

# 配电网重构的逐级开关状态互换法

陈星莺,徐俊杰,余昆

(河海大学电气工程学院,江苏 南京 210098)

摘要: 配电网重构是一个多目标、多约束、离散的非线性组合优化问题。根据配电网的特点,结合开关交换原理和网络构建算法,提出了开关状态互换的概念,并对其实现优化的原理进行了详细分析,表明可以收敛到最优解。利用启发信息简化寻优途径,在求解过程中运用禁忌思想,避免不必要的重复计算,大大加快收敛速度。将配电网供电恢复和优化重构统一考虑,并考虑了电容器的投切,为运行人员提供满足系统电压、容量和拓扑约束的配电网运行结构和开关操作列表,构建了配电网的优化运行方式。算例表明该算法是有效的。

关键词: 配电网; 优化重构; 供电恢复; 电容器; 开关状态互换

中图分类号: TM73 文献标识码: A 文章编号: 1003-4897(2006)15-0054-05

## 0 引言

配电网优化运行包括正常时优化重构、电容器投切以及故障时恢复供电。前二者主要目标是降低网损,后者主要目标是发生故障时,尽量多地恢复对非故障的失电区供电,一般前人的研究是分别进行的;本文将配电网供电恢复和释放过负荷作为配电网优化重构的一种特殊情况处理,同时考虑电容器的投切,因此该文所描述的构建配电网的优化运行方式是广义的配电网重构,指通过改变某些开关的运行状态来改变负荷的供电路径,改善电压和无功潮流分布,改变有功潮流分布,以达到故障时及时恢复对失电负荷的供电、释放过负荷、正常运行时提高供电质量和运行的经济性。

为解决重构时遇到的“组合爆炸”问题,前人采用了许多启发信息和巧妙的算法,试图构筑一种快速可靠的寻优途径,主要有数学优化方法、人工智能方法和启发式方法。数学优化方法具有“贪婪性”,不易收敛到全局最优解,计算量大<sup>[1,2]</sup>;人工智能方法不成熟,有待完善<sup>[3~5]</sup>;启发式方法利用了配电网本身的特点,收敛快,但不能保证收敛到全局最优解<sup>[6~8]</sup>。本文综合开关交换法<sup>[9,11,12]</sup>和网络构建法<sup>[10]</sup>的思想,提出了一种快速收敛到最优解的配电网优化运行算法。

## 1 数学模型

### 1.1 目标函数

本文算法的目标是使配电网在满足约束条件下网损最小,发生故障时要尽量多地恢复对失电负荷

的供电,分别用  $f_1$  和  $f_2$  表示全网的网损和供电恢复后仍然失电的负荷。正常时优化重构和电容器投切时使前者达到最小,故障时先保证后者达到最小,再考虑前者的最小化。

$$f_1 = \sum_{i=1}^N \sum_{j=n_i}^1 r_{j-1,j} \frac{P_j^2 + Q_j^2}{U_j^2} \quad (1)$$

式中: $N$ 是馈线数; $n_i$ 是第  $i$ 条馈线除了根节点之外的节点数目; $r_{j-1,j}$ 是支路电阻; $P_j$ 和  $Q_j$ 是支路功率; $U_j$ 是节点电压。

$$f_2 = \sum_{i=1}^n P_{li} \quad (2)$$

式中: $P_{li}$ 为停电区  $i$ 的负荷; $n$ 是停电区个数。

### 1.2 约束条件

本文算法要满足潮流、电压、设备容量和网络结构等约束。其中,潮流约束由潮流方程决定。电压约束要求各变电站节点和负荷节点电压不超越上限、下限:

$$U_i^{\min} \leq U_i \leq U_i^{\max} \quad (3)$$

式中: $U_i$ 为节点电压; $U_i^{\min}$ 和  $U_i^{\max}$ 分别为节点电压的下限和上限。

设备容量约束要求各馈线和变压器的视在功率不能超过其额定容量:

$$S_i \leq S_i^{\max} \quad (4)$$

式中: $S_i$ 为馈线或变压器的视在功率; $S_i^{\max}$ 为馈线或变压器的额定容量。

网络结构约束要求负荷由且仅由一条馈线供电,正常时所有负荷必须供电。

$$\sum_{i=1}^N L_{ij} = 1 \quad (j = 1, 2, \dots, K) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^K L_{ij} = K \quad (6)$$

式中:  $N$  是馈线数;  $L_{ij}$  代表负荷, 如果第  $j$  个负荷属于第  $i$  条馈线, 则  $L_{ij} = 1$ , 否则  $L_{ij} = 0$ ;  $K$  是负荷数。方程 (5) 表示第  $j$  个负荷由且仅由第  $i$  条馈线供电, 方程 (6) 表示所有负荷必须供电。

## 2 算法介绍

### 2.1 模型的调整

本文算法同时考虑了电容器对配电网重构的影响, 在以往的重构模型中增加了变压器和电容器。其中电容器以一条对地支路的形式, 通过联络开关接入配电网; 变压器含有非标准变比, 重构时该变比保持为一个恒定值, 当约束条件越限时调节该变比。当负荷节点电压偏低时, 将变电站端的主变分接头位置上调, 并重新计算潮流, 直到越限消除, 反之则下调。其中调节步长为一档, 如果不能消除越限, 则将此方式设为不可行方案, 并继续进行网络构建, 将负荷转移到其它馈线。

电容器的等效电抗为:

$$X = \frac{U_N^2}{Q_c} \quad (7)$$

式中:  $U_N$  是电容器接入点的额定电压;  $Q_c$  是电容器的容量。

变压器用  $\pi$  型等值电路表示, 励磁支路等值到高压侧, 并假定在配电网优化过程中电源点电压恒定, 因此励磁支路对优化过程和结果无影响。

变压器的等效电阻:

$$R_T = \frac{P_k U_N^2}{1000 S_N^2} \quad (8)$$

变压器的等效电抗:

$$X_T = \frac{U_k \% U_N^2}{100 S_N} \quad (9)$$

式中:  $P_k$  是短路损耗;  $U_N$  是额定电压;  $S_N$  是额定容量;  $U_k \%$  是短路电压百分值。

### 2.2 开关状态互换原理

首先不考虑电容器的影响。每一次开关状态互换分析时考虑一个联络开关和其两侧的邻接开关, 至少有一个邻接开关需要合上, 合上的原则是增加单位负荷引起的全网网损变化的量最小, 合上该邻接开关后再比较联络开关和另一个邻接开关, 合上其中之一, 使网损增量最小, 保证每一次开关状态互换操作都达到一个新的局部最优<sup>[13, 14]</sup>。

$$\text{单位网损增量: } M = P_{\text{loss}} / S_{\text{bad}} \quad (10)$$

式中:  $P_{\text{loss}}$  是在已有的网络基础上合上一个开关引起的网损增量;  $S_{\text{bad}}$  是由刚合上的开关供电的负荷。

如图 1 所示电路 (假定各节点电压相等, 标么值取 1),  $K_3$  为联络开关 (断开),  $K_1$ 、 $K_2$  为邻接开关 (合上),  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  为支路电阻,  $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$  为支路电抗,  $S_1$ 、 $S_2$  为视在功率。

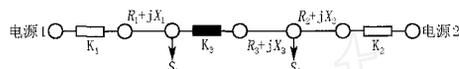


图 1 开关状态互换分析示意图

Fig 1 Analysis of switch state alternative

重构过程中的某一步有三种可能情况:

1)  $K_1$ 、 $K_2$  合上,  $K_3$  断开, 此时的网损为:

$$P_1 = S_1^2 R_1 + S_2^2 R_2 \quad (11)$$

2)  $K_1$ 、 $K_3$  合上,  $K_2$  断开, 此时的网损为:

$$P_2 = (S_1 + S_2)^2 R_1 + S_2^2 R_3 \quad (12)$$

3)  $K_2$ 、 $K_3$  合上,  $K_1$  断开, 此时的网损为:

$$P_3 = (S_1 + S_2)^2 R_2 + S_1^2 R_3 \quad (13)$$

以上三式中:  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  分别表示三种情况下图 1 所示电路的损耗, 其它符号的意义如前所述。开关状态互换分析时假设第一步合上  $K_1$ , 则由重构原则可知:

$$S_1 R_1 < S_2 R_2 \quad (14)$$

在此基础上, 假设第二步合上  $K_3$ , 则根据重构原则有:

$$S_2 R_3 + \frac{(S_1 + S_2)^2 R_1 - S_1^2 R_1}{S_2} < S_2 R_2 \quad (15)$$

由式 (15) 可得:

$$(S_1 + S_2)^2 R_1 + S_2^2 R_3 < S_1^2 R_1 + S_2^2 R_2 \quad (16)$$

即:

$$P_2 < P_1 \quad (17)$$

又此时有:

$$P_3 - P_1 = (S_1 + S_2)^2 R_2 + S_1^2 R_3 - S_1^2 R_1 - S_2^2 R_2 \quad (18)$$

结合式 (14) 和 (18) 可得:

$$P_3 - P_1 > S_1^2 R_2 + S_1^2 R_3 + S_1 S_2 R_2 > 0 \quad (19)$$

所以:

$$P_3 > P_1 \quad (20)$$

式 (14) ~ (20) 中的符号含义与前面相同。若第一步假设不变, 第二步假设合上  $K_2$ , 则类似可推出  $P_2 > P_1$ ,  $P_3 > P_1$ 。由上述可知假设第一步合上  $K_1$ , 重构可得到较优解, 再由对称性知假设第一步合上  $K_2$  可得到同样的结论, 故每一次开关互换分析可达到一个局部最优。

其次考虑加入电容器后的情况。如图 2 所示电路,  $R$  为支路电阻,  $X$  为支路电抗,  $P_1$ 、 $P_2$  为支路有功功率,  $Q_1$ 、 $Q_2$  为支路无功功率,  $U$  为节点电压,  $C$  为电容器。

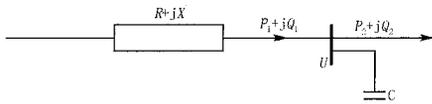


图 2 无功补偿对潮流的影响

Fig 2 Influence of reactive power compensation to power flow

该电路的有功损耗计算公式为:

$$P = \frac{P_1^2 + Q_1^2}{U^2} R \quad (21)$$

式中:  $P$  为支路的有功损耗, 其余符号的意义在前面已阐明。

当  $P_1$ 、 $U$ 、 $R$  一定时, 有功损耗与  $Q_1$  的大小有关, 与  $Q_1$  的方向无关, 所以只有按照“无功就地补偿”原则投切电容器, 用电容器  $C$  来提供  $Q_2$ , 才能降低网损, 无论欠补偿还是过补偿都会增加传输的功率, 从而增加网损。可以看出, 电容器用于改善电压

和无功分布是一致的, 当有功负荷一定时, 无功补偿减少传输的无功功率, 电压自然会提高, 若无功过补偿, 引起无功倒送, 则末端电压会继续升高, 甚至可能高于电源端电压。电容器接入开关的状态互换指电容器投入运行和退出运行两种状态相互变化, 当其单位补偿容量的网损增量为负时合上此开关, 当其为正时断开此开关, 电容器接入开关状态每变化一次可达到一个新的局部最优点。

### 2.3 配电网重构的步骤

第一步判断是否发生故障, 若未发生故障进入第四步, 否则进入下一步;

第二步定位并隔离故障元件, 锁定隔离故障用的开关;

第三步从隔离故障后的配电网状态出发, 在保证辐射结构前提下合上部分联络开关, 虚拟恢复对失电区负荷的供电, 电容器组的接入开关状态不变;

第四步计算已供电的配电网潮流;

第五步进行开关状态互换分析, 逐步形成最佳的开关状态组合, 流程图如图 3 所示;

第六步列出开关操作步骤, 重构结束。

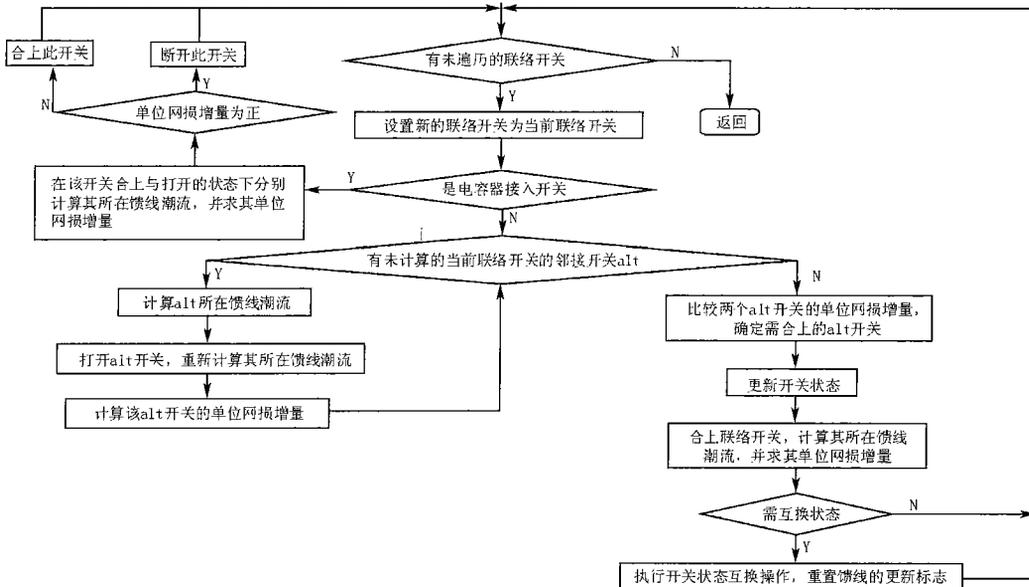


图 3 开关状态互换分析流程图

Fig 3 Flow chart of switch state alternative analysis

第二步中的故障定位是将故障元件从重构数据库中隔离, 这些元件不能参与重构。为了隔离故障, 必须锁定一些开关, 在解除锁定之前, 不能改变这些开关的现有运行状态。

本文算法通过多层开关状态互换操作和电容器投切来改善电压、功率分布, 使配电网达到优化运行

状态。每一轮开关状态互换分析时所有联络开关和电容器接入开关并行进行分析, 但同一轮内后进行的开关状态互换分析应以先分析的结果为基础, 每一次开关状态互换分析都是针对同一个负荷区, 因此经过开关状态互换操作后总网损减少。本文算法还利用禁忌算法的思想, 当上一轮开关状态互换分

析中联络开关的两侧没有一条馈线有开关状态互换操作时,本轮不进行开关状态互换分析,省去重复计算;对于电容器接入开关,若上一轮开关状态互换分析中其所在馈线没有开关状态互换操作,则本轮不进行开关状态互换分析。算法进行到没有开关状态互换操作发生时结束,此时有两种情况:

1) 优化重构时所有负荷都供电,故障恢复时除锁定区域外所有负荷都供电;

2) 除锁定区域外网络中存在孤岛,但合上任意一个打开的开关都会破坏约束条件。

本文算法有“贪婪性”,可能过早地合上不该合上的开关,但是本文算法的结束标志是无开关状态互换操作的分析,因此在后面的重构中能将过早执行的互换操作恢复,保证由局部最优解向全局最优解靠拢。

### 3 算例分析

本文引用了文献 [9] 中的算例,如图 4 所示。该系统有 3 条馈线, 16 条线路, 13 个分段开关, 10 个联络开关 (其中有 7 个为电容器的接入开关), 额定电压为 23 kV, 系统的结构参数和运行参数见文献 [9]。

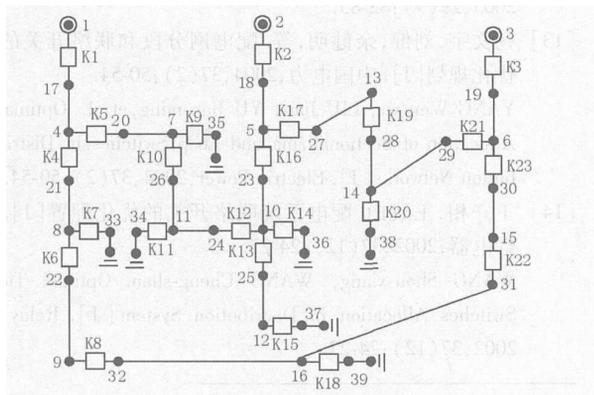


图 4 算例系统

Fig 4 Example system

表 1 分别给出了考虑电容器和不考虑电容器进行优化重构,以及优化重构和供电恢复重构的时间比较。可以看出进行优化重构时考虑电容器不会影响重构效率,由前述的分析可知该算法不随着开关数目成几何级数增长。故障时虽然考虑经济性比只考虑恢复供电需要的时间更多,但可以接受,因为在实际恢复供电时为保证可靠,要进行开关操作的预执行,可将隔离故障和恢复重构同时进行。

表 1 重构时间的比较

优化重构	优化重构和电容器投切	供电恢复重构
0.57 s	0.61 s	0.5 s

表 2 给出了重构前后的系统状态,各种重构测试是在同一负荷水平和约束条件下进行的。经过优化重构全网的有功损耗下降 45.33 kW,降损率达 8.92%,优化重构和故障恢复都未破坏约束条件。由表中可知,当配电网正常运行时,经过优化重构可降低网损;当配电网故障时,经过故障恢复重构可将停电区域限制在最小的范围内,减少因停电造成的经济损失。

表 3 给出了在节点 8 和 9 的负荷增加 30% 之后的情况。通过调整主变 1 的分接头,提高电源点电压,才能消除节点 9 的电压越限,在满足约束条件下获得最优网络结构,并且进一步降低网损。

由上可知,本文提出的算法可改善供电质量,提高供电可靠性和经济性。

表 3 调整变压器分接头的重构结果比较

Tab 3 Comparison of the reconfiguration results with and without tap changing

重构类型	联络开关	网损 /kW	电压越限
正常运行	K <sub>8</sub> 、K <sub>10</sub> 、K <sub>19</sub>	508.06	无
节点 8、9 负荷提高 30%	K <sub>8</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>	465.12	节点 9 电压越下限
节点 8、9 负荷提高 30%, 调整主变 1 的分接头	K <sub>8</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>	464.52	无

表 2 重构前后的比较

Tab 2 Comparison of the system before and after reconfiguration

重构类型	联络开关	网损 /kW	隔离故障的 锁定开关	开关操作	
				需合上的开关	需打开的开关
正常运行	K <sub>8</sub> 、K <sub>10</sub> 、K <sub>19</sub>	508.06			
优化重构	K <sub>8</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>	462.73	无	K <sub>10</sub> 、K <sub>19</sub>	K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>
节点 12 与 25 之间的线路故障	K <sub>8</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>	284.87	K <sub>13</sub> 、K <sub>15</sub>	K <sub>10</sub> 、K <sub>19</sub>	K <sub>13</sub> 、K <sub>15</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>
节点 15 与 30 之间的线路故障	K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>	481.17	K <sub>22</sub> 、K <sub>23</sub>	K <sub>8</sub> 、K <sub>10</sub> 、K <sub>19</sub>	K <sub>22</sub> 、K <sub>23</sub> 、K <sub>12</sub> 、K <sub>17</sub>

## 4 结论

本文结合开关交换和网络构建的思想构筑了一种快速高效的配电网优化运行算法。该算法不依赖配电网的初始状态,不涉及环网潮流计算,每次潮流计算时只计算一条回路,大大节省了程序运行时间。本算法将配电网供电恢复和优化重构融合在一起,同时考虑电容器投切,是一种综合的优化算法。

## 参考文献:

- [1] 毕鹏翔,刘健,张文元. 配电网重构的研究[J]. 电力系统自动化, 2000, 25(14): 54-58  
BI Peng-xiang, LU Jian, ZHANG Wen-yuan Study on Algorithms of Distribution Network Reconfiguration[J]. Automation of Electric Power Systems, 2000, 25(14): 54-58
- [2] 余贻鑫,段刚. 基于最短路算法和遗传算法的配电网网络重构[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20(9): 44-49  
YU Yi-xin, DUAN Gang Shortest Path Algorithm and Genetic Algorithm Based Distribution System Reconfiguration[J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(9): 44-49
- [3] 刘莉,宛力,陈学允. 模糊遗传算法在配电网综合优化中的作用[J]. 电力自动化设备, 2001, 21(1): 14-16  
LU Li, WAN Li, CHEN Xue-yun Application of Fuzzy Genetic Algorithm to Optimal Coordination of Distribution Network[J]. Electric Power Automation Equipment, 2001, 21(1): 14-16
- [4] 康明才. 模糊遗传算法在网络重构中的应用[J]. 继电器, 2002, 30(3): 37-38  
KANG Ming-cai Application of Fuzzy Genetic Algorithm on Distribution Network Reconfiguration[J]. Relay, 2002, 30(3): 37-38
- [5] 郑欣,杨丽徙,谢志棠. 配电网重构的改进混合遗传算法[J]. 继电器, 2004, 32(5): 11-14  
ZHENG Xin, YANG Li-xi, XIE Zhi-tang A Refined Hybrid Genetic Algorithm for Distribution Network Reconfiguration[J]. Relay, 2004, 32(5): 11-14
- [6] 左飞,周家启. TS算法在配电网重构中的应用[J]. 电力系统及其自动化学报, 2004, 16(1): 66-69  
ZUO Fei, ZHOU Jia-qi Application of Tabu Search Algorithm in Distribution Network Reconfiguration[J]. Proceedings of the EPSA, 2004, 16(1): 66-69
- [7] 邓佑满,张伯明,相年德. 配电网重构的改进最优流模式算法[J]. 电网技术, 1995, 19(7): 47-50  
DENG You-man, ZHANG Bo-ming, XIANG Nian-de An Improved Optimal Flow Pattern Algorithm for Distribution Network Reconfiguration[J]. Power System Technology, 1995, 19(7): 47-50
- [8] Baran M E, Wu F F. Network Reconfiguration in Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1989, 4(2): 1401-1407.
- [9] Civanlar S, Grainger J J, Yin H, et al. Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction[J]. IEEE Trans on Power Delivery, 1988, 3(3): 1217-1223.
- [10] McDemott T E, Drezga I, Broadwater R P. A Heuristic Nonlinear Constructive Method for Distribution System Reconfiguration[J]. IEEE Trans on Power Systems, 1999, 14(2): 478-483.
- [11] 毕鹏翔,刘健,张文元. 配电网重构的改进支路交换法[J]. 中国电机工程学报, 2001, 21(8): 98-103  
BI Peng-xiang, LU Jian, ZHANG Wen-yuan A Refined Branch-exchange Algorithm for Distribution Networks Reconfiguration[J]. Proceedings of the CSEE, 2001, 21(8): 98-103
- [12] 张栋,张刘春,傅正财. 配电网重构的快速支路交换法[J]. 电网技术, 2005, 29(9): 82-85.  
ZHANG Dong, ZHANG Liu-chun, FU Zheng-cai A Quick Branch-exchange Algorithm for Reconfiguration of Distribution Networks[J]. Power System Technology, 2005, 29(9): 82-85.
- [13] 杨文宇,刘健,余健明,等. 配电网分段和联络开关的优化规划[J]. 中国电力, 2004, 37(2): 50-54  
YANG Wen-yu, LU Jian, YU Jian-ming, et al. Optimal Allocation of Sectionalizing and Loop Switches in Distribution Networks[J]. Electric Power, 2004, 37(2): 50-54.
- [14] 王守相,王成山. 配电系统联络开关的优化配置[J]. 继电器, 2002, 37(12): 24-27.  
WANG Shou-xiang, WANG Cheng-shan Optimal Tie Switches Allocation in Distribution System[J]. Relay, 2002, 37(12): 24-27.

收稿日期: 2005-10-28; 修回日期: 2006-01-19

## 作者简介:

陈星莺(1964-),女,博士,教授,博士生导师,主要从事电力系统分析与控制、电力系统经济运行(优化)、电力市场与电力经济等方面的研究与分析;

徐俊杰(1979-),男,硕士研究生,主要从事电力系统经济运行及配网自动化方面的研究;E-mail: john\_xu2001@163.com

余昆(1978-),男,博士研究生,主要研究方向为地区电网经济运行分析与配电自动化。

(下转第 62 页 continued on page 62)

- 2003, 165: 1-4  
J N Hong, TU Cheng-yu Overview of Soft Switch Technology [J]. High Performance Computing Technology, 2003, 16(5): 1-4.
- [2] 赵学军, 陆立, 等. 软交换技术与应用 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2004.  
ZHAO Xue-jun, LU Li Soft Switch Technology and Application [M]. Beijing: People's Posts & Telecommunications Press, 2004.
- [3] 刘韵洁, 张智江, 等. 下一代网络 [M]. 北京: 人民邮电出版社, 2005.  
LU Yun-jie, ZHANG Zhi-jiang Next Generation Network [M]. Beijing: People's Posts & Telecommunications Press, 2005.
- [4] 曹晓钧. 下一代网络的核心—软交换 [J]. 广东通信技术, 2004, 24(6): 16-19.  
CAO Xiao-jun The Core of Next Generation Network-Soft Switch [J]. Guangdong Communication Technology, 2004, 24(6): 16-19.
- [5] 李卓青. 软交换技术及其在电力系统的应用前景 [J]. 电力系统通信, 2002, (12): 4-6  
LI Zhuo-qing Soft Switch Technology and Its Application for Electric Power System [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2002, (12): 4-6.
- [6] 吴新玲, 张伟, 侯思祖. 软交换技术及其在电力通信网中的应用 [J]. 电力系统通信, 2002, (4): 29-35.  
WU Xin-ling, ZHANG Wei, HOU Si-zu Softswitch Technology and Its Application Prospect in Communication Network for Power System [J]. Telecommunications for Electric Power System, 2002, (4): 29-35.

收稿日期: 2005-12-12; 修回日期: 2006-03-16

作者简介:

侯思祖 (1962 - ), 男, 教授, 研究方向为通信网;

王明 (1982 - ), 男, 硕士研究生, 研究方向为电力通信网。E-mail: wangmingncepu@163.com

### Soft switch technology and its application for electric power system

HOU Si-zu, WANG Ming

(School of Information and Electronics Engineering, North China Electric Power University, Baoding 071003, China)

**Abstract:** The soft switch technology separates the call control function from the media gateway, and realizes the basic call control function through the software on the server. The soft switch technology develops rapidly with the characteristics of strong elasticity, standard interface, opening service, and so on. This paper introduces the hierarchical structure and the protocol of soft switch system firstly, and then analyzes the main need of electric power system at present. Based on system demand, the applicable concept of applying soft switch system to electric power system is proposed, the application model is given in the electric power communications network. The application of soft switch technology is introduced emphatically in the electric power dispatch and administration trunk network, and its merits applied in power systems are discussed.

**Key words:** soft switch; electric power system; next generation network

(上接第 58 页 continued from page 58)

### A step-by-step switch state alternative algorithm for distribution networks reconfiguration

CHEN Xing-ying, XU Jun-jie, YU Kun

(Hohai University, Nanjing 210098, China)

**Abstract:** Distribution network reconfiguration is a multi-objective, multi-constraint, discrete nonlinear combinatory optimization problem. Based on factual characteristics of the distribution network, utilizing the theory of switch exchange and the algorithm for network reconfiguration, a concept of the switch state alternative is proposed. The detailed theoretical analysis is illustrated on the usage of this concept in solving optimization problem, which proves that calculations can always converge to the optimal solution. In the solving process, this paper makes full use of heuristic information to shorten the searching route and utilizes Tabu to avoid redundant calculation and remarkably shortened time needed for convergence. Moreover, restoration and optimal reconfiguration are coordinated, and throw-in and off of capacitors are considered. All these provide the operator with operating configuration of distribution network that meets the voltage constraint, capacity constraint as well as topology constraint of power system, and also offer a list of switching operation. Therefore, the optimal operating mode of distribution network can be constructed. Results show that the proposed algorithm is feasible.

**Key words:** distribution network; optimal reconfiguration; restoration; capacitor; switch state alternative