

地区电网重构降损案例分析

靳 旦¹, 鲜其军², 贺星棋², 唐 伟¹

(1. 国网四川省电力公司电力科学研究院, 四川 成都 610041; 2. 国网四川省电力公司, 四川 成都 610041)

摘要:网络重构在供电恢复、提升新能源渗透率和运行降损等方面有较广泛的应用。为提升地区电网长期运行的经济性,计算了地区电网在两种不同运行方式下的日有功损耗。在不同负荷情况下,计算了地区电网不同运行方式下的有功损耗,为地区电网长期运行方式的固化提供了基础。最后,计算了地区电网在运行方式固化后,即网络重构后运行的月降损电量,证实了在不影响电网运行安全性和供电可靠性的前提下,通过网络重构即可实现地区电网长期经济运行。

关键词:网络重构;运行方式;降损;经济运行

中图分类号:TM63 文献标志码:B 文章编号:1003-6954(2021)02-0062-04

DOI:10.16527/j.issn.1003-6954.20210213

Case Analysis for Loss Reduction of Regional Power Grid Reconfiguration

Jin Dan¹, Xian Qijun², He Xingqi², Tang Wei¹

(1. State Grid Sichuan Electric Power Research Institute, Chengdu 610041, Sichuan, China;

2. State Grid Sichuan Electric Power Company, Chengdu 610041, Sichuan, China)

Abstract: Network reconfiguration is widely applied in power grid for service restoration, renewables penetration promotion and power loss reduction. In order to realize the economic operation of region power grid, the daily active power losses of region power grid under two different operation modes are calculated. Under different loading conditions, the active power losses of region power grid under different operation modes are calculated, which provides a foundation for the consolidation of regional power grid in long-term operation. Finally, the monthly loss reduction of regional power grid is calculated after the operation mode is solidified, that is, after the network reconfiguration. It is verified that under the demands of safety operation and reliability of power supply, the long-term economic operation of regional power grid can be realized through network reconfiguration.

Key words: network reconfiguration; operation mode; loss reduction; economic operation

0 引 言

挖掘电网降损潜力、提升电网运行经济性是提高电力公司经营效益的重要途径。目前,电网的降损措施可分为技术降损措施和管理降损措施。管理线损是指由于计量、抄表、窃电及其他管理不善而造成的电能损失,可通过规范业务管理能力降低电网损耗。

技术降损是指潮流经过电网设施所产生的损耗,通过一系列措施改善电网潮流分布达到降损效

果。技术降损的主要措施有经济调度^[1]、电压无功优化^[2]、网络重构^[3]、三相不平衡治理等。文献[1]研究了采用经济调度降损的问题,考虑了负荷和新能源的实时波动性,提出了基于鲁棒优化的电网动态经济调度模型;为快速求解所提动态经济调度模型的最优解,提出了一种基于可行域投影的方法,将原模型转换为一个单层线性规划模型来快速求解。文献[2]通过控制无功和电压设备来降低配电网运行损耗,提出了配电网双时间尺度协调的多目标电压无功优化模型。通过协调控制电网传统无功设备

(并联电容器组和变压器分接头)以及新能源机组无功出力以实现在新能源和电动汽车渗透下配电网多时段的最优经济运行。文献[3]研究了一种以降损和载荷均衡为目标的地区电网网络重构快速算法,并将其初步应用到地区电网中。在电力系统中,合理的技术降损措施在不影响系统安全可靠运行的前提下,能有效提升电网运行经济性。

网络重构,即供电路径优化,通过改变断路器状态投切线路,以达到消除线路过载、故障后供电恢复、降低系统网损等目的。目前,网络重构在电网降损、恢复供电、提高新能源渗透率、阻塞管理等方面均有学者展开研究。下面首先对网络重构的研究现状进行了综述,总结了网络重构研究中的数学模型及相应的求解方法;在此基础上,以某地区电网为实例,分析了通过重构实现地区电网降损的结果,计算了不同负荷下,地区电网重构前后的有功损耗;在不影响地区电网供电可靠性的前提下,给出了地区电网在不同负荷下的最优运行方式建议,为地区电网经济运行和降本增效提供了基础。

1 网络重构数学模型

随着配电网中不断接入分布式电源和储能装置,配电网从单一的辐射状网络向运行方式较复杂的多运行状态转换。网络重构在配电网供电恢复、阻塞管理、提高新能源渗透率、降损等方面有较多的应用。

配电网故障发生后采取网络重构措施,通过协调分布式电源、储能和柔性负荷可以进行负荷恢复。文献[4]建立了主动配电网多时间段的故障动态恢复模型,目标函数为甩负荷成本、断路器操作成本、分布式电源和变电站的出力成本最小;约束条件包括配电网潮流方程约束、线路热极限约束、节点电压约束、辐射状与连通性约束、检修策略约束、储能系统约束和甩负荷约束,以 PG&E 69 系统对模型有效性进行了验证。文献[5]中通过网络重构对配电网多时段的负荷进行恢复,模型的目标为最大化负荷恢复量,以改进的 IEEE 33 节点算例验证了负荷恢复方法在多种故障场景下的有效性。

文献[6]研究了基于网络重构和智能软开关协调控制的交直流混合高压配电网阻塞管理模型,智能软开关是由背靠背电压源型换流器控制的一种新型电力电子设备,优化的目标函数为最小化有功功率减载成本和重新调度输电网电源点或发电机组有功功率的成本。文献[7]构建了配电网重构下的需

求侧响应和智能软开关模型,建立了以最小化网损、弃风弃光、智能软开关损耗和断路器费用之和的目标函数。文献[8]以柔性开关出力、常规断路器的通断为优化变量,建立了网络重构和柔性断路器调控的双层规划问题,优化的目标为网络损耗、常规断路器动作次数、最大的电压偏差和馈线负载均衡度。

文献[9]提出了一种最大化接纳分布式电源有功出力的配电网重构模型,提出并研究了配电网对于新能源的最大可传输能力(available delivery capability, ADC)。文献[10]研究日前最小化操作次数的配电网重构模型,通过最小的断路器动作次数来解决因新能源高渗透造成的线路热极限越限问题。网络重构的数学模型总结如表1所示。

表1 网络重构数学模型汇总

文献编号	控制设备	优化目标
文献[4]	断路器	甩负荷成本、断路器操作成本、DG 和变电站出力成本
文献[5]	断路器,可控分布式电源、储能	负荷恢复量
文献[6]	断路器,智能软开关	有功减载成本、上一电压等级重新调度成本
文献[7]	断路器、智能软开关、储能	网损、弃风、弃光、断路器费用,智能软开关损耗
文献[8]	多状态断路器出力、断路器通断	网损、常规断路器动作次数、电压偏差、馈线负载均衡度
文献[9]	断路器	分布式电源出力
文献[10]	断路器	常规断路器动作次数

2 网络重构求解方法

网络重构是断路器通断状态的优化过程,断路器状态是一个二元变量,因此网络重构是一个混合整数非线性规划问题。目前,此类问题没有一个公认的通用性强且求解效率高的工具。而且,随着电网支路的增加,断路器组合数目指数性增加,网络重构求解存在组合爆炸问题。目前,现有文献对网络重构的求解方法主要分为两类:利用商业软件求解^[4-7]和智能算法求解^[8-10]。

现有文献中,文献[4-7]采用商业软件求解所提出的网络重构问题,将所建立的网络重构模型利用二阶锥松弛方法转换成混合整数二阶锥规划模型,采用 YALMIP、Cplex、Gurobi 等商业软件组合即可对混合整数二阶锥规划模型进行求解。

利用智能算法求解网络重构问题也有较多的学者

展开研究,文献[8]采用强化帕累托进化算法求解多目标网络重构的帕累托最优解集,文献[9-10]采用基于二进制粒子群优化算法求解配电网的最优结构。

3 地区网络重构降损案例分析

3.1 地区网络重构降损案例 1

某地区局部电网如图 1 所示,A 和 B 是由两回 220 kV 线路连接的两座 220 kV 变电站;C 和 D 是两座 110 kV 变电站。原运行方式中,C 变电站由 A 变电站 110 kV 出线供电,D 变电站由 B 变电站 110 kV 出线供电,B 变电站 110 kV 与 C 变电站之间的 110 kV 线路断路器、C 和 D 变电站之间的 110 kV 线路断路器为断开状态。

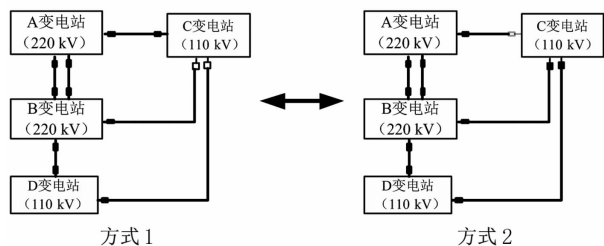


图 1 地区电网局部运行方式

供电方式优化后,将 A 变电站 110 kV 与 C 变电站之间的线路断路器断开,将 B 变电站 110 kV 与 C 变电站之间的线路断路器闭合、D 和 C 变电站之间的线路断路器闭合,C 变电站由 A 变电站供电改为由 B 变电站供电,同时 C 和 D 变电站线路闭合,提高供电可靠性。

在代表日当天,该地区电网在方式 1 和方式 2 两种供电方式下的有功损耗对比如图 2 所示,其中图 2 的有功损耗为地区电网 220~35 kV 的总损耗,不包括 10 kV 及以下电网损耗。地区电网在方式 1 运行时日总损耗为 676.34 MWh,在方式 2 运行时日总损耗为 660.62 MWh。代表日当天,将地区电网网络从方式一转为方式二运行,减少电网损耗 15.72 MWh,损耗降低 2.32%。从图 2 可看出,地区电网局部网络重构前后有较好的降损效果。

为探究方式 1 和方式 2 在不同负荷情况下的运行经济性,将 C 和 D 变电站总负荷从 0 逐渐增加到 2 倍基础负荷大小,方式 1 和方式 2 在不同负荷大小下的系统网损对比如图 3 所示。可看出,随着负荷增大,方式 1 和方式 2 之间的损耗差距逐渐增大,方式 2 的运行经济性更强。

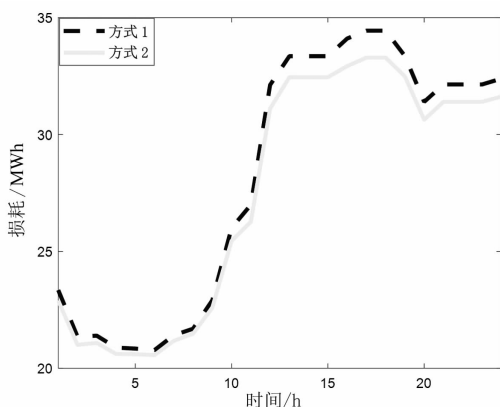


图 2 供电方式转换后有功损耗对比(降损案例 1)

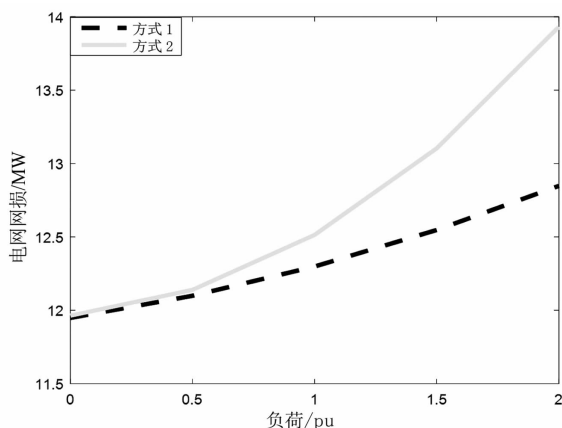


图 3 在不同负荷大小下两种方式损耗对比(降损案例 1)

调度通过实测计算在网络重构降损案例 1 中,电网由方式 1 转换为方式 2,方式 2 运行共计 117 天后,相比于方式 1 运行,累计降损电量 737.1 MWh,方式 1 的运行模式具有长期经济性。

3.2 地区网络重构降损案例 2

地区电网局部运行方式如图 4 所示,A、B 分别为两座 220 kV 变电站。C、D、E 为 110 kV 变电站,在方式 1 中,D 变电站由 A 变电站供电,C、E 变电站由 B 变电站供电,C 变电站与 A、D 变电站线路断开;供电方式优化后,方式 2 中,C、D 变电站由 A 变电站供电,E 变电站由 B 变电站供电。

在代表日当天,为提升电网运行经济性,将地区局部电网由方式 1 调整至方式 2。代表日当天,电网在两种运行方式下的有功损耗对比如图 5 所示。地区 220~35 kV 电网在方式 1 运行情况下,总损耗为 230.22 MWh,在方式 2 的运行情况下,总损耗为 227.83 MWh。代表日当天将方式 1 调为方式 2 运行,日降损 2.39 MWh,降损比例为 1.04%。在不影响电网运行安全性和供电可靠性的前提下,不增加任何操作成本就有较好的降损效果,提升了地区电网运行经济性。

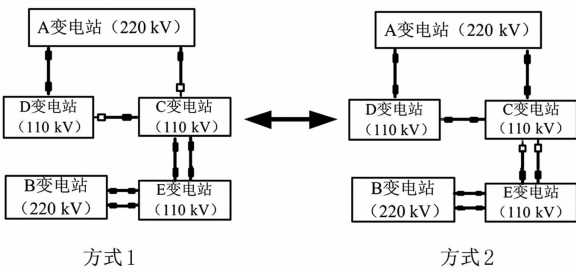


图 4 地区电网局部运行方式

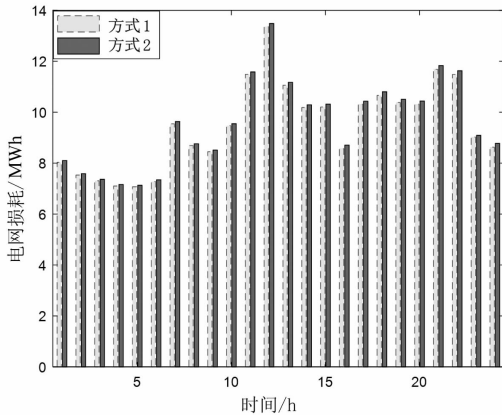


图 5 供电方式转换后有功损耗对比(降损案例 2)

为探究两种方式的临界经济负荷,将变电站 C、D、E 总负荷从 0 逐渐增加至 2 倍基础负荷大小,方式 1 和方式 2 在不同的负荷大小下,系统网损对比如图 6 所示。可看出,在 0.5 倍的基础负荷上,随着负荷逐渐增加,两种方式的运行损耗逐渐增大,大负荷情况下方式 2 运行更经济。

通过实测数据仿真降损案例 2 在某月重构后的降损情况,方式 2 相比于方式 1 月降低损耗 78.23 MWh,方式 1 运行模式具有长期经济性。

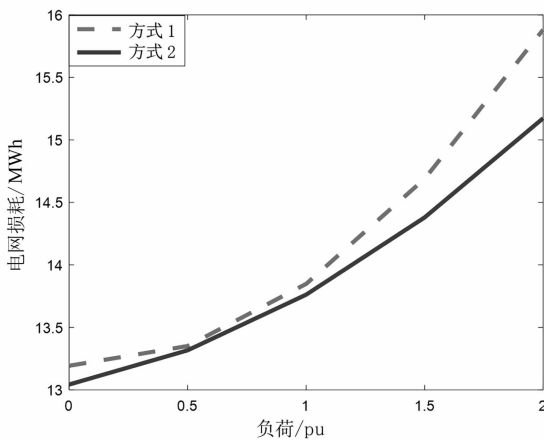


图 6 在不同负荷大小下两种方式损耗对比(降损案例 2)

4 结 语

首先,对网络重构的数学模型和求解方法进行

了简单综述,分析了地区电网通过网络局部重构降低电网有功损耗两个案例。计算了地区电网在不同负荷情况下,不同运行方式的有功损耗,为地区电网长期经济运行的方式选择提供了基础。最后,通过调度实测数据证明了网络重构对电网长期运行具有较好的降损作用。

参考文献

- [1] Liu Y, Wu L, Li J. A Fast LP - based Approach for Roust Dynamic Economic Dispatch Problem: A Feasible Region Projection Method[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2020, 35(5) :4116 - 4119.
- [2] Jin D, Chiang H D, Li P. Two - Timescale Multi - objective Coordinated Volt/Var Optimization for Active Distribution Networks[J]. IEEE Transactions on Power Systems, 2019, 34(6) :4418 - 4428.
- [3] 汲国强, 吴文传, 张伯明, 等. 以降损和载荷均衡为目标地区电网网络重构快速算法[J]. 电网技术, 2012, 36(11) :172 - 178.
- [4] 汤一达, 吴志, 顾伟. 主动配电网故障恢复的重构与孤岛划分统一模型[J]. 电网技术, 2020, 44(7) :2731 - 2740.
- [5] 于浩, 刘家恺, 宋关羽, 等. 基于二阶锥规划的有源配电网多时段负荷恢复方法[J]. 天津大学学报, 2019, 52(12) :1303 - 1311.
- [6] 黄强, 袁晓冬, 张曦, 等. 基于网络重构与 SNOP 协调控制的交直流混合高压配电网阻塞管控模型[J]. 电工电能新技术, 2019, 38(2) :55 - 62.
- [7] 章博, 刘晟源, 林振智, 等. 高比例新能源下考虑需求侧响应和智能软开关的配电网重构[J/OL]. 电力系统自动化, doi. org/10. 7500/AEPS 20190930004.
- [8] 张今, 耿光超, 江全元, 等. 含柔性多状态开关的配电网多目标随机运行优化方法[J]. 高电压技术, 2019, 45(10) :3140 - 3148.
- [9] J. Liu, H. Chiang. Maximizing Available Delivery Capability of Unbalanced Distribution Networks for High Penetration of Distributed Generators[J]. IEEE Transactions on Power Delivery, 2017, 32(3) :1196 - 1202.
- [10] Y. Fu, H. Chiang. Toward Optimal Multi - period Network reconfiguration for Increasing the Hosting Capacity of Distribution networks[C]. 2017 IEEE Power & Energy Society General Meeting, Chicago, 2017:1 - 5.

作者简介:

靳 旦(1995),女,硕士研究生,助理工程师,主要研究方向为电网经济运行和新能源消纳相关技术。

(收稿日期:2020 - 11 - 10)