

完善能量管理系统,提高能量管理系统应用水平

——兼论我国 EMS 发展的目标和任务

丁 道 齐

(能源部电力调度通信局,北京)

摘 要

论述我国 EMS 的应用现状,阐明我国 EMS 发展的目标和任务。提出了实现 AGC/EDC 的方法和步骤。强调为完善 EMS,必须在对 EMS 进行总体设计的基础上积极应用网络分析软件,以提高 EMS 应用水平。分析了由 SCADA 向 EMS 过渡的条件;面对当代开放式 EMS 的挑战,探讨了我国 EMS 扩充和发展的策略。

能量管理系统 EMS(Energy Management System)是现代电网调度自动化系统硬件和软件的总称。

目前我国在 EMS 系统应用方面与发达国家的差距,不在于计算机系统的先进性而在于应用水平^[1]。因此当前我国调度自动化工作的根本任务在于扎扎实实地抓好基础自动化工作,尽快实现实用化,在此基础上稳步地完善 EMS 功能,即将目前只能应付电网正常运行要求的调度自动化水平,发展为具有处理电网紧急和恢复状态功能的 EMS 系统。这也是当今世界完善 EMS 功能的目标和方向。

为实现上述目标,尽快提高 EMS 的应用水平,我国电力系统科研和运行部门要切实地解决好以下 5 个问题。

1 实现部颁调度自动化系统实用化的目标是提高 EMS 应用水平的第一步

自 1988 年 8 月公布调度自动化系统实用化标准以来,经过 4 年多的努力,到 1992 年末,先后已有湖南、山东、青海、东北、华中、湖北、黑龙江、宁夏、云南、华北、华东和河南等 12 个网、省电管(力)局通过了部级实用化验收,占全国网、省局的 39%。

根据电网调度自动化系统实用化要求,对安全监视功能提出了 9 项考核指标^[2],并对其中 7 项指标制定了必须达到的基本要求和应该实现的要求两档指标,即所谓低档指标(基本要求)和高档指标(应实现的要求)。

在已通过实用化验收的上述 12 个网、省局中,已实现高档指标的项数及单位分布为:

黑龙江	6
青海、湖北	4
湖南、山东、宁夏、华北	3
华东、河南	2
东北、华中、云南	0

上述统计和实用化的现状说明:

- a) 在已达标的 12 个网、省局中,各网、省局调度自动化实用化的水平是不一样的,并且存在

较大的差距;

b) 黑龙江省电力局达到的高档数目为最多,而该省调度自动化系统的主机仅为一台 PDP-11/24。这足以说明,调度自动化系统的先进性,不在于计算机的先进性,而在于其应用水平;

c) 在安全监视功能的考核指标中,电网主结线及联络线功率采集完成率的高档指标为100%,而在已验收的上述12个网、省局中,没有一个局达到了这个指标。这说明远动覆盖面和远动通道仍是调度自动化的薄弱环节。

d) 在上述12个网、省局的调度自动化系统中,有7个网、省局是按照SCADA+AGC/EDC功能配置的。但在验收时只有湖南、东北、云南及华东通过了AGC功能的验收,而且水平也不一样。EDC的功能均未实现。

由此可见,要使EMS系统发挥效益,首先要实现部颁实用化的要求。已达标的要巩固、提高、完善,未通过实用化验收的更应努力做好基础自动化工作,尽快达到实用化要求。

2 用2~3年的时间巩固实用化的成果,实现SCADA+AGC/EDC的功能目标

在当前有12个网、省局和19个地区调度已实现实用化和今后将会有更多的调度自动化系统(含网、省、地、县四级)达到实用化的情况下,如何巩固实用化的成果是十分重要的问题。

根据我国当前调度自动化系统实用化的状况,对已经实用化的系统至少再用2~3年的时间进行巩固、提高和完善。

巩固:就是对已经达到的各项考核指标要保持住,千万不可因已“达标”而放松工作。

提高:具体说来就是努力将低指标提高到高指标,并巩固住。

完善:这是一项比较复杂细致的工作。重点应放在以下几个方面,但总的来说,均属基础自动化问题。

2.1 提高远动装置覆盖面,在保证可观测性的前提下,做到优化配置

这是我国电网调度自动化系统比较普遍存在的问题,必须加以重视。对电网内远动装置进行优化配置不仅可节约投资和运行维护的工作量,而且可以减少调度端主机的信息处理量。

到目前为止,终端优化配置的方法主要有两类:一类是基于图论的最优树的树跳方法和最小点覆盖法。另一类是基于电力系统结构矩阵的处理方法。但是这两类方法都还不能解决大型电力系统在计及必装终端时的优化配置问题。为解决这一问题,文献[3]提出了一种以增补矩阵理论为基础、计及节点效益的新方法,较好地解决了这一问题。

2.2 减小遥测子系统的总误差,进一步提高遥测的精度。

要做到这一条,首先要选用高稳定性、高精度、低功耗的变送器,目前国内已有厂家能提供用大规模集成电路芯片制造的变送器,可以做到5~10年不校验,达到了90年代的水平。用交流采样技术代替变送器,也可以大大减小变送器引起的误差。其次施工中要尽量缩短由变送器到远动装置数据传输的距离,并采用屏蔽电缆,减少电磁干扰引起的误差。此外,在远动装置的制造中,应尽量选用编码位数较多(已有14位到16位出现)和精度较高的A/D和D/A芯片,以降低由于编码引起的误差。在提高遥测精度方面,要特别注意将提高和改善无功功率的精度作为一个重点来抓。这关系到状态估计、调度员潮流等高级应用软件的应用效果和可信度。

2.3 完善远动通道。网、省级调度自动化系统厂站端至调度端要实现一主一备通道,并能做到自动切换,尤其是不同通信方式的信道的切换要切实抓好

关于完善AGC问题,当前各网、省局首先要明确,AGC决不仅仅是网调一级的任务,省调也同样担负重要任务。具体说来网、省级调度AGC的功能目标为:

对独立运行的省网,AGC的功能目标是自动控制网内各发电机组的出力,保持电网频率为规

定值。对统一电网,如东北电网也属于这一类型。

对跨省的互联电网,如华东、华中、华北等电网,各控制区域(相当于省网)AGC的功能目标是既要承担互联电网的部分调频任务(其调频量由该区域电网的频率特性决定),以共同保持电网频率为规定值;又要保持其联络线净交换功率为规定值,即采用联络线偏移控制(TBC)方式。在这种情况下网、省调都要承担AGC的任务。因此,对于跨省的互连电网来说,要保证AGC功能目标的实现,由各省网调度的发电厂直接参与调频是极其重要的条件之一。

在确立了AGC的功能目标后,就要抓好电厂的基础自动化工作。火电设计规程规定,火力发电厂200MW及以上单元制机组应采用机炉协调控制方式进行负荷自动调节;母管制机组宜采用蒸汽母管给定压力的锅炉负荷自动调节系统。水力发电厂要为调整系统改造为电流调速系统。

为使AGC能连续运行和充分发挥其功能,AGC必须同EMS系统中的发电计划应用程序紧密配合运行才行。发电计划的应用程序包括日负荷预测(国外大部分电网还能做到5分钟、10分钟以及下一个小时的超短期负荷预报)、机组开停计划、水火电经济负荷分配以及按协调方程式进行机组的日负荷曲线计算,还要计及各区域电网的旋转备用和紧急备用容量。

在制定AGC实施计划时必须考虑到,除去带基底负荷的机组(主要指核电机组)、低效而不具备远方控制的小容量机组(这些机组可参与调峰,整时调整)以外,凡是适于自动控制的所有机组,均应参与AGC。网、省调的运行管理人员应当认识到,AGC控制的机组越多,分担给每台调整机组的调整任务就越轻,调节质量也就越好,频率质量才能得到保证。

同AGC相配套的在线经济调度(EDC)是调度自动化系统的一项重要功能。如果说AGC功能主要是保证电网频率质量的话,那么,EDC则是为了提高电网运行的经济性。

EDC通常都同AGC相配合运行。当系统在AGC控制下运行较长时间后,就会偏离最大调整范围,这就需要按一定周期,通常可以设定为5~10min,启动EDC程序重新分配机组负荷,以维持电网运行的经济性,并恢复调频机组的调节范围。

为使EDC在电网的运行中能取得真正的经济效益,必须完善两件事:

1) 基础数据的准备和完善

发电厂经济特性,特别是火电厂的微增率曲线是开展电力系统经济调度工作最基础的资料,但编制这些资料涉及面很广,难度较大,只有靠高水平的管理和组织才能做好,而且需要日积月累地继续工作下去才能取得实效。

东北电网曾在60年代通过举办专门训练班,组织专门试验小组,逐个电厂进行指导和试验,用了一年多的时间才第一次全面测试和编制成各发电厂的经济特性曲线,以后还不断进行资料的补充和修改。

火电厂的经济特性曲线并不是编制一次就可以长期使用下去的,它随着循环水温变化、煤的品种变化和设备检修(主要是大修)情况而变化。如果能够实现实时测量机组特性并编制其微增率曲线,经济调度工作将会有重大的提高。

电力传输网络的经济特性——发电厂的网损微增率也是经济调度的重要基础资料,但其计算是一个比较复杂的问题。用牛顿法潮流中的雅可比矩阵计算网损微增率是70年代提出的一种适用于EDC的算法。网损修正B系数也是目前常用的一种方法,在EDC中应用B系数时,可以事先按各种典型潮流方式准备数套,随着负荷变化采用最接近的一套,也可以在负荷变化,特别是网络结构变化时重新计算B系数。在有状态估计的系统中,可实时计算网损微增率。

EDC中的水电厂,则应具备包括水库特性、运行约束等基本数据。对于梯级水电站,还应具有水电站之间水流延迟流达时间,变水头水电特性等表现水库间关联的有关数据。

2) 同EDC应用程序相配套的各种应用程序的开发利用

首先是电力负荷预测程序,(AGC也应有该程序相配套)。负荷预报的精度直接影响经济调度效益。提高负荷预测精度,尤其是在峰荷附近的精度,就可以保留较少的备用,或者晚开机早停机,可以带来很大的经济效益。

当电网偏离原来的经济调度计划较远时,就要启动机组组合程序和水火电协调程序;如果检查出线路过负荷时,应进行校正控制。如果通过安全分析检查出潜在不安全因素,则应进行预防性校正。

当前影响 AGC/EDC 功能发挥的障碍,除去上述需要完善的工作外,正确地处理协调好当前管理体制下的网、省局关系是保证 AGC/EDC 功能发挥的重要保证。此外,在当前缺电(电力和电量)的形势下,做好计划用电工作,加强负荷预测等都是保证 AGC/EDC 连续正常运行的重要条件。

3 逐步完善 EMS 系统,开发网络分析软件,提高电网的安全性和经济性

我国四大网 EMS 只引进了基础部分:计算机及其操作系统以及 EMS 的支撑系统(HABITAT),而应用软件,包括数据采集与监视、发电控制与发电计划、网络分析(含实时型和研究型)等三个部分中,只引进了数据采集与监视和自动发电控制部分。因此需要我国自行配套开发的高级应用软件主要是发电计划和网络分析。我国其它电网应用的调度自动化系统大致上也属于这一水平。为此,要建设一套功能完全的 EMS 系统,必须在 SCADA 和 AGC/EDC 的基础上,依靠强有力的 EMS 支撑系统配套开发高级应用软件(发电计划和网络分析)。

我国大部分网、省局以及高等学校、科研单位为此已做了大量工作,有些软件的功能指标已达到甚至超过国外 EMS 的同类软件的水平,但是我们也经常发现,这些高级应用软件很难在某一个电网的调度自动化系统持续良好的运行下去,这是一个值得深思的问题。

文献[4]针对这一问题,提出了对 EMS 进行自上而下的总体设计原则,即先有 EMS 的总体设计,后有各项功能的开发。执行这个原则设计的 EMS 可以确保数据交换和使用方便性,从而保证了 EMS 的成功运作。

在 EMS 的总体设计中,要特别注意:

——确立 SCADA、发电和网络三个数据库之间的联系,并统一这三个数据库中地方名称和设备名称;

——因为 EMS 要实时处理网络结线变化,必须建立网络结点模型。对结点模型的命名即要满足系统结线方式变化的需要,又要与地点和设备相对应,以提高应用方便性;

——总体设计时必须吸收有经验的调度运行人员、运行方式人员、调度自动化专业人员,以致继电保护专业人员参加,这不仅有利于人员的培训,而且对 EMS 的使用,数据库和画面的日常维护及部分软件的开发也十分有利。

一个成功的高效的 EMS 系统主要表现为:

——具有一个高度可靠、灵活并且具有状态变量(电压幅值、相角)的实时数据库;
——具有一套能快速精确完成安全调度和经济运行的高级应用软件;
——对人机对话具有快速响应能力,并具有极大的方便性。

这里有一点要注意的是,我国虽然已有 31 个网、省局安装了调度自动化系统,但是其中 21 个网、省只是配备了 SCADA 系统,这些系统要升级到 EMS 尚有较大的差距,这些差距主要为主计算机的功能、容量不够和缺少一套强有力的支持系统。

支撑系统的核心是数据库及数据库管理系统。数据库并不仅仅是指按一定方式存放的数据集合体,而是指用数据库管理系统建立起来并由数据库管理系统进行存取和维护的数据和数据间逻辑关系的集合体。按照美国 ESCA 公司的定义,数据库管理系统的基本目标是提高对数据的管理能

力,改善数据处理性能,使用户能方便灵活地处理和使用数据。按照这样目标开发的数据库管理系统才能支撑 EMS 的数据库及高级应用软件程序,而我国目前自行开发的某些调度自动化系统,仅使用了一些简单数据文件系统,是支撑不了 EMS 对开发高级应用软件的需要的。为此由我国自行组织开发 EMS 的支撑软件是十分迫切的。

一个强大有力的支撑系统是开发网络分析软件的最重要也是最基本的条件。在 AGC/EDC 功能目标实现的基础上,按照 EMS 的总体设计,逐步开发应用网络分析软件标志着 EMS 的一个飞跃和完善。网络分析软件的功能是利用电力系统的全面信息(母线电压幅值和相角),进行分析和决策,提高电网运行的安全性,从而实现电网运行安全和经济的统一,真正的将调度运行人员从经验型调度升华到分析——决策型调度。

网络分析软件包括实时型和研究型两类应用,主要解决电网安全运行问题。实时性网络应用软件包括实时网络状态分析、实时安全约束调度和实时安全分析等;研究型网络应用软件的核心是调度员潮流,还包括研究安全分析、最优潮流以及 DTS 等。

结合我国的具体情况,当前应重点开发利用好状态估计、调度员潮流、安全分析。在总结和积累经验后再开发利用最优潮流等最高级应用软件。

DTS 应该作为整个 EMS 的一个重要功能有计划有条件地进行开发利用。它应该在 EMS 的数据采集、发电计划和网络分析的基础上进行。电力系统暂态稳定的仿真计算和模拟是 DTS 的一个重要功能之一,也是实现在线安全分析、预防控制、完善 EMS 必须具备的重要条件之一。我国学者薛禹胜博士提出的扩展等面积法(EEAC)具有极快的计算速度和全解析性,应用于在线应用具有良好的前景。但要将其真正应用于电网运行实际,必须保留其解析性的同时突破 EEAC 仅适用于经典模型的限制,有效地克服大误差现象,才能将该法真正应用于在线环境。为此薛博士等人正在对此加以改进,并已取得较好的进展。在安全分析和安全决策中要充分发挥专家系统的功能,建立专家知识库对事故进行排除、分析、处理和决策,这样可以保证 EMS 的更大实用性。

4 面对开放式 EMS 的挑战要积极慎重地处理好 EMS 的更新换代问题

我国 31 个网、省级调度自动化系统中,约有 27 个系统投入运行还不足 5 年时间,但其中许多系统已经提出需要扩充和更新,以适应开发高级应用软件的需求。这些问题之所以出现,主要是由于这些系统采用了集中式的 EMS 体系结构。随着电网的发展,信息量迅速增加和 EMS 高级功能的开发,这种体系结构的 EMS 系统面临着 CPU 负载过重,系统响应时间延长,系统扩充更新困难的严峻局面。

为解决这些困难,一些系统采取了扩充内、外存,加大应用软件的执行周期等方法,虽然取得了一些效果,但仍未根本解决问题。还有一种通过降低信息量降低 CPU 负载的方法至今未获得应用。这种方法就是改变目前信息传递的方式。在远方终端较为集中的地区设立信息汇集器(或者称为汇集站),用低速通道将附近地区的远方终端信息先汇集起来,再用复用的高速通道将汇集的信息传递给调度控制中心的前置处理机。这样既可减少通道,又可通过汇集器将汇集的信息处理和压缩,从而减轻主机的负载。

这种采用汇集器(站)的方式,在欧洲应用十分普遍,汇集器(站)通常设在枢纽变电站或调度控制中心的下一级地区调度中心内。

从长远来说,采用汇集器(站)的方式传递信息可能是我国要走的必由之路。否则随着电网的发展,发电厂、变电站和线路的增加,数据传递量也随着增加,主机负载也将愈益加重。仅以东北电网为例,东北总调在 1989 年接受的信息量为 1795 个,54 套 RTU,经过三年到 1992 年,信息量增加到 5578 个,153 套 RTU。信息量平均每年以 70% 的速度增长。

为精减通道,避免调度控制中心无止境地增加信息量,建议有关部门从规划期开始就按照分级分层控制的原则,利用汇集器(站)方式压缩向调度中心传递的信息。

为克服集中冗余式 EMS 体系结构的弊端,80 年代末世界上 EMS 制造厂商推出了采用 RISC 技术计算机的开放式 EMS 系统。RISC 技术的应用,将计算机的性能价格比提高到一个新的高度,具有巨大的竞争力。开放式 EMS 系统由于采用分布式体系结构,遵循国际上的 POSIX 接口标准,形成一个可以扩充硬件设备的硬件平台和便于软件移植的软件平台,代表了当今 EMS 系统发展的方向。可以肯定地说,开放式系统必将很快地取代集中式系统,这是大势所趋。

面对这样的形势,我国 EMS 的扩充和更新应该采取的策略是:

——充分发挥现有系统的功能,即 SCADA 或者 SCADA+AGC/EDC 功能要继续发挥作用。国外一套 EMS 的工作年限约为 12 年,而远动设备可达 20 年以上。根据我国的现实条件,现有的系统应努力做到运行 10~15 年。湖北电网的 SCADA 系统从 1981 年运行至今已有 11 年的工作年限。当然为了完善和充实原系统规划的功能,在不影响主系统变更的情况下可以适当地进行扩充和改进。

——根据电网运行对 EMS 系统功能需求的增加,在基本上保持原系统的 SCADA+AGC/EDC 部分不变的条件下,增加的为网络分析应用软件服务的系统采用面向开放式系统过渡的方式。

对于四大网的 EMS 采用向开放式系统平滑过渡方式可能是切实可行的^[5]。

这种过渡方式为,在原厂家 DEC 公司和 ESCA 公司所提供的开放性硬软件支持下,以保留和移植原软件来保证平滑性,从而做到原系统所保留的可用部分(SCADA+AGC/EDC)可以一直用到技术淘汰,新系统准备就绪为止。以开发新软件(网络通信管理、数据库、人机会话等)来保证开放性,从而最终实现集中式系统向开放式系统的过渡。

DEC 公司最近宣布了在 1993 年可以在 RISC 上同时运行 VMS 和 UNIX 的 Alpha 计划,以保护 VMS 用户的软件投资并方便地向 RISC/UNIX 过渡。

——对于各级调度新配置的 EMS 系统,要根据各部门的实际技术状况和人员水平,应尽量采用 RISC/UNIX 开放式 EMS 体系结构。这种选择可以先从县、地级调度开始,因为这两级调度系统规模和功能均较小,依靠我国现有的技术力量进行开发是比较有把握的,风险较小。

在 1992 年第 34 届国际大电网会议上提出的,为了使新的 EMS 系统能适应电力系统运行上不断提出的新要求,保证其发展的四个准则很值得我们借鉴:

——具有清晰定义界面的模块结构,硬件采用模块化,便于扩充硬件设备而不必更换整个系统;

——可扩充的数据库,数据库管理系统可以保证数据处理和维护灵活方便;
——采用灵活方便快速的人机系统,特别是全图形人机系统的采用;
——应用标准化设备和开放式系统是 EMS 系统发展的方向。

5 EMS 系统要为社会主义市场经济服务

史大桢同志在华东电网调度自动化系统实用化验收会议上明确提出,EMS 系统要为社会主义市场经济服务,要将实用化变为商业化。这是对 EMS 应用提出的更高要求。

随着社会主义市场经济的发展,电网的运行管理必将走向市场,这就要求用经济手段对电网实行管理,而这种管理将是 EMS 系统应该承担的一项重要功能。这项功能就是对联合电网内电力电量的交换,对各部门所有的发电厂的上网电价进行自动管理和结算,进一步提高电网运行的经济效益和管理水平。

为此,要进一步加强和完善电网的量测系统,开发包括生产成本、电费结算在内的适用于在线运行的各种财务管理软件,这将是调度自动化系统工作者和财务管理部门的一项重要的任务。

参 考 文 献

- 1 丁道齐. 现代化电网运行管理中的安全和培训. 电力系统自动化, 1992 年; No. 1
- 2 能源部. 电网调度自动化系统实用化要求. 能源调字(88)30 号文, 1988 年 8 月
- 3 杨 清, 滕福生. 调度自动化系统的优化及信息处理. 全国高校电力系统及其自动化专业第八届学术年会论文集, 1992 年 10 月
- 4 于尔铿. 能量管理系统的应用. 电网技术, 1991 年; No. 2
- 5 王明俊, 吴玉生. EMS 向开放系统平滑过渡问题的研究. 中国电机工程学会 1992 年电力系统分析和控制学术年会论文集, 1992 年 9 月

DEVELOPMENT OF ENERGY MANAGEMENT SYSTEM IN CHINA

Din Daoqi

(National Power Dispatch and Telecommunication Centre, Beijing)

ABSTRACT: This paper presents the state of EMS, the aim and task of its development in China. The way and steps to implement AGC/EDC are proposed. To improve the applying level of EMS, software of network analysis must be adopted on the basis of overall design of EMS. The transitional condition from SCADA to EMS is analysed. Strategies for developing EMS is also discussed.