

基于人机互动的智能调度监控系统的设计及实现

黄 媛¹, 刘俊勇¹, 何 迈¹, 杨嘉湜², 王民昆²

(1 四川大学电气信息学院智能电网四川省重点实验室, 四川 成都 610065;

2 四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘 要:分析了电网调度自动化系统的发展历程, 利用人机工程学的基本理论, 针对智能调度为调度员提供了有效参与调度自动化系统的工具和算法, 设计了若干的人机互动的界面, 并将调度员的控制效果反馈回来, 为智能调度的监控提供了新的思路。

关键词: 人机互动; 智能调度; 互动界面

Abstract: The development history of dispatch automation system in power grid is analyzed and then many tools and algorithms based on man-machine engineering theory are provided which can help the dispatcher a lot. Many man-machine interactive interfaces are designed in the new system, which can feedback the control effect of dispatcher and monitor the process of smart dispatch in a completely new way.

Key words: man-machine interaction; smart dispatch; interactive interface

中图分类号: TM732; TM734 **文献标志码:** A **文章编号:** 1003-6954(2009)增-0015-04

0 引 言

21世纪以来, 随着社会和经济的发展和技术的进步, 对传统的电力系统带来了新的挑战, 因而催生了智能电网, 以保证电网具备可靠、自愈、经济、兼容、集成和安全等特点, 能更好地服务经济、社会和环境的可持续发展^[1]。智能电网全面覆盖发电、输电、配电、用电和电力市场, 含括一、二次系统, 很难用一个简明的统一定义来表述。智能调度是统一坚强智能电网建设的关键内容, 是智能输电网的神经中枢, 是维系电力生产过程的基础, 是保障智能电网运行和发展的重要手段^[1]。

传统的 SCADA/EMS能精确反映电网实时运行的工况, 这里把人机工程学原理引入到智能调度的监控设计中, 目的就是为了优化调度员和实时 SCADA/EMS系统之间的界面, 为调度员有效地参与智能调度的运行提供工具, 力求使人-机(计算机)-调度自动化系统达到最佳组合, 从而发挥调度员对智能调度的控制作用。

1 人机互动在电力调度的应用

1.1 人机工程学的简介

人机工程学^[2] (Man-machine Engineering)是一门以工程学、数学、人类学为基础的学科, 它研究如何将关于人类能力与限度的知识应用于系统或装备的设计与研制, 以最低的成本和最少的人力、技能和培训要求实现系统性能的有效性、高效性和安全性的一门应用学科。人机工程学的研究对象是人、机、环境的相互关系。人机系统之所以能够不断发展, 是由于人机系统中人与机器能够互相补偿各自的不足。因此, 任何一个人机系统都需要解决人与机器的合理分工问题。既然人与机器在完成系统目标上有分工, 随之而来的就是人与机器的信息交换问题——人机界面问题。为了使系统达到预期目标, 人机之间的信息交换必须保证准确、迅速。人机系统的改善, 很大程度依赖工程技术人员对机器进行改进, 使机器更适合于人体因素。人机工程学的目的是如何达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。随着社会生产的发展、科学技术的进步、生活水平的提高, 人们早已在关注产品保证一定物质功能的同时, 越来越注重在使用过程中的舒适性即宜人性, 既能达到舒适、高效、安全的操作, 又能满足人们精神功能的需求。

人机工程学是研究人的特性及工作条件与机器相匹配的科学, 它具有 50多年的历史, 大致经历了经验人机工程学、科学人机工程学、现代人机工程学³

个阶段。“以人为本,以人的机体特性出发”,将人一机及作业环境视为一个系统整体进行分析研究,是人机工程学独有的研究方式。现代人机工程学所研究的内容主要就是要通过揭示人一机环境系统的规律,以达到确保人一机系统的最高综合效能,其中包含三方面的因素,即人的因素、机的因素、环境的因素。

大多数负责人一机系统的一种分类及操作顺序为:获取信息,分析和显示,决策行动和执行行动(见图 1)。

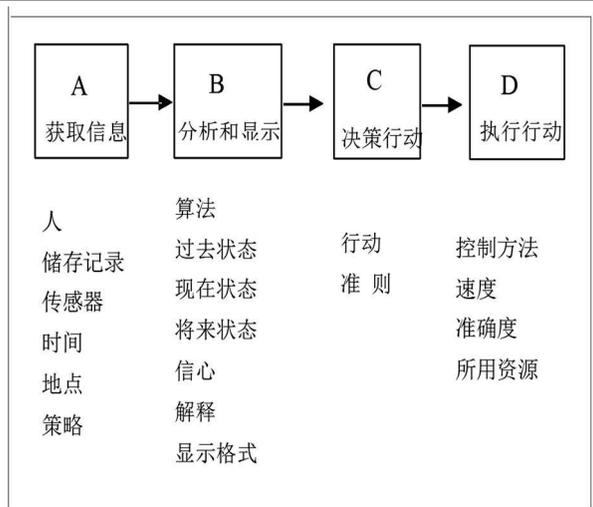


图 1 复杂人一机任务的 4 个阶段

1.2 电网调度的发展历程

随着计算机技术的广泛运用,电网控制中心的调度自动化系统经历了从简单到复杂,从孤立的各自动化功能到统一的“管理系统”,使电力系统从经验型调度提高到分析型调度。电网调度自动化系统是确保电网安全、优质、经济地供电,提高电网调度运行管理水平的重要手段。

1970 年以前只有监控与数据采集(SCADA)功能,尽管眼耳齐备,但缺少实时网络分析功能,缺少大脑,需凭调度员的经验或利用离线计算工具进行分析决策。20 世纪 80 年代出现的第二代,大部分采取集中处理方式的双机热备用系统,基于通用计算机和集中式的 SCADA/EMS。第 3 代是 20 世纪 90 年代基于精简指令集计算机(RISC)/UNIX 的开放分布式产品,采用商用关系型数据库和先进的图形显示技术 EMS 应用软件更加丰富和完善。第 4 代电网调度自动化系统,它是遵循 IEC61970 的公共信息模型(CIM)组件接口规范(CIS)和可缩放矢量图形(SVG)标准,它支持现有的 SCADA/EMS、广域监测预警系统(WAMS)、并融合电力市场的相关应用软

件的一个电网调度集成系统^[3]。

但是这样一个系统中都未能充分考虑调度员在其中的参与作用,从他们看到的电网的运行状态到他们根据经验做出相关的处理,以及电力系统的物理变化过程反馈给调度员,是一个典型的人一机混合系统。为了体现调度员在电网调度中的互动过程,故提出了“以调度员思维模式为框架,以可视化界面为功能模块,以互动计算为系统核心”的设计思路,并在此基础上开发了智能调度监控系统。

1.3 基于人机互动的智能调度监控系统

在电力调度中,调度员时刻参与到电力系统的实时运行中,现有的 SCADA/EMS 给他们提供了非常丰富的信息,长期的工作和训练给他们提供了非常丰富的经验,他们在电力生产的闭环控制系统中能起到积极的参与和控制作用。因此,在设计中,立足于调度员所思、所想、所做^[4],在人一机互动的设计中需要考虑和解决以下问题:①在实时运行系统中如何解决调度员(人)与他所监控系统之间的互动关系?或人如何介入调度自动化系统?②在人与调度自动化系统之间,如何把系统海量数据抽取出来,用人最关心的特性及视觉方式展现出来?③目前的 SCADA/EMS 系统大多采用离线系统的数学模型乃至方法并用闭环系统的概念建模、分析,如何解决大量历史数据挖掘,如何使用规划和运行方式中得出的许多不完全依赖于数学模型的知识模型和展示平台是否是巨型系统值得探索的一条道路?为了解决以上问题,设计了以下的调度员互动系统,如图 2 所示。

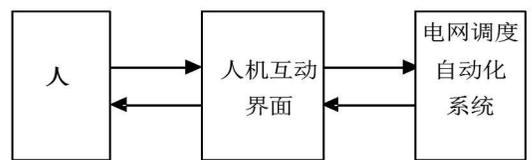


图 2 基于人机互动的智能调度互动系统

随着电网的大区互联,呈现给调度员的是海量的数据,电网的实时性、复杂性、随机性的增加需要他们能更加准确地操作控制电网,基于人机互动的思想可以为调度员提供很好的交互窗口,为调度员对电网的操作提供技术支持。

从图 2 可看出,调度员和调度自动化系统之间的互动操作中主要靠人机界面进行交互,在这个设计中以调度员为中心,符合以人为本的原则,即根据人的生理、心理特点,了解感觉器官功能的限度和能力,最

大限度地发挥人的潜力,达到人机之间的最佳协调。

2 基于人机互动的智能调度的算法设计

基于人机互动的机理,专门为调度员设计了可以对电网的监控进行互动的平台及操作。在设计上以调度员所想为核心,对调度自动化系统提供的信息重新进行组织和整合,如图 3 所示,将电网运行的顺序、调度员的经验、电力系统分析的功能有机地结合起来,用人机互动界面提供数据展示和计算的触发。这种互动计算融入了调度员的感知、经验,并能将他们的这些认识通过互动计算窗口进行实时计算,做出相应验证。通过互动平台能将人的作用加入到这样一个闭环控制的系统中。随着信息技术的发展,越来越多的计算可以在线进行,通过互动计算可以给他们提供很好的技术决策。在互动计算中解决了以下问题。

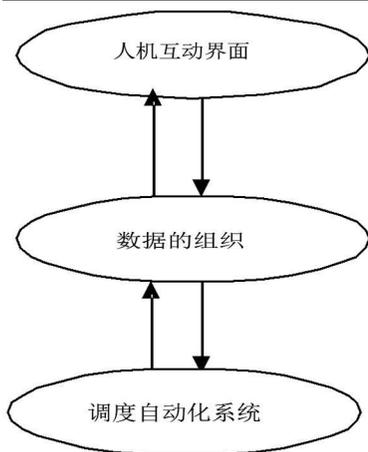


图 3 人机互动的实现流程

1) SCADA 数据的展示。面对海量的实时数据,为了醒目地提示越限的电压和重载的潮流,可以用等高线的思想予以表达,直接将需要和可能需要监视和控制的量呈现出来,避免因人的视觉关系将调度员淹没在海量的数据中,忽略了电网运行态势的变化^[5]。

2) 在线优化潮流的互动计算。过去最优潮流(OPF)大多用于离线计算,现在本系统可以在线计算最优潮流。所做的优化结果即使并不是直接利用计算结果下发控制命令,但也可为调度人员调度决策提供参考,它不但可对当前系统的安全水平做出评估,而且可以给出预防控制策略,辅助调度人员调整运行方式,提高电网的安全运行水平。

3) 在线 N-1 的互动计算。传统的 N-1 计算是将所有计算结果以列表形式给出的,但调度员真正关

心的是一些最严重的故障,为此专门设计了将 N-1 故障按最严重情况排序的三维显示方式,其故障的严重程度可以选择按有功越限程度和无功越限程度的指标进行排序,效果直观、明了^[4]。

4) 在线灵敏度的互动计算。灵敏度分析通常用来研究电力系统可控变量与状态变量之间的相互变化关系。在电网实时调度中,通常需要通过一些调压设备来调整中枢点的电压,如何快速地定量分析,给出最有效的结果并以最直观的方式给出,这是使用在线灵敏度的互动计算所达到的目的。

5) 水库智能调度的互动计算。水库的水位、水电厂的出力、水库的可运行时间之间存在内在的关联关系,这个功能的实现是将人一机对话框放在一个可视化的虚拟仪表中展现的,将时间、水电厂的出力、水位有机融为一体,在虚拟仪表中将互动计算形成了一个联动的展示。

为了使本图形系统具有良好的人机界面,在设计中充分利用了 GUI 界面的优点,使操作人员只需使用一个鼠标即可完成几乎所有的操作。这三者之间的关系计算是通过收集水电机组及相应水库的发电曲线、耗水曲线、最低水位限制等数据,实时计算水电机组按给定发电出力时的最大运行时间,以及在给定的运行时间内,水电机组可能达到的最大出力。

6) 任意断面的潮流累加的互动计算。电力系统的稳定分析等会形成若干的需要监视的断面信息,为此提供了让调度员在单线图和地理接线图中任意选择所关心的断面潮流的工具,能将它所选定的线路的累加和用三维立体的棒图予以显示,给调度员直观明了的感觉,这些功能将他们从“背”规则中解放出来,能更好地思考电网下一步的趋势发展。

3 实例

1) 用等高线展示 SCADA 数据见图 4。

2) 在线 N-1 的互动计算见图 5。

3) 在线灵敏度的互动计算见图 6。

4) 水库智能调度的互动计算见图 7。

在这个虚拟仪表中,选择目标水位后,可以拖动指针、出力和时间相应联动计算。

5) 任意断面的潮流累加的互动计算见图 8。

这些互动计算,通过人机互动计算界面将调度员和 SCADA/EMS 系统提供的数据信息进行交互,后台

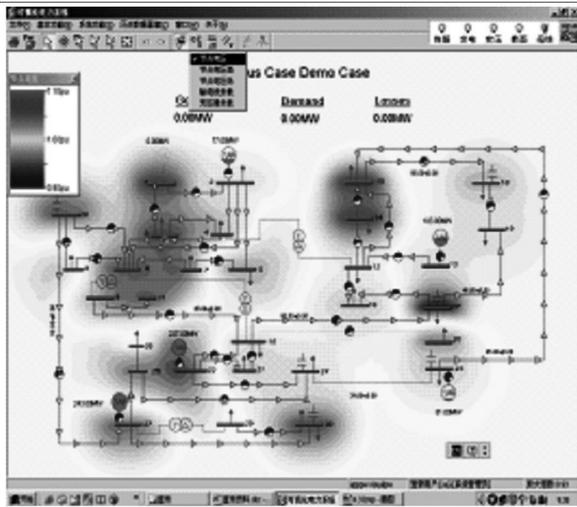


图 4 用节点电压等高线展示 SCADA 数据

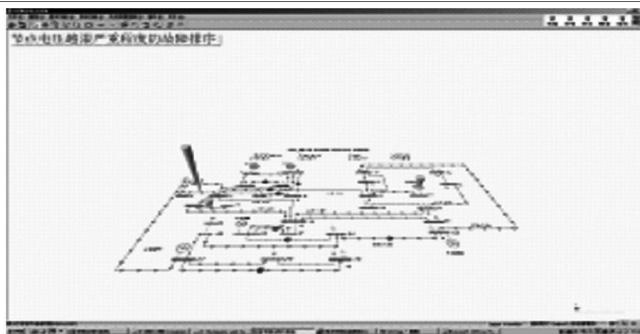


图 5 N-1 的互动计算的展示

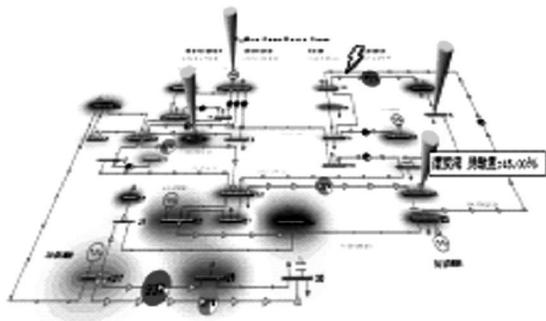


图 6 灵敏度计算互动展示

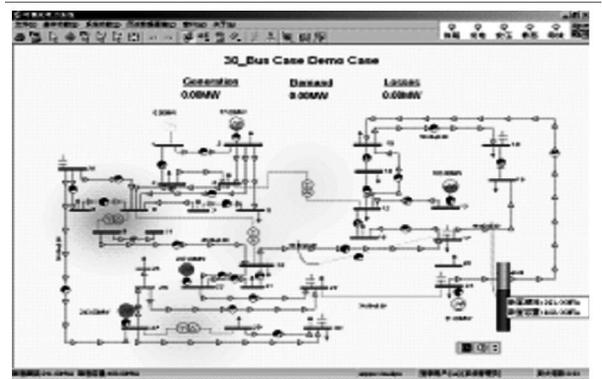


图 8 断面潮流的监视

计算机和对 SCADA/EMS 系统接口, 并将调度员所输入的信息融入相关计算中, 将计算的结果通过可视化界面返回给调度员。这些在线实时的计算为调度员提供非常有用的信息。

4 结 论

在人机交互技术发展的历程中, “以人为中心”, 降低认知负荷, 提高工作效率, 使人机交互更接近于自然的形式, 始终是人机交互技术发展的重心。人机互动的计算为电力调度提供了非常方便的工具让它参与到电力调度中。它能充分发挥调度员的经验、智慧, 让人主动参与电网的调度控制, 且通过电力系统分析的高层计算为它提供技术支持。它提供的信息丰富, 数据有针对性。

当前, 占统治地位的界面仍是图形用户界面 (WMP/GUI)。然而人机交互的风格经历了命令界面、图形界面、多媒体界面等主要发展阶段后, 目前正向虚拟现实技术和多通道用户界面的方向发展, 努力使人机的关系更为和谐。电力系统分析的高层计算也向着为调度员提供分析计算的方向发展。

参考文献

- [1] 姚建国, 严胜, 杨胜春, 等. 中国特色智能调度的实践与展望 [J]. 电力系统自动化, 2009, 33(17): 17-20.
- [2] 谢庆森, 牛古文. 人机工程学 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005.
- [3] 张伯明, 孙宏斌, 吴文传. 3维协调的新一代电网能量管理系统 [J]. 电力系统自动化, 2007, 31(13): 1-6.
- [4] 刘俊勇, 陈金海, 沈晓东, 等. 电网在线可视化预警调度系统 [J]. 电力自动化设备, 2008, 28(1): 1-5.
- [5] Weber J D, Overbye T J. Voltage Contours for Power System Visualization. IEEE Trans on Power Systems 2000, 15(1): 404-409

(收稿日期: 2009-11-04)

图 7 水电出力计算的互动展示

