



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108832539 A

(43)申请公布日 2018.11.16

(21)申请号 201810839629.3

(22)申请日 2018.07.27

(71)申请人 贵州电网有限责任公司

地址 550002 贵州省贵阳市南明区滨河路  
17号

(72)发明人 班国邦 谢百明 谈竹奎 杨涛  
吕黔苏

(74)专利代理机构 贵阳中新专利商标事务所  
52100

代理人 商小川

(51)Int.Cl.

H02G 1/02(2006.01)

权利要求书1页 说明书5页

(54)发明名称

一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法

(57)摘要

本发明公开了一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法,它包括:步骤1、在覆冰线路的送端储能装置作为电源,在覆冰线路的受端储能装置作为负荷;步骤2、计算保线电流;步骤3、计算融冰电流;步骤4、计算电源容量缺额;步骤5、计算负荷缺额;步骤6、倒闸操作,在送端利用储能装置作为电源投入电源容量缺额,同时通过调度方式转移潮流;在受端利用储能装置作为负荷投入负荷缺额;步骤7、开始融冰直到输电线路覆冰掉落;解决了现有技术采用方式融冰存在的需要考虑电源布置和可转移负荷的情况,由于正常运行方式下通过调度转移潮流的程度有限,此方法的运用有限,无法应对大面积严重冰灾等技术问题。

1. 一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法, 它包括:

步骤1、在覆冰线路的送端和末端增加储能装置, 在覆冰线路的送端, 储能装置作为电源, 在覆冰线路的受端, 储能装置作为负荷;

步骤2、计算保线电流;

步骤3、计算融冰电流;

步骤4、计算电源容量缺额;

步骤5、计算负荷缺额;

步骤6、倒闸操作, 在送端利用储能装置作为电源投入电源容量缺额, 同时通过调度方式转移潮流; 在受端利用储能装置作为负荷投入负荷缺额;

步骤7、开始融冰直到输电线路覆冰掉落。

2. 根据权利要求1所述的一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法, 其特征在于: 步骤2所述计算保线电流的公式为:

$$I_B = \sqrt{[0.143 \sum d + 0.82(vd)^{3/4}] \Delta t / R_0} \quad (1)$$

式中:  $I_B$  为线路保线电流;  $\sum d$  为辐射系数;  $v$  为风速 (米/秒),  $d$  为导线直径 (厘米);  $R_0$  为  $0^\circ\text{C}$  时的导线电阻率 (欧/米)  $\Delta t$  为导体温度与外界气温之差 ( $^\circ\text{C}$ )。

3. 根据权利要求1所述的一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法, 其特征在于: 步骤3所述计算融冰电流的公式为:

$$I_r^2 R_0 T_r = \frac{\Delta t}{R_{T0} + R_{T1}} T_r + 10 g_0 d b + \frac{0.045 g_0 D^2}{R_{T0} + R_{T1}} \left( R_{T1} + 0.22 \frac{R_{T0}}{\ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t$$

式中:  $R_0$  为  $0^\circ\text{C}$  时的导线电阻率 (欧/米);  $T_r$  为融冰时间 (小时);  $\Delta t$  为导体温度与外界气温之差 ( $^\circ\text{C}$ );  $g_0$  冰的比重;  $d$  为导线直径 (厘米);  $b$  为冰层厚度;  $D$  为导体覆冰后的外径 (厘米);  $R_{T0}$  为等效冰层传热阻 (度厘米/瓦);  $R_{T1}$  为对流及辐射等效热阻 (度. 厘米/瓦)。

4. 根据权利要求1所述的一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法, 其特征在于: 步骤4所述计算电源容量缺额的方法包括:

步骤4.1、根据输电线路电流  $I_L$  计算保线电流  $I_B$  和融冰电流所需电流缺额;

步骤4.2、根据电流缺额, 计算保线和融冰所需电源容量缺额。

## 一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于输电线路在线融冰技术,尤其涉及一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法。

### 背景技术

[0002] 目前输电线路覆冰采取的融除冰措施主要有力学除冰和电能除冰。力学除冰只能解决电网输电线路局部覆冰问题,不能应对电网大面积覆冰,并且需要停运线路才能进行力学除冰;电能融冰方法主要包括交流短路融冰、过电流融冰(通过调度调整运行方式改变潮流分布融冰、利用直流电流利用自耦变压器对特殊结构的多分裂导线进行融冰、基于移相器带负荷融冰、无功电流融冰)、利用直流融冰装置将交流电变换为直流电加热停运的输电线路融冰、高频高压激励融冰、阻性线融冰。另外,还有激光除冰等方法。

[0003] 通过调度调整运行方式改变潮流分布,使线路达到保线电流以上,实现融冰的方法也叫方式融冰。此种方法运用需要考虑电源布置和可转移负荷的情况,由于正常运行方式下通过调度转移潮流的程度有限,此方法的运用有限,无法应对大面积严重冰灾。

### 发明内容

[0004] 本发明要解决的技术问题:提供一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法,以解决现有技术采用方式融冰存在的需要考虑电源布置和可转移负荷的情况,由于正常运行方式下通过调度转移潮流的程度有限,此方法的运用有限,无法应对大面积严重冰灾等技术问题。

[0005] 本发明技术方案:

[0006] 一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法,它包括:

[0007] 步骤1、在覆冰线路的送端和末端增加储能装置,在覆冰线路的送端,储能装置作为电源,在覆冰线路的受端,储能装置作为负荷;

[0008] 步骤2、计算保线电流;

[0009] 步骤3、计算融冰电流;

[0010] 步骤4、计算电源容量缺额;

[0011] 步骤5、计算负荷缺额;

[0012] 步骤6、倒闸操作,在送端利用储能装置作为电源投入电源容量缺额,同时通过调度方式转移潮流;在受端利用储能装置作为负荷投入负荷缺额;

[0013] 步骤7、开始融冰直到输电线路覆冰掉落。

[0014] 步骤2所述计算保线电流的公式为:

$$[0015] \quad I_B = \sqrt{[0.143 \sum d + 0.82(vd)^{3/4}] \Delta t / R_0} \quad (1)$$

[0016] 式中: $I_B$ 为线路保线电流; $\sum d$ 为辐射系数; $v$ 为风速(米/秒), $d$ 为导线直径(厘米); $R_0$ 为 $0^\circ\text{C}$ 时的导线电阻率(欧/米)  $\Delta t$ 为导体温度与外界气温之差( $^\circ\text{C}$ )。

[0017] 步骤3所述计算融冰电流的公式为：

[0018]

$$I_r^2 R_o T_r = \frac{\Delta t}{R_{TO} + R_{TI}} T_r + 10 g_o d b + \frac{0.045 g_o D^2}{R_{TO} + R_{TI}} \left( R_{TI} + 0.22 \frac{R_{TO}}{Ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t$$

[0019] 式中： $R_o$ 为 $0^\circ\text{C}$ 时的导线电阻率(欧/米)； $T_r$ 为融冰时间(小时)； $\Delta t$ 为导体温度与外界气温之差( $^\circ\text{C}$ )； $g_o$ 冰的比重； $d$ 为导线直径(厘米)； $b$ 为冰层厚度； $D$ 为导体覆冰后的外径(厘米)； $R_{TO}$ 为等效冰层传导热阻(度厘米/瓦)； $R_{TI}$ 为对流及辐射等效热阻(度·厘米/瓦)。

[0020] 步骤4所述计算电源容量缺额的方法包括：

[0021] 步骤4.1、根据输电线路电流 $I_L$ 计算保线电流 $I_B$ 和融冰电流所需电流缺额；

[0022] 步骤4.2、根据电流缺额，计算保线和融冰所需电源容量缺额。

[0023] 本发明有益效果：

[0024] 本发明采用过电流融冰；在通过调度改变输电线路潮流分布的基础上，利用储能装置既可作为电源又可作为负荷的特点，在覆冰线路的送端，储能装置作为电源，在覆冰线路的受端，储能装置作为负荷，改善和解决了输电线路通过调度方式转移潮流分布的限制条件；如负荷中心环网不具备转移负荷的能力，如电源点选取存在的容量问题等。

[0025] 本发明优点：

[0026] (1) 利用储能装置既可作为电源又可作为负荷的特点，极大改善输电线路通过调度方式转移潮流分布的限制条件。解决负荷中心环网不具备转移负荷的能力，电源点选择存在的容量问题等。

[0027] (2) 该方法改善输电线路通过调度方式转移潮流分布的限制条件，可预防输电线路在冬季覆冰，达到保线的目的。

[0028] (3) 该方法属输电线路在线融冰方法，选取储能装置作为负荷和电源，没有使用限制条件，操作简单、控制方便。

[0029] (4) 该方法利用现有的储能装置，如充电站的储能设备、微网蓄电池组等，消除需要停运输电线路带来的电网运行风险，代表未来线路融冰的方向，值得推广；

[0030] 解决了现有技术采用方式融冰存在的需要考虑电源布置和可转移负荷的情况，由于正常运行方式下通过调度转移潮流的程度有限，此方法的运用有限，无法应对大面积严重冰灾等技术问题。

## 具体实施方式

[0031] 一种利用储能装置优化输电线路运行方式的在线融冰方法，它包括：

[0032] 首先在覆冰线路的送端和末端增加储能装置，在覆冰线路的送端，储能装置作为电源，在覆冰线路的受端，储能装置作为负荷。然后进行：

[0033] (1) 保线电流、融冰电流计算

[0034] a、保线电流是指导线温度在冰点以上使导线不覆冰所需的最小电流。根据经验公式计算如下：

$$[0035] \quad I_B = \sqrt{[0.143 \sum d + 0.82(vd)^{3/4}] \Delta t / R_0} \quad (1)$$

[0036]  $I_B$ 为线路保线电流；

[0037]  $\Sigma d$ 辐射系数，铝导线通常取0.11，铜导线取0.6，铁导线取0.25；

[0038]  $V$ 为风速(米/秒)

[0039]  $D$ 为导线直径(厘米)

[0040]  $R_0$ 为0℃时的导线电阻率(欧/米)

[0041]  $\Delta t$ 为导体温度与外界气温之差(℃)

[0042]  $b$ 、假设选定输电线路覆冰期间温度为-5℃，风速为5m/s，覆冰厚度10mm，输电线路直流电阻偏保守计算取20℃的值，按照经验公式：

$$[0043] \quad I_r^2 R_o T_r = \frac{\Delta t}{R_{TO} + R_{T1}} T_r + 10g_o db + \frac{0.045g_o D^2}{R_{TO} + R_{T1}} \left( R_{T1} + 0.22 \frac{R_{TO}}{Ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t$$

[0044] 计算得到该型号输电线路1小时融冰电流 $I_{1h}$

$$[0045] \quad I_{1h} = \sqrt{\left( \frac{\Delta t}{R_{TO} + R_{T1}} + 10g_o db + \frac{0.045g_o D^2}{R_{TO} + R_{T1}} \left( R_{T1} + 0.22 \frac{R_{TO}}{Ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t \right) / R_o} \quad (2)$$

[0046] 此时 $T_r$ 为1。

[0047] 计算得到该型号输电线路半小时融冰电流 $I_{0.5h}$

$$[0048] \quad I_{0.5h} = 2 \sqrt{\left( \frac{0.5\Delta t}{R_{TO} + R_{T1}} + 10g_o db + \frac{0.045g_o D^2}{R_{TO} + R_{T1}} \left( R_{T1} + 0.22 \frac{R_{TO}}{Ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t \right) / R_o} \quad (3)$$

[0049] 此时 $T_r$ 为0.5。

[0050] 计算得到该型号输电线路15分钟融冰电流 $I_{15min}$ 。

$$[0051] \quad I_{0.5h} = 4 \sqrt{\left( \frac{0.25\Delta t}{R_{TO} + R_{T1}} + 10g_o db + \frac{0.045g_o D^2}{R_{TO} + R_{T1}} \left( R_{T1} + 0.22 \frac{R_{TO}}{Ln \frac{D}{d}} \right) \Delta t \right) / R_o} \quad (4)$$

[0052] 其中：

[0053]  $R_0$ 为0℃时的导线电阻率(欧/米)

[0054]  $T_r$ 为融冰时间(小时)

[0055]  $\Delta t$ 为导体温度与外界气温之差(℃)

[0056]  $g_o$ 为冰的比重(一般按雨淞取0.9)

[0057]  $D$ 为导线直径(厘米)

[0058]  $B$ 为冰层厚度，即覆冰每边冰厚(厘米)

[0059]  $D$ 为导体覆冰后的外径(厘米)

[0060]  $R_{T0}$ 为等效冰层传热阻(度厘米/瓦)

$$[0061] \quad R_{T0} = \frac{\ln \frac{D}{d}}{273}$$

[0062]  $\lambda$ 为导热系数(瓦/厘米度)

[0063] 对雨淞 $\lambda = 2.27 \times 10^{-2}$

[0064] 对雾淞 $\lambda = 0.12 \times 10^{-2}$

[0065]  $R_{T1}$ 为对流及辐射等效热阻(度·厘米/瓦)

[0066] 对雾淞

$$[0067] \quad R_{T1} = \frac{1}{0.04D + 0.84(VD)^{2/4}}$$

[0068]  $V$ 为风速(米/秒)

[0069] (2) 电源容量缺额计算

[0070] a. 根据输电线路电流 $I_L$ 大小,计算保线电流 $I_B$ 、1小时融冰电流 $I_{1h}$ 、半小时融冰电流 $I_{0.5h}$ 、15分钟融冰电流所需电流 $I_{15min}$ 缺额。

[0071] b. 根据输电线路电压 $U_L$ 和(1)计算的电流缺额,计算保线、1小时融冰、半小时融冰、15分钟融冰所需电源容量缺额。

$$[0072] \quad P_B = U_L \times (I_B - I_L) \times 3/Q \quad (5)$$

[0073]  $Q$ 为功率因数,同样可得

[0074] 1小时融冰电源缺额 $P_{1h}$

$$[0075] \quad P_{1h} = U_L \times (I_{1h} - I_L) \times 3/Q \quad (6)$$

[0076] 0.5小时融冰电源缺额 $P_{0.5h}$

$$[0077] \quad P_{0.5h} = U_L \times (I_{0.5h} - I_L) \times 3/Q \quad (7)$$

[0078] 15分钟融冰电源缺额 $P_{15min}$

$$[0079] \quad P_{15min} = U_L \times (I_{15min} - I_L) \times 3/Q \quad (8)$$

[0080] (3) 负荷缺额计算。根据输电线路电压等级 $U_L$ 、电流大小 $I_B$ 以及可转移负荷 $\sum P_{kzy}$ ,计算保线、1小时融冰、半小时融冰、15分钟融冰所需负荷容量缺额分别为 $P_{FB}$ ,  $P_{F1h}$ ,  $P_{F0.5h}$ ,  $P_{F15min}$ 。设覆冰待融线路末端原有负荷为 $P_F$ ,忽略变压器阻抗损耗(因变压器阻抗损耗相对线路损耗较小),只考虑线路损耗 $P_L$ ,则:

$$[0081] \quad P_{FB} = U_L \times I_B \times 3/Q - (P_F + \sum P_{kzy} + P_{LB}) \quad (9)$$

[0082] 同理

$$[0083] \quad P_{F1h} = U_L \times I_{1h} \times 3/Q - (P_F + \sum P_{kzy} + P_{L1h}) \quad (10)$$

$$[0084] \quad P_{F0.5h} = U_L \times I_{0.5h} \times 3/Q - (P_F + \sum P_{kzy} + P_{L0.5h}) \quad (11)$$

$$[0085] \quad P_{F15min} = U_L \times I_{15min} \times 3/Q - (P_F + \sum P_{kzy} + P_{L15min}) \quad (12)$$

[0086] 其中: $P_{Lx} = I_x^2 \sqrt{(R_{L0}^2 + \omega^2 L^2)}$ ,  $R_{L0}$ 为待融线路的直流电阻, $\omega$ 为角频率, $L$ 为待融线路的电抗, $I_x$ 为保线、1小时融冰、半小时融冰、15分钟融冰电流有效值。如 $P_{LB} = I_B^2 \sqrt{(R_{L0}^2 + \omega^2 L^2)}$ 。

[0087] (4) 倒闸操作,在送端利用储能装置作为电源投入电源容量缺额,同时通过调度方

式转移潮流:使需融冰的输电线路负荷达到可供转移负荷加上自身负荷容量;

[0088] (5) 在存在负荷缺额时候,在受端利用储能装置作为负荷投入负荷缺额。

[0089] (6) 实施融冰,直到输电线路覆冰掉落。