

15 74-78

用动态规划法制定地方电力系统 火发电机组的经济组合

The Application of Dynamic Programming in the Economic Combination
of Thermal Generation Units in Local Power Systems

李春红 王主丁 冯祈善
Li Chunhong Wang Zhuding Feng Qishan

TM 715

(重庆大学工商管理学院)

摘 要 根据地方电力系统小水电多、火电少的特点,采用动态规划法制定出这类系统火发电机组的经济组合,并以四川省某县地方电力系统1995年有功功率电源优化组合作为本方法的计算实例。

关键词 动态规划·投入·优先顺序
中国图书资料分类法分类号 F403.7

火力发电机组, 电力系统

ABSTRACT The dynamic programming in the article has been employed to design an economic unit combination of local electrical power systems in which the hydroelectric generation is much more than the thermal generation. The optimum combination design for the local electrical power system of Nanchuan County in 1995 has been taken as the example of the dynamic programming.

KEYWORDS dynamic programming; commitment; priority list

0 引 言

电力系统有功功率经济调度,即有功功率的最优分布,是指满足所考虑的一定时间周期内的负荷要求的前提下,决定各发电机组的经济组合及各机组间的功率分配,以使全系统的费用最小。其中,火发电机组的经济组合是经济调度的重要组成部分,但它受人们注意的程度却远不如机组间的功率分配。目前,求解火发电机组经济组合的方法有动态规划法、最优顺序组合法和整数规划法等,其中,动态规划法能够保证一定时间周期策略选择的最优性,但当阶段数和状态数增大时,计算量将相当庞大,以致无实用价值;最优组合顺序法虽然能解决计算速度问题,但其最优性要受到影响,而整数规划法其算法本身还不十分成熟,通用性较差,计算量大难以在实际中使用。

本文根据地方电力系统小水电多,火电机组少的特点,在上述方法的基础上,主要采用

动态规划及最优顺序组合法的基本思想,利用最优顺序及约束条件进行降维。本文方法简单,计算速度快,经实际计算,结果证明对于解决火电机组较少(如小于20台)的地方电力系统有功功率电源的经济组合是有效和实用的。

1 地方电力系统水火电厂的合理组合

地方电力系统的电源主要是水、火电厂,根据它们的工作特性和发电设备组合的基本原则,以及系统的实际情况,确定旋转备用由火电机组承担还是由水电机组承担或二者同时承担。若由火电机组承担,那么火电机组承担的负荷及旋转备用应为原火电负荷抬高 $0.1P_{\max}$ (P_{\max} 为系统最大负荷),若由水电承担,则火电可调功率须扣除 $0.1P_{\max}$ 后再进行调峰。一般说来,丰水季节考虑充分利用水能,不弃水或少弃水,旋转备用由火电承担;而枯水季节,由于水电操作方便灵活且无启停费用,因此只要系统有调节性能好的水电厂时,则旋转备用由水电承担。

确定出火电机组所承担的负荷及旋转备用后,将考查期分为 K 个阶段,可均匀划分也可根据负荷变化情况不等划分,相对于每个时间段 $k(k=1,2,\dots,K)$,都有一个相应的最小负荷 P_{\min} 和最大负荷 P_{\max} 与旋转备用 P_0 。

2 用静态优化顺序法初步确定机组的经济组合

设某一电力系统有 N 台火电机组。

1) 按燃料费用率从小到大将机组排序,形成机组开停机优先顺序表。另外,也可按机组效率、最小比耗量或平均耗量微增率排序,对于特殊情况不能发电的必停机组,在此不参加排序。

2) 从第1号机组开始,将机组的功率上限逐台相加,直到满足火电机组承担的平均负荷为止,确定出不小于平均负荷的最小发电机组数 I 。

3) 取整数 $a, b > 0$,满足 $a < I, b \leq N - I$,将第 $(I - a)$ 号机组至第 $(I + b)$ 号机组进行组合,有 $(2^{a+b+1} - 1)$ 种方式,再将第1至 $(I - a - 1)$ 号机组作为必开机组加到各种组合上,没有参加组合的第 $(I + b + 1)$ 号至 N 号机组为剩余机组。

4) 在 $(2^{a+b+1} - 1)$ 种组合中,有些组合能满足约束条件,而有些则不能。对于不能满足约束条件的那些组合,则从剩余机组中按优先顺序逐台加入剩余机组,直到满足为止,若所有剩余机组加入后仍不能满足,则舍去这种组合。

5) 约束条件,对于某一阶段 k ,其各种组合的所有机组的功率下限之和 $\sum P_{j\min}$ 不大于该阶段的最小负荷 P_{\min} ,功率上限之和 $\sum P_{j\max}$ 不小于该阶段最大负荷 $P_{k\max}$ 及旋转备用 P_0 ,以保证该组合能满足负荷要求。

即:

$$\sum P_{j\min} \leq P_{\min}$$

$$\sum P_{j\max} \geq P_{k\max} + P_0 \quad (k = 1, 2, \dots, K)$$

3 用动态规划法对初步经济组合进行优化调整

动态规划方法是解决多阶段决策过程最优化的一种有效方法。这里,衡量实现过程优劣的指标函数表示为:

$$V_{k,j} = C_{k,j} + F_k(J)$$

$V_{k,j}$ 表示第 k 阶段 S 状态可行机组组合的指标函数,这里指某种机组组合在当时负荷水平下的运行费和从上一状态转化为该状态的开停机费用, $C_{k,j}$ 表示第 k 阶段 S 状态在该负荷下的运行费用,此时 $C_{k,j}$ 的计算按运行机组达到最小出力后,根据机组优先顺序表,依次满负荷运行,直到带完负荷为止(假设耗量特性为线性)。注意此时应扣除火电机组承担的旋转备用容量。 $F_k(J)$ 指从前一状态转化为该状态的启停费用。

利用动态规划法,从考虑的时间周期的各种可行的策略中,选出指标函数最优的方案,作为该时段的机组经济组合。

4 算 例

1) 基础资料

某县电力系统为35kV地方电网,其火电厂仅一处,装机为(2×3000+2×12000)kW,水电多为径流式水电站,因此旋转备用由火电承担,1995规划年丰水期系统最大发电负荷为31360 kW,按平水年计,径流式电站丰水期(6月)平均出力为6842 kW,日调节电站平均出力为5763 kW,其中调节能力为860 kW。

火电厂机组情况见表1。

表 1 火电厂电机组情况

机组序号	额定容量(kW)	出力上限(kW)	出力下限(kW)	单位标煤耗(g/kWh)
1	3000	3000	2000	861
2	3000	3000	2000	861
3	12000	11000	6000	950
4	12000	11000	6000	950

2) 计算结果

经计算,该县电力系统1995规划年丰水期水火电分担负荷情况如图1所示。

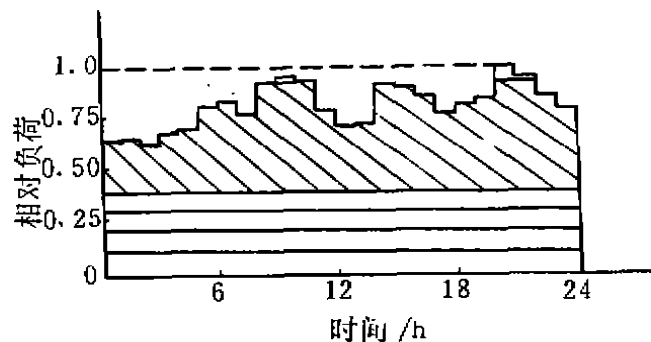


图 1 1995规划年丰水期水火电组合顺序图

图中最上方空白部分为水电调峰电量,其中有2466 kW 为满足峰荷而弃水,这部分弃水承担部分旋转备用;中间划斜线部分为火电机组应承担的负荷;最下方划横线部分为水电强迫出力、径流式电站出力12265 kW 所承担的基荷部分。

表2为计算出的火电机组的经济组合方式,县电力系统1995年丰水期火电机组标煤耗量为 2.82×10^2 t/d。

表 2 1995规划年丰水期火电机组典型运行方式

时段	时间(h)	机 组 出 力 (kW)			
		1号机组	2号机组	3号机组	4号机组
1	1	0	0	7805.399	0
	2	0	0	8119	0
	3	0	0	7178.199	0
	4	0	0	8746.201	
2	5	3000	0	6373.401	0
	6	3000	0	9823	0
	7	3000	0	10763.8	0
	8	3000	0	8568.599	0
3	9	3000	3000	10586.2	0
	10	3000	3000	10629	0
	11	3000	3000	10629	0
	12	3000	3000	6195.799	0
4	13	2000.6	2000	6000	0
	14	2314.201	2000	6000	0
	15	3000	3000	10272.6	0
	16	3000	3000	9645.399	0
5	17	3000	3000	8391	0
	18	3000	2568.6	6000	0
	19	3000	3000	7136.6	0
	20	3000	3000	8077.399	0
6	21	3000	3000	10629	0
	22	3000	3000	10629	0
	23	3000	3000	8391	0
	24	3000	3000	6195.799	0

5 结论及讨论

1) 本文方法适用于地方电力系统火电机组少的情况,并能处理一定调峰能力的水、火电混合系统,算法可行,经实例计算证明该方法是实用和有效的。

2) 采用了 P_{\max} 、 P_{\min} 约束,提高了负荷变动较大时机机组组合的可行性,而不增加计算量。

3) 考查时间周期,可根据实际情况而定(如一周),当考查时间增长时,其阶段数也将增多,但在火电机组一定而阶段数不太多时,增加的计算量并不影响计算速度。

4) 在电源充裕的情况下,如无可行解,则可能是火电机组承担的负荷变化太大,从而导

致某些阶段无可行状态,那么需要利用强迫弃水进行调峰,以使火电承担较为平缓的负荷,这种情况一般在丰水期易遇到。

5) 考虑到火电机组不能频繁启停,在分段时要考虑时段划分的可行性。若最小发电机组数 I 中含有起停时间长的机组,则可把它列入必开机组。

参 考 文 献

- 1 李文沅. 电力系统安全经济运行. 重庆:重庆大学出版社,1989,147~159
- 2 颜竹立. 水能利用. 北京:水利电力出版社,1989,39~39
- 3 Lee F N. Short-Term Thermal Unit Commitment—A New Method. IEEE Trans. on Power System, 1988, 3(2), 421~428