



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105092997 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 25

(21) 申请号 201410187468. 6

(22) 申请日 2014. 05. 06

(71) 申请人 长沙理工大学

地址 410004 湖南省长沙市雨花区万家丽南路二段 960 号

(72) 发明人 罗日成 李稳 李志前 李世源
唐祥盛 陈瑶 黄彪

(51) Int. Cl.

G01R 31/00(2006. 01)

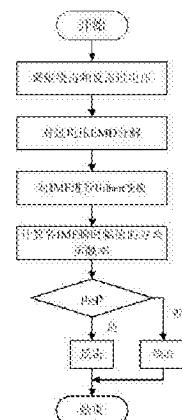
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 发明名称

一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法

(57) 摘要

本发明的目的在于提供一种能够从非平稳的高频振荡信号中准确提取特征量以及系统故障暂态信息的识别方法。该方法只需通过变电站录波装置记录的雷电过电压信号即可对雷击方式进行准确识别。本发明的技术方案是：采集雷击过电压信号，利用经验模式分解（EMD）对输电线路雷击过电压信号进行分析，对包含大部分高频信号的固有模式函数（IMF）进行希尔伯特（Hilbert）变换，将变换后的 IMF 瞬时幅值作为特征量，并计算其相应的方差贡献率的大小，进而完成输电线路雷电绕击和反击的判别。本发明不受线路接地电阻和雷电流幅值的影响，且克服了目前雷电流参数实测技术中获取数据工作量大和易误判的缺点，能为输电线路的防雷分析提供理论参考。



1. 一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,包括以下步骤:

1) 从变电站获取雷击时录波装置记录的过电压信号;

2) 对绕击与反击过电压进行 EMD 分解,得到若干阶相应的固有模式函数(IMF);

3) EMD 分解得到若干阶 IMF 后,对前四阶 IMF 进行 Hilbert 变换,得到其瞬时幅值;

4) 计算各 IMF 瞬时幅值的方差贡献率 μ_i ;

5) 把计算所得任意 μ_i 的值与阈值 p 比较,若 $\mu_i \geq p$ 即为反击,否则为绕击;此处 μ_i 为对应的前四阶 IMF 瞬时幅值的方差贡献率, p 为根据经验设定的判据门限值。

2. 根据权利要求 1 所述的一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,其特征在于:所述步骤 1) 中利用变电站录波装置得到雷击过电压信号。

3. 根据权利要求 1 所述的一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,其特征在于:所述步骤 2) 中对雷击过电压信号进行 EMD 分解,得到若干阶对应的固有模式函数(IMF)。

4. 根据权利要求 1 所述的一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,其特征在于:所述步骤 3) 中对固有模式函数(IMF)的前四阶进行希尔伯特(Hilbert)变换,得到其瞬时幅值。

5. 根据权利要求 1 所述的一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,其特征在于:所述步骤 4) 中计算各固有模式函数瞬时幅值的方差贡献率 μ_i 。

6. 根据权利要求 1 所述的一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,其特征在于:所述步骤 5) 中将方差贡献率 μ_i 与判据阈值 p 进行比较,若 $\mu_i \geq p$ 为反击,反之为绕击。

一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法

技术领域

[0001] 本发明属于电力系统继电保护领域,特别涉及一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法。

背景技术

[0002] 前苏联和日本为了防护雷电过电压,对特高压架空输电线路作了精心的防雷设计。尽管国外在特高压线路设计时认为其特高压架空输电线路的耐雷水平很高,但投入运行后仍多次发生雷击跳闸。前苏联 1000kV 线路在较短的运行时间 (3000km·年) 内已发生雷击跳闸 21 次,跳闸率高达 0.7/km·年。特高压输电线路长度一般在几十到几百千米不等,由于受到输电走廊的地形、气候等因素的影响,极易遭受雷击,从而产生过电压造成绝缘子闪络,引起停电事故。

[0003] 雷击是造成输电线路跳闸的主要原因,它分为绕击和反击两种。绕击和反击发生的机理及过程不同,防护措施也不同,对绕击与反击的准确判别对采取合理的防雷措施具有重要的指导意义。

[0004] 雷电过电压信号分析通常采用傅立叶算法、Prony 算法和小波算法,但是这些方法缺点是傅立叶算法和 Prony 算法难以处理非平稳信号,小波算法中小波基难以选取。实测技术中采用磁带、磁钢棒等方法通过测量雷电流波形参数来进行绕击与反击的识别,该方法的缺点是此类装置不能重复测量,数据获取工作量大,依靠工作经验来判别,容易出现误判。

[0005] 对线路雷击方式进行有效识别,就能给线路安全运行及防雷工作提供正确的指导,给防雷措施的制定提供理论依据,对进一步提高电网的稳定运行能力具有重要的意义。

发明内容

[0006] 本发明的目的在于克服上述现有技术的不足,提供一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法。该方法能够从非平稳的高频振荡信号中准确提取动态振荡特性以及丰富的系统故障暂态信息,且只需对变电站录波装置记录的雷电过电压信号进行分析即可对雷击方式进行准确认识。

[0007] 当雷击线路上时,输电线路的导线中会产生过电压,不同雷击方式产生的过电压不同,通过研究过电压信号里包含的特征量,可以准确判断出雷击输电线路方式。实际的录波电压表明,雷电绕击与反击所产生的过电压从波形上很难分辨出来,必须借用分析工具来进一步识别。本发明利用希尔伯特—黄变换(Hilbert-Huang, HHT)方法来进行特征量的提取和分析, HHT 由两部分组成:经验模式分解(EMD)和 Hilbert 变换, HHT 方法具有良好的自适应性、快速性,非常适合对非平稳、非线性信号的分析。利用希尔伯特—黄变换(Hilbert-Huang, HHT)对过电压信号进行特征量提取,能够得到信号的各种参量之间的关系谱图,选择合适的特征量进行分类识别,能够准确的识别绕击与反击。

[0008] 本发明关于一种特高压输电线路雷电绕击与反击的识别方法,经过下列步骤完

成。

- [0009] (1) 从变电站获取雷击时录波装置记录的过电压信号。
- [0010] (2) 对绕击与反击过电压进行 EMD 分解, 得到若干阶相应的固有模式函数 (IMF)。
- [0011] (3) EMD 分解得到若干阶 IMF 后, 对前四阶 IMF 进行 Hilbert 变换, 得到其瞬时幅值。
- [0012] (4) 计算各 IMF 瞬时幅值的方差贡献率

方差贡献率 :

$$\mu_i = \frac{a_i}{\sum a_i} \times 100\%$$

方差贡献率表示第 i 个元素的方差在全部方差中所占的百分比, 能够描述第 i 个元素综合信息的能力大小; 方差分量 (variance component) 贡献率大, 说明在这个事件中 (100%) 所占内容多, 为主效应。

- [0013] (5) 把计算所得任意 μ_i 的值与阈值 p 比较, 若 $\mu_i \geq p$ 即为反击, 否则为绕击。此处 μ_i 为对应的前四阶 IMF 瞬时幅值的方差贡献率, p 为判据门限值, 根据经验设定。
- [0014] 本发明通过对某变电站实测数据进行识别效果验证, 结果表明本发明的识别正确率达到 91% 以上, 本发明在实际应用中是可行的。

附图说明

- [0015] 下面结合附图对本发明进一步说明。
- [0016] 图 1 为本发明中的基本流程图。
- [0017] 图 2 为本发明中的过电压 EMD 分解结果。
- [0018] 图 3 为本发明中的 IMF 瞬时幅值。
- [0019] 图 4 为本发明中的 IMF 瞬时幅值方差贡献率。

具体实施方式

- [0020] 特高压输电线路发生雷击时, 可以运用本发明的方法来进行正确的识别, 具体实施步骤如下。
- [0021] 1) 利用 ATP-EMTP 软件仿真分析, 获得绕击与反击产生的过电压。
- [0022] 2) 对变电站录波装置记录的雷击过电压进行 EMD 分解, 得到若干阶相应的固有模式函数 (IMF)。
- [0023] 3) EMD 分解得到若干阶 IMF 后, 对前四阶 IMF 进行 Hilbert 变换, 得到其瞬时幅值。
- [0024] 4) 计算各 IMF 瞬时幅值的方差贡献率方差贡献率 :

$$\mu_i = \frac{a_i}{\sum a_i} \times 100\%$$

方差贡献率表示第 i 个元素的方差在全部方差中所占的百分比, 能够描述第 i 个元素综合信息的能力大小; 方差分量 (variance component) 贡献率大, 说明在这个事件中 (100%) 所占内容多, 为主效应。

[0025] 5) 把计算所得任意 μ_i 的值与阈值 ρ 比较, 若 $\mu_i \geq \rho$ 即为反击, 否则为绕击。此处 μ_i 为对应的前四阶 IMF 瞬时幅值的方差贡献率, ρ 为判据门限值, 根据经验设定。

[0026] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0027] 本发明主要针对雷电绕击与反击的情况下, 利用 ATP-EMTP 电磁暂态仿真软件来提供雷击过电压数据。建立 1000kV 交流输电线路雷电绕击与反击仿真模型, 仿真条件: 雷电流波形为 2.6/50 μs 的双指数波; 雷电通道的波阻抗为 400 Ω ; 绝缘子采用考虑先导发展的非线性电感模型; 杆塔采用四段模型; 接地电阻为 10 Ω ; 线路采用 J-Marc 模型且考虑了冲击电晕的影响。电磁暂态仿真分析结果表明, 雷电绕击与反击所产生的过电压从波形上很难分辨出来, 必须借用分析工具来进一步识别。本发明以雷击 A 相过电压为研究对象, 利用 HHT 方法对线路雷电绕击与反击过电压波形进行特征量提取。

[0028] 对绕击与反击过电压进行 EMD 分解, 得到若干阶相应的 IMF。相应的绕击与反击过电压 EMD 分解结果如图 2 所示。

[0029] EMD 分解得到若干阶 IMF 后, 对前四阶 IMF 进行 Hilbert 变换, 得到其瞬时幅值, 如图 3 所示。

[0030] 以 Hilbert 变换得到的前四阶 IMF 的瞬时幅值为特征量, 计算得到相应各 IMF 瞬时幅值的方差贡献率, 分别如图 4 所示。从图 4 中可以看出, 发生绕击过电压时, 前四阶 IMF 瞬时幅值的方差贡献率比较均匀且都在 40% 以下, 且比重相差不大。而反击过电压时则 IMF1 分量占主要部分, 大于 40%, 其他分量的方差贡献率比较均匀且占的比重比较小。利用方差贡献率 μ_i 与判断门限值 ρ 比较, 若 $\mu_i \geq \rho$ 即为反击, 否则为绕击。

[0031] 以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本发明的保护范围并不局限于此。任何熟悉本领域的技术人员在本发明构思的前提下, 轻易想到的变化或替换, 均在本发明的保护范围内。因此, 本发明的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

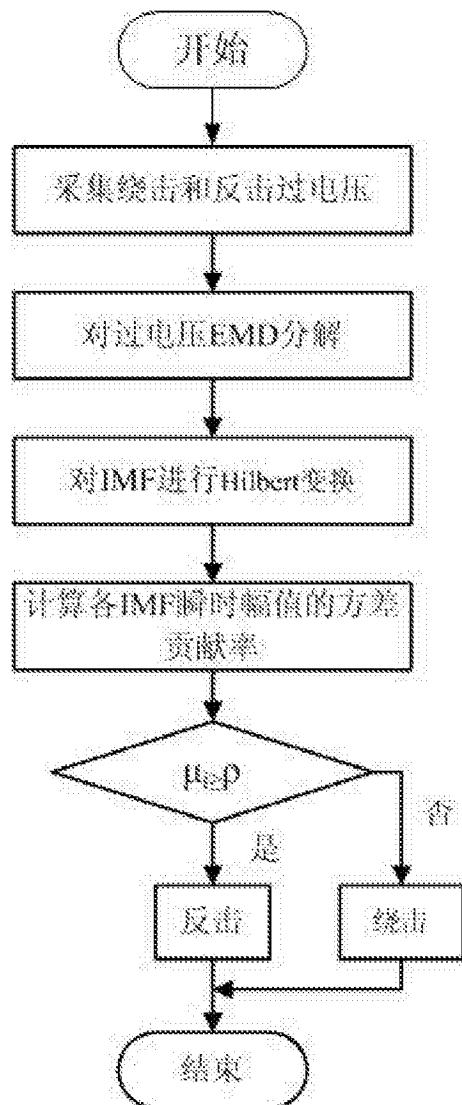


图 1

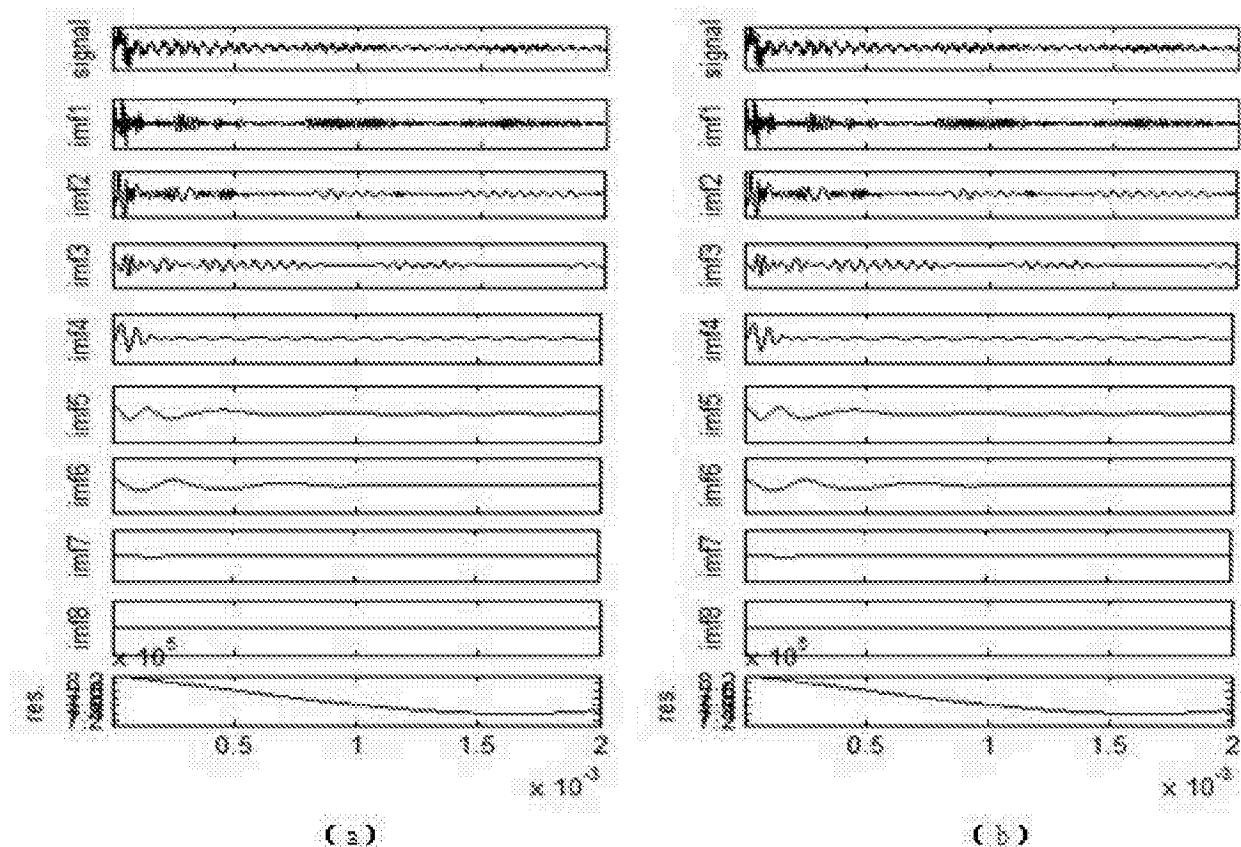


图 2

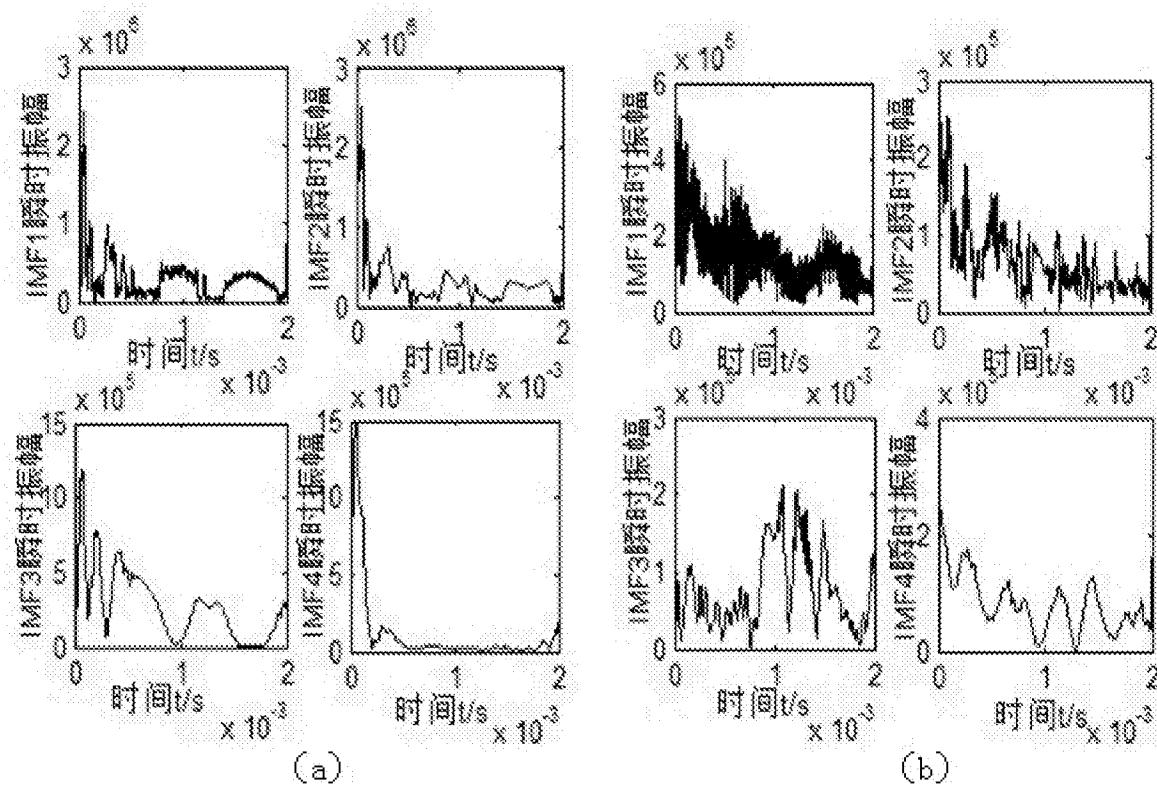


图 3

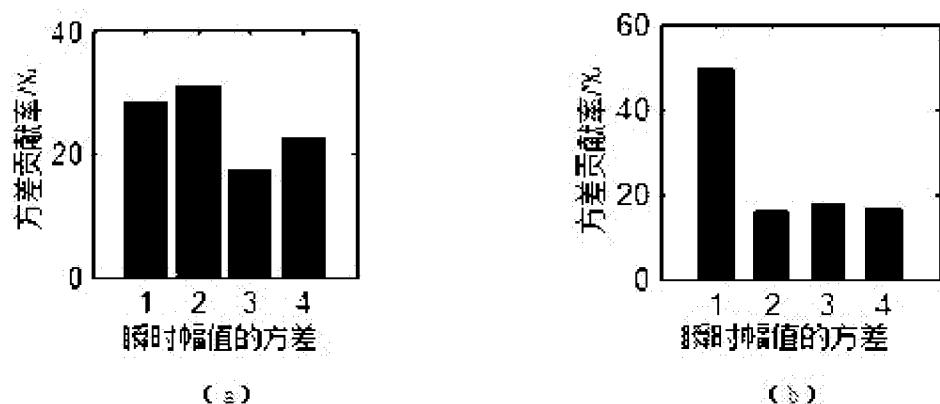


图 4