

# 地区电网经济调度辅助决策系统

侯广松<sup>1</sup>, 徐爱军<sup>2</sup>, 王朝明<sup>3</sup>

(1. 菏泽供电公司, 山东 菏泽 274016; 2. 河海大学, 江苏 南京 210098;

3. 南京软核科技有限公司, 江苏 南京 210012)

**摘要:**从地区级电网运行需求出发, 着眼于全网的经济运行实时优化控制, 提出了一种用于地区级电网的经济调度辅助决策系统设计方案, 该系统可通过在线分析为调度人员提供实时的电网经济运行方式辅助决策, 也可用于网损统计和离线分析以制订降损措施。

**关键词:** 电网; 经济运行; 优化; 辅助决策

**中图分类号:** TM761

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2013)03-0036-03

地区电网的经济调度, 实质是节能调度, 就是在现有电网结构条件下, 通过调整电网运行方式减少电能损耗, 从而获得节能效益的调度方式。地区电网经济调度的前提是变电站具备2台及以上主变, 并具备2路及以上电源进线, 电网运行方式选择增多。经济调度理念的发展, 经历了从经验判断到科学分析<sup>[1]</sup>、从变电站到网<sup>[2]</sup>的过程, 用于电网线损分析计算的软件已成熟<sup>[3]</sup>并在各级电网经营企业投入使用。目前, 电能综合管理系统(EMS)已在各级电网调度机构普遍投入运行, 电网的经济调度也将从离线分析进入实时分析阶段, 为调度运行人员经济调度提供在线的辅助决策。变压器的在线经济运行控制已投入实用<sup>[4]</sup>, 在线的全网经济调度系统也必将进入实用阶段。文中提出了一种用于地区级电网的经济调度决策系统方案。

## 1 全网经济运行原理

地区电网在节能发电调度确定的220 kV和500 kV网架结构的基础上, 通过优化220 kV及以下变电站内的变压器经济运行、110 kV线路及以下的线路经济运行和AVC系统结合, 实现地区电网的全网经济运行。随着分布式电源的逐步接入, 地方小电厂也逐步增多, 分布式电源的优化调度也将纳入到全网经济运行的范畴内。

有功经济运行是整个电网运行方式的骨架。运行方式人员的主要工作就是在安全约束的前提下, 实现电网的有功经济运行。无功经济运行是在有功经济运行的基础上, 实现无功潮流的进一步优化, 在实现电压合格率满足考核的目标下, 通过电容器和分接头档位的调整, 实现无功潮流的优化分布, 从而实现降损节能的目标。从全局考虑电网经济运行, 即将有关于全网经济运行的元素综合考虑, 有着重要的理论意义和应用价值, 全网经济运行分析的过程如图1。

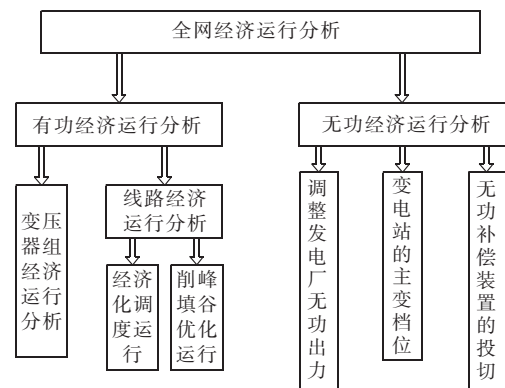


图1 地区电网经济运行分析过程示意

地区电网的运行方式有其自身的特点。一般而言, 地区电网220 kV变电站及以下的变电站, 呈辐射状结构。有功经济运行的关键在于有功的均衡分布。均衡分布有几个层面: 同一断面下、同一电压等级下, 不同变电站有功的均衡分布; 不同断面下, 同一变电站有功的均衡分布; 不同相的有功均衡分布。

有功经济运行涉及到电网拓扑结构的改变, 因此传统的最优潮流方法并不适用。有功经济运行时, 变压器开关投切、线路开关投切等均为离散量, 故特定断面的有功优化问题本质上是一个大规模非线性整数规划问题。文中采用基于遗传算法结合专家系统规则的模式实现电网的有功经济运行, 如图2所示。

系统的无功功率对电压影响极大, 无功功率不足, 将引起电网电压下降, 而无功过剩将引起电网电压偏高, 合理调整变压器分接头, 是提高电网电压水平的一种调压手段, 但其作用仅仅是通过改变电网中的无功潮流分布来提高局部的电压水平。要维持整个系统的电压水平, 除了必需有足够的无功补偿容量、实行无功分区分压就地平衡外, 还要有足够的无功备用容量, 以保证负荷增加后的电压质量。

非线性混合整数规划问题的求解应充分利用非线性混合整数规划领域的最新研究成果, 采用分枝定界

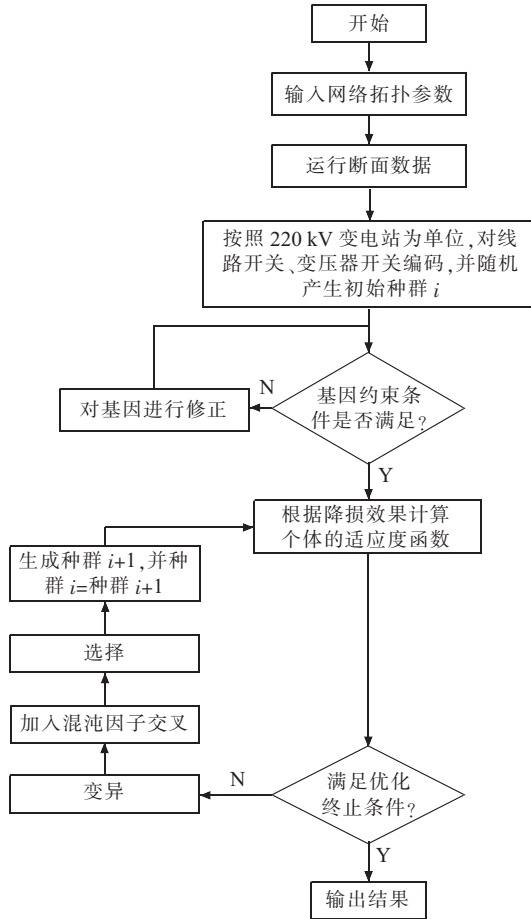


图2 基于遗传算法的有功经济运行算法

法结合原对偶内点法求解大规模非线性混合整数规划问题,即采用分枝定界法进行离散量优化,采用原对偶内点法进行连续量优化。

原对偶内点法实际上是对常规内点法的一种改进。其基本思路是:引入松弛变量将函数不等式约束化为等式约束及变量不等式约束;用拉格朗日乘子法处理等式约束条件,用内点障碍函数法及制约步长法处理变量不等式约束条件;导出引入障碍函数后的库恩-图克最优性条件,并用牛顿-拉夫逊法进行求解;取足够大的初始障碍因子以保证解的可行性,而后逐渐减小障碍因子以保证解的最优性。首先考虑如下的非线性规划问题:

$$\min f(x) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } h(x)=0 \quad (2)$$

$$\underline{g} < g(x) < \bar{g} \quad (3)$$

式中: $x$ 为 $n$ 维向量; $h$ 为 $m$ 维向量; $g$ 为 $r$ 维向量。

引入松弛变量将不等式约束化为等式约束及变量不等式约束,即将式(3)改为:

$$\begin{cases} g(x) - l - \underline{g} = 0 \\ g(x) + u - \bar{g} = 0 \\ l, u > 0 \end{cases} \quad (4)$$

## 2 工程实现

### 2.1 经济运行理论的工程简化

对电网经济运行原理加一定的约束条件使计算简化:(1)对主变高压侧并列的变电站按主变压器的经济特性择优选择,在输电网潮流优化计算中将变电站高压侧负荷按照恒功率处理。(2)将地区电网根据输电变电站电源的不同划分为几个不同的区域,分区进行优化计算以减少计算量。(3)根据电网结构考虑继电保护配合等因素置入约束条件以滤除不可能的分区方式。(4)分区按各种可能的运行方式计算输电网有功损耗择优。(5)不考虑变压器调档和电容器投停,在计算时按主变档位和电容器的当前运行状态不变(因无功优化为单独系统)。

### 2.2 接驳方式

电网经济运行系统与SCADA系统及电能表集抄系统接驳,如图3所示。因主要由调度值班人员用于实时调整电网运行方式降低电网损耗,系统直接接入SCADA系统,与电能表集抄系统接口及运行方式、线损专工管理工作站均通过二次防护系统隔离。

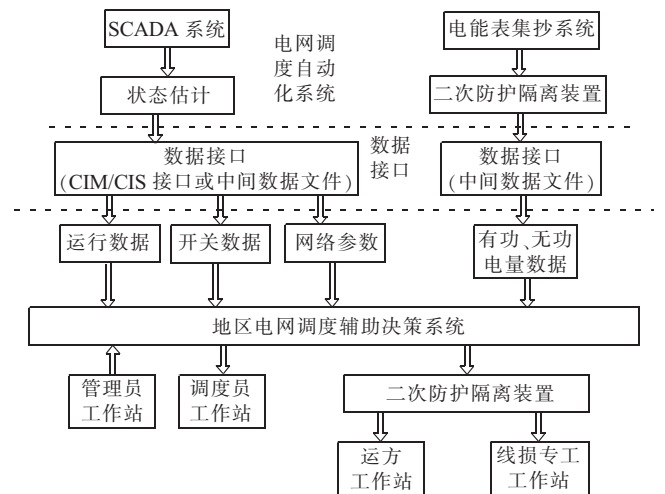


图3 电网经济调度辅助决策系统与接驳示意

### 2.3 实现功能

#### 2.3.1 自动采集与数据处理功能

(1)通过与SCADA系统的接口采集到所需的电网实时数据和电网运行状态量,作为状态估计、潮流分析、拓扑分析、自动分区等计算的数据依据。(2)具有随时召测电能表集抄系统采集终端数据功能,可自由定义定时采集的周期和起始时间、重复召测的次数、抄表数据范围。设置定时自动召测时间为每日零点,周期为上次零点至本次零点24h。(3)对无法召测的表计,系统以不同方式发出报警,以便进行人工召抄。对未能抄录的数据,系统恢复正常时能自动补测,以保证数据的完整性和连续性。(4)提供多种修补数据的方法,但

对所修补的数据加以标记,以保证原始数据的准确性和不可修改性。(5)采集的电能量数据带时标存入原始数据库。(6)对自SCADA所采集数据,参照电能表数据进行处理,对异常数据进行处理接近真实数据。

### 2.3.2 数据存储与分析功能

系统对采集到的数据进行处理,应具备以下统计分析功能:(1)变电站的96点和24点有功、无功日负荷曲线记录。(2)变电站年、月、日最大、最小、平均有功、无功负荷分析。(3)变电站有功、无功日电量记录,年、月最大、最小、平均日电量分析。

### 2.3.3 网损实时计算

将有功损耗进行积分,就能得到一个元件、一站、一片及全网一天的有功损耗电量,继而得到每月、每年的全网有功损耗电量。

### 2.3.4 定时优化的功能

为减少系统计算量,可设置优化计算的时间间隔,设定实时优化计算或按某一时间间隔进行定时计算。

### 2.3.5 电网降损方式调整建议

根据电网实际运行数据,系统对允许的各种运行方式进行潮流计算,与实际运行方式进行比较,提出降低电网有功损耗的建议运行方式并指出调整后可降低的有功、无功损耗。

### 2.3.6 简单的负荷预测

在记录变电站、电网负荷曲线的基础上,每日0:00预测各站所负荷曲线并存储,系统在计算本次优化结果时根据预测负荷曲线估计至下次优化方式调整可节约的电量,若方式调整时间间隔小或节约的电量小于设定阈值则不进行调整。

### 2.3.7 离线线损分析

(1)典型日线理论计算功能。系统可由历史数据库中提取任一日、任一时刻(整点或一刻)电网运行断面进行线路理论计算,所输出报表格式符合国家电网公司、山东电力集团公司要求格式。(2)在取某一时刻进行线损理论计算时,可人为调整任一站所的负荷值以适应计算未来某一负荷水平下电网经济运行方式的需要,报表输出格式与国家电网公司所要求的报表格式相同。

### 2.3.8 电网线损统计功能

按日、月、季、年生成电网损耗电量统计报表,可进行分压分层线损电量及线损率统计。

### 2.3.9 系统管理功能

(1)图形维护功能:系统使用电网单线图作为运行主界面,电网图及参数库应维护方便。(2)关口管理功能:设置地区电网与省网计量关口、设置各电压等级线损统计分界。(3)分片管理功能:以电源点(线损理论计算、潮流计算的平衡点)不同设置供电区域(片)的名称,各片的范围因电网运行方式不同由系统自动适应。(4)报表管理功能。系统各种统计、分析、计算结果以数据库存储,在必要时生成报表输出,应具备对各类报表的格式、内容进行增、删、改的功能。

## 3 结束语

地区电网经济调度辅助决策系统是一个以实时分析电网运行状况、为调度人员提供电网运行方式调整方案降低电网损耗的系统,同时具备离线线损理论计算、网损统计等电网经济运行分析功能。该系统的投入使用可使电网调度由经验型调度走向知识型调度,使电网总是处于经济运行方式,为减少电网损耗、降低企业成本起到积极作用。

### 参考文献:

- [1] 胡景生.电网经济运行与能源标准化[M].北京:中国电力出版社,2001.
- [2] 侯广松.地区电网经济运行分析和应用[J].山东电力技术,2004(1):78-80.
- [3] 罗毅芳,刘巍,施流忠,等.电网线损理论计算与分析系统的研制[J].中国电力,1997,30(9):37-39.
- [4] 卫志农,常宝立,汪方中,等.地区电网变压器经济运行实时控制系统[J].电力系统自动化,2006,30(1):86-88.

### 作者简介:

侯广松(1974),男,山东菏泽人,高级工程师,从事电网运行管理、电力系统运行分析工作;

徐爱军(1987),男,江苏东台人,硕士研究生,研究方向为电力系统优化运行和控制;

王朝明(1976),男,江苏苏州人,博士,从事电力系统优化运行和控制研究工作。

## Assistant Decision-making System for Economic Dispatch of Regional Power Grid

HOU Guang-song<sup>1</sup>, XU Ai-jun<sup>2</sup>, WANG Chao-ming<sup>3</sup>

(1.Heze Power Supply Company, Heze 274016, China; 2. Hohai University, Nanjing 210098,China;

3. Nanjing Softcore Co. Ltd., Nanjing 210012,China)

**Abstract:** Based on the requirements of the regional power grid and real-time optimal control of the whole network economic operation, this paper proposes a design scheme of an assistant decision-making system for economic dispatch used in regional power grid. This system can provide real-time assistant decision for economic operation mode of power network by online analysis. It can be also used in network loss statistics and off-line analysis to take measures to reduce losses.

**Key words:** power grid; economic operation; optimization; assistant decision-making