

应用粒子群优化算法求解市场环境下的 电力系统动态经济调度问题

赵波

(浙江大学电气工程学院,浙江 杭州 310027)

摘要: 在竞争性的电力市场环境下,为了获得最大化的社会利润,提出了基于竞价机制的动态经济调度模型,该模型综合考虑了发电机组的爬坡约束、输电线路的容量约束和污染气体排放量的约束。针对该模型,提出了一种新的求解方法:粒子群优化算法(PSO)。算例的结果表明,PSO算法能够有效地得到一个高性能的优化调度结果。

关键词: 竞价机制; 动态经济调度; 最大社会利润; 粒子群优化算法

中图分类号: TM73 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-4897(2004)21-0001-05

0 引言

动态经济调度(Dynamic Economic Dispatch,DED)在电力系统运行、实时控制中扮演着十分重要的角色,对于提高电力系统运行的经济性和可靠性都具有重要的意义。随着电力工业体制的改革,传统的电力系统经济调度又赋予诸多新的意义^[1~3]。为了提高电力系统中各参与方的竞争力,最优化资源配置,电力市场环境下的动态经济调度已经从传统的以生产成本最小化的目标转化为基于竞价机制、社会利润最大化的目标。在市场环境中,各参与方提交自己的提前一日或提前一小时的竞标曲线(包含各时段竞标的电量、电价及相应的运行参数)给ISO(Independent System Operator),ISO在满足系统的经济性和安全性的前提下,以社会福利最大化为目标进行各交易时段的动态经济调度。

本文提出了基于竞价机制的动态经济调度模型(Bid-based Dynamic Economic Dispatch Model),不仅考虑了发电侧的竞价,而且也考虑了用户侧的竞价,吸入用户侧的弹性效应,使得电能作为一种商品通过自身的杠杆作用调节供需平衡和电价稳定。本文所提出的经济调度模型,综合考虑了机组的爬坡速率约束、电网的安全约束、环境污染约束,该模型的求解在时间和空间的连续区域上求出各机组运行的轨迹,在本质上具有高维、非线性、约束条件多的特点,计算较为复杂^[4]。本文利用一种新的进化计算方法——粒子群优化算法(Particle Swarm Optimization,简称PSO)来解决上述的基于竞价机制的动态经济调度模型。

PSO算法是进化技术的一种,它本质上是属于

迭代的随机搜索算法,具有并行处理特征,鲁棒性好,易于实现,原理上可以以较大的概率找到优化问题的全局最优解,且计算效率较高^[5~8]。近几年来,PSO算法用于各种复杂的优化问题已经取得了一些进展。例如,文献[9]研究了PSO算法在噪声和动态环境下的优化问题;文献[10]将PSO算法用于多目标优化问题的求解等。在电力系统中,文献[11]将PSO用于求解无功优化问题,并且与禁忌搜索算法和枚举法进行了比较,显示出PSO在计算效率和收敛性方面的优越性。PSO还用于求解动态安全边界辨识^[12]、配电系统状态估计^[13]以及补偿电容器优化配置^[14]等电力系统优化问题。

本文首先建立了基于竞价机制的动态经济调度模型,该模型综合考虑了发电机组的爬坡约束、输电线路的容量约束和污染气体排放量的约束。针对该模型,提出了一种新的求解方法:粒子群优化算法(PSO)。为了保证算法的收敛性,对标准粒子群优化算法进行了改进,算例结果表明该算法是正确和有效的,可以得到该动态经济调度的全局最优解。

1 基于竞价的电力系统动态经济调度的数学模型

在构造市场环境的动态经济调度的数学模型时,考虑这样一个假设:在电力市场的竞争中,各参与方(发电商和用户)所提交的竞标曲线相当于在市场环境下各自的发电成本函数和用户效益函数。在这个假设的基础上,社会利润就是总的用户效益减去总的发电成本。为了简化计算,各参与方所提交的竞标曲线用二次函数近似表示。

1.1 目标函数

基于竞价的电力系统动态经济调度的数学模型是在满足系统运行约束条件下,优化系统中的发电机出力和用户的负荷,使得社会利润最大化,其数学模型如下:

$$\text{Max} \left\{ \sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^{N_d} B_j(d_j^t) - \sum_{i=1}^{N_g} C_i(g_i^t) \right\} \quad (1)$$

且

$$B_j(d_j^t) = c_{dj} + b_{dj}d_j^t - a_{dj}(d_j^t)^2 \quad (2)$$

$$C_i(g_i^t) = c_{gi} + b_{gi}g_i^t + a_{gi}(g_i^t)^2 \quad (3)$$

式中: T 为总时段数; N_g 、 N_d 分别为系统发电机组投运的集合和用户的集合; g_i^t 为机组 i 在时段 t 的输出功率; d_j^t 为用户在时段 t 的负荷; $C_i(g_i^t)$ 为机组 i 在电力市场中的竞价函数, c_{gi} 、 b_{gi} 、 a_{gi} 为竞价函数的常系数; $B_j(d_j^t)$ 为用户 j 在电力市场中的竞价函数, c_{dj} 、 b_{dj} 、 a_{dj} 为投标曲线的常系数。

1.2 约束条件

1) 负荷与发电的平衡

$$\sum_{i=1}^{N_g} g_i^t = \sum_{j=1}^{N_d} d_j^t + \text{Loss}^t \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (4)$$

式中: Loss^t 为系统在时段 t 的网损; 由于下面考虑了支路潮流的约束, Loss^t 采用潮流计算获得。

2) 机组最大、最小竞标发电功率

$$g_{i\min}^t \leq g_i^t \leq g_{i\max}^t \quad i = 1, 2, \dots, N_g \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (5)$$

式中: $g_{i\min}^t$ 、 $g_{i\max}^t$ 分别为机组 i 在时段 t 竞标的最小、最大发电功率。

3) 用户最小、最大竞标负荷

$$d_{j\min}^t \leq d_j^t \leq d_{j\max}^t \quad j = 1, 2, \dots, N_d \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (6)$$

式中: $d_{j\min}^t$ 、 $d_{j\max}^t$ 分别为用户 j 在时段 t 的最小、最大的竞标负荷。

4) 机组爬坡速度约束

$$-D_{Ri} \leq g_i^{t+1} - g_i^t \leq U_{Ri} \quad i = 1, 2, \dots, N_g \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (7)$$

式中: U_{Ri} 和 D_{Ri} 分别为机组单位时间内的最大上升和下降速率; t 为每个时段所持续的时间。

5) 支路潮流约束

$$-F_{l\max} \leq F_l^t \leq F_{l\max} \quad l = 1, 2, \dots, N_l \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (8)$$

式中: F_l^t 为时段 t , 支路 l 传输的功率; $F_{l\max}$ 为支路传输的功率限值。

6) 污染气体排放量的限制

$$\sum_{i=1}^T \sum_{i=1}^{N_g} H_i(g_i^t) \leq EMS \quad i = 1, 2, \dots, N_g \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (9)$$

式中: $H_i(g_i^t)$ 是发电机组 i 的污染气体排放量的线性函数, 污染气体排放量的计算方法参考文献[1]; EMS 是最大允许的污染气体排放量的指标。

2 应用粒子群优化算法求解市场环境下的电力系统动态经济调度问题

2.1 粒子群优化算法简介

粒子群优化算法(PSO)是人们受到真实世界中鸟群搜索食物的行为的启示而提出的一种优化算法,通过群体之间的信息共享和个体自身经验总结来修正个体行动策略,最终求取优化问题的解。为了确保其收敛性,文献[7,8]对标准的PSO算法进行了改进,引入了收敛因子 K ,能够确保其收敛到全局最优解。在引入收敛因子 K 后,每个粒子根据如下的公式来更新自己的速度和新的位置:

$$v_{d+1} = K * (w * v_d + c_1 * \text{rand}() * (pBest - x_d) + c_2 * \text{rand}() * (gBest - x_d)) \quad (10)$$

$$x_{d+1} = x_d + v_{d+1} \quad (11)$$

式中:下标 d 表示迭代次数; x_d 表示 d 次迭代时的粒子空间位置; v_d 表示 d 次迭代时的粒子速度; w 为惯性常数; c_1 、 c_2 为学习因子; $\text{rand}()$ 是介于(0,1)之间的随机数。 K 为:

$$K = 2 \sqrt{2 - \sqrt{2 - 4}} \quad (12)$$

式中: $\omega = c_1 + c_2$, 并且 $\omega > 4$ 。

权重系数 w 的选择决定了 PSO 算法的全局搜索能力和局部搜索能力。通常情况下 w 是线性减小的,其公式如下:

$$w = w_{\max} - \frac{w_{\max} - w_{\min}}{\text{iter}_{\max}} * \text{iter} \quad (13)$$

式中: iter_{\max} 是算法设置的最大迭代次数; iter 是当前的迭代次数。

通常情况下,粒子群的规模在 10~40 个左右能够取得较好的结果,一些特殊问题也可以适当地增加粒子群的个数。在每次迭代过程中,每个粒子的速度都会被限制在一个最大速度 v_{\max} 内,它也有平衡全局搜索能力和局部搜索能力的作用,一般情况下 v_{\max} 设置为变量变化范围的 10%~20% 左右。

2.2 PSO 算法对市场环境下的动态经济调度模型求解步骤

本文应用改进的 PSO 算法来求解提出的模型,其计算步骤如下:

1) 输入系统参数及等式与不等式约束的上、下限制,并设置算法的最大迭代次数。

2) 初始化。设置粒子群数,通常在 10~40 个左右。每个粒子的维数=(总的竞标发电商的集合+总的竞标的用户集合) \times 总的时段数。随机生成粒子群中所有粒子的初始位置和初始速度。检查这些粒子的初始位置和初始速度是否满足各项约束条件,若不满足,将相应的变量限制在上、下限值,最后使得每一个粒子的初始值都是被优化问题的一个可行解。

3) 利用牛顿-拉夫逊法计算每个可行解所对应的交流潮流,求得线路的网损。

4) 计算每个粒子的适应值。

5) 比较每个粒子的适应值和当前个体的最优解 $pBest$;在所有个体的最优解 $pBest$ 中选择出全局最优解 $gBest$ 。

6) 由式(10)修改每个粒子的飞行速度,并且检查修改后的速度是否在 $[-v_{max}, v_{max}]$ 的范围内。若不满足,则将该速度限制在上、下限制上。

7) 由式(11)更新每个粒子的当前位置,并检查该位置是否满足优化问题的各项约束条件。若不满足约束条件,则修改该位置,使其成为一个可行解。

8) 判断是否达到最大迭代次数,若为否,置当前迭代次数加 1,然后转到步骤 3)。

9) 输出优化问题的最优解,它是最后一次迭代更新的全局最优解 $gbest$ 。

3 算例分析

本文在 SunBlade150 工作站上采用 Matlab6.5 编程对一个 5 节点系统进行优化计算,该系统包含了 6 条输电线路、3 个发电商和 2 个用户,图 1 是该系统的示意图,发电商 1 所在的节点为平衡节点。为了简化计算,本文仅仅考虑 2 个时段的基于竞价机制的动态经济调度模型,表 1 和表 2 给出了发电商和用户的竞标数据。发电商的污染气体排放函数为线性函数,发电商 1 排污函数的常系数为 0.5 lb/MB-TU,发电商 2 和发电商 3 的常系数都是 0.1 lb/MW-TU。在计算过程中,粒子数取为 40,收敛因子 k 取 0.7295,加速常数 $a_1 = a_2 = 2.05$,权重系数 $w_{max} = 1.2, w_{min} = 0.1$ 。每个粒子的搜寻空间参考表 1 和表 2 每个发电商和用户的取值范围。

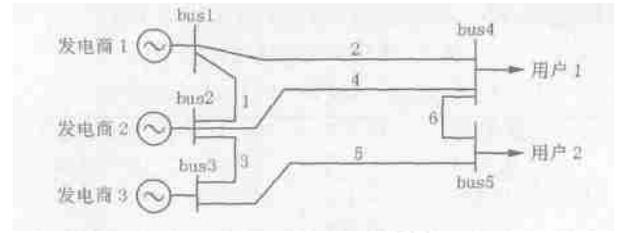


图 1 5 节点系统

Fig. 1 A five-bus power system

表 1 发电商竞标数据

Tab. 1 Bidding data of generators

	c_{gi}	b_{gi}	a_{gi}	G_{min}/MW	G_{max}/MW
发电商 1	560	7.92	0.001 562	0	600
发电商 2	310	7.85	0.001 940	0	400
发电商 3	78	7.97	0.004 820	0	200

表 2 用户竞标数据

Tab. 2 Bidding data of customers

	c_{dj}	b_{dj}	a_{dj}	D_{min}/MW		D_{max}/MW	
				时段 1	时段 2	时段 1	时段 2
用户 1	0	100	-0.175	1.400	2.200	1.650	2.300
用户 2	0	110	-0.150	1.200	2.300	2.300	2.400

3.1 不考虑部分约束条件下的基于竞价机制的动态经济调度模型

为了验算 PSO 算法的有效性,并且使计算简单化,首先我们不考虑输电线路的容量限制、机组爬坡率限制和污染的排放限制。表 3 给出了应用 PSO 算法得到的各发电商和用户最终所得到的竞标数量。

表 3 发电商和用户竞标的优化结果

Tab. 3 The optimal bid-based results of generators and customers

	时段 1/MW	时段 2/MW
发电商 1	343.124 6	278.043 2
发电商 2	294.107 4	240.313 7
发电商 3	105.072 1	85.040 1
总的发电量	742.304 1	603.397 0
用户 1	398.943 2	261.782 3
用户 2	337.715 6	338.412 5
总的用电量	736.658 8	600.194 8
网损	5.645 3	3.202 2

本文同时应用线性规划法(LP)和遗传算法(GA)对该系统进行优化调度,表 4 给出了 3 种算法的优化结果,从结果中可以看出,遗传算法和 PSO 算法的优化结果明显比线性规划法要好。从计算时间可知,PSO 算法所需的计算时间是 2.09 s,而 GA 的运行时间需要 3.79 s,PSO 算法的计算速度明显高于 GA 算法。从迭代次数上看,PSO 算法在迭代 14 次后就收敛到最优解,而 GA 算法在迭代 27 次后才收敛到最优

解, PSO 算法的收敛性要明显优于 GA。

表 4 不同算法的结果比较

Tab. 4 Comparison of the different algorithms

	发电商总 成本/ \$	用户总 成本/ \$	总的社会 利润/ \$	总的污染 排放量/lb
LP	13 426	64 372	50 936	3 551.6
GA	13 294	67 005	53 711	3 550.1
PSO	13 198	66 315	53 117	2 549.3

3.2 考虑机组爬坡率约束

假设该 5 节点系统的发电商 2 的机组爬坡率约束的上、下限值均为 40 MW/h, 发电商 3 的机组爬坡率约束的上、下限值均为 20 MW/h, 考虑各机组的约束条件, 用 PSO 算法进行优化调度的发电商和用户的优化结果如表 5 所示, 由于增加了机组的爬坡率约束, 总的社会利润从原来的 5.311 7e4 降为 5.306 7e4。

表 5 考虑机组爬坡率约束发电商和用户竞标的优化结果

Tab. 5 The optimal bid-based results of generators and customers with ramp rate constraints

	时段 1/MW	时段 2/MW
发电商 1	353.437 2	270.726 9
发电商 2	283.437 9	247.675 3
发电商 3	104.520 3	86.543 2
总的发电量	741.395 4	604.945 4
用户 1	400.000 0	262.035 6
用户 2	336.724 9	338.946 7
总的用电量	736.658 8	600.194 8
网损	5.645 3	3.202 2

3.3 考虑线路的容量约束和污染气体排放的约束

在图 1 中, 假设线路 3 的最大输电容量为 115 MW, 最大允许的污染气体排放量的指标 $EMS = 3 520 \text{ lb}$ 。表 6 是发电商和用户的最终优化结果。由计算结果可知, 最后的社会利润值从 5.311 7e4 降为 5.291 2e4。

表 6 计及线路 3 约束条件的发电商和用户竞标的优化结果

Tab. 6 The optimal bid-based results of generators and customers with flow limit on line 3

	时段 1/MW	时段 2/MW
发电商 1	312.272 8	153.064 3
发电商 2	319.736 4	280.267 1
发电商 3	110.554 7	131.736 1
总的发电量	742.563 9	565.067 5
用户 1	398.015 7	261.436 6
用户 2	336.432 7	301.277 9
总的用电量	734.448 4	562.714 5

4 讨论

1) 为了效验本文所提出经济调度模型的有效性, 能否提高社会利润, 与传统的动态经济调度模型进行了比较。传统调度模型以发电机组的成本最小化为目标函数, 利用上一节的 5 节点系统, 同样不考虑输电线路的容量限制、机组爬坡率限制和污染的排放限制, 用 PSO 算法进行求解, 发电机组的调度结果如表 7。

表 7 传统经济调度模型发电商优化调度结果

Tab. 7 The optimal dispatch results of generators with the conventional economic dispatch model

	时段 1/MW	时段 2/MW
发电商 1	344.186 4	276.216 9
发电商 2	294.856 3	241.565 7
发电商 3	103.747 6	83.265 9

由表 7 的调度结果, 根据表 1 和表 2 发电机组和用户的竞标数据, 计算出以发电机组成本最小化的传统经济调度模型进行调度最终的社会利润是 5.308 8e4, 小于本文所提出的经济调度模型所得到的社会利润 5.311 7e4。这是由于传统的经济调度模型没有考虑用户侧的弹性效应, 用户仅仅是被动的电价接受者, 这一模型在市场化环境下已经显示出一定的局限性。本文提出的基于竞价机制的动态经济调度模型充分考虑了用户侧的弹性效应, 用户的负荷是动态调节的, 使得电能作为商品通过自身的杠杆作用调节供需平衡, 达到社会福利最大化, 符合电力工业市场化改革的目标。

2) 在 3.2 节中, 计及发电商 2 和发电商 3 的机组爬坡率约束, 将使总的社会利润有一定程度的减少。在时段 1, 发电商 2 和发电商 3 机组的发电量由于约束条件的作用都将减少, 为了维持用电量, 增加了发电商 1 的发电量, 使得总的发电成本增加, 网损增加, 减少了总的社会利润。

3) 在 3.3 节中, 考虑了输电线路容量和污染气体排放的约束条件, 社会利润值从 5.311 7e4 降为 5.291 2e4。由于发电商 1 的机组污染气体排放量较大, 并且引起了线路 3 的输电容量越限。因此在计及约束条件后, 发电商 1 的机组必须减小出力。这样生产成本较高的发电商 2 和发电商 3 将增加机组出力, 最大限度地满足负荷的平衡, 结果将使总的社会利润减少。这一结果说明, 即使发电机组的生产成本较小, 但是机组对环境的污染较大, 也将迫使该机组减少出力。系统总的污染气体排放量的限制, 能够促进发电商主动改善自身的排污处理系统, 对保护环境污染有一定的作用。

4) 本文仅仅给出了 5 节点系统的 2 时段算例。在处理实际的工程问题时,通常把一天分为 24 个时段或者 48 个时段,发电商和用户的数目也较多,这样每个粒子的维数将会剧烈地增加。为了使 PSO 算法能够较快地收敛,需要适当增加粒子群数,根据经验,最大粒子数在 80 个左右能够使该算法较好地收敛;同时,适当增加每个粒子的最大速度 v_{\max} ,通常情况下 v_{\max} 设置为变量变化范围的 40% 左右。

5 结论

1) 本文提出了基于竞价机制的动态经济调度模型。该模型能够优化在市场环境下发电商的经济调度和用户的最优负荷水平,使其在满足系统运行约束的前提下,社会利润最大化,符合电力市场最大资源优化配置的最终目标。

2) 由于该经济调度问题具有高维、非线性、约束条件多的特点,本文提出了用改进的粒子群优化算法进行了优化求解,通过对一个 5 节点系统的计算分析,并与线性规划法和遗传算法进行比较,验证了算法的正确性和有效性。

3) 粒子群优化算法最大的优点就是收敛速度快,通常在执行 20~50 代后,算法就已经搜索到最优解的附近。对于大规模、高维、非线性、多约束的各类电力系统运行与控制问题,粒子群优化算法不失为一种有效实用的求解工具。

参考文献:

- [1] Yuan J, Zhang L. Real-time Economic Dispatch with Line Flow and Emission Constraints Using Quadratic Programming [J]. IEEE Trans on Power Systems, 1998, 13(5): 320-325.
- [2] Ongsakul W, Ruangpayoongsak N. Constrained Dynamic Economic Dispatch by Simulated Annealing/ Genetic Algorithms [J]. IEEE International Conference on Power Engineering Society, 2001, (5): 207-212.
- [3] Ferrero R W, Shahidehpour S M. Dynamic Economic Dispatch in Deregulated Systems[J]. Electrical Power & Energy System, 1997, 19(7): 433-439.
- [4] Barcelo W R, Rastgoufard P. Dynamic Economic Dispatch Using the Extended Security Constrained Economic Dispatch Algorithm[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1997, 12(2): 961-967.
- [5] Kennedy J, Eberhart R. Particle Swarm Optimization[J]. Proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, 1995, 4: 1942-1948.
- [6] Kennedy J, Eberhart R. A New Optimizer Using Particle Swarm Theory[A]. Proceeding Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science. Nagoya (Japan): 1995. 39-43.
- [7] Clerc M. The Swarm and the Queen: Towards a Deterministic and Adaptive Particle Swarm Optimization[A]. Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation. 1999. 1957-1959.
- [8] Eberhart R C, Shi Y. Comparing Inertia Weights and Constriction Factors in Particle Swarm Optimization [A]. Proceedings of the Congress on Evolutionary Computing, 2000. 84-88.
- [9] Carlisle A, Dozier G. Adapting Particle Swarm Optimization to Dynamic Environments[A]. Proc of Int Conf on Artificial Intelligence. Las Vegas(USA): 2000. 429-434.
- [10] Parsopoulos K E, Varhatis M N. Particle Swarm Optimization Method in Multiobjective Problems [A]. Proc of the SAC. 2002.
- [11] Yoshida H, Kawata K, Fukuyama Y, et al. A Particle Swarm Optimization for Reactive Power and Voltage Control Considering Voltage Security Assessment[J]. IEEE Trans on Power Systems, 2000, 15(4): 1232-1239.
- [12] Kassabalidis I N, El-Sharkawi M A, Marks R J, et al. Dynamic Security Border Identification Using Enhanced Particle Swarm Optimization [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2002, 17(3): 723-729.
- [13] Naka S, Genji T, Yura T, et al. A Hybrid Particle Swarm Optimization for Distribution State Estimation [J]. IEEE Trans on Power Systems, 2003, 18(1): 60-68.
- [14] 余欣梅, 李妍, 熊信良, 等 (YU Xin-mei, LI Yan, XIONG Xin-yan, et al). 基于 PSO 考虑谐波影响的补偿电容优化配置 (Optimal Shunt Capacitor Placement Using Particle Swarm Optimization Algorithm with Harmonic Distortion Consideration) [J]. 中国电机工程学报 (Proceedings of the CSEE), 2003, 23(2): 26-31.

收稿日期: 2004-02-26; 修回日期: 2004-03-23

作者简介:

赵波(1977-), 男, 博士研究生, 研究方向为智能化算法在电力系统的应用。E-mail: zhaoboju@zju.edu.cn

Dynamic economic dispatch using particle swarm optimization algorithm in electricity market

ZHAO Bo

(College of Electrical Engineering, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

(下转第 66 页 continued on page 66)

4 本次电网事故后应吸取的教训

一般情况下,一个普通线路或元件故障扩大为一次电网事故,大都是由于多个开关的误动、拒动,或是多级保护装置的误动、拒动而引起的,但此次事故,说其特别,就是在整个故障过程中,分析其保护动作行为均正确无误,保护定值整定也符合规程及配合逻辑;虽然本次线路故障电流比较特别,但仅仅由于一个开关的拒动,就造成整个电网解列事故,这也就是本文详细分析此次事故并和大家交流的根本原因。从这次事故的发生,我们可以明显看出本电网结构的薄弱,保护配置的不合理,检修部门检修工艺的不足,运行及调度部门工作人员业务能力差等等的不足之处。因此,作为一名电力技术人员,在此次事故后不得不作认真思考,从变、送电系统的硬件配置到管理、维护软件等各方面对本局所辖电网重新认真地分析,并提出相应的改进措施,以保证电网的安全运行。以下提出几条改进意见,希望对广大读者的工作有所益处:

1) 从电网的结构来看,辐射型供电电网,只要最高一级变电站主变全部跳闸,整个电网就将全部失压,造成全地区停电。因此,在设计电网结构时应考虑双电源环网可靠运行。

2) 从保护装置的定值整定来看,可以适当提高线路保护对相邻线路作为后备保护的灵敏度;在条件许可的情况下,尽可能地缩短线路后备保护的

时间配合级差,以保证在特殊类型的故障时,一级保护或一个开关拒动,后备保护可以及时、准确地动作以切除故障。

3) 在各变电所的保护配置上,可以考虑对一些110 kV变电所增设110 kV母差保护和断路器失灵保护,以保证在一个开关拒动时,将故障切除在本变电所内,尽量避免故障越级至上一级变电所。

4) 加强运行中变电设备的监视工作,尤其是对一些无人值守式变电站,应在有关规程中详细明确运行人员和调度人员平时应注意的事项以及他们各自的职责。从管理的角度上避免事故的发生及扩大。

电力系统的故障是不可避免的,而且每次发生故障并引发事故的特点都不尽相同。对一些复杂的电网事故,每次都应该详细调查并分析其发生的经过,认真追究其原因,这样就可以从中找到电网的缺陷以及管理上的薄弱环节,从而不断地改进。只有这样,才能从各个方面使电网更加趋于成熟、安全稳定地运行,为我国的现代化建设服务。

收稿日期: 2004-02-24; 修回日期: 2004-08-10

作者简介:

彭凯(1969-),男,工程师,长期从事继电保护安装、运行维护、保护定值整定工作; E-mail: pk2158@sina.com

刘平(1970-),男,工程师,长期从事继电保护工作;

穆宏帅(1975-),男,工程师,长期从事电力系统运动工作。

Analysis of a fault in power system

PENG Kai¹, MU Hong shuai¹, LIU Ping²

(1. Guyuan Electric Power Bureau, Guyuan 756000, China; 2. Nanjing Automation Device Factory, Nanjing 210000, China)

Abstract: Breaker failure and multi-maloperation of protection will result in power system accident or even large area power blackout. This paper introduces a power system fault in Guyuan caused by breaker failure. With the afterfault investigation and fault data of recorder, this paper analyses the reasons and puts forward some solutions. It is helpful to the operation security and reliability.

Key words: power system; analysis; accident

(上接第5页 continued from page 5)

Abstract: This paper proposes a bid-based dynamic economic dispatch model to maximize the social profit in a competitive electricity market. The model synthetically considers various constraints such as ramp rates, transmission line capacity and emission constraints to obtain a physically feasible resource scheduling. Particle swarm optimization (PSO) is applied to solve the problem. Numerical simulation results show that the proposed PSO method is capable of obtaining higher quality dispatch solution efficiently, furthermore, the algorithm is versatile and robust.

Key words: bid-based; dynamic economic dispatch; maximum social profit; particle swarm optimization