



能量管理系统 (EMS)

于尔铿 刘广一 周京阳 等著



科学出版社



TM76
Y78

414648



中国科学院科学出版基金资助出版

能量管理系统 (EMS)

于尔铿 刘广一 周京阳 等著



00414648

科学出版社

1998

内 容 简 介

本书是关于能量管理系统(EMS)的专著。作者结合在我国华中、华北、华东地区,以及山东和上海等调度中心的实际工作经验,对EMS原理、功能、设计、开发及实用进行了全面介绍。全书共十四章:第一章介绍EMS的技术发展、设计与开发原则、应用软件概貌、配电管理系统和EMS效益等;第二至第四章介绍EMS的计算机体系、数据库和人机交互;第五章介绍数据收集与监控;第六章介绍负荷预测;第七章介绍自动发电控制;第八章介绍发电计划软件;第九章介绍实时网络状态分析;第十章介绍调度工程师潮流;第十一章介绍安全分析软件;第十二章介绍调度员培训模拟系统;第十三章介绍EMS项目管理;最后在第十四章结语中介绍了EMS近期的发展动向。

本书可供电力系统科研、设计和运行部门的科技人员阅读,也可以作为高等院校电力系统及其自动化专业的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

能量管理系统(EMS)/于尔铿等著. -北京:科学出版社,1998

ISBN 7-03-006685-5

I. 能… II. 于… III. 能源管理-管理信息系统 IV. TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(98)第08388号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号
邮政编码:100717

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

1998年11月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1998年11月第一次印刷 印张: 23 1/4

印数: 1—1700 字数: 532 000

定价: 40.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换<科印>)

前 言

计算机的应用使电力系统自动化理论出现了几次飞跃.70年代出现的能量管理系统(EMS)将数据收集与监控、自动发电控制和网络分析等功能有机联系在一起,使孤立“岛状态”的自动化提高到统一的“管理系统”水平;完成了从表面、孤立和静止认识提高到从本质、相互联系和变化发展认识的过程;使电力系统从经验型调度提高到分析型调度,全面提高了电力系统运行在安全、经济、质量和环境保护方面的水平.

我于60年代开始从事电力系统经济调度的研究.1982年研制的微型计算机经济调度程序在华北电网投入实际运行,课题获得了1985年国家科技进步三等奖;1976年开始从事状态估计研究,1980年成功完成在线实验,1985年在湖北电网投入实用,课题荣获1987年国家科技进步三等奖;从1987年开始历经8年时间,用“自上而下”的设计,开发了完整的EMS应用软件,在华中、华北、华东,以及山东、上海等电网投入运行,并荣获1997年国家科技进步二等奖.

EMS应用软件的设计与开发包括了以下三方面工作:

1. 科学研究:从80年代初至今先后有40多位博士生或硕士生完成了针对EMS的研究论文,提出了完整的数学模型和先进的算法;不良数据的辨识和量测误差在线估计等课题的研究已领先国际水平,从而奠定了EMS的理论基础.

2. 软件设计、开发:在此项工作中,我主持总体设计,周京阳负责能量管理级软件设计,刘广一负责网络分析级软件设计,共投入了200多人年,完成了100多万行程序、800多幅画面、200多万字的文件档案.

3. 现场应用:华北、华中、华东以及湖北和上海、杭州等电网调度中心投入了大批人力合作,使高技术EMS应用软件成功地用于实际电网调度.

由以上三方面工作看出,EMS在我国的成功应用,凝聚了电力系统有关人员多年的劳动成果和科研结晶,本书是近10年电力科学研究院EMS应用软件研究、设计、实用的技术总结.在此我们向20多年来参加这一工作的电力科学研究院、哈尔滨工业大学、华北电力大学有关工作人员和研究生表示由衷的谢意;向30多年来参加这一工作的各电网调度中心专业人员表示深切的感谢.

本书的初稿是1994年电力科学研究院研究生课讲义,其中第一章由于尔铿执笔,第二章、第三章、第四章、第六章、第七章、第八章由周京阳执笔,第五章由吴津执笔,第九章、第十章、第十一章、第十二章、第十三章由刘广一、朱文东、王海宁、徐茜执笔.此次修改稿由汪峰重新撰写了第六章,潘毅重新撰写了第十二章,陈竟成补充了第八章中“机组检修计划”一节.最后由于尔铿撰写结语并汇总成书.

于尔铿

1998年2月

目 录

前 言

第一章 绪论	1
1.1 EMS 的技术发展	1
1.2 EMS 的设计、开发与应用	4
1.3 EMS 概貌	8
1.4 能量管理软件	10
1.5 网络分析软件	11
1.6 配电管理系统概述	14
1.7 EMS 的效益论证	16
第二章 EMS 的计算机体系结构	18
2.1 EMS 计算机体系结构的发展	18
2.1.1 集中式计算机体系结构	18
2.1.2 分布式计算机体系结构	19
2.1.3 开放式计算机体系结构	19
2.2 开放式系统的特点	20
2.3 开放系统定义、阶段和标准	21
第三章 EMS 的数据库	23
3.1 EMS 的数据库	23
3.2 SCADA 数据库	25
3.2.1 厂站记录	25
3.2.2 远程终端记录	25
3.2.3 通信记录	26
3.3 能量管理数据库	27
3.3.1 运行区的层次结构	27
3.3.2 机组有关的描述	28
3.3.3 燃料类型表	29
3.4 网络数据库	29
3.4.1 网络数据库的内容	29
3.4.2 网络层次模型	30
3.4.3 预测与计划模型	30
3.5 培训模拟数据库	31
3.6 数据库的联系	32
第四章 EMS 的人机交互	33
4.1 人机交互的功能	33
4.2 人机交互系统的软件组成	34

4.3	全图形的人机界面	36
4.4	电力系统单线图	37
4.5	应用软件潮流的人机界面设计	38
第五章	数据收集与监控	42
5.1	SCADA 硬件系统	42
5.1.1	远程量测终端	42
5.1.2	传输信道	42
5.1.3	主站计算机	43
5.1.4	数据流程	44
5.2	数据收集	45
5.2.1	状态量	45
5.2.2	量测值	45
5.2.3	电量值	46
5.3	监视与事件处理	46
5.3.1	状态量监视	46
5.3.2	量测值的限值监视	46
5.3.3	量测值的趋势监视	47
5.3.4	数据质量标志	47
5.3.5	事件处理	47
5.4	控制功能	48
5.5	具有时间标志的数据	48
5.5.1	历史数据的采集	49
5.5.2	计划数据	49
5.5.3	存入磁带	49
5.6	事故数据记录	49
5.6.1	顺序事件记录	49
5.6.2	事故追忆	50
5.7	报告和计算	50
5.7.1	数值计算	50
5.7.2	逻辑运算	50
第六章	电力系统负荷预测	51
6.1	负荷预测概述	51
6.2	电力系统负荷预测模型	54
6.2.1	基本正常负荷分量模型	54
6.2.2	天气敏感负荷分量模型	56
6.2.3	特别事件负荷分量模型	56
6.2.4	随机负荷分量模型	57
6.3	电力系统负荷预测基本算法	58
6.3.1	最小二乘拟合方法	58
6.3.2	回归分析方法	59
6.3.3	时间序列方法	59

6.3.4	卡尔曼滤波方法	60
6.3.5	人工神经网络方法	61
6.3.6	灰色系统方法	63
6.4	超短期负荷预测	68
6.4.1	超短期负荷预测基本模型	68
6.4.2	线性外推方法	69
6.4.3	时间序列方法	71
6.4.4	卡尔曼滤波方法	73
6.4.5	人工神经网络方法	76
6.5	短期负荷预测	77
6.5.1	短期负荷预测基本模型	77
6.5.2	基于温度准则的外推方法	78
6.5.3	人工神经网络日负荷预测	80
6.6	中期负荷预测	82
6.6.1	中期负荷预测基本模型	83
6.6.2	考虑气候因素的负荷模型的方法	83
6.6.3	灰色系统方法	84
6.7	长期负荷预测	85
6.7.1	递推 BP 网络长期负荷预测	85
6.8	母线负荷预测	86
6.8.1	树状常数负荷模型	87
6.8.2	负荷区域不一致的模型	87
6.8.3	负荷类型不一致的模型	88
6.8.4	混合负荷模型	89
6.8.5	母线负荷预测	89
6.9	电力系统负荷预测软件设计	90
6.9.1	电力系统负荷预测软件总体设计	90
6.9.2	电力系统负荷预测软件功能	90
第七章	自动发电控制	92
7.1	AGC 的一般过程	93
7.2	区域控制误差	94
7.3	AGC 对机组功率的分配	95
7.4	AGC 有关模型	96
7.4.1	备用模型	96
7.4.2	区域控制误差的死区和调节区	96
7.4.3	AGC 状态模型	97
7.5	AGC 与其它应用软件的关系	97
7.6	AGC 的画面配置	98
第八章	发电计划	100
8.1	发电计划总体组成	100
8.2	发电计划	101

8.2.1	经济调度模型	101
8.2.2	经济调度算法	107
8.2.3	发电计划的数据库与程序	110
8.2.4	发电计划用画面	112
8.3	机组经济组合	112
8.3.1	机组经济组合概述	112
8.3.2	机组经济组合的模型	113
8.3.3	优先级法机组经济组合	114
8.3.4	动态规划法机组经济组合	115
8.3.5	机组经济组合软件设计	117
8.4	水电计划	118
8.4.1	水电计划模型	119
8.4.2	水火电协调方程式	124
8.4.3	网络流规划法	125
8.4.4	水电计划的网络流模型	127
8.4.5	水电计划软件设计	130
8.5	交换计划	132
8.5.1	互联电力系统的调度模式	132
8.5.2	联合电力系统协调方程式	133
8.5.3	联合电力系统网络流模型	136
8.5.4	联合电力系统网损和联络线潮流计算	137
8.5.5	单价计算与效益分配	140
8.5.6	交换计划的软件设计	141
8.6	燃料计划	145
8.6.1	燃料调度计划的数学模型	145
8.6.2	燃料计划的网络流模型和解法	149
8.7	检修计划	151
8.7.1	检修计划的技术和发展	151
8.7.2	检修计划模型	152
8.7.3	检修计划的算法	155
8.7.4	检修计划的软件设计	160
8.8	小结	161
第九章	实时网络状态分析	163
9.1	网络结线分析	163
9.1.1	结线分析基本概念	164
9.1.2	结线分析基本算法	168
9.1.3	网络结线分析用数据	171
9.1.4	网络结线分析程序设计	173
9.1.5	画面配置	173
9.2	电力系统状态估计	174
9.2.1	状态估计的数学描述	175
9.2.2	基本加权最小二乘法状态估计	176

9.2.3	快速分解状态估计算法	177
9.2.4	正交变换状态估计算法	179
9.3	不良数据的检测与辨识	183
9.3.1	不良数据检测与辨识的基本原理	184
9.3.2	不良数据的检测方法	185
9.3.3	不良数据的辨识方法	186
9.4	量测系统误差估计	191
9.4.1	量测误差方差估计	191
9.4.2	量测偏差的检测与辨识	192
9.5	变压器抽头估计	193
9.6	网络状态监视	195
9.6.1	网络监视模型	196
9.6.2	网络监视模型的建立与应用	198
9.7	量测系统评价与优化配置	201
9.7.1	快速可观测性分析	201
9.7.2	检测、辨识的定量分析	203
9.7.3	状态估计精度影响分析	204
9.7.4	量测评价与优化配置系统	204
9.8	状态估计模拟系统	205
9.8.1	电力系统运行状态模拟	206
9.8.2	量测系统的数学模拟	207
9.8.3	状态估计结果统计分析	207
9.9	实时网络状态分析的画面配置	208
9.9.1	网络汇总类画面	208
9.9.2	网络元件表画面	209
9.9.3	监视画面	209
9.9.4	数据传送画面	210
9.9.5	预测、计划与模型画面	210
9.9.6	记录用画面	211
9.9.7	控制与维护用画面	212
9.10	实时网络状态分析软件的设计与应用	213
9.10.1	与其它应用的接口	213
9.10.2	实时网络状态分析的启动方式和主要功能模块	213
9.10.3	实时网络状态分析软件的实用	215
9.11	小结	215
第十章	调度工程师潮流	217
10.1	潮流计算的历史	217
10.2	潮流基本模型与算法	219
10.2.1	潮流基本模型	219
10.2.2	牛顿-拉夫逊法潮流	219
10.2.3	快速分解法潮流	221
10.3	潮流中的控制模型	222

10.3.1	多机(厂站)联合调整缓冲母线功率	222
10.3.2	无功调整模型	224
10.3.3	线路有功功率之和的控制	224
10.3.4	系统切负荷模型	225
10.4	灵敏度分析	226
10.4.1	线路有功潮流对机组有功功率灵敏度	226
10.4.2	母线电压对机组无功功率灵敏度	227
10.4.3	母线电压对变压器抽头灵敏度	227
10.4.4	用扰动法计算灵敏度	228
10.5	潮流计算收敛性的实用化改进	229
10.5.1	极大不平衡功率的检查与控制	229
10.5.2	开断环网的处理	232
10.6	调度工程师潮流的软件设计	234
10.6.1	潮流总体设计	234
10.6.2	潮流计算的数据流程	235
10.6.3	潮流计算应用的数据库	236
10.6.4	潮流的人机交互	237
10.6.5	潮流的模块	237
10.6.6	潮流的信息	238
10.6.7	保留方式	238
10.6.8	多岛潮流计算	239
10.7	潮流的应用与维护	239
10.7.1	潮流的应用	239
10.7.2	潮流软件维护	241
10.7.3	潮流专家	241
10.8	网损修正系数	242
10.8.1	协调方程式中的网损修正方式	242
10.8.2	B 系数的计算	243
10.8.3	利用雅可比矩阵计算网损微增率	246
10.8.4	网损修正的软件设计	246
第十一章	网络安全分析软件	248
11.1	预想故障分析	249
11.1.1	预想故障分析的技术发展	249
11.1.2	故障定义及其维护	250
11.1.3	故障扫描	252
11.1.4	故障详细分析	263
11.1.5	预想故障分析的软件设计	267
11.1.6	预想故障分析小结	271
11.2	安全约束调度	271
11.2.1	安全约束调度的技术发展	271
11.2.2	安全约束调度基本理论	272
11.2.3	安全约束调度中参数计算及基方程处理	276

11.2.4	切负荷处理	278
11.2.5	软件设计	279
11.3	最优潮流	281
11.3.1	最优潮流概述	281
11.3.2	最优潮流的基本理论	284
11.3.3	牛顿法最优潮流	287
11.3.4	最优潮流软件设计	291
11.4	电力系统静态等值	292
11.4.1	基本描述	293
11.4.2	Ward 等值	294
11.4.3	REI 等值法	297
11.4.4	软件设计	300
11.5	电压稳定性分析	303
11.5.1	电压稳定性的研究现状	303
11.5.2	简单系统电压静态稳定分析	303
11.5.3	负荷导纳法	306
11.5.4	应用软件设计	309
11.6	小结	310
第十二章	调度员培训模拟	312
12.1	调度员培训模拟器概述	312
12.1.1	研究背景和意义	312
12.1.2	主要功能及要求	313
12.1.3	基本组成部分	315
12.1.4	系统配置方式	316
12.2	电力系统模型	318
12.2.1	潮流技术	318
12.2.2	动态模拟	321
12.2.3	暂态稳定	322
12.2.4	模拟周期	323
12.3	动态模拟中的模型技术	326
12.3.1	动态模型的建立	326
12.3.2	原动机模型	327
12.3.3	继电器模型	328
12.4	培训系统	330
12.4.1	培训系统的功能	330
12.4.2	培训方案的建立	331
12.4.3	用培训模拟器的培训过程	332
12.5	控制中心模型及接口要求	335
12.5.1	控制中心模型的主要功能	335
12.5.2	电力系统模型的计算机要求	336
12.5.3	控制中心模型计算机的要求	337
12.5.4	接口要求	338

12.6 小结	340
第十三章 EMS 工程项目管理	341
13.1 项目管理概述	341
13.2 SCADA/EMS 立项	342
13.3 SCADA/EMS 的招标	343
13.3.1 填写技术要求	343
13.3.2 投标者资格审查	344
13.3.3 制订评议标准	344
13.3.4 评标	344
13.3.5 合同谈判	345
13.4 实施	345
13.4.1 制订实施计划	346
13.4.2 功能审查与确认	346
13.4.3 维护人员培训	346
13.4.4 实验室验收 (FAT)	346
13.4.5 调度员培训	347
13.4.6 现场安装	347
13.4.7 启动与现场验收 (SAT)	348
13.4.8 试运行	348
13.4.9 可用率测试	348
13.4.10 保修期	348
13.5 软件设计、开发和维护	348
13.5.1 项目总体设计	349
13.5.2 项目的详细描述	349
13.5.3 软件设计	349
13.5.4 软件实现	350
13.5.5 形成文件	350
13.5.6 实验室验收	350
13.5.7 现场验收	350
13.5.8 项目管理与协调	350
13.6 软件质量问题	350
第十四章 结语	352
参考文献	355

第一章 绪 论

能量管理系统(EMS¹⁾)是以计算机为基础的现代电力系统的综合自动化系统,主要针对发电和输电系统(见图1.1),用于大区级电网和省级电网的调度中心。根据能量管理系统的技术发展的配电管理系统(DMS²⁾)主要针对配电和用电系统,用于10kV以下的电网;实际上我国还有城市网、地区网和县级网,电压等级在35kV~220kV(也有500kV),这一级网称为次输电网,针对电源和负荷管理情况亦可以采用能量管理系统或配电管理系统。

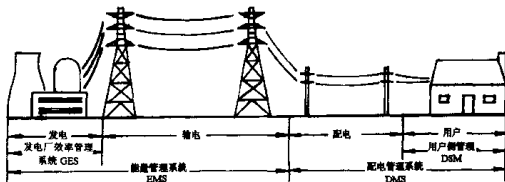


图 1.1 能量管理系统与配电管理系统

电力系统自动化沿着元件自动化→局部自动化→单一系统(岛)自动化→综合自动化(管理系统)的道路发展。“管理系统”指的是对不同自动化系统的综合管理,其特征是以数字计算技术代替模拟计算技术,大部分功能由软件来实现,这是现代电力系统自动化技术上的一次飞跃!

1.1 EMS 的技术发展

EMS技术的发展过程见图1.2。它的发展主要基于计算机技术和电力系统应用软件技术两方面。

30年代电力系统虽已建立了调度中心,但调度员面对的是一个固定的系统模拟盘,仅依靠电话与发电厂和变电站相联系,调度员无法及时全面地知道电网上的变化,尤其是在事故的情况下调度员只能凭经验摸索着处理。

40年代出现的数据收集与监控系统(SCADA³⁾)将电网上各厂站的数据集中显示

1) EMS = Energy Management System

2) DMS = Distribution Management System

3) SCADA = Supervisory Control And Data Acquisition

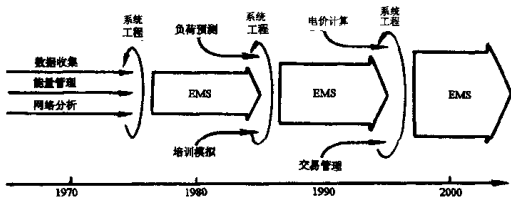


图 1.2 能量管理系统的技术发展

到电力系统模拟盘上，使整个电力系统运行状态一目了然地展现在调度员面前，它还能将开关变化和数值越限及时报告给调度员，大大减轻了调度员监视电力系统运行状态的负担，增强了调度员对电力系统的感知能力，这是一次重大的技术进步。

50年代出现的自动发电控制（AGC¹⁾）包括了负荷频率控制（LFC²⁾）和经济调度（EDC³⁾）两大部分，将调度员从最频繁的操作中解放出来，增强了他们控制电力系统的能力，这又是一次重大的技术进步。

早期在线分析主要是解决网损修正问题，但60年代中期的几次大的系统瓦解事故将安全分析提上了日程。负荷预测、发电计划和预想故障分析为调度员提供了辅助决策工具，增强了他们对电力系统分析与判断的能力，这是一次更深刻的技术进步。

自动化技术在60年代到70年代经历了一次重要的变化——由模拟技术转向数字技术。整个数据收集过程，包括远程终端（RTU⁴⁾）、通道和发电厂控制器逐步由模拟型发展成数字型，在调度中心用数字计算机代替模拟计算机之后，数据收集、自动发电控制和网络分析等功能均由数字计算机完成。因此，在70年代中期，出现了EMS。

计算技术的进展表现在计算机硬件和软件两个方面。

电力系统计算与控制用计算机由每秒千次的速度开始，至今已发展到每秒上亿次的速度，提高了大约5个数量级；内存容量提高了8~9个数量级；电力系统由开始的双机系统发展为多机系统，计算机的数量大约提高了一个数量级，EMS功能的扩展分担在越来越多的计算机上，而每台计算机的功能却越来越简化。

随着计算机硬件的简化和多机的应用，软件的复杂性和工作量也按数量级急剧增长。公用软件的发展集中表现在数据库、人机界面（MMI⁵⁾）和通信技术几个方面。数据库技术的发展使数据能为更多的应用软件服务，EMS的公共数据系统使各应用软件

1) AGC = Automatic Generation Control

2) LFC = Load Frequency Control

3) EDC = Economic load Dispatching Control

4) RTU = Remote Terminal Unit

5) MMI = Men Machine Interface

成为“有源之水”。人机交互技术由初期以打印机为主改为以显示器（CRT¹⁾）为主，而显示器又由黑白走向彩色，由字符型走向全图形，响应速度越来越快，画面编辑越来越方便，表现能力越来越强。90年代发展的视窗、平滑移动、变焦以及三维图形等技术大大方便了调度员使用EMS，使他们能在调度室的屏幕上形象而直观地观察和控制电力系统，从而缩短了他们与电力系统之间的距离。

EMS应用软件的进展决定于电力系统需要的急迫性和实现的可能性。

60年代中期纽约大停电提出了在线安全分析的急迫性，大大促进了EMS的诞生；80年代某些电力系统出现了电压崩溃事故，吸引了各国大批专家研究这一问题；90年代世界各国走向电力市场，电网管理由垄断走向开放，而EMS正在经历着这一技术变化——改造旧的功能增加新的功能。

EMS的功能除了必要性之外还存在实现的可能性，这种可能性一方面来自于计算机技术的发展，另一方面来自于电力系统模型与算法的发展。70~80年代是电力系统分析与控制理论发展迅速的年代，在这段时间内完成了由经典电工理论向现代控制理论的飞跃。能量管理系统高级应用软件集中反映了高科技特点，其中用到预测理论、优化理论、稳定性理论和可靠性理论，以及近期出现的智能技术。在当前计算机水平的条件下，电力系统静态分析技术已趋成熟，而最优潮流、暂态分析和人工智能等则需要更快的计算机，并有待于对电力系统本身规律更深刻的认识。

应该指出EMS应用软件的出现带动了电力系统专业的知识结构的更新。例如60年代毕业的大学生，在学校没有学过矩阵、概率、预测和优化等数学知识，仅有个别的专家通过自学才获得了这些知识；而对于80年代的毕业生（特别是研究生）来说，这些已经是课堂上必学的知识了。应该承认，我国对EMS的认识和实践长期停留在数据收集与监控水平，与技术人员知识结构有密切的关系。

电力系统元件和局部自动化是由下面上发展的，即先厂站而后调度中心；然而整个系统（综合）自动化却是由上而下发展的，即沿着大区调度中心—省级调度中心—地区级调度中心—县级调度中心方向发展。针对发电和输电部门的EMS技术自然向配电部门发展。对数据收集与监视、网络分析和负荷控制（LC²⁾）三大自动化项目的管理，在80年代中期形成了配电管理系统。随后又扩展了自动绘图/设备管理（AM/FM³⁾）和投诉电话等功能。另外，用户侧管理（DSM⁴⁾）属于负荷自我管理，其原理是用户按电价躲避峰荷用电，但分时电价（TOU⁵⁾）应由配电管理系统提供。

如图1.3所示，EMS不仅促进了配电管理系统的产生，而且还进一步与其相联系，从中获取负荷管理和电压控制等信息，以利于事故处理；EMS还与发电厂效率管理系统（GEM⁶⁾，见图1.1）相联系，以便从中取得发电效率信息，用以监督发电厂上网电

1) CRT = Cathode Ray Type

2) LC = Load Control

3) AM/FM = Automated Mapping and Facilities Management

4) DSM = Demand Side Management

5) TOU = Time Of Use

6) GEM = Generation Efficiency Management

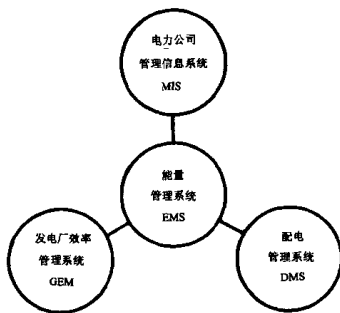


图 1.3 能量管理系统与其它计算机系统的联接

价和结算电费；EMS 还将与电力公司管理信息系统（MIS¹⁾）相联系，从中取得许多经营信息用于计算电价，以取得更大范围的效益。

EMS 包含的硬件和软件越来越丰富，这就出现了一个标准化的问题，即要求各部分开放，以利于相互联接。

调度中心的计算机初期选用专用控制型计算机，后来全部采用通用计算机；开始配置的计算机是无软件的裸机，需专门设计控制程序，后来采取了通用操作系统（OS²⁾），专门开发数据库和画面编译系统，形成专门的 EMS 支持平台。如今除了实时数据库之外整个支持系统采用了越来越多的通用商业软件，应用软件的数据库、画面和程序均容易开放，而具体数据接口一时尚难统一，各大应用软件公司均希望将自己产品定为标准。

1.2 EMS 的设计、开发与应用

EMS 总体结构如图 1.4 所示，它主要由六个部分组成：计算机、操作系统、支持系统、数据收集、能量管理（发电控制和发电计划）和网络分析。前三部分，即计算机、操作系统和支持系统好比是运载工具；后三部分，即数据收集、能量管理和网络分析好比是战斗部分。而且，战斗部分又可以再分为两类：仅包括数据收集功能者为“常规武器”；而包括能量管理和网络分析功能者为“核武器”（一般称为高级应用软件）。

值得说明的是培训模拟系统可以分两种类型：一类是离线运行的独立系统，另一类

1) MIS = Management Information System

2) OS = Operation System

则作为在线运行的 EMS 的一部分。本书仅介绍后一种类型的调度员培训模拟系统 (DTS¹⁾)，它像镜子一样反映 EMS 基本功能 (数据收集、能量管理和网络分析)，图中以虚线表示出来。

由以上可以看出，狭义的能量管理专指发电控制和发电计划；一般 EMS 应包括数据收集、能量管理和网络分析三大功能；广义的 EMS 还应该包括调度员培训系统功能。

从前一节叙述的 EMS 的历史演变过程可以看到，EMS 的出现是自动化技术发展中由量变到质变的一次飞跃，它将各个自动化孤岛联接成为一个有机整体。EMS 概念的建立是在电力系统自动化认识进程中由必然王国到自由王国的升华：由孤立的、静止的、表面的自动化岛的认识水平上升到统一的、动态的、内在联系的管理系统的认识水平。前者是“自下而上”看问题，后者则是“自上而下”看问题；由自发的、盲目的、岛意识的设计水平相应地提高到自觉的、有目的的、整体的设计水平；前者是属于摸着石头过河的开发水平，后者则是全局在胸的开发水平。

EMS 最根本的设计原则是“自上而下”。例如城市自然和盲目发展的结果会造成交通阻塞、水电供应困难、通信混乱等局面，最后必然会限制城市现代化的发展，从而不得不进行改造和拆除，而地下设施和已有建筑物的改造费用可能大大超过重建的费用，有时甚至会被迫迁都。“自上而下”则相当于对一个城市事先做出规划，做好交通、水电、热、煤气和通信等设计，先地下后地上、分阶段建成整个城市，从而达到事半功倍的效果。

EMS 设计自上而下是我国几十年电力系统自动化经验的结晶。我国在 60 年代初期开始了离线潮流和经济调度软件的研制，70 年代末期开始在线应用软件的研制，到 80 年代中期，曾把当时国外 EMS 包含的状态估计、潮流、负荷预测、经济调度、故障分析和最优潮流等应用软件全部装到了湖北电网自动化系统之上，当时每一个单项都进行过成功的试验，但却因总体无法正常工作而不能使用，这是一次自下而上设计与开发失败的沉痛教训。

80 年代后半期我国四大电网（华北、东北、华东和华中）调度自动化引进中，最大的技术收获有三点：一是认识了“自上面下”的原则，二是理解了支持软件的重要性，三是明白了商品化应用软件的开发过程。

电力科学研究院按“自上面下”原则重新设计和开发了我国第一套完整的 EMS 应用



图 1.4 EMS 的总体结构

1) DTS = Dispatcher Training Simulator