS, 可以直接基于电网的各种实际运行数据, 包括实时数据、历史数据、事故断面、极值断面等, 以系统单线图的方式, 动态地修改网络规模, 构建未来规划电网, 研究电网在不同时期、不同规模和不同运行方式下的系统潮流和设备安全状况, 为未来规划电网的运行提供准确、可靠的依据。该系统已成功应用于江苏省调电网。

1 系统设计的总体框架

新一代 EMS“OPEN-3000”提供了多态(实时态、历史态、未来态、培训态等)^[3]的环境, 包括图形、实时数据库、系统访问接口等一系列运行环境, 用来支持不同类型的应用功能^[4-6]。本系统作为新的“规划态”嵌入 EMS 中, 各个态之间独立运行而不会相互影响, 同时又可以充分利用系统的实时、历史的数据和电网模型。采用规划态的设计, 可以在现有硬

件资源上直接实现, 而不需要配置新的硬件系统, 同时又可以提高数据访问效率, 减少硬件系统的维护工作。

规划态应用软件包括 4 个子系统, 即图形子系统、数据模型子系统、算法程序子系统和数据访问子系统。各子系统的功能结构流程见图 1。

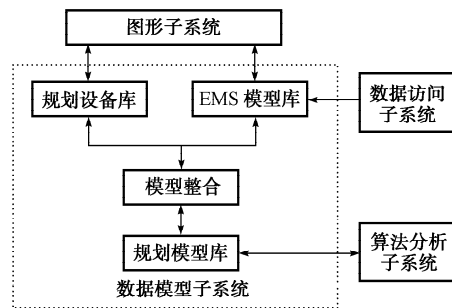


图 1 系统功能结构流程

Fig. 1 Framework of system design

图形子系统主要功能是系统单线图的绘制和用户操作设置。传统的 EMS 基于厂站主接线图, EMS 用户关心的是厂站内部各设备的运行状态和传输功率, 而运行方式的研究更注重整个系统的功率流向和设备安全状况。为给出一个整体的、全局的电网概念, 本系统设计采用了系统单线图的图形模式。

数据模型子系统是本系统的核心模块, 其主要功能是建立和整合未来规划电网的模型。规划电网模型包括 2 个部分: 一是由 EMS 继承得到的当前物理电网模型, 本文称其为 EMS 模型; 二是由人工构建的规划厂站、线路模型, 本文称其为规划设备模型。模型整合是将这 2 种模型整合为一个统一的规

划电网模型。

算法分析子系统集成了方式研究所需要的主要计算程序,包括网络拓扑、潮流、静态安全分析等。

数据访问子系统是获取 EMS 数据断面的接口,通过它可以取得 EMS 存储的实测数据断面。数据访问子系统取出实测数据,放入相应的 EMS 模型数据库,通过模型整合反映到规划电网的模型中(见图 1),从而使运行方式的分析建立在真实的数据环境中。

2 各子系统的具体设计与实现

2.1 图形子系统

本文基于 Qt^[7]工具设计开发了图形子系统,包括的主要功能如下。

1) 系统单线图的绘制

未来规划电网通常是在现有电网结构的基础上新建少量厂站和输电线路形成。为了充分利用 EMS 现有的数据资源,减少用户的工作量,提高软件的应用效率,采用以下 2 种设计方案:①EMS 电网模型单线图的自动绘制。首先,根据 EMS 电网模型的厂站数据及地理坐标信息,逐个绘制厂站图元;然后,根据线路数据及其线路两端所属厂站的信息,在相应的厂站图元之间绘制线路图元,从而正确反映电网的拓扑结构。②人工绘制新建厂站、输电线路。在现有电网的单线图上,新建的少数厂站、输电线路的图形则按电网规划方案由用户人工绘制,其模型及拓扑关系的形成方法详见 2.2 节。

2) 图形-模型的一致性校验

当取 EMS 历史实测数据断面时,有可能对应不同历史时期的 EMS 电网模型,因此,初始的系统单线图需要校验和调整,以保证图形和数据库的一致性。另外,EMS 模型的改变有可能影响规划线路与 EMS 电网的连接关系,因此,需要对其一并进行校验。本系统设计了后台校验程序,当模型发生变化时,自动校验并给出模型校验报告。

2.2 模型子系统

1) 设备模型和节点模型

按照模型的描述方式,电网模型分为设备模型和节点模型 2 种类型。

EMS 存储的当前电网的模型,按照通用信息模型(CIM)标准存储了包括地区、厂站、电压等级、间隔、母线、变压器及绕组、开关、刀闸、发电机、负荷、容抗器、线路及线段等在内的一系列数据表^[8],这些数据表描述了实际电网的各种发电、输电、用电设备及其所属关系,本文称其为设备模型。

通常运行方式的研究以及网络分析程序(状态

估计、潮流计算、静态安全分析等)是基于一个简单的、由节点和支路构成的网络计算模型,本文称其为节点模型或母线模型。

2) EMS 模型和设备模型

规划态应用软件基于 EMS 状态估计或调度员潮流的计算结果展开规划分析,可以取得相应的节点模型。但是,本文采用了设备模型的方案,主要原因在于:①避免多岛的整合。当 EMS 电网分裂运行时,会出现 2 个以上的电气岛,每个岛对应一个独立的节点模型。在规划分析时,新加的规划线路有可能将这些分裂的岛连接成一个岛,因此,必须记录大量的设备信息、校验拓扑关系,进行多岛的整合。而采用设备模型,加入规划线路后,直接进行拓扑分析,便可得到规划网络的拓扑结果。②便于共享资源。采用设备模型可以通过关键字 KeyID 直接访问 EMS 的图形和数据资源,避免了记录和采用设备模型和节点模型的映射关系来访问这些资源。

3) 规划设备模型和母线模型

设备模型是一个庞大、复杂的模型结构。对规划设备模型,本文采用了母线模型的方案。规划设备模型包括厂站模型和线路模型 2 部分。

厂站模型支持仅包含 1 个母线的简单模型,同时也支持包括变压器、母联开关在内的多母线复杂模型(见图 2)。为方便实用,厂站模型的建立应用填写数据表的方式,省去了画主接线图的工作。首先,建立该厂站的母线记录;然后,增加站内电气设备,包括发电机、负荷、变压器、母联开关等,对每个设备选择该设备所连的母线,从而形成拓扑关系,最后填入设备参数。

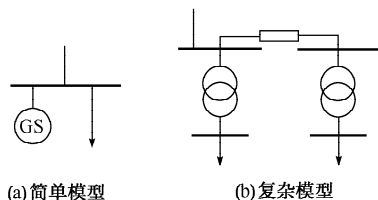


图 2 规划厂站的母线模型
Fig. 2 Bus model of planned station

线路模型的建立与此类似。首先,通过选择设置线路首末端厂站所连的母线,形成拓扑关系;然后,填入线路阻抗参数。

4) 模型整合

模型整合是将规划设备模型和 EMS 模型整合为一个统一的规划电网模型,包括统一的拓扑关系、标么值参数和按照 CIM 标准^[8]的电网层次关系。

2.3 算法分析子系统

规划态应用软件的网络分析计算功能由算法分

析子系统完成。该子系统包括以下分析程序。

1) 网络拓扑

网络拓扑程序根据 EMS 开关刀闸设备的开合状态,以及规划设备的投运、停运状态,分析网络的连通性,形成由节点和支路构成的计算模型,提供给其他网络分析程序应用。

2) 潮流分析

潮流分析程序是运行方式研究的基础,它根据电网中发电节点、负荷节点的注入功率,计算网络中各输电设备的传输功率和各母线电压,进而分析网络设备的过载、越限情况和功率损耗等,从安全性和经济性 2 个方面给出未来运行方式数值计算结果。

3) 静态安全分析

静态安全分析即 $N-1$ 分析,用来模拟电网中任一设备故障后其他电网设备的安全情况。静态安全分析给出了电网抗故障能力,分析出某运行方式潜在的薄弱环节,为提高和改进运行方式的抗故障能力提供依据。

值得一提的是,规划态应用软件的网络分析程序与普通的网络分析程序没有本质的区别,所不同的是研究的电网模型不同,因此,算法分析子系统也可以扩充其他网络分析程序,如最优潮流(OPF)等。

2.4 数据访问子系统

数据访问子系统是获取 EMS 实测数据断面的接口,通过该接口可以取得 EMS 存储的系统实测数据断面,从而使运行方式的分析建立在真实的数据环境中。该系统提供以下数据接口。

1) 状态估计

状态估计是 EMS 的实时分析模块,它周期地(每 3 min~5 min)对系统 SCADA 量测生数据进行数理统计分析,识别坏数据,补足未量测数据,最小化量测误差,给出电网当前运行的真实状态。规划态应用软件通过读取状态估计分析结果,取得电网实时运行的数据断面,进行实时在线规划分析。

2) 调度员潮流

调度员潮流提供给调度员在改变电网运行方式时,分析方式改变前后的电网运行情况。规划态应用软件通过读取该数据断面,可以直接分析这种运行方式在规划电网中的情况。

3) 历史实测数据断面 CASE

新一代的 EMS“OPEN-3000”存储了大量的历史实测数据断面 CASE,分为以下 2 种类型:①EMS 自动保存的 CASE。包括:整点状态估计断面(系统自动保存 24 h 的整点状态估计结果);极值断面(对应系统总负荷曲线的极值点时刻,系统的运行数据);事故断面(系统发生事故时自动保存的系统运行数据)。②人工保存的 CASE。由用户人工保存

的、任意时刻的状态估计或调度员潮流的典型方式和运行数据。

基于上述各种实际运行数据,可以对当前电网和未来规划电网进行广泛、深入的分析和研究。

3 系统应用

3.1 系统应用流程和功能

规划态应用软件的应用流程如图 3 所示。

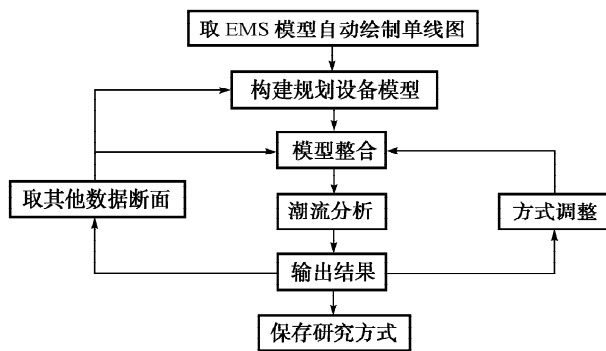


图 3 系统应用流程

Fig. 3 Framework of system implementation

步骤如下:

1) 读取 EMS 模型并自动绘制系统单线图, EMS 模型初始的数据断面为调度员潮流计算结果。

2) 在系统单线图上构建规划厂站和规划线路,建立各规划设备的数据模型。

3) 调用模型整合程序,将 EMS 模型和规划设备模型整合为统一的规划电网模型。

4) 启动潮流分析程序(进行潮流计算)或其他网络分析程序。

5) 输出计算结果。

6) 在此基础上,可以选择其他 EMS 实测数据断面,以及增加、修改、删除规划设备模型,重新按照上述流程进行潮流分析。

7) 在初始运行方式的基础上,可以人工调整系统运行方式并进行分析。运行方式的人工调整包括设备投运和停运、功率增减、变压器抽头调整等内容。

8) 一个典型的规划态运行方式,可以保存到 EMS 中,系统分别存储了规划态分析的 3 类数据资源:系统单线图图形信息、规划设备参数及运行参数,EMS 设备参数及运行参数。当系统重新打开该研究方式时,顺序装入上述数据资源,恢复到用户原始的研究状态。

3.2 实例系统应用

该系统已成功应用于江苏省电网,2005 年 7 月

通过实用化验收。当前物理电网包括 175 个厂站、约 600 个计算节点,规划仿真分析在现有电网的基础上,逐步扩展电网规模,达到 316 个厂站 2 000 个计算节点,网络规模扩大了 3 倍。表 1 为 600 个~2 000 个节点 15 个不同网络规模下,潮流和静态安全分析程序时间响应的测试结果。

表 1 规划网络及分析程序响应时间
Table 1 Planned network and time consume

网络规模					计算时间/s	
节点数	线路数	变压器数	发电机数	负荷数	潮流	N-1
600	697	173	143	535	0.12	1.96
700	707	203	153	605	0.13	2.25
800	717	233	163	675	0.15	2.50
900	727	263	173	735	0.18	2.68
1 000	737	293	183	805	0.20	2.98
1 100	747	323	193	875	0.20	3.28
1 200	757	353	203	945	0.23	3.75
1 300	767	383	213	1 015	0.28	4.10
1 400	777	413	223	1 085	0.33	4.50
1 500	788	446	234	1 162	0.35	5.32
1 600	798	476	244	1 232	0.35	5.87
1 700	808	506	254	1 302	0.40	6.27
1 800	818	536	264	1 372	0.45	6.80
1 900	828	566	274	1 442	0.45	7.81
2 000	837	593	283	1 505	0.50	9.55

从表 1 可以看出,随着网络规模的扩大,网络分析程序所占用的 CPU 时间均有所增加,在 2 000 个计算节点的电网规模下,潮流、安全分析等网络分析程序能够满足实时性要求。该项测试同样也说明了本系统的可靠性和稳定性。

参考文献

[1] 于尔铿,刘广一,周京阳,等. 能量管理系统. 北京:科学出版社, 2001.
YU Erkeng, LIU Guangyi, ZHOU Jingyang, et al. Energy management system. Beijing: Science Press, 2001.
[2] 张伯明. 现代能量控制中心概念的扩展与前景展望. 电力系统自

动化,2003,27(15):1-6.
ZHANG Boming. Concept extension and future prospect of modern energy control centers. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(15): 1-6.
[3] 姚建国,高宗和,杨志宏,等. EMS 应用软件支撑环境设计与功能整合. 电力系统自动化,2006,30(4):49-53.
YAO Jianguo, GAO Zonghe, YANG Zhihong, et al. Supporting platform and function integration for EMS application software. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(4): 49-53.
[4] 陆杏全. 能量管理系统的实时数据库技术. 电力系统自动化, 2003,27(6):1-4.
LU Xingquan. Real-time database technique in energy management system. Automation of Electric Power Systems, 2003, 27(6): 1-4.
[5] 任远,姚建国,杨志宏,等. EMS 图形子系统的 4 层体系设计. 电力系统自动化,2006,30(11):77-80.
REN Yuan, YAO Jianguo, YANG Zhihong, et al. Four-layered framework on EMS graphics subsystem. Automation of Electric Power Systems, 2006, 30(11): 77-80.
[6] 张慎明,卜凡强,姚建国,等. 遵循 IEC 61970 标准的实时数据库管理系统. 电力系统自动化,2002,26(24):26-30.
ZHANG Shenming, BU Fanqiang, YAO Jianguo, et al. Real-time database management system (DBMS) that conforms to IEC 61970 standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(24): 26-30.
[7] Xteam 中国软件技术有限公司. Qt 程序设计. 北京:清华大学出版社,2002.
Xteam. Qt program design. Beijing: Tsinghua University Press, 2002.
[8] 张慎明,刘国定. IEC 61970 标准系列简介. 电力系统自动化, 2002,26(14):1-6.
ZHANG Shenming, LIU Guoding. Introduction of IEC 61970 standard. Automation of Electric Power Systems, 2002, 26(14): 1-6.

耿建(1971—),男,博士,从事电力系统分析仿真及电力系统优化方面的工作。E-mail: Gengji@naritech.cn
龚成明(1976—),男,硕士,从事电力系统分析、控制等方面的工作。
於益军(1967—),男,高级工程师,从事电力系统分析、控制等方面的工作。

Design and Development of EMS Planning Context Power Analysis System

GENG Jian¹, GONG Chengming¹, YU Yijun¹, FENG Shuhai¹, GAO Zonghe¹, LUO Jianyu², QIAN Yumei², XU Tian²
(1. NARI Technology Co Ltd, Nanjing 210003, China; 2. Jiangsu Electric Power Company, Nanjing 210024, China)

Abstract: An energy management system (EMS) planning context power analysis system is designed and developed. The system is integrated in EMS based on multiple-context mechanism, and can sufficiently utilize on-line operation data, either real-time data or historical data. Based on single-line diagram, users can dynamically modify and construct network model for future power system, and investigate power flow and static security. The paper introduces the framework of functional modules at first, then presents the design and development technique of subsystems including figure, modeling, algorithm and data accession. At last, the system implementation in an actual provincial power system in China is presented.

Key words: energy management system (EMS); planning; operation mode; power flow analysis