



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105356455 A

(43) 申请公布日 2016. 02. 24

(21) 申请号 201510791462. 4

(22) 申请日 2015. 11. 17

(71) 申请人 国网上海市电力公司

地址 200002 上海市黄浦区南京东路 181 号

申请人 华东电力试验研究院有限公司

(72) 发明人 刘俊 杨帆 陆冰冰

(74) 专利代理机构 上海信好专利代理事务所

(普通合伙) 31249

代理人 徐茂泰 周荣芳

(51) Int. Cl.

H02J 3/00(2006. 01)

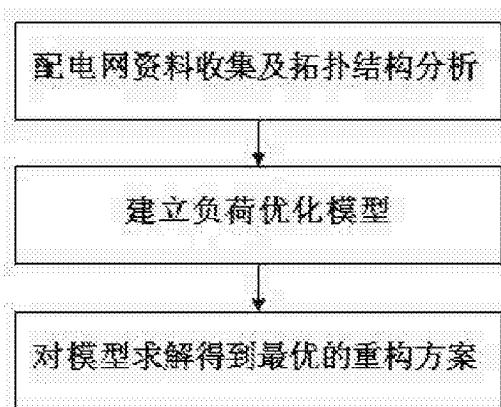
权利要求书1页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于配网重构的网损降低方法

(57) 摘要

本发明公开了一种基于配网重构的网损降低方法，首先对配网信息进行整理，包括负荷节点及其有功功率和无功功率，线路电阻参数，开关位置以及开关状态。其次将整理好的信息代入建立的负荷优化模型进行优化计算，最终得到最优重构方案。通过本发明方法得到的配电网重构，对负荷进行优化，能够降低网损，提高系统供电的可靠性和安全性。



1. 一种基于配网重构的网损降低方法, 其特征在于, 包含以下过程:

对配网信息进行整理, 包括负荷节点及其有功功率和无功功率, 线路电阻参数, 开关位置以及开关状态;

建立负荷优化模型, 将整理好的配网信息代入模型进行优化计算, 得到最优的重构方案, 并保证方案的连通性和放射性;

其中, 所述负荷优化模型以网损最小为目标函数;

网损  $P_{Loss}$  通过潮流计算得到, 计算公式为

$$P_{Loss} = \sum_{i=1}^{n_b} k_i r_i |I_i|^2$$

式中 : $n_b$  为配电网的支路数 ; $r_i$  为第  $i$  支路的电阻 ; $I_i$  为流过第  $i$  条支路的电流 ; $k_i$  为开关节点  $i$  的状态,  $k_i = 0$  表示分断,  $k_i = 1$  表示闭合;

所述负荷优化模型的约束条件, 包含:

支路容量约束, 表示流经支路的功率不能大于该支路的最大功率:

$$P_{ij} \leq P_{ij\max}$$

$$Q_{ij} \leq Q_{ij\max}$$

$P_{ij}$ 、 $P_{ij\max}$  分别为支路  $i-j$  的有功功率和支路  $i-j$  的有功最大值;

$Q_{ij}$ 、 $Q_{ij\max}$  分别为支路  $i-j$  的无功功率和支路  $i-j$  的无功最大值;

节点电压约束, 表示节点的电压不能超过该节点允许通过的电压上下限:

$$U_{imin} \leq U_i \leq U_{imax}$$

$U_i$ 、 $U_{imin}$ 、 $U_{imax}$  分别为节点  $i$  的电压、节点  $i$  的电压最小值和节点  $i$  的电压最大值;

并且, 进行开关倒换时, 使网络保持辐射状结构、无孤岛, 以及除去断开、闭合的开关外, 使网络的拓扑结构保持不变。

2. 如权利要求 1 所述一种基于配网重构的网损降低方法, 其特征在于,

确定重构前系统的拓扑结构, 包括开关的位置, 开关的状态, 负荷节点及其有功功率和无功功率, 线路的起始节点和末端节点, 线路的电阻;

根据负荷优化模型计算各种重构方案下, 计算断开不同开关时的总有功网损, 计算各方案重构后与重构前总有功网损的差值及误差百分比, 取误差百分比数值高的重构方案作为最优方案。

## 一种基于配网重构的网损降低方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及配电网领域,特别涉及一种基于配网重构的网损降低方法。

### 背景技术

[0002] 配电网线损尤其是 10kV 低压侧线路的损耗,是配电网损失较多的一个环节之一,是线损管理工作的重点之一。为保证电力网络供电的可靠性和安全性,中低压侧配网的接线方式和运行方式变得越来越复杂,逐渐趋向多元化,多条线路相互联络,实行环网的供电模式。随着国民经济的不断发展及负荷密度的不断提高,中压配电网的电能损耗也在逐渐增大。如何更有效地降低电能在传输过程中的损耗,即节能降损已成为电网运行中要解决的问题。

[0003] 配电网的节能降损能力提升是配电网的重要工作,同时也是体现配电网管理水准的重要指标。改造配电网是提升配网能力的重要手段。在正常运行状态下,为了提高网络的可靠性和经济性,需要定期根据负荷的变化情况通过调整这些开关的状态来重新构造配电网的运行结构,使负荷在各馈线之间相互转移而得到合理分配,不仅能够提高供电的可靠性和安全性,而且能降低网损。

### 发明内容

[0004] 为平衡重载变压器的负载率,降低网损,本发明提出了一种基于潮流进行配网重构从而达到降低网损目的的方法,实现变压器之间负载率的平衡,提高供电可靠性。

[0005] 为了达到上述目的,本发明的技术方案是提供一种基于配网重构的网损降低方法,其包含以下过程:

[0006] 对配网信息进行整理,包括负荷节点及其有功功率和无功功率,线路电阻参数,开关位置以及开关状态;

[0007] 建立负荷优化模型,将整理好的配网信息代入模型进行优化计算,得到最优的重构方案,并保证方案的连通性和放射性;

[0008] 其中,所述负荷优化模型以网损最小为目标函数;

[0009] 网损  $P_{Loss}$  通过潮流计算得到,计算公式为

$$[0010] P_{Loss} = \sum_{i=1}^{n_b} k_i r_i |\dot{I}_i|^2$$

[0011] 式中 : $n_b$  为配电网的支路数 ; $r_i$  为第  $i$  支路的电阻 ; $\dot{I}_i$  为流过第  $i$  条支路的电流 ; $k_i$  为开关节点  $i$  的状态,  $k_i = 0$  表示分断,  $k_i = 1$  表示闭合;

[0012] 所述负荷优化模型的约束条件,包含:

[0013] 支路容量约束,表示流经支路的功率不能大于该支路的最大功率:

$$[0014] P_{ij} \leq P_{ijmax}$$

$$[0015] Q_{ij} \leq Q_{ijmax}$$

- [0016]  $P_{ij}$ 、 $P_{ij\max}$  分别为支路  $i-j$  的有功功率和支路  $i-j$  的有功最大值；
- [0017]  $Q_{ij}$ 、 $Q_{ij\max}$  分别为支路  $i-j$  的无功功率和支路  $i-j$  的无功最大值；
- [0018] 节点电压约束，表示节点的电压不能超过该节点允许通过的电压上下限：
- [0019]  $U_{i\min} \leq U_i \leq U_{i\max}$
- [0020]  $U_i$ 、 $U_{i\min}$ 、 $U_{i\max}$  分别为节点  $i$  的电压、节点  $i$  的电压最小值和节点  $i$  的电压最大值；
- [0021] 并且，进行开关倒换时，使网络保持辐射状结构、无孤岛，以及除去断开、闭合的开关外，使网络的拓扑结构保持不变。
- [0022] 优选地，确定重构前系统的拓扑结构，包括开关的位置，开关的状态，负荷节点及其有功功率和无功功率，线路的起始节点和末端节点，线路的电阻；
- [0023] 根据负荷优化模型计算各种重构方案下，计算断开不同开关时的总有功网损，计算各方案重构后与重构前总有功网损的差值及误差百分比，取误差百分比数值高的重构方案作为最优方案。
- [0024] 本发明公开了一种通过配网重构进行降低网损的方法，通过实施本发明，可以取得以下优异技术效果：通过改变开关的状态进行负荷重构，降低配电网的线损，提升效益，提高供电可靠性和安全性。

## 附图说明

[0025] 图 1 为本发明一个实施算例中某 35kV 变电站系统的拓扑图。

图 2 为实施本发明所述网损降低方法的流程图。

## 具体实施方式

[0026] 本发明基于潮流，通过对配电网进行开关重构，从而达到降损的目的，具体包含如下过程：

[0027] 本发明基于潮流，通过对配电网进行开关重构，从而达到降损的目的，如图 2 所示，具体包含如下过程：

- [0028] 拓扑结构分析：包括开关的位置，开关的状态；
- [0029] 建立负荷优化模型；
- [0030] 对模型进行求解，得到最优的重构方案。
- [0031] 其中，建立的负荷优化模型，包括：目标函数和约束条件。
- [0032] 1) 目标函数
- [0033] 以网损最小为目标函数。
- [0034] 网损的计算公式  $P_{Loss}$  可以表示为公式 (1) 所示。

$$[0035] P_{Loss} = \sum_{i=1}^{n_b} k_i r_i |\dot{I}_i|^2 \quad (1)$$

[0036] 式中： $n_b$  为配电网的支路数； $r_i$  为第  $i$  支路的电阻； $\dot{I}_i$  为流过第  $i$  条支路的电流； $k_i$  为开关（节点） $i$  的状态， $k_i = 0$  表示分断， $k_i = 1$  表示闭合。

[0037] 配电网损  $P_{Loss}$  通过潮流计算得到。

[0038] 2) 约束条件

[0039] a) 支路容量约束

[0040] 支路容量约束表示流经支路的功率不能大于该支路的最大功率,如公式(2)所示。

$$P_{ij} \leq P_{ij\max} \quad (2)$$

$$Q_{ij} \leq Q_{ij\max}$$

[0043]  $P_{ij}$ 、 $P_{ij\max}$ 分别为支路  $i-j$  的有功功率和支路  $i-j$  的有功最大值;

[0044]  $Q_{ij}$ 、 $Q_{ij\max}$ 分别为支路  $i-j$  的无功功率和支路  $i-j$  的无功最大值。

[0045] b) 节点电压约束

[0046] 节点电压约束表示节点的电压不能超过该节点允许通过的电压上下限,如公式(3)所示。

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

[0048]  $U_i$ 、 $U_{i\min}$ 、 $U_{i\max}$ 分别为节点  $i$  的电压、节点  $i$  的电压最小值和节点  $i$  的电压最大值。

[0049] 在配电系统中,馈线重构用来平衡负荷。连通性和放射性是配电网重构模型中最基本的约束条件,在重构的整个求解过程中始终要保证解方案的连通性和放射性。除了电气约束条件必须满足之外,开关倒换要遵从以下原则:

[0050] I ) 网络必须保持辐射状结构;

[0051] II ) 无孤岛;

[0052] III ) 除去断开 / 闭合的开关外,网络的拓扑结构保持不变。

[0053] 根据确定系统的拓扑结构,包括开关的位置,开关的状态,负荷节点及其有功功率和无功功率,线路的起始节点和末端节点,线路的电阻。将这些参数代入建立的负荷优化模型,并对模型进行优化计算。

[0054] 通过以下的一个具体示例,说明本发明所述基于配网重构的网损降低方法的过程:

[0055] 步骤 1 :画出系统的拓扑结构图,确定各个节点及开关状态,以及线路和节点参数,如表 1 和表 2 所示。

[0056] 如图 1 所示,为某变电站拓扑图,序号 1-11 表示负荷节点,序号 (1)-(11) 表示线路,重构前的开关状态是:开关 (10) 和 (11) 断开,其余开关均闭合。

[0057] 表 1 线路参数及对应开关

[0058]

线路序号	起始节点	终止节点	电阻 R(Ω)	开关编号
1	1	3	1.89	(1)
2	3	4	0.1194	(2)
3	4	6	0.1308	(4)
4	4	5	0.297	(3)
5	6	7	0.63648	(5)
6	2	8	0.17896	(6)
7	8	9	0.08955	(7)
8	8	10	0.13192	(8)
9	10	11	0.06766	(9)

[0059]

10	5	7	0.1194	(10)
11	7	11	0.1194	(11)

[0060] 表 2 节点参数

[0061]

节点序号	P(有功功率, MW)	Q(无功功率, MVA)
1	1.2	0.26
2	0.774	0.151
3	0.16	0.016648
4	0.13	0.013648
5	0.19	0.019
6	0.222752	0.06592
7	0.48	0.133158
8	0.1676	0.0373
9	0.159072	0.0268
10	0.271248	0.058656
11	0.164	0.0205

[0062] 步骤 2 :参数整理完毕,对上述由 (1) (2) (3) 以及开关倒换原则组成的模型进行优化求解。

[0063] 步骤 3 :得到计算结果,选择出最优方案。如表 3所示。

[0064] 表 3某 35kV 变电站配网重构结果

[0065]

序号	开关状态		有功网损 P/MW
	闭合	断开	

[0066]

1	(1),(2),(5),(6),(7),(8),(9),(10),(11)	(3),(4)	<b><u>0.009405</u></b>
2	(1),(2),(4),(6),(7),(8),(9),(10),(11)	(3),(5)	<b><u>0.010222</u></b>
3	(1),(2),(4),(5),(6),(7),(8),(9),(10)	(3),(11)	0.023564
4	(1),(2),(4),(5),(6),(7),(8),(10),(11)	(3),(9)	0.031583
5	(1),(2),(4),(5),(6),(8),(9),(10),(11)	(3),(7)	0.049444
6	(1),(2),(3),(5),(6),(7),(9),(10),(11)	(8),(4)	0.013938
7	(1),(2),(3),(4),(6),(7),(9),(10),(11)	(8),(5)	0.018193
8	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(9),(10)	(8),(11)	0.039304
9	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(10),(11)	(8),(9)	0.050053
10	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(9),(10),(11)	(8),(7)	0.072663
11	(1),(2),(3),(5),(6),(7),(8),(9),(11)	(10),(4)	0.011076
12	(1),(2),(3),(4),(6),(7),(8),(9),(11)	(10),(5)	0.013728
13	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8),(9)	(10),(11)	<b><u>0.031218</u></b>
14	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(7),(8),(11)	(10),(9)	0.040699
15	(1),(2),(3),(4),(5),(6),(8),(9),(11)	(10),(7)	0.061097

[0067] 由图 1 可知, 重构前, 该变电站开关的状态是, 开关 (10) 和开关 (11) 断开, 其余开关均闭合, 即表 3 中的第 13 种情况 (简称重构前)。由表 3 可看出, 重构前, 该变电站的总有功网损为 0.031218MW。重构后, 只断开开关 (3)、(4) 的情况下, 总有功网损最低, 为 0.009405MW, 即表 3 中的第 1 种情况 (简称 A1); 只断开开关 (3)、(5) 的情况下, 总有功网损次低, 为 0.010222MW, 即表 3 中的第 2 种情况 (简称 A2)。

[0068] 对 A1、A2 和重构前的总有功网损的差值与误差百分比进行了计算, 如 表 4 所示。其中, P 表示有功网损, 单位为 MW, 差值 1 为 A1 与重构前的网损之差, 差值 2 为 A2 与重构前的网损之差, 误差 1 为 A1 与与重构前的网损误差之比值, 误差 2 为 A2 与与重构前的网损误差之比值。

[0069] 由表 4 可知, 重构后, A1 的总有功网损较重构前降低了 69.87%; A2 的总有功网损较重构前降低了 67.26%。由此可见, 重构后网损得到的较大的改善, 在满足电力系统安全可靠运行的情况下, 为电力系统带来了较大的经济效益。A1 和 A2, 相对重构前而言, 总有功

网损误差相差不大,故可取 A1 或者 A2 的重构方案。

[0070] 表 4A1、A2 和重构前总有功网损的差值与误差百分比

[0071]

A1 (MW)	A2 (MW)	重构前 (MW)	差值 1 (MW)	差值 2 (MW)	误差 1 (%)	误差 2 (%)
0.009405	0.010222	0.031218	0.021813	0.020996	69.87	67.26

[0072] 通过实施本发明可以取得以下有益技术效果 :通过对配电网中的开关状态进行重新配置,可以得到网损较低的运行方式,从而能够降低网损,带来很大的经济效益,并提供了系统供电的可靠性和安全性。

[0073] 以上所示仅为本发明的具体实施算例,但本发明的技术特征并不局限于此,任何本领域的技术人员在本发明的领域内,所做的变化或修饰皆涵盖在本发明的专利范围内。

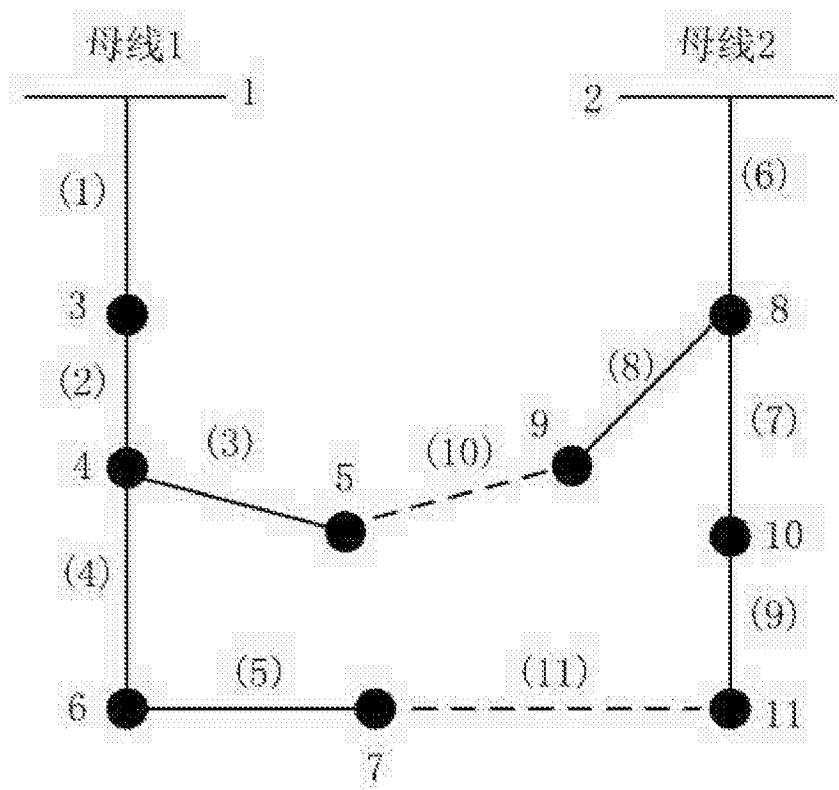


图 1

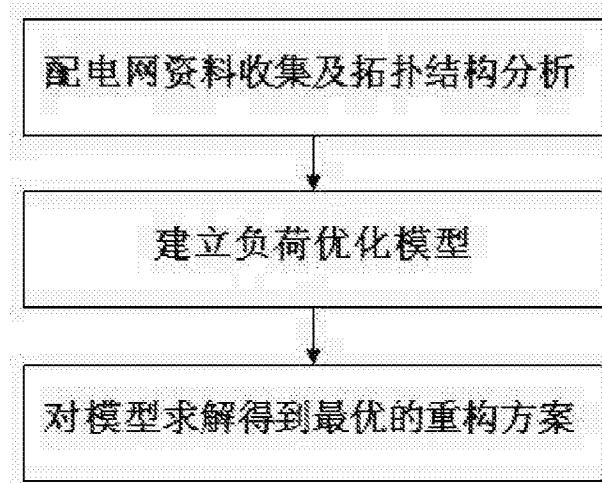


图 2