



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109713680 A

(43)申请公布日 2019.05.03

(21)申请号 201910181570.8

(22)申请日 2019.03.11

(71)申请人 云南电网有限责任公司电力科学研
究院

地址 650217 云南省昆明市经济技术开发
区云大西路105号

(72)发明人 杨蕾 奚鑫泽 和鹏 孟贤 郭成
陈勇 向川

(74)专利代理机构 北京弘权知识产权代理事务
所(普通合伙) 11363

代理人 逯长明 许伟群

(51)Int.Cl.

H02J 3/16(2006.01)

H02J 3/18(2006.01)

权利要求书2页 说明书6页

(54)发明名称

基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调
节方法

(57)摘要

本发明提供一种基于改进灵敏度法的地区
电网电压快速调节方法,以地区电网无功设备投
退引起的各点电压灵敏度为基础,以地区电网各
电压监测点的改进灵敏度为序列,进行地区电网
无功设备投退的各点电压准确快速预测,能够更
加准确地预测各无功设备投退后地区电网各点
电压变化,进而得出满足特定电压需求的地区电
网电压调节最优方案,为运行人员提供一种快速
的地区电网电压调节建议,解决了实际电网调压
过度依赖调度员的运行现状,可以保障地区电网
电压的安全稳定运行。

1. 一种基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,其特征在于,包括:

统计地区电网厂站的无功设备和无功补偿容量,包括对地区内各个电网厂站的电容器和电抗器,以及发电厂迟相和进相能力进行分类汇总;

通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最低点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个厂站的无功容性设备,记录该厂站无功容性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值;

计算该厂站无功容性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度;

通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最高点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个厂站的无功感性设备,记录该厂站无功感性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值;

计算该厂站感性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度;

当地区电网投入为容性无功功率时,第i号变电站电容器投退第j号厂站的改进的电压灵敏度为: $Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_{ij}^0}{U_j^r})^2$,

当地区电网投入为感性无功功率时,第i号变电站电抗器投退第j号厂站的改进的电压灵敏度为: $Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_j^r}{U_{ij}^0})^2$,

其中, S_i^j 为电压灵敏度, U_{ij}^0 为计算 S_i^j 的初始电压, U_j^r 为电网该时刻实际的电压值;

生成地区电网每个厂站无功设备投切的改进灵敏度序列;

根据改进灵敏度序列生成满足电压需求的地区电网电压调整方案。

2. 根据权利要求1所述的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,其特征在于,电压灵敏度 S_i^j 具有如下关系式:

$$S_i^j = \frac{\sum_{q=1}^k (U_j^q - U_j^{q-1})}{k - 1}$$

其中,k为大于1的整数。

3. 根据权利要求1所述的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,其特征在于,还包括:综合p个厂站的容性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为:

$$U_j(1) = U_j^r + S_1^j \times (\frac{U_{1j}^0}{U_j^r})^2$$

$$U_j(2) = U_j(1) + S_2^j \times (\frac{U_{2j}^0}{U_j(1)})^2$$

⋮

$$U_j(p) = U_j(p-1) + S_p^j \times (\frac{U_{pj}^0}{U_j(p-1)})^2。$$

4. 根据权利要求3所述的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,其特征在于,还包括:综合p个厂站的感性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为:

$$U_j(1) = U_j^r - S_1^j \times \left(\frac{U_j^r}{U_{1j}^0}\right)^2$$

$$U_j(2) = U_j(1) - S_2^j \times \left(\frac{U_j(1)}{U_{2j}^0}\right)^2$$

⋮

$$U_j(p) = U_j(p-1) - S_p^j \times \left(\frac{U_j(p-1)}{U_{pj}^0}\right)^2。$$

5. 根据权利要求4所述的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,其特征在于,根据改进灵敏度序列生成满足电压需求的地区电网电压调整方案包括:采用如下优化算法求得使j节点电压达到期望值 U_j^d 的最简调压方案:

$$\begin{cases} \min p \\ U_j(p) - U_j^d \geq 0 (\text{电压超过 } U_j^d) \text{ 或者 } U_j(p) - U_j^d \leq 0 (\text{电压低于 } U_j^d) \\ 0.9 \leq U_i^*(p) \leq 1.1 \end{cases}$$

其中, $U_i^*(p)$ 为第i个电压监测点的最终电压标么值。

基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法

技术领域

[0001] 本发明涉及电网电压调节技术领域,尤其涉及一种基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法。

背景技术

[0002] 随着电力系统的跨国互联,电网的规模越来越大,对于送往国外地区的电网,在签订合作协议时,往往对边界电站的电压和功率因数提出了明确的指标要求,这部分电网分属于两国各自的调度机构,缺乏彼此的负荷和电源预测,彼此相对于对方电网类似于黑匣子,调度部门需要对黑匣子电网的变化做出快速响应,以满足边界电站的指标要求。因此,维持跨国电网的电压安全稳定运行,对于跨国送电尤为重要。

[0003] 然而,对于这种黑匣子电网以及国际合作地区电网来说,调度员难以采取有效的措施进行快速调度和决策。现有技术中,基于实际电网运行方式的BPA仿真方法过于繁琐,难以在短期内完成。

发明内容

[0004] 本发明提供一种基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,以解决现有电网电压调节方法过于繁琐,难以在短期内完成,以及由于跨国对侧电网由于不可预知的电压和无功波动导致的边界节点电压长时间不满足协议要求的问题。

[0005] 本发明提供的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,包括:

[0006] 统计地区电网电站的无功设备和无功补偿容量,包括对地区内各个电网电站的电容器和电抗器,以及发电厂迟相和进相能力进行分类汇总;

[0007] 通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最低点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个电站的无功容性设备,记录该电站无功容性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值;

[0008] 计算该电站无功容性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度;

[0009] 通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最高点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个电站的无功感性设备,记录该电站无功感性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值;

[0010] 计算该电站感性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度;

[0011] 当地区电网投入为容性无功功率时,第i号变电站电容器投退第j号电站的改进的

电压灵敏度为: $Sg_i^j = S_i^j \times \left(\frac{U_{ij}^0}{U_j^r}\right)^2$,

[0012] 当地区电网投入为感性无功功率时,第i号变电站电抗器投退第j号电站的改进的

电压灵敏度为: $Sg_i^j = S_i^j \times \left(\frac{U_j^r}{U_{ij}^0}\right)^2$,

[0013] 其中, S_i^j 为电压灵敏度, U_{ij}^0 为计算 S_i^j 的初始电压, U_j^r 为电网该时刻实际的电压

值；

[0014] 生成地区电网每个厂站无功设备投切的改进灵敏度序列；

[0015] 根据改进灵敏度序列生成满足电压需求的地区电网电压调整方案。

[0016] 在本发明的一个实施例中，电压灵敏度 S_i^j 具有如下关系式：

$$[0017] \quad S_i^j = \frac{\sum_{q=1}^k (U_j^q - U_j^{q-1})}{k-1}$$

[0018] 其中，k为大于1的整数。

[0019] 在本发明的一个实施例中，还包括：综合p个厂站的容性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为：

$$[0020] \quad U_j(1) = U_j^r + S_1^j \times \left(\frac{U_{1j}^0}{U_j^r}\right)^2$$

$$[0021] \quad U_j(2) = U_j(1) + S_2^j \times \left(\frac{U_{2j}^0}{U_j(1)}\right)^2$$

[0022] \vdots

$$[0023] \quad U_j(p) = U_j(p-1) + S_p^j \times \left(\frac{U_{pj}^0}{U_j(p-1)}\right)^2。$$

[0024] 在本发明的一个实施例中，还包括：综合p个厂站的感性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为：

$$[0025] \quad U_j(1) = U_j^r - S_1^j \times \left(\frac{U_{1j}^r}{U_{1j}^0}\right)^2$$

$$[0026] \quad U_j(2) = U_j(1) - S_2^j \times \left(\frac{U_j(1)}{U_{2j}^0}\right)^2$$

[0027] \vdots

$$[0028] \quad U_j(p) = U_j(p-1) - S_p^j \times \left(\frac{U_j(p-1)}{U_{pj}^0}\right)^2。$$

[0029] 在本发明的一个实施例中，根据改进灵敏度序列生成满足电压需求的地区电网电压调整方案包括：采用如下优化算法求得使j节点电压达到期望值 U_j^d 的最简调压方案：

$$[0030] \quad \begin{cases} \min p \\ U_j(p) - U_j^d \geq 0 \text{ (电压超过 } U_j^d \text{)} \text{ 或者 } U_j(p) - U_j^d \leq 0 \text{ (电压低于 } U_j^d \text{)} \\ 0.9 \leq U_i^*(p) \leq 1.1 \end{cases}$$

[0031] 其中， $U_i^*(p)$ 为第i个电压监测点的最终电压标么值。

[0032] 本发明提供的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法，以地区电网无功设备投退引起的各点电压灵敏度为基础，以地区电网各电压监测点的改进灵敏度为序列，进行地区电网无功设备投退的各点电压准确快速预测，能够更加准确地预测各无功设备投退后地区电网各点电压变化，进而得出满足特定电压需求的地区电网电压调节最优方案，

为运行人员提供一种快速的地区电网电压调节建议,解决了实际电网调压过度依赖调度员的运行现状,可以保障地区电网电压的安全稳定运行。

具体实施方式

[0033] 原有的地区电网电压调节方法根据调度人员的运行经验,进行电容器或电抗器的投退,很难保证达到调压目的的同时,地区电网各点的电压不越限。如果采用仿真方法进行辅助决策,需要进行电网潮流和电压的回溯,仿真软件很难快速回溯该时刻的电网电压与无功分布。本发明实施例提供一种基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,能够有效解决传统灵敏度方法电压预测不够准确的弊端,该方法包括:

[0034] S1:统计地区电网厂站的无功设备和无功补偿容量,包括对地区内各个电网厂站的电容器和电抗器,以及发电厂迟相和进相能力进行分类汇总。

[0035] 对地区电网220kV及以上的无功设备和无功容量进行统计分析,包括对地区内各个电网厂站的电容器和电抗器,以及发电厂迟相和进相能力进行分类汇总。明确地区电网电压监测点,这些电压监测点包括有无功设备的厂站。

[0036] S2:通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最低点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个厂站的无功容性设备,记录该厂站无功容性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值。

[0037] S3:计算该厂站感性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度。

[0038] 通过OCS系统(电网运行监控系统)查找边界节点电压历史运行最低点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,在此方式基础上,投入单个厂站的无功容性设备(变电站电容器,发电厂迟相运行),记录该厂站无功容性设备递增投入时,各电压检测点的电压初始值 $U_1^0, U_2^0, \dots, U_m^0, U_{m+1}^0, \dots, U_{m+n}^0$ 和电压值,其中,m为发电厂的个数,n为变电站的个数, $U_1^0, U_2^0, \dots, U_m^0$ 为m个发电厂初始电压, $U_{m+1}^0, \dots, U_{m+n}^0$ 为n个变电站初始电压。无功设备投退各监测点电压如表1所示。

[0039] 表1 i变电站电容器投退各监测点电压

[0040]

方式	i 变投 电容	i 变	发电厂 1	发电厂 2	...	发电厂 m	变电站 1	...	变电站 n
基础方 式	0	U_i^0	U_1^0	U_2^0	...	U_m^0	U_{m+1}^0	...	U_{m+n}^0
方式 1	单组电 容器容 量	U_i^1	U_1^1	U_2^1	...	U_m^1	U_{m+1}^1	...	U_{m+n}^1
...
方式 k	k 组电 容器总 容量	U_i^k	U_1^k	U_2^k	...	U_m^k	U_{m+1}^k	...	U_{m+n}^k

[0041] 计算每个电压监测节点的电压增量平均值,即为第i号变电站电容器投退的各点电压灵敏度,第i号变电站电容器投退第j号厂站的电压灵敏度 S_i^j 具有如下关系式:

$$[0042] \quad S_i^j = \frac{\sum_{q=1}^k (U_j^q - U_j^{q-1})}{k-1}$$

[0043] 其中,k为大于1的整数。

[0044] 然后再依次计算其他厂站无功容性设备投退的各电压监测点电压灵敏度。

[0045] S4:通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最高点,根据OCS系统数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,投入单个厂站的无功感性设备,记录该厂站无功感性设备递增投入时的各电压检测点的电压初始值和电压值。

[0046] S5:计算该厂站感性设备投退的各电压监测点的电压灵敏度。

[0047] 同理,通过OCS系统查找边界节点电压历史运行最高点,根据OCS数据,基于BPA仿真进行地区电网潮流回溯,在此方式基础上,投入单个厂站的无功感性设备(变电站电抗器,发电厂进相运行),依次计算厂站无功感性设备投退的各电压监测点电压灵敏度。

[0048] S6:当地区电网投入为容性无功功率时,第i号变电站电容器投退第j号厂站的改进的电压灵敏度为: $Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_{ij}^0}{U_j^r})^2$,

$$[0049] \quad Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_{ij}^0}{U_j^r})^2,$$

当地区电网投入为感性无功功率时,第i号变电站电抗器投退第j号厂站的改进的

$$[0050] \quad Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_j^r}{U_{ij}^0})^2,$$

其中, S_i^j 为电压灵敏度, U_{ij}^0 为计算 S_i^j 的初始电压, U_j^r 为电网该时刻实际的电压值。

[0051] 基于上述方法对灵敏度的计算往往会随着初始电压的变化而发生变化,这是由于地区电网依然为联网系统,初始电压过高或者过低,都会使无功功率“外溢”,当初始电压较高时,增加等容量的地区电网容性无功功率(投入电容器或发电机迟相运行),由于电压高,无功流向邻近电网的比例大,对本地电压的抬升幅度降低,也就是本地各电压监测点的电压灵敏度将降低。同理,当初始电压较低时,增加等容量的地区电网感性无功功率(投入电抗或发电机进相运行),邻近电网“溢入”本地电网的感性无功功率增多,使得本地各电压监测点的电压灵敏度降低。

[0052] 因此,本发明实施例定义一种改进的电压灵敏度,能够更准确表达地区电网无功设备投切和各点电压的实际波动幅值,即:

[0053] 当地区电网投入为容性无功功率时,第i号变电站电容器投退第j号厂站的改进的

$$[0054] \quad Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_{ij}^0}{U_j^r})^2,$$

当地区电网投入为感性无功功率时,第i号变电站电抗器投退第j号厂站的改进的

$$[0055] \quad Sg_i^j = S_i^j \times (\frac{U_j^r}{U_{ij}^0})^2,$$

其中, S_i^j 为电压灵敏度, U_{ij}^0 为计算 S_i^j 的初始电压, U_j^r 为电网该时刻实际的电压值。

[0056] S7:生成地区电网每个厂站无功设备投切的改进灵敏度序列。

[0057] 通过步骤S1-S6可以生成地区电网每个厂站无功设备投切的改进灵敏度序列,对于第j号厂站,电压改进灵敏度序列为:

$$[0058] \quad \{Sg_1^j, Sg_2^j, \dots, Sg_m^j, Sg_{m+1}^j, \dots, Sg_{m+n}^j\}。$$

[0059] S8:根据改进灵敏度序列生成满足电压需求的地区电网电压调整方案。

[0060] 在调整地区电网电压时,为满足特定厂站的电压需求,会采取多个厂站的无功设备投退进行综合调压,计算与仿真经验表明,各个监测节点的电压变化量并非各个厂站调压灵敏度的简单累加,同样,各监测的电压灵敏度是随着该点的电压增减而逐步变化的,当需要提升系统电压时,各监测点的电压灵敏度随着电压的逐步升高灵敏度逐渐降低。当需要降低系统电压时,各监测点的电压灵敏度随着电压的逐步降低灵敏度逐渐降低。综合无功设备投退所引起的电压增减比通过灵敏度的简单累加值要小。

[0061] 因此,本发明实施例中,综合p个厂站的容性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为:

$$[0062] \quad U_j(1) = U_j^r + S_1^j \times \left(\frac{U_{1j}^0}{U_j^r}\right)^2$$

$$[0063] \quad U_j(2) = U_j(1) + S_2^j \times \left(\frac{U_{2j}^0}{U_j(1)}\right)^2$$

$$[0064] \quad \vdots$$

$$[0065] \quad U_j(p) = U_j(p-1) + S_p^j \times \left(\frac{U_{pj}^0}{U_j(p-1)}\right)^2。$$

[0066] 综合p个厂站的感性无功设备投入后的第j个厂站的电压值为:

$$[0067] \quad U_j(1) = U_j^r - S_1^j \times \left(\frac{U_{1j}^r}{U_{1j}^0}\right)^2$$

$$[0068] \quad U_j(2) = U_j(1) - S_2^j \times \left(\frac{U_j(1)}{U_{2j}^0}\right)^2$$

$$[0069] \quad \vdots$$

$$[0070] \quad U_j(p) = U_j(p-1) - S_p^j \times \left(\frac{U_j(p-1)}{U_{pj}^0}\right)^2。$$

[0071] 采用如下优化算法求得使j节点电压达到期望值 U_j^d 的最简调压方案:

$$[0072] \quad \begin{cases} \min p \\ U_j(p) - U_j^d \geq 0 (\text{电压超过 } U_j^d) \text{ 或者 } U_j(p) - U_j^d \leq 0 (\text{电压低于 } U_j^d) \\ 0.9 \leq U_i^*(p) \leq 1.1 \end{cases}$$

[0073] 其中, $U_i^*(p)$ 为第i个电压监测点的最终电压标么值,保证在经过p步调压措施后,系统各个节点的电压不越上下限,尤其是无功设备投切的节点。

[0074] 实例验证

[0075] 通过本发明实施例提供的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法的改进灵敏度计算电压值与仿真值对比如表2所示。

[0076] 表2通过改进灵敏度计算电压值与仿真值对比

[0077]

厂站	计算值	仿真值	偏差范围	偏差百分数
变电站1	235.9	233.7	0.009326	0.93%
变电站2	237.49	237.2	0.001221	0.12%
电厂1	239.99	239	0.004125	0.41%
电厂2	247.24	245.4	0.007442	0.74%

[0078] 综上所述,本发明提供的基于改进灵敏度法的地区电网电压快速调节方法,以地区电网无功设备投退引起的各点电压灵敏度为基础,以地区电网各电压监测点的改进灵敏度为序列,进行地区电网无功设备投退的各点电压准确快速预测,能够更加准确地预测各无功设备投退后地区电网各点电压变化,进而得出满足特定电压需求的地区电网电压调节最优方案,为运行人员提供一种快速的地区电网电压调节建议,解决了实际电网调压过度依赖调度员的运行现状,可以保障地区电网电压的安全稳定运行。

[0079] 以上所述仅是本发明的具体实施方式,使本领域技术人员能够理解或实现本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。