

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H02J 3/18 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200710024552.6

[43] 公开日 2008年2月6日

[11] 公开号 CN 101119030A

[22] 申请日 2007.6.22

[21] 申请号 200710024552.6

[71] 申请人 泰州苏源科电有限公司

地址 225300 江苏省泰州市凤凰西路2号

[72] 发明人 许杏桃 李进 卢春 丁伟

王刚 廖小云 李然

[74] 专利代理机构 泰州地益专利事务所

代理人 王楚云

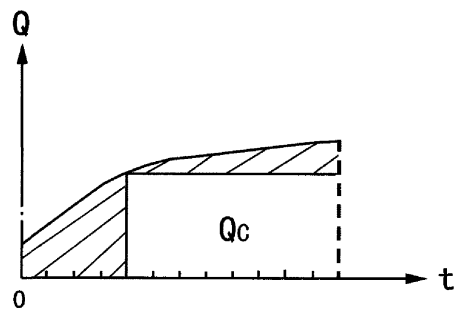
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

[54] 发明名称

10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法

[57] 摘要

本发明公开了一种 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，通过在配电网线路上安装线路补偿电容器，在配电网变压器低压侧安装配变补偿电容器，以确保配电网最终用户电压合格，配电网电能损耗尽可能小。线路补偿电容器包括 10KV 和 0.4KV 线路补偿电容器，配变补偿电容器为 0.4KV 配变补偿电容器，改变以“确保变电站 10KV 母线电压合格”为“确保配电网最终用户端电压合格”为电压优化控制目标，使“满足全配电网线损率最小、各节点电压合格率最高”成为可能。



1、一种 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于通过在配电网线路上安装线路补偿电容器，在配电网变压器低压侧安装配变补偿电容器，以确保配电网最终用户电压合格，配电网电能损耗尽可能小。

2、根据权利要求 1 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于线路补偿电容器包括 10KV 和 0.4KV 线路补偿电容器，其中 10KV 线路补偿电容器用于补偿 10KV 线路传输的无功功率和提高整个配电网电压水平，0.4KV 线路补偿电容器主要用于提高用户端电压。

3、根据权利要求 1 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于配变补偿电容器为 0.4KV 配变补偿电容器，用于补偿配变负荷无功功率。

4、根据权利要求 2 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于根据线路有功网损最小原则配置线路补偿电容器，确定安装位置及容量。

5、根据权利要求 3 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于根据补偿后负荷无功最小原则配置配变补偿电容器。

6、根据权利要求 4 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于无功负荷沿线路非均匀分布时，根据公式 (1)

$$\begin{cases} \int_{L_1}^{L_0} Q(l)dl - Q_c \times (L_0 - L_1) = 0 \\ Q_c = 2Q(L_1) \end{cases} \quad (1)$$

其中， L_1 为安装位置， Q_c 为安装容量， L_0 为线路长度， $Q(l)$ 为无功功率分布函数等于 $\int q(l)dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数；

求得某瞬时时刻下只安装一组线路补偿电容器的 L_1 、 Q_c 值，该值使配电网有功网损最小。

7、根据权利要求 4 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于无功负荷沿线路非均匀分布时，根据公式（2）

$$\begin{cases} Q_{c1} = 2Q(L_1) \\ Q_{c2} = 2Q(L_2) - 4Q(L_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 2Q(L_1)] = \int_{L_2}^{L_0} Q(l) dl \\ (L_0 - L_1) \times 2Q(L_1) + (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 4Q(L_1)] = \int_{L_1}^{L_0} Q(l) dl \end{cases} \quad (2)$$

其中， L_1 、 L_2 为安装位置， Q_{c1} 、 Q_{c2} 为安装容量， L_0 为线路长度， $Q(l)$ 为无功功率分布函数 $\int q(l) dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数；

求得某瞬时时刻下安装两组线路补偿电容器的 L_1 、 L_2 、 Q_{c1} 、 Q_{c2} 值，该值使配电网有功网损最小。

8、根据权利要求 6 所述的 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，其特征在于配置电容器时，线路补偿电容器的安装位置不变，当配电网负荷不同时，根据有功网损最小原则，由公式（1）求得不同 Q_{ci} ，将所得的 Q_{ci} 投入到安装位置，考察相同时间段中该线路的实际有功网损，取使得该线路网损最小情况下的 Q_{ci} 。

10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法

技术领域

本发明涉及一种 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法。

背景技术

电力系统无功电压控制可分为三个层面：一是电力客户级，即 10kV 及以下配电网；二是 220KV 及以下输电网级，含电厂；三是 220KV 及以上电网，不含电厂。目前，10kV 及以下配电网承担着巨大的电力客户供电任务。向电力客户提高合格的电能，确保可靠供电，是供电系统的主要职责。电压合格率是配电网最重要的质量指标，配电线损率是配电网最重要的经济指标。有效的电压控制、合理的无功补偿和电能质量的监测治理，不仅能保证电压质量，而且提高电力系统运行的稳定性和安全性，降低电网电能损耗，提高电网设备输电能力，充分发挥配电网运行经济效益。配电网电压不合格对电气设备安全运行、产品质量和生产单耗将带来巨大的损失。10kV 及以下配电网中无功电压的控制未采用线路补偿，10kV 及以下配电网中公用配变为无载变，配电网运行电压的合格率取决于集控中心对变电站 10KV 母线电压的控制水平，集控中心不能做到依据公用配变出口电压或用户端电压高低来对变电站 10KV 母线电压的进行控制，经常造成变电站电压合格，而客户端电压不合格。

发明内容

本发明提供一种 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，实现全配电网客户端最大范围的电压合格，实现全配电网电能损耗尽可能小。

本发明是这样实现的：一种 10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法，通过在配电网线路上安装线路补偿电容器，在配电网变压器低压侧安装配变补偿电容器，以确保配电网最终用户电压合格，配电网电能损耗尽可能小。

线路补偿电容器包括 10KV 和 0.4KV 线路补偿电容器，其中 10KV 线路补偿电容器用于补偿 10kV 线路传输的无功功率和提高整个配电网电压水平，0.4KV 线路补偿电容器主要用于提高用户端电压。配变补偿电容器为 0.4KV 配变补偿

电容器，用于补偿配变负荷无功功率。

根据线路有功网损最小原则配置线路补偿电容器，确定安装位置及容量。

根据补偿后负荷无功最小原则配置配变补偿电容器。

无功负荷沿线路非均匀分布时，根据公式（1）

$$\begin{cases} \int_{L_1}^{L_0} Q(l)dl - Q_c \times (L_0 - L_1) = 0 \\ Q_c = 2Q(L_1) \end{cases} \quad (1)$$

其中， L_1 为安装位置， Q_c 为安装容量， L_0 为线路长度， $Q(l)$ 为无功功率分布函数等于 $\int_0^l q(l)dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数；

求得某瞬时时刻下只安装一组线路补偿电容器的 L_1 、 Q_c 值，该值使配电网有功网损最小。

无功负荷沿线路非均匀分布时，根据公式（2）

$$\begin{cases} Q_{c1} = 2Q(L_1) \\ Q_{c2} = 2Q(L_2) - 4Q(L_1) \\ (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 2Q(L_1)] = \int_{L_2}^{L_0} Q(l)dl \\ (L_0 - L_1) \times 2Q(L_1) + (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 4Q(L_1)] = \int_{L_1}^{L_0} Q(l)dl \end{cases}$$

其中， L_1 、 L_2 为安装位置， Q_{c1} 、 Q_{c2} 为安装容量， L_0 为线路长度， $Q(l)$ 为无功功率分布函数 $\int_0^l q(l)dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数；

求得某瞬时时刻下安装两组线路补偿电容器的 L_1 、 L_2 、 Q_{c1} 、 Q_{c2} 值，该值使配电网有功网损最小。

配置电容器时，线路补偿电容器的安装位置不变，当配电网负荷不同时，根据有功网损最小原则，由公式（1）求得不同 Q_{ci} ，将所得的 Q_{ci} 投入到安装位置，考察相同时间段中该线路的实际有功网损，取使得该线路网损最小情况下的 Q_{ci} 。

采用如上技术方案后，通过在配电网线路上安装线路补偿电容器，在配电

网变压器低压侧安装配变补偿电容器,改变以“确保变电站 10kV 母线电压合格”为“确保配电网最终用户端电压合格”为电压优化控制目标,使“满足全配电网线损率最小、各节点电压合格率最高”成为可能。在线路补偿电容器安装位置确定的情况下,根据配电网实际负荷,计算线路补偿电容器的不同配置容量,考察相同时间段中该线路的实际有功网损,选取使得该线路网损最小的电容器配置容量,使得本发明配置方法能真正应用于实际 10KV 及以下配电网线路中。附图说明

图 1 为配电网变压器负荷无功曲线图

图 2 为安装配变补偿电容器后负荷无功曲线图

具体实施方式

10KV 及以下配电网补偿电容器配置方法,通过在配电网线路上安装线路补偿电容器,在配电网变压器低压侧安装配变补偿电容器,以确保配电网最终用户电压合格,配电网电能损耗尽可能小。线路补偿电容器包括 10KV 和 0.4KV 线路补偿电容器,其中 10KV 线路补偿电容器用于补偿 10kV 线路传输的无功功率和提高整个配电网电压水平,0.4KV 线路补偿电容器主要用于提高用户端电压。配变补偿电容器为 0.4KV 配变补偿电容器,用于补偿配变负荷无功功率。

下面以 10KV 线路补偿电容器配置方法为例具体说明。

无功负荷沿线路非均匀分布时,如果只装一组线路补偿电容器, $Q(l)$ 为无功功率分布函数, r 为线路的电阻, L_0 为线路总长度, L_1 为线路补偿电容器安装的位置, Q_c 为线路上要安装的容量,得出有功网损的公式:

$$\Delta P = \int_0^{L_1} Q^2(l)rdl + \int_{L_1}^{L_0} (Q(l) - Q_c)^2rdl \quad (3)$$

要求出 ΔP 的最小值,只需对 ΔP 求偏导即可。

将 ΔP 对 L_1, Q_c 求偏导数,即可推得

$$\begin{cases} \int_{L_1}^{L_0} Q(l)dl - Q_c \times (L_0 - L_1) = 0 \\ Q_c = 2Q(L_1) \end{cases} \quad (1)$$

其中, L_1 为安装位置, Q_c 为安装容量, L_0 为线路长度, $Q(l)$ 为无功功率分

布函数等于 $\int q(l)dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数。

由公式 (1) 解得的 L_1 ， Q_c 即为当前时刻，当前状态有功网损最小情况下的极值。因为满足 (1) 的解可能有多组，即 (3) 存在多组极值解。将各极值解分别代入 (3) 求出 ΔP ，使 ΔP 最小情况下的那组极值解，即为电容器的最佳配置信息。

如果安装两组补偿电容器时

$$\text{同理由 } \Delta P = \int_0^{L_1} Q^2(l)rdl + \int_{L_1}^{L_2} (Q(l) - Q_{c1})^2rdl + \int_{L_2}^{L_0} (Q(l) - Q_{c1} - Q_{c2})^2rdl \quad (4)$$

分别对 L_1, L_2, Q_{c1}, Q_{c2} 求偏导可得：

$$\begin{cases} Q_{c1} = 2Q(L_1) \\ Q_{c2} = 2Q(L_2) - 4Q(L_1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 2Q(L_1)] = \int_{L_2}^{L_0} Q(l)dl \\ (L_0 - L_1) \times 2Q(L_1) + (L_0 - L_2) \times [2Q(L_2) - 4Q(L_1)] = \int_{L_1}^{L_0} Q(l)dl \end{cases} \quad (2)$$

其中， L_1 、 L_2 为安装位置， Q_{c1} 、 Q_{c2} 为安装容量， L_0 为线路长度， $Q(l)$ 为无功功率分布函数 $\int q(l)dl$ ， $q(l)$ 为负荷无功功率函数。

此时由 (2) 解得的 L_1 ， L_2 ， Q_{c1} ， Q_{c2} 即为当前时刻，当前状态有功网损最小情况下的极值解。同样，因为满足 (2) 的解可能有多组，即 (4) 存在多组极值解。将各极值解分别代入 (4) 求出 ΔP ，使 ΔP 最小情况下的那组极值解，即为电容器的最佳配置信息。

分析、选取电容器值必须能满足 24 小时运行效率最高。由于在一条输电线路中，补偿线路无功的电容器的最佳安装位置经公式 (1)、(2) 求出后，一般是不会发生变化的。由公式 (1)，(2) 推出的是瞬时功率最小情况下的最优解，而实际电网中的负荷随着各个时刻变化，即 $q(l)$ 是随着实际负荷的波动而变化的，但是补偿电容器的容量是一定的，一旦投入运行 Q_c 也就确定了，若此时实际电网中的负荷发生了变化，即 $q(l)$ 发生了变化，那么由 Q_c 代入 (3) 或 (4) 所求得的 ΔP 也就不是理论计算出的最小值了。

从实际的工程角度着眼，以只装一组电容器时的情况为例，一般考虑一天 24 小时的整点时刻到来时（或者也可采用一天 48 个点，即每隔 30 分钟），使 ΔP 取最小的 Q_c 值，即考虑在可投入电容器的 L_1 点位置，24 个不同时刻的 Q_{c1} ，其中

取最小的 Q_c 值，即考虑在可投入电容器的 L_1 点位置，24 个不同时刻的 Q_{ci} ，其中 $i=1, 2, 3, \dots, 24$ 。

究竟取哪个容量的 Q_{ci} ，只需将此容量为 Q_{ci} 的电容器投入到指定的安装位置，再考察相同时间段内该线路的实际有功网损即可，最后取电容器投入后使得该线路网损最小情况下的 Q_{ci} 。

安装两组电容器时的情况同上述。

配变低压侧补偿电容器的配置，是根据补偿后负荷无功最小原则进行的。

图 1 为配电网变压器低压侧的负荷无功的时间曲线，图 2 为配电网变压器低压侧安装了补偿电容器的负荷无功的时间曲线。

如果只装设一组补偿电容器，则应按以下原则进行配置：取一 Q_c 让图 2 中阴影部分面积尽可能小，也即补偿后负荷无功最小，阴影部分面积越小补偿效果越佳。图 1 表示的是连续 24 小时实际无功负荷的变化情况。图 2 是将 24 小时无功负荷按从小到大的顺序排列的无功负荷图，便于问题的分析。

如果装设二组补偿电容器，一般取一组电容器容量较大，用于补偿正常无功负荷；另一组取较小，用于高峰负荷叠加补偿或低谷负荷单独补偿，也可取两组电容器容量相等。

安装 0.40kV 线路补偿电容器，主要是用于提高用户端电压，当然也兼补偿；10kV 线路电容器用于补偿 10kV 线路传输的无功功率和提高整个配电网电压水平；0.4KV 配电网变压器低压侧补偿电容器主要用于补偿配变负荷中无功功率，以保证客户端电压合格，配电网的电能损耗尽可能小。

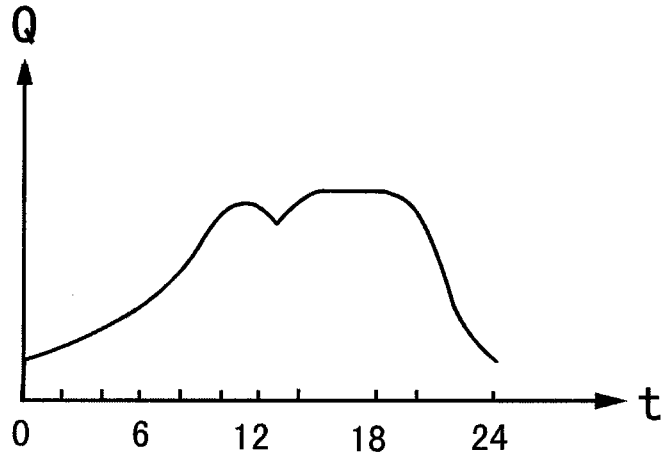


图 1

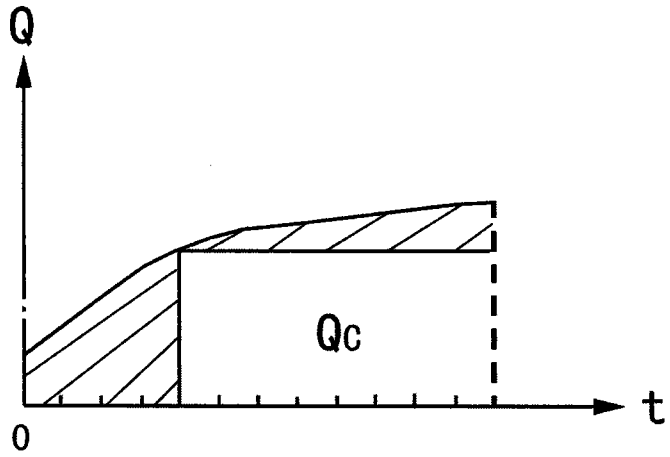


图 2