



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 112510720 B

(45) 授权公告日 2022. 07. 05

(21) 申请号 202011426408.7

(22) 申请日 2020.12.09

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 112510720 A

(43) 申请公布日 2021.03.16

(73) 专利权人 国家电网公司华北分部
地址 100053 北京市西城区广安门内大街
482号
专利权人 北京清大高科系统控制有限公司

(72) 发明人 贾琳 王茂海 罗亚洲 李小江
訾鹏 汤磊 李轶群 曾兵 赵峰
刘永锋

(74) 专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201
专利代理师 罗文群

(51) Int.Cl.

H02J 3/16 (2006.01)

H02J 3/06 (2006.01)

G06F 30/20 (2020.01)

G06Q 50/06 (2012.01)

G06F 113/04 (2020.01)

(56) 对比文件

CN 110994626 A, 2020.04.10

CN 102593840 A, 2012.07.18

CN 107910958 A, 2018.04.13

CN 110808589 A, 2020.02.18

US 2016245259 A1, 2016.08.25

审查员 顾宸欢

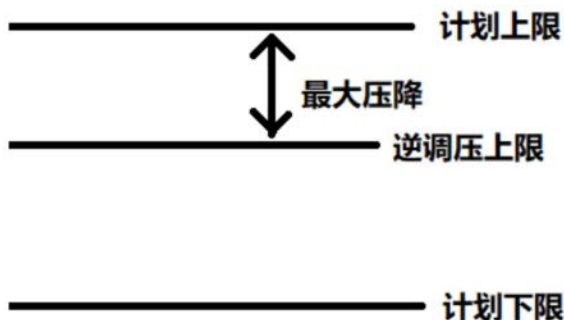
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法

(57) 摘要

本发明属于无功电压自动控制领域,涉及一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法。本发明方法通过在负荷低谷时段进行预想故障集模拟,计算在不同故障状态下中枢点母线电压的最大压升值,同时计算中枢点的电压控制上限,在保证电网安全稳定运行的同时,通过负荷低谷时段变电站逆向调压的控制,保证电网安全减少电压波动,因而提高了电网电压质量。



1. 一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,其特征在于,该方法包括以下步骤:

(1) 设定电力系统负荷低谷时间段为 T_{1-L} ,自动电压控制周期为 T_c ,其中 t_1 为电力系统负荷低谷开始时间, t_L 为电力系统负荷低谷结束时间;

(2) 在每个自动电压控制周期 T_c 到来时,对该控制周期当前时刻 T'_c 进行判断,若 $T'_c \in T_{1-L}$,则需要进行逆调压控制,进入步骤(3),若 $T'_c \notin T_{1-L}$,则不需要进行逆调压控制,返回本步骤(2);

(3) 从自动电压控制系统读取预先设定的电力系统故障集合 F_m ,其中 $m \in \{1, 2, \dots, M\}$, M 表示故障的总数,读取 T'_c 时刻电网基态潮流断面 P_f ;

(4) 从电网基态潮流断面 P_f 中读取中枢点母线的电压值 V_0 ,从自动电压控制系统中读取中枢点母线 B_n 的电压计划上限值 V_{max} 和中枢点母线 B_n 的电压计划下限值 V_{min} ;

(5) 遍历步骤(3)中预先设定的故障集合 F_m 中的故障,采用牛顿-拉夫逊潮流算法对电力系统进行潮流计算,得到故障后中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,进而得到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔV_f ,设循环变量 $x=1$,具体方法如下:

(5-1) 从预先设定的故障集合 F_m 中读取第 x 个故障,将第 x 个故障记作 f_x ;

(5-2) 将故障 f_x 的电网状态导入到电网基态潮流断面 P_f 中,进行潮流计算,得到新的电网潮流结果 P'_f ;

(5-3) 从电网基态潮流断面 P'_f 中读取中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,并计算中枢点母线 B_n 基态电压 V_0 与预想故障状态电压 V_f 的电压偏差值 ΔV ,

$$\Delta V = V_f - V_0;$$

(5-4) 将步骤(5-3)的电压偏差值 ΔV ,记录到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔV_f 中;

(5-5) 使得 $x=x+1$,将 x 与故障的总数 M 进行比较,若 $x>M$ 则进入步骤(6),若 $x \leq M$,则返回步骤(5-1);

(6) 遍历步骤(5)的集合 ΔV_f 中的每个中枢点母线电压偏差,得到中枢点母线电压的最大压升数值 V_{n-max}^{up} 和最大压降数值 V_{n-max}^{dw} ,设定 $V_{n-max}^{up} = 0$, $V_{n-max}^{dw} = 0$,设循环变量 $a=1$, $a \in \{1, 2, \dots, M\}$,具体步骤如下:

(6-1) 从步骤(5-4)的电压偏差值集合 ΔV_f 中读取第 a 个电压偏差值 ΔV_a ;

(6-2) 将 ΔV_a 与中枢点母线电压的最大压升数值 ΔV_{n-max}^{up} 比较,若 $\Delta V_a > \Delta V_{n-max}^{up}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{up} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \leq \Delta V_{n-max}^{up}$,则进入步骤(6-3);

(6-3) 将 ΔV_a 与最大压降数值 V_{n-max}^{dw} 比较,若 $\Delta V_a < \Delta V_{n-max}^{dw}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{dw} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \geq \Delta V_{n-max}^{dw}$,则进入步骤(6-4);

(6-4) 使得 $a=a+1$,将 a 与故障的总数 M 进行比较,若 $a \leq M$,则返回步骤(6-1),若 $a > M$,则进入步骤(7);

(7) 根据步骤(4)中枢点母线的电压计划上限值 V_{max} 和步骤(6)中计算得到的最大压升值 V_{n-max}^{up} ,计算中枢点母线逆调压上限值 V^{up} , $V^{up} = V_{max} - V_{n-max}^{up}$;

(8) 根据步骤(7)的 V^{up} ,计算中枢点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 即:

$$\begin{cases} V_c^{up} = V^{up} & , V_{\min} < V^{up} < V_{\max} \\ V_c^{up} = V_{\max} & , V_{\min} > V^{up} \text{ 或 } V^{up} > V_{\max} \end{cases}$$

(9) 将中枢点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 作为自动电压控制的约束, 实现变电站中枢点逆调压控制。

一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法

技术领域

[0001] 本发明属于无功电压自动控制领域,涉及一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法。

背景技术

[0002] 自动电压控制(以下简称AVC, Automatic Voltage Control) 系统是实现输电网安全(提高电压稳定裕度)、经济(降低网络损耗)、优质(提高电压合格率)运行的重要手段。AVC系统架构在电网能量管理系统(EMS)之上,能够利用输电网实时运行数据,从输电网全局优化的角度科学决策出最佳的无功电压调整方案,自动下发给电厂、变电站以及下级电网调度机构执行。孙宏斌、张伯明、郭庆来在《基于软分区的全局电压优化控制系统设计》(电力系统自动化,2003年,第27卷第8期,16-20页)中说明了大电网自动电压控制的体系结构。

[0003] 电力系统潮流计算是研究电力系统稳态运行情况的一种计算,它根据给定的数据,计算母线的电压、各元件的功率及网损,并对电网各处的运行状态进行评估。再根据计算得到的数据对电网系统的运行进行监测和优化,从而提高供电方案或运行方式的合理性、可靠性和经济性。对于正在运行的电力系统,通过潮流计算可以评估当前系统中母线的电压、支路的功率等参数是否超限;如果出现异常,就应采取措施,调整运行方式。

[0004] 极坐标下的电网潮流方程可以表示为:

$$[0005] \begin{cases} P_{Gi} - P_{Di} - V_i \sum_{j \in I} V_j (G_{ij} \cos \theta_{ij} + B_{ij} \sin \theta_{ij}) = 0 \\ Q_{Gi} - Q_{Di} - V_i \sum_{j \in I} V_j (G_{ij} \sin \theta_{ij} - B_{ij} \cos \theta_{ij}) = 0 \\ i = 1, \dots, NB \quad \theta_s = 0 \end{cases}$$

[0006] 其中,其中 V_i 为母线 i 电压的幅值, θ_i 为母线 i 电压的相角, V_j 为母线 j 电压的幅值, θ_j 为母线 j 电压的相角, I 表示通过支路与母线 i 连接的母线 j 的集合; g_{ij} 为连接母线 i 和母线 j 的支路的电导, b_{ij} 为支路的电纳。 P_{Gi} 为母线 i 上的有功发电, P_{Di} 为母线 i 上的有功负荷, Q_{Gi} 为母线 i 的无功发电, Q_{Di} 为母线 i 上的无功负荷。

[0007] 潮流计算可以在电网结构参数确定的情况下确定电网的稳态运行状态。电网中的节点依给定的变量不同可划分为PQ节点、PV节点和V θ 节点,要计算的是电网状态变量即节点电压幅值和相角。潮流方程是一组高阶非线性代数方程组,要用迭代法求解。牛顿-拉夫逊潮流算法是具有二阶收敛性的潮流算法,因此得到了广泛的应用。在实际应用中,除了根据电网当前实际运行情况进行计算外,还可以模拟计算电网预想故障后的潮流状态,采用的方法是在当前电网实际潮流计算的基础上,在电网模型中将预想发生故障的线路、主变设置为退运,然后重新计算潮流得到故障后的电网运行状态。

[0008] 电力系统中各级电压偏差值应不超过允许范围。行业标准DL/T 1773-2017《电力系统电压和无功电力技术导则》中规定:对于500(330)kV母线,正常运行方式时、最高运行电压不得超过系统额定电压的+10%,最低运行电压不应影响电力系统同步稳定、发电厂用

电的正常使用及下一级电压的调节。对于220kV母线,正常运行方式时,电压允许偏差为系统额定电压的0~+10%。事故运行方式时为系统额定电压的-5%~+10%。对于110-35kV母线,正常运行方式时为相应系统额定电压的-3%~+7%事故后为额定电压的±10%。电力系统调压是指为使电力系统中各电压中枢点运行电压保持在规定允许范围之内所采取的技术措施,主要调压方式分为逆调压,恒调压和顺调压三种。

[0009] (1) 逆调压。逆调压是指在最大负荷时段,提高系统电压中枢点电压至105%倍标准电压以补偿线路上增加的电压损失,最小负荷时段降低中枢点电压至标准电压以防止受端电压过高的电压调整方式。逆调压的作用是为了使电压偏差符合用电设备端电压的要求,逆调压的范围宜为额定电压的0~+5%。

[0010] (2) 恒调压。常调压是指无论负荷如何变动,系统电压中枢点电压基本保持不变的电压调整方式,一般保持中枢点电压在102%—105%倍额定电压。通常适用于负荷变动小或者线路上电压损耗小的情况。

[0011] (3) 顺调压。顺调压是指在最大负荷时适当降低中枢点电压,但不低于102.5%倍额定电压,最小负荷时适当加大中枢点电压的电压调整方式,但不高于107.5%倍额定电压。通常适用于出线线路不太长,负荷变化不大的情况。

[0012] 在输电网自动电压控制过程中,通常在系统负荷的低谷时段对变电站母线电压进行逆调压控制,在保证电网电压合格同时,适度降低母线电压运行水平,一方面提高设备绝缘器件的运行寿命,另一方面也可以预防故障引起的过电压。在AVC中实现逆调压的方法是降低低谷时段的母线电压上限值,从而实现低谷时段电压低于其他时段的电压值。目前常规方法中逆调压控制中的母线电压上限值,是人工根据经验提前设定,是固定不变的。

发明内容

[0013] 本发明的目的是提出一种计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,通过在负荷低谷时段进行预想故障集模拟,计算在不同故障状态下中枢点母线电压的最大压升值,从而在线自动计算中枢点的电压控制上限值。

[0014] 本发明提出的计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,包括以下步骤:

[0015] (1) 设定电力系统负荷低谷时间段为 T_{1-L} ,自动电压控制周期为 T_c ,其中 t_1 为电力系统负荷低谷开始时间, t_L 为电力系统负荷低谷结束时间;

[0016] (2) 在每个自动电压控制周期 T_c 到来时,对该控制周期当前时刻 T'_c 进行判断,若 $T'_c \in T_{1-L}$,则需要进行逆调压控制,进入步骤(3),若 $T'_c \notin T_{1-L}$,则不需要进行逆调压控制,进入步骤(8);

[0017] (3) 从自动电压控制系统读取预先设定的电力系统故障集合 F_m ,其中 $m \in \{1, 2, \dots, M\}$, M 表示故障的总数,读取 T'_c 时刻电网基态潮流断面 P_f ;

[0018] (4) 从电网基态潮流断面 P_f 中读取中枢点母线的电压值 V_0 ,从自动电压控制系统中读取中枢点母线 B_n 的电压计划上限值 V_{max} 和中枢点母线 B_n 的电压计划下限值 V_{min} ;

[0019] (5) 遍历步骤(3)中预先设定的故障集合 F_m 中的故障,采用牛顿-拉夫逊潮流算法对电力系统进行潮流计算,得到故障后中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,进而得到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔVf ,设循环变量 $x=1$,具体方法如下:

[0020] (5-1) 从预先设定的故障集合 F_m 中读取第 x 个故障,将第 x 个故障记作 f_x ;

[0021] (5-2) 将故障 f_x 的电网状态导入到电网基态潮流断面 P_f 中,进行潮流计算,得到新的电网潮流结果 P_f' ;

[0022] (5-3) 从电网基态潮流断面 P_f' 中读取中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,并计算中枢点母线 B_n 基态电压 V_0 与预想故障状态电压 V_f 的电压偏差值 ΔV ,

[0023] $\Delta V = V_f - V_0$;

[0024] (5-4) 将步骤(5-3)的电压偏差值 ΔV ,记录到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔVf 中;

[0025] (5-5) 使得 $x = x + 1$,将 x 与故障的总数 M 进行比较,若 $x > M$ 则进入步骤(6),若 $x \leq M$,则返回步骤(5-1);

[0026] (6) 遍历步骤(5)的集合 ΔVf 中的每个中枢点母线电压偏差,得到中枢点母线电压的最大压升数值 V^{up} 和最大压降数值 V_{n-max}^{dw} ,设定 $V_{n-max}^{up} = 0$, $V_{n-max}^{dw} = 0$,设循环变量 $a = 1$, $a \in \{1, 2, \dots, M\}$,具体步骤如下:

[0027] (6-1) 从步骤(5-4)的电压偏差值集合 ΔVf 中读取第 a 个电压偏差值 ΔV_a ;

[0028] (6-2) 将 ΔV_a 与中枢点母线电压的最大压升数值 ΔV_{n-max}^{up} 比较,若 $\Delta V_a > \Delta V_{n-max}^{up}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{up} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \leq \Delta V_{n-max}^{up}$,则进入步骤(6-3);

[0029] (6-3) 将 ΔV_a 与最大压降数值 V_{n-max}^{dw} 比较,若 $\Delta V_a < \Delta V_{n-max}^{dw}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{dw} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \geq \Delta V_{n-max}^{dw}$,则进入步骤(6-4);

[0030] (6-4) 使得 $a = a + 1$,将 a 与故障的总数 M 进行比较,若 $a \leq M$,则返回步骤(6-1),若 $a > M$,则进入步骤(7);

[0031] (7) 根据步骤(4)中枢点母线的电压计划上限值 V_{max} 和步骤(6)中计算得到的最大压升值 V_{n-max}^{up} ,计算中枢点母线逆调压上限值 V^{up} , $V^{up} = V_{max} - V_{n-max}^{up}$;

[0032] (8) 根据步骤(7)的 V^{up} ,计算中枢点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 即:

$$[0033] \quad \begin{cases} V_c^{up} = V^{up} & , V_{min} < V^{up} < V_{max} \\ V_c^{up} = V_{max} & , V_{min} > V^{up} \text{ 或 } V^{up} > V_{max} \end{cases}$$

[0034] (9) 将中枢点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 作为自动电压控制的约束,实现变电站中枢点逆调压控制。

[0035] 本发明提出的计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,其优点是:

[0036] 本发明的计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,通过在负荷低谷时段进行预想故障集模拟,计算在不同故障状态下中枢点母线电压的最大压升值,动态计算中枢点的电压控制上限,在保证电网安全会稳定运行的同时,通过负荷低谷时段变电站逆向调压的控制,保证电网安全减少电压波动,因而提高了电网电压质量。

附图说明

[0037] 图1是本发明提出的计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法的流程框图。

具体实施方式

[0038] 本发明提出的计及预想故障实现变电站逆调压控制的方法,其流程框图如图1所

示,包括以下步骤:

[0039] (1) 设定电力系统负荷低谷时间段为 T_{1-L} ,自动电压控制周期为 T_c ,其中 t_1 为电力系统负荷低谷开始时间, t_L 为电力系统负荷低谷结束时间;

[0040] (2) 在每个自动电压控制周期 T_c 到来时,对该控制周期当前时刻 T'_c 进行判断,若 $T'_c \in T_{1-L}$,则需要进行逆调压控制,进入步骤(3),若 $T'_c \notin T_{1-L}$ 则不需要进行逆调压控制,进入步骤(8);

[0041] (3) 从自动电压控制系统读取预先设定的电力系统故障集合 F_m ,其中 $m \in \{1, 2, \dots, M\}$, M 表示故障的总数,读取 T'_c 时刻电网基态潮流断面 P_f ;

[0042] (4) 从电网基态潮流断面 P_f 中读取中枢点母线的电压值 V_0 ,从自动电压控制系统中读取中枢点母线 B_n 的电压计划上限值 V_{max} 和中枢点母线 B_n 的电压计划下限值 V_{min} ;

[0043] (5) 遍历步骤(3)中预先设定的故障集合 F_m 中的故障,采用如背景技术中所述的牛顿-拉夫逊潮流算法,对电力系统进行潮流计算,得到故障后中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,进而得到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔV_f ,设循环变量 $x=1$,具体方法如下:

[0044] (5-1) 从预先设定的故障集合 F_m 中读取第 x 个故障,将第 x 个故障记作 f_x ;

[0045] (5-2) 将故障 f_x 的电网状态导入到电网基态潮流断面 P_f 中,进行潮流计算,得到新的电网潮流结果 P'_f ;

[0046] (5-3) 从电网基态潮流断面 P'_f 中读取中枢点母线 B_n 的电压值 V_f ,并计算中枢点母线 B_n 基态电压 V_0 与预想故障状态电压 V_f 的电压偏差值 ΔV ,

[0047] $\Delta V = V_f - V_0$;

[0048] (5-4) 将步骤(5-3)的电压偏差值 ΔV ,记录到中枢点母线 B_n 的偏差值集合 ΔV_f 中;

[0049] (5-5) 使得 $x = x + 1$,将 x 与故障的总数 M 进行比较,若 $x > M$ 则进入步骤(6),若 $x \leq M$,则返回步骤(5-1);

[0050] (6) 遍历步骤(5)的集合 ΔV_f 中的每个中枢点母线电压偏差,得到中枢点母线电压的最大压升数值 V^{up} 和最大压降数值 V_{n-max}^{dw} ,设定 $V_{n-max}^{up} = 0$, $V_{n-max}^{dw} = 0$,设循环变量 $a = 1$, $a \in \{1, 2, \dots, M\}$,具体步骤如下:

[0051] (6-1) 从步骤(5-4)的电压偏差值集合 ΔV_f 中读取第 a 个电压偏差值 ΔV_a ;

[0052] (6-2) 将 ΔV_a 与中枢点母线电压的最大压升数值 ΔV_{n-max}^{up} 比较,若 $\Delta V_a > \Delta V_{n-max}^{up}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{up} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \leq \Delta V_{n-max}^{up}$,则进入步骤(6-3);

[0053] (6-3) 将 ΔV_a 与最大压降数值 V_{n-max}^{dw} 比较,若 $\Delta V_a < \Delta V_{n-max}^{dw}$,则使 $\Delta V_{n-max}^{dw} = \Delta V_a$,若 $\Delta V_a \geq \Delta V_{n-max}^{dw}$,则进入步骤(6-4);

[0054] (6-4) 使得 $a = a + 1$,将 a 与故障的总数 M 进行比较,若 $a \leq M$,则返回步骤(6-1),若 $a > M$,则进入步骤(7);

[0055] (7) 根据步骤(4)中枢点母线的电压计划上限值 V_{max} 和步骤(6)中计算得到的最大压升值 V_{n-max}^{up} ,计算中枢点母线逆调压上限值 V^{up} , $V^{up} = V_{max} - V_{n-max}^{up}$;

[0056] (8) 根据步骤(7)的 V^{up} ,计算中枢点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 即:

$$[0057] \quad \begin{cases} V_c^{up} = V^{up} & , V_{\min} < V^{up} < V_{\max} \\ V_c^{up} = V_{\max} & , V_{\min} > V^{up} \text{ 或 } V^{up} > V_{\max} \end{cases}$$

[0058] (9) 将中枢纽点母线逆调压控制上限值 V_c^{up} 作为自动电压控制的约束, 实现变电站中枢纽点逆调压控制。

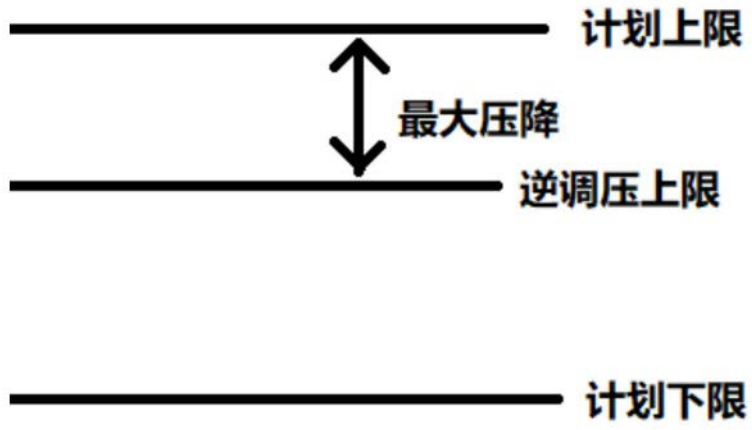


图1