



(10) 授权公告号 CN 101272040 B

(21) 申请号 200810047475.0

G06F 17/50 (2006.01)

(22) 申请日 2008.04.28

(56) 对比文件

(73) 专利权人 华北电力科学研究院有限责任公司

JP 2002-320319 A, 2002. 10. 31, 全文.

JP 2006-50708 A, 2006.02.16, 全文.

地址 100045 北京市西城区复兴门外地藏庵
南巷 1 号

龚坚刚, 童杭伟. 基于雷电定位系统的浙江电网线路雷击跳闸率评估. 华东电力 35 1. 2007, 35(1), 73-75.

专利权人 国网武汉高压研究院

陈家宏, 冯万兴, 王海涛, 童雪芳, 李

(72)发明人 王剑 陈家宏 张爱军 刘亚新
张勤 罗毅 童雪芳 谷山强
李晓岚

晓岚. 雷电参数统计方法. 高电压技术 33
10. 2007, 33(10), 6-10.

审查员 莫璐

(74) 专利代理机构 湖北武汉永嘉专利代理有限公司 42102

代理人 李双全 莫青

(51) Int. Cl.

H02G 7/00 (2006.01)

H02G 13/00 (2006.01)

G06F 17/00 (2006.01)

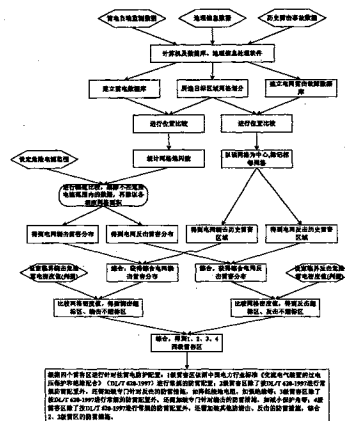
权利要求书 2 页 说明书 10 页 附图 1 页

(54) 发明名称

利用电网雷害分布进行输电线路防雷配置的方法

(57) 摘要

本发明涉及利用雷害分布进行输电线路防雷配置的方法,采用计算机对雷电自动监测数据进行处理,建立数据库,以地理信息系统和数据库为分析平台,采用网格法统计雷电参数,并针对地面物体的抵御雷击能力及其特征,设定物体雷害的危险雷电流幅值范围,并依据该危险雷电流幅值范围采用计算机统计的雷电资料,获得相应电网雷害分布,采用输电线路确定的运行可靠性指标以及雷击闪络类型的统计数据,设定能引发雷击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害的分级与分布,再依据雷害分级与分布,确定输电线路防雷配置。采用本发明能判断出因输电线路“绕击闪络”和“反击闪络”对应的区域和概率,并对应两种雷害特征,能做到有效地配置相应的输电线路防雷措施,提高性价比。



1. 利用雷害分布进行输电线路防雷配置的方法,采用计算机对雷电自动监测数据进行处理,建立数据库,以地理信息系统和数据库为分析平台,采用网格法统计雷电参数,并针对地面物体的抵御雷击能力及其特征,设定物体雷害的危险雷电流幅值范围,并依据该危险雷电流幅值范围采用计算机统计的雷电资料,获得相应电网雷害分布,其特征在于,采用输电线路确定的运行可靠性指标以及雷击闪络类型的统计数据,设定能引发雷击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害的分级与分布,再依据雷害分级与分布,确定输电线路防雷配置;结合各电压等级电网绕击特征电流、反击特征电流,建立危险电流数据分析系统,采用网格法确定所需的数据和分析结果,对分析结果采用雷击事故记录进行比较、校验和修正,获得相应物体的雷害分布;依据雷害分布和相应的可靠性指标确定对应雷害分布的临界密度值,依据该密度值将电网雷害区域分成四级,对这四级雷害区进行针对性雷电防护措施配置,采用的基本步骤如下:

(1) 首先,将雷电自动监测数据按时间、位置、雷电流幅值与极性、主放电与次级放电的专题属性数据通过计算机分类存入数据库;采用有地理信息系统处理功能的计算机程序在数字地图上确定雷电自动监测数据的对应区域,对数字地图上的选定区域进行等面积网格划分;由计算机对每个网格的数据资料进行统计;并且使雷电监测数据被赋予雷电专题属性和地理属性,自动划分的每个网格具有与雷电监测数据相同坐标系地理属性;采用网格法统计出的雷电参数关联网格所在地域,设定每个网格为一个雷电统计单元;将数据库中的专题数据按地理属性调入对应网络作为统计样本,统计每个网格出现雷电次数;

(2) 根据电网绝缘结构,将能引起输电线路的绝缘子串发生闪络的危险雷电流幅值范围值作为判据,统计每个网格中雷电的电流幅值属性,剔除判据之外的数据,再将各网格的年雷电次数除以网格面积,获得电网雷害分布;电网绝缘结构包括电网电压等级、输电线路构架、地形因素;依据电网绝缘裕度设定绕击危险电流范围值、反击危险电流范围值;按照该范围进行幅值比较,将各网格中雷电流幅值在绕击、反击危险电流范围值外的数据剔除,由余下的地闪次数除以相应网格面积分别得到电网绕击雷害分布和电网反击雷害分布;

(3) 将已发生的输电线路雷击闪络事件的记录按发生时间、位置坐标、闪络类型、电压等级的专题属性进行分类,其数据存储进计算机中的雷击故障数据库,将雷击闪络事件依次按照其专题属性调入其对应的电网雷害分布的网格,以该网格为中心,对相连的网格进行标记,获得电网历史雷害区域,按故障点性质分成电网反击历史雷害区域、电网绕击历史雷害区域;

(4) 将各电压等级的电网反击雷害分布和电网反击历史雷害区域,电网绕击雷害分布和电网绕击历史雷害区域用计算机计算出相应地理分布图层,再运用地理信息系统分别获得电网综合反击雷害分布图、电网综合绕击雷害分布图;

(5) 根据输电线路防雷可靠性控制指标即跳闸次数/(百公里·40个雷电日),和雷击闪络类型统计数据,设定能引发绕击闪络和反击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害分布的网格的地闪密度值,分别标定超标值与未超标值;

(6) 统计雷害分布网格,按照反击和绕击的超标值和未超标值不同组合设定四个级别的雷害区,其中,具有反击未超标值及绕击未超标值的数据区域设定为1级雷害区,具有反击超标值及绕击未超标值的数据区域设定为2级雷害区,具有反击未超标值及绕击超标值的数据区域设定为3级雷害区,具有反击超标值及绕击超标值的数据区域设定为4级雷害

区；

(7) 用上述设定的四个级别的雷害区进行输电线路的防雷配置。

2. 根据权利要求 1 所述的利用雷害分布进行输电线路防雷配置的方法,其特征在于,用上述设定的四个级别的雷害区进行输电线路的防雷配置:其中,

a. 对于 1 级雷害区,按 DL/T620-1997 进行常规防雷配置;

b. 对于 2 级雷害区,增强输电线路防反击闪络的配置,输电线路杆塔接地电阻值要求,110kV-500kV 线路杆塔在山区的接地电阻不高于 15Ω ,在平原地区的接地电阻不高于 7Ω ;或者增强输电线路的绝缘强度,要求复合绝缘子:在满足风偏和导线对地距离要求的前提下,500kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于 30 片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;220kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于 14 片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;110kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于 7 片悬式瓷或玻璃绝缘子的结构长度;要求瓷或玻璃绝缘子选用片数:500kV 选 30 至 32 片;220kV 选 15 片;110kV 选 9 片;

c. 对于 3 级雷害区,增强输电线路防绕击闪络的配置,减小避雷线保护角,新建 110kV ~ 500kV 线路应全线架设双根架空地线,500kV 和 220kV 应采用负角保护,110kV 线路保护角应采用 10° 以下;

d. 对于 4 级雷害区,要同时增强输电线路防反击闪络和绕击闪络配置,联合采用 2、3 级雷害区的防雷配置。

利用电网雷害分布进行输电线路防雷配置的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及输电线路的防雷技术,具体地说是利用雷害分布进行输电线路防雷配置的方法。

背景技术

[0002] 防雷配置是为使架空线路能有效地应对雷击侵害而采取的必要防护措施和技术手段。现有的输电线路的防雷配置主要是遵照现行电力行业规程《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997)推荐的方法,即依照气象部门长期人工记录的雷电日定义的雷电活动强弱分区,结合输电线路的绝缘结构,确定其防雷配置,就具体措施而言,防反击闪络是采用降低杆塔接地电阻或增强线路绝缘,防绕击闪络则采用减小避雷线保护角。工程试验结果证明,该方法存在明显的不足之处是:“雷电日”本身不能完全表征雷电活动特征,即一个雷电日无法完全表示具体雷电出现的频次,因而其指导作用很有限;近年来逐渐采用表征雷电分布的地闪密度($f1/km^2/a$)来替代雷电日,申请人在研究中发现,因电网本身的结构特征以及所代表的绝缘特性,并非全部雷电都可能引起高压架空输电线路的闪络,而只是部分被称为危险的雷电才能造成高压架空输电线路的闪络;这部分对电网有危害的雷电的实际分布并不等同于地闪密度分布;上述两种方法都不能正确地表示出输电线路可能出现的“反击”和“绕击”两类雷害事故,即不能判断出因避雷线屏蔽失效时发生的“绕击闪络”和雷击避雷线或塔顶引起的“反击闪络”所对应的区域和发生雷害的概率,并且无法对应两种雷害特征配置相应的输电线路所需的防雷措施,以致造成防雷措施的性价比一直很低的现状。

发明内容

[0003] 本发明的目的是,针对现有技术的不足,进行改进,提出利用电网雷害分布进行输电线路防雷配置的方法。

[0004] 本发明的技术解决方案是,采用计算机对雷电自动监测数据进行处理,建立数据库,以地理信息系统(简称GIS)和数据库为分析平台,采用网格法统计雷电参数,并针对地面物体的抵御雷击能力及其特征,设定物体雷害的危险雷电流幅值范围,并依据该危险雷电流幅值范围采用计算机统计的雷电资料,获得相应电网雷害分布,其特征就在于,采用输电线路确定的运行可靠性指标以及雷击闪络类型的统计数据,设定能引发雷击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害的分级与分布,再依据雷害分级与分布,确定输电线路防雷配置,采用的基本步骤如下:

[0005] (1) 首先,将雷电自动监测数据按时间、位置、雷电流幅值与极性、主放电与次序放电的专题属性数据通过计算机分类存入数据库;采用有地理信息系统处理功能的计算机程序在数字地图上确定雷电自动监测数据的对应区域,对数字地图上的选定区域进行等面积网格划分;由计算机对每个网格的数据资料进行统计;并且使雷电监测数据被赋予雷电专题属性和地理属性,自动划分的每个网格具有与雷电监测数据相同坐标系地理属性;采用

网格法统计出的雷电参数关联网格所在地域,设定每个网格为一个雷电统计单元;将数据库中的专题数据按地理属性调入对应网络作为统计样本,统计每个网格出现雷电次数;

[0006] (2) 根据电网绝缘结构,将能引起输电线路的绝缘子串发生闪络的危险雷电流幅值范围值作为判据,统计每个网格中雷电的电流幅值属性,剔除判据之外的数据,再将各网格的年雷电次数除以网格面积,获得电网雷害分布;电网绝缘结构包括电网电压等级、输电线路构架、地形因素;

[0007] (3) 将已发生的输电线路雷击闪络事件的记录按发生时间、位置坐标、闪络类型、电压等级的专题属性进行分类,其数据存储进计算机中的雷击故障数据库,将雷击闪络事件依次按照其专题属性调入其对应的电网雷害分布的网格,以该网格为中心,对相连的网格进行标记,获得电网历史雷害区域,按故障点性质分成电网反击历史雷害区域、电网绕击历史雷害区域;

[0008] (4) 将各电压等级的电网反击雷害分布和电网反击历史雷害区域,电网绕击雷害分布和电网绕击历史雷害区域用计算机计算出相应地理分布图层,再运用地理信息系统分别获得电网综合反击雷害分布图、电网综合绕击雷害分布图;

[0009] (5) 根据输电线路防雷可靠性控制指标即跳闸次数/(百公里·40个雷电日),和雷击闪络类型统计数据,设定能引发绕击闪络和反击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害分布网格地闪密度值,分别标定超标值与未超标值;

[0010] (6) 统计雷害分布网格,按照反击和绕击的超标值和未超标值不同组合设定四个级别的雷害区,其中,具有反击未超标值及绕击未超标值的数据区域设定为1级雷害区,具有反击超标值及绕击未超标值的数据区域设定为2级雷害区,具有反击未超标值及绕击超标值的数据区域设定为3级雷害区,具有反击超标值及绕击超标值的数据区域设定为4级雷害区;

[0011] (7) 用上述设定的四个级别的雷害区进行输电线路的防雷配置:其中,

[0012] a. 对于1级雷害区,按DL/T620-1997进行常规防雷配置;

[0013] b. 对于2级雷害区,增强输电线路防反击闪络的配置,输电线路杆塔接地电阻值要求,110kV-500kV线路杆塔在山区的接地电阻不高于 15Ω ,在平原地区的接地电阻不高于 7Ω ;或者增强输电线路的绝缘强度,要求复合绝缘子:在满足风偏和导线对地距离要求的前提下,500kV线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于30片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;220kV线路使用复合绝缘子的干弧距离不宜小于14片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;110kV线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于7片悬式瓷或玻璃绝缘子的结构长度;要求瓷、玻璃绝缘子选用片数:500kV选30至32片;220kV选15片;110kV选9片;

[0014] c. 对于3级雷害区,增强输电线路防绕击闪络的配置,减小避雷线保护角,新建110kV~500kV线路应全线架设双根架空地线,500kV和220kV应采用负角保护,110kV线路保护角应采用 10° 以下;

[0015] d. 对于4级雷害区,要同时增强输电线路防反击闪络和绕击闪络配置,联合采用2、3级雷害区的防雷配置。

[0016] 本发明的优点是,采用本发明能判断出因输电线路“绕击闪络”和“反击闪络”对应的区域和概率,并对应两种雷害特征,能做到有效地配置相应的输电线路防雷措施,提高

性价比。本发明的实现方法简单、明了,具有很好的操作性和实用性。

附图说明

[0017] 图 1、本发明的原理框图。

具体实施方式

[0018] 下面,结合附图对本发明作进一步详细说明。

[0019] 如图 1 所示,本发明以雷电定位系统自动监测数据为统计样本,使用计算机处理程序,将自动监测数据输入到具有地理信息系统(简称 GIS)处理功能的计算机中,建立数据库,以地理信息系统和数据库为分析平台,采用网格法统计雷电参数。针对地面物体的抵御雷击能力及其特征,设定物体雷害的危险雷电流幅值范围,再依据此范围,采用计算机统计处理的雷电资料,获得相应电网雷害分布,采用输电线路确定的运行可靠性指标以及雷击闪络类型的统计数据,设定能引发雷击闪络的雷害分布中的临界密度值,以该临界密度值为判据,统计雷害的分级与分布,再依据雷害分级与分布,确定输电线路防雷配置。

[0020] 结合各电压等级电网绕击特征电流、反击特征电流,建立危险电流数据分析系统,采用网格法确定所需的数据和分析结果,对分析结果采用雷击事故记录进行比较、校验和修正。获得相应物体的雷害分布。依据雷害分布和相应的可靠性指标确定对应雷害分布的临界密度值,依据该密度值将电网雷害区域分成四级,对这四级雷害区进行针对性雷电防护措施配置。其采用如下步骤:(1) 将雷电自动监测数据按时间、位置、雷电流幅值与极性专题属性数据通过计算机存入数据库。采用有 GIS 处理功能的计算机,使用专用软件,设定程序对目标对象——数字地图上的选定区域进行等面积网格划分,设定每个网格为一个雷电统计单元,将雷电数据库的数据与地理上的对应网格进行位置比较,将雷电数据库中的专题数据按地理属性调入对应网格作为统计样本,统计每个网格中的地闪数。(2) 依据电网绝缘裕度设定绕击危险电流范围值、反击危险电流范围值。按照该范围进行幅值比较,将各网格中雷电流幅值在绕击、反击危险电流范围值外的数据剔除,由余下的地闪次数除以相应网格面积分别得到电网绕击雷害分布和电网反击雷害分布。(3) 同时,将电网历史雷击闪络事故记录按发生时间、雷击点经纬度坐标、闪络类型、电压等级的专题属性数据存储进计算机,建立电网雷击故障数据库。将雷击故障数据库的数据与地理上的对应网格进行位置比较,依据地理信息的经纬度坐标将绕击故障点、反击故障点分别调入对应的地理网格中,以该网格为中心,对相邻网格进行标记,获得电网绕击历史雷害区域、电网反击历史雷害区域;(4) 联合绕击电网雷害分布和绕击电网历史雷害区域得到综合电网绕击雷害分布,联合反击电网雷害分布和电网反击历史雷害区域,获得综合电网反击雷害分布图。(5) 依据现有的防雷可靠性控制指标(即雷击跳闸率,单位次/(百公里·40 个雷电日))进行防雷计算,获得对应于各电压等级可靠性指标的电网雷害分布图上的网格的密度值,此网格的危险雷电的密度值即为临界密度值,以该临界密度值为判据,比较网格的密度值,在电网雷害图上,网格的密度值超过此临界密度值的网格区域标定为超标区,网格的密度值不超过此临界密度值的网格区域标定为不超标区。根据雷害性质,临界密度值分为临界绕击危险雷电密度值和临界反击危险雷电密度值,设定相定的临界绕击危险雷电密度值和临界反击危险雷电密度值作为判据,根据判据将相应的雷害区域分为绕击超标区和绕击不

超标区,反击超标区和反击不超标区。(6)综合这四个区域,将电网雷害分布图上的区域进行分级,共分成四级雷害区:反击不超标区和绕击不超标区的交集称为1级雷害区,反击超标区和绕击不超标区的交集称为2级雷害区,反击不超标区和绕击超标区的交集称为3级雷害区,反击超标区和绕击超标区的交集称为4级雷害区。(7)依据四级雷害区的雷害性质,进行针对性的防雷配置,1级雷害区对应的网格危险雷电密度值既没有超过对应的反击临界密度值(判据),也没有超过对应的绕击临界密度值(判据),雷害发生严重程度相对较低,依据中国电力行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620-1997)进行常规的防雷配置;2级雷害区对应的网格危险雷电密度虽然没有超过对应的绕击临界密度值(判据),却超过了对应的反击临界密度值(判据),除了按中国电力行业规程 DL/T 620-1997 进行常规的防雷配置外,还需加装专门的针对反击的防雷措施,如降低接地电阻,加强绝缘等;3级雷害区对应的网格危险雷电密度没有超过对应的反击临界密度值,但却超过了对应的绕击临界密度值,除了按中国电力行业规程 DL/T 620-1997 进行常规的防雷配置外,还需加装专门针对绕击的防雷措施,如减小保护角等;4级雷害区对应的网格危险雷电密度值既超过了对应的反击临界密度值,也超过了对应的绕击临界密度值,为雷害相对严重的区域,除了按中国电力行业规程 DL/T 620-1997 进行常规的防雷配置外,还需加装其他防绕击、反击的防雷措施,并综合运用2、3级雷区的防雷措施。

[0021] 用上述设定的四个级别的雷害区进行输电线路的防雷配置具体实施如下:

[0022] a. 对于1级雷害区,按 DL/T620-1997 进行常规防雷配置;

[0023] b. 对于2级雷害区,增强输电线路防反击闪络的配置,输电线路杆塔接地电阻值要求,110kV-500kV 线路杆塔在山区的接地电阻不高于:15 Ω ,在平原地区的接地电阻不高于7 Ω ;或者增强输电线路的绝缘强度,要求复合绝缘子:在满足风偏和导线对地距离要求的前提下,500kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于30片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;220kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不宜小于14片悬式瓷绝缘子或玻璃绝缘子的结构长度;110kV 线路使用复合绝缘子的干弧距离不小于7片悬式瓷或玻璃绝缘子的结构长度;要求瓷、玻璃绝缘子选用片数:500kV 选30至32片;220kV 选15片;110kV 选9片;

[0024] c. 对于3级雷害区,增强输电线路防绕击闪络的配置,减小避雷线保护角,新建110kV~500kV 线路应全线架设双根架空地线,500kV 和220kV 应采用负角保护,110kV 线路保护角应采用10°以下;

[0025] d. 对于4级雷害区,要同时增强输电线路防反击闪络和绕击闪络配置,联合采用2、3级雷害区的防雷配置。

[0026] 上述的电网雷害分布图和判据的获取数据处理可以在一台计算机上进行处理,也可以在多台计算机上通过网络连接,进行数据交换处理。从而有效地为本发明获得统计数据资源,做到统计数据资源共享。

[0027] 采用计算机录入收集到的、含有地理属性的华北电网雷电定位系统自动监测数据和电网雷击事故数据,使用计算机程序进行处理。其中:

[0028] 1、电网雷害分布图的确定

[0029] (1) 危险电流范围的选取

[0030] 电网雷害的发生有其特有的特征,受到电网绝缘水平的影响,只有在某些电流幅

值段的地闪才能引起雷击事故,幅值不同的雷电流其危害程度也不同。

[0031] 确定危险电流范围是确定电网雷害分布的前提条件,危险电流的选取是以电网中绝大部分输电线路的耐雷性能前提并利用现有计算方法来确定的。不同电压等级电网,其绝缘水平显著不同,同一电压等级的电网,其抗绕击、反击性能因所面临的应用环境条件不同也会显著不同,且从应用角度来说,针对绕击和反击雷电防护措施不同,所以针对不同电压等级提出不同的绕击危险电流范围和反击危险电流范围。同时对同一电压等级来说,塔型不同、接地电阻不同、保护角不同时危险电流的范围也不同,危险电流范围选取应使绝大部分输电线路的危险电流都落在所选危险电流范围内。反击危险电流的范围(起止值)依据现行电力行业规程《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T620-1997)求解,绕击耐雷水平仍然依据该规程,绕击最大临界电流则依据电气几何模型确定。

[0032] 对 500kV 电网,假定绝缘子采用 28 片, $U_{50\%}$ 为 2420kV,档距为 450m;临近杆塔接地电阻为 15Ω ,计算结果见表 1 所示。从计算结果可见,工频电压对于耐雷水平的影响是非常大的,考虑工频电压的影响(这是与实际相符的)情况下,耐雷水平比不考虑工频电压时平均下降了 18%。

[0033] 因此,对于 500kV 输电线路可以取反击危险电流下限值 134kA(标准化线路要求满足 15Ω),考虑更普遍的结果,取 125kA。

[0034] 同理,对 220kV 输电线路可以取反击危险电流下限值 75kA。

[0035] 表 1500kV 线路反击耐雷水平的计算结果

[0036]

不考虑工频电压影响	接地电阻 Ω	7	10	15	20	30	40
	耐雷水平 kA	244	204	164	137	106	88
考虑工频电压影响	接地电阻 Ω	7	10	15	20	30	40
	耐雷水平 kA	200	168	134	112	87	72
下降的百分比		18.0%	17.6%	18.3%	18.2%	17.9%	18.2%

[0037] 按照规程法:一般 220kV 绕击耐雷水平为 14.0kA(对应 $U_{50\%}$ 为 1400kV)。

[0038] 对表 2 中的两种典型输电线路进行绕击临界电流计算,结果见表 3 所示。对承德地区 2006 年 6 月份 7 次 220kV 电网雷击跳闸事故进行分析,包含 4 次绕击事故,绕击电流计算结果见表 4。

[0039] 综合表 3、表 4,可见应用击距法计算得到对于 220kV 输电线路发生绕击的电流值一般在 15-40kA 左右。进一步对山西省电网和河北南网雷电绕击调查统计,绕击电流样本大小一般也在本研究中的绕击危险电流范围内。

[0040] 综合考虑下将 220kV 绕击危险电流范围取为 [10kA, 40kA]。

[0041] 同理,将 500kV 电网绕击危险电流范围取为 [20kA, 50kA]。

[0042] 表 2 两种典型 220kV 输电线路参数表

[0043]

杆塔类型	档距 (m)	导线挂线 点对地高 度 (m)	避雷线挂 线点对地 高度 (m)	导线挂线点对 塔中心水平距 离 (m)	避雷线挂线点 对塔中心水平 距离 (m)	绝缘子 串长度 (m)
SZ ₂	358	30	40	13	8.5	2.34
SJ ₂	306	30.5	41.5	7.2	3.8	2.34

[0044] 表 3 最大绕击电流计算结果

杆塔类型	地面倾角	击距公式	对地击距系数	最大击距	最大绕击电流
SZ ₂	0°	$r = 8.0I^{0.65}$	1	59.23	21.75
		$r = 10.0I^{0.65}$	1	59.23	15.434
	20°	$r = 8.0I^{0.65}$	1	108.54	55.234
		$r = 10.0I^{0.65}$	1	108.54	39.194
SJ ₂	0°	$r = 8.0I^{0.65}$	1	50.975	17.270
		$r = 10.0I^{0.65}$	1	50.975	12.253
	20°	$r = 8.0I^{0.65}$	1	85.530	38.287
		$r = 10.0I^{0.65}$	1	85.530	27.166

[0046] 表 4220kV 线路绕击电流的计算情况（实例）

线路故障情况	deg		m	kA	判断
	保护角	地面倾角	最大击距 rm	最大绕击雷电流 Im	
兴河 134# C 相, 20.3kA, 绕击	17.58	30	135.42	40.073	绕击
兴河 132# C 相, 20.2kA, 绕击	13.24	30	90.172	25.682	绕击
袁遵 141# A、B 相, 57.1kA, 反击	9.7	30	61.2	15.81	反击
[0047] 承隆一回 89# A 相, 24kA, 绕击	16.5	30	98.512	28.69	绕击
营周一回 29# C 相, 43.4kA, 反击	13.2	15	126.36	39.155	反击
营遵 112# C 相, 199.5kA, 反击	15.469	15	77.21	21.153	反击
周隆一回 51# C 相, 26.6kA, 绕击	13.24	30	92.861	26.64	绕击

[0048] (2) 电网雷害分布图的确定

[0049] 首先应确定反击电网雷害分布和绕击电网雷害分布。以上述危险电流起止值为危险电流范围,统计 $0.2^{\circ} \times 0.2^{\circ}$ 网格下各网格中雷电流幅值在此范围内的地闪数目,再除以相应的网格面积,得到各网格危险雷电密度值。

[0050] 统计各网格中幅值范围在 125kA 及以上范围内的地闪密度,得到华北 500kV 电网反击雷害分布;统计各网格中幅值范围在 20kA ~ 50kA 范围内的地闪密度,得到华北 500kV 电网绕击雷害分布;统计各网格中幅值在 75kA 及以上范围内的地闪密度,得到华北 220kV 电网反击雷害分布;统计各网格中幅值在 10kA ~ 40kA 范围内的地闪密度,得到华北 220kV 电网绕击雷害分布。

[0051] 再确定反击电网历史雷害区域和绕击电网历史雷害区域。运行经验是对所有措施和基础理论的验证和总结,是电网与自然相结合的具体体现,雷害分布在危险雷电分布的基础上首先应考虑采用运行经验进行补充。以华北地区 2000 年 ~ 2007 年四年的雷击事故记录为基础建立具有地理属性的雷击故障数据库。华北地区 2000 ~ 2007 年 500kV 输电线路共出现雷击故障 43 次,220kV 输电线路共出现雷击故障 74 次。将反击故障点和绕击故障点分别标注在华北地理电子地图中,找到与其相交的网格,将该网格及其相邻两个网格挑选出来,形成反击历史电网雷害区域、绕击历史电网雷害区域。

[0052] 最后将反击电网雷害分布图和反击历史电网雷害区域、绕击电网雷害分布图和绕击电网历史雷害区域分别综合起来,形成综合反击电网雷害分布图和综合绕击电网雷害分布图。将这两个电网历史雷害区域分别叠加在反击电网雷害分布图、绕击电网雷害分布图上,对两图中的历史故障区域采用与该区域向上相邻的属性进行渲染。

[0053] 2、临界密度值的确定(判据的选定)

[0054] 以华北电网 500kV 托源一回线 256# 杆塔和 220kV 潘遵一线 50# 杆塔为例进行计算。

[0055] 雷击跳闸率的计算依据中国电力行业标准《交流电气装置的过电压保护和绝缘配合》(DL/T 620-1997) 推荐的方法,按式 (1) 进行。

$$[0056] \quad N = N_L \eta (gP_1 + P_\alpha P_2) \quad (1)$$

[0057] 其中, N 为雷击跳闸率, N_L 为 40 雷电日下每百公里的年雷击次数, $N_L = 0.28(b+4h)$, b 为两避雷线间的距离, h 为避雷线平均高度; g 为击杆率; η 为建弧率, P_1 为超过雷击杆塔顶部时耐雷水平的雷电流概率, P_2 为绕击危险电流出现的概率; P_α 为绕击率,

对于平原线路, $\lg P_\alpha = \frac{\alpha\sqrt{h}}{86} - 3.9$, 对于山区线路, $\lg P_\alpha = \frac{\alpha\sqrt{h}}{86} - 3.35$ 。

[0058] 定义危险雷电密度为 N_{gc} , 反击危险雷电密度为 N_{gc1} , 绕击危险雷电密度为 N_{gc2} , 则

$$[0059] \quad N_{gc1} = N_g P_1, N_{gc2} = N_g P_2,$$

[0060] 则反击跳闸率

[0061]

$$n_f = \frac{\gamma T_d}{10} \times P_1 \times g \times (b+4h) \times \eta$$

[0062]

$$= \frac{(b+4h)}{10} \times \eta \times n_{gc1} \times g \text{ [次/(100km} \cdot \text{年)]}$$

[0063]

$$= \frac{(b+4h)}{10} \times \eta \times n_{gc1} \times g \times \frac{40}{T_d} \text{ [次/(100km} \cdot \text{40 个雷电日)]} \quad (2)$$

[0064] 绕击跳闸率

[0065]

$$n_r = \frac{\gamma T_d}{10} \times P_1 \times P_\alpha \times (b+4h) \times \eta$$

[0066]

$$= \frac{(b+4h)}{10} \times \eta \times n_{gc2} \times P_\alpha \text{ [次/(100km} \cdot \text{年)]}$$

[0067]

$$= \frac{(b+4h)}{10} \times \eta \times n_{gc2} \times P_\alpha \times \frac{40}{T_d} \text{ [次/(100km} \cdot \text{40 个雷电日)]} \quad (3)$$

[0068] 雷击跳闸率 $N = n_r + n_f$

[0069] 根据国网公司设定的可靠性控制指标进行计算, 国网公司设定 500kV 线路可靠性控制指标为 0.14 次/(百公里·40 个雷电日), 220kV 线路可靠性控制指标为 0.315 次/(百

公里·40个雷电日)。对于可靠性控制指标在绕击跳闸率和反击跳闸率的分配上,依据运行经验进行,对500kV线路,反击跳闸事故和绕击跳闸事故比率分别占30%,70%,对220kV线路,反击跳闸事故和绕击跳闸事故比率各占50%。

[0070] A. 对华北电网500kV托源一回线256#杆塔,临界密度值计算

[0071] 杆塔参数如下:ZKI型,A相高度40.66m,A相中距12.4m,双避雷线,避雷线距离21.3m,避雷线高度49.5m。此处地面倾角 10° 。

[0072] 则可算得,避雷线平均高度 $h = 49.5 - 2/3 \times 9.5 = 43.167(m)$,保护角 $\alpha = 11.198^\circ$,绕击率 $P_\alpha = 0.0037$ 。

[0073] 临界反击危险雷电密度值:

$$[0074] \quad n_{gcl} = 0.14 \times 30\% \times \frac{10}{(b+4h)} \times \frac{1}{\eta \times g} \times \frac{T_d}{40} \approx 0.006 [f/(km^2 \cdot a)]$$

[0075] (T_d 根据256#塔所处位置和按 0.15° 网格取26)

[0076] 临界绕击危险雷电密度值:

$$[0077] \quad n_{gcl} = 0.14 \times 70\% \times \frac{10}{(b+4h)} \times \frac{1}{\eta \times P_\alpha} \times \frac{T_d}{40} \approx 1.026 [f/(km^2 \cdot a)]$$

[0078] 从电网反击雷害分布和电网绕击雷害分布中查询,发现此塔所处网格反击危险雷电密度大于此临界反击危险雷电密度值,绕击危险雷电密度也大于此临界绕击危险雷电密度值,所以此塔所处位置既为反击超标区,也为绕击超标区,即此处为4级雷害区。

[0079] B. 对华北电网220kV姜兴一线54#杆塔,临界密度值计算

[0080] 杆塔参数如下:Z43-L型,杆塔高度38.25m,双避雷线,避雷线距离6m,避雷线弧垂6.9m,保护角 13° 。此处地形为山顶。

[0081] 则可算得,避雷线平均高度 $h = 38.25 - 2/3 \times 6.9 = 33.65(m)$,绕击率 $P_\alpha = 0.0038$ 。

[0082] 临界反击危险雷电密度值:

$$[0083] \quad n_{gcl} = 0.315 \times 50\% \times \frac{10}{(b+4h)} \times \frac{1}{\eta \times g} \times \frac{T_d}{40} = 0.042 [f/(km^2 \cdot a)]$$

[0084] (T_d 根据此塔所处位置和按 0.15° 网格取30)

[0085] 临界绕击危险雷电密度值:

$$[0086] \quad n_{gcl} = 0.315 \times 50\% \times \frac{10}{(b+4h)} \times \frac{1}{\eta \times P_\alpha} \times \frac{T_d}{40} = 2.764 [f/(km^2 \cdot a)]$$

[0087] 从电网反击雷害分布和电网绕击雷害分布中查询,发现此塔所处网格反击危险雷电密度大于此临界反击危险雷电密度值,绕击危险雷电密度小于此临界绕击危险雷电密度值,所以此塔所处位置为反击超标区,绕击不超标区,即此处为2级雷害区。

[0088] 3、防雷配置方案

[0089] 依据上述这种对各杆塔进行临界危险雷电密度计算,再依据电网雷害分布图上相应位置的绕击危险雷电密度和反击危险雷电密度值与之进行比较,判断杆塔所处的雷害区域等级,根据其雷害等级进行雷电防护措施配置的方法,华北电网生产部于2007年在沙昌双回线等10条500kV输电线路和承隆一回线等15条220kV输电线路上有针对性的装设了防绕击避雷针及侧针共计1420套,安装线路避雷器121支,改造接地装置1003基,接地加

接地模块 257 基, 加装连续接地体 166km。

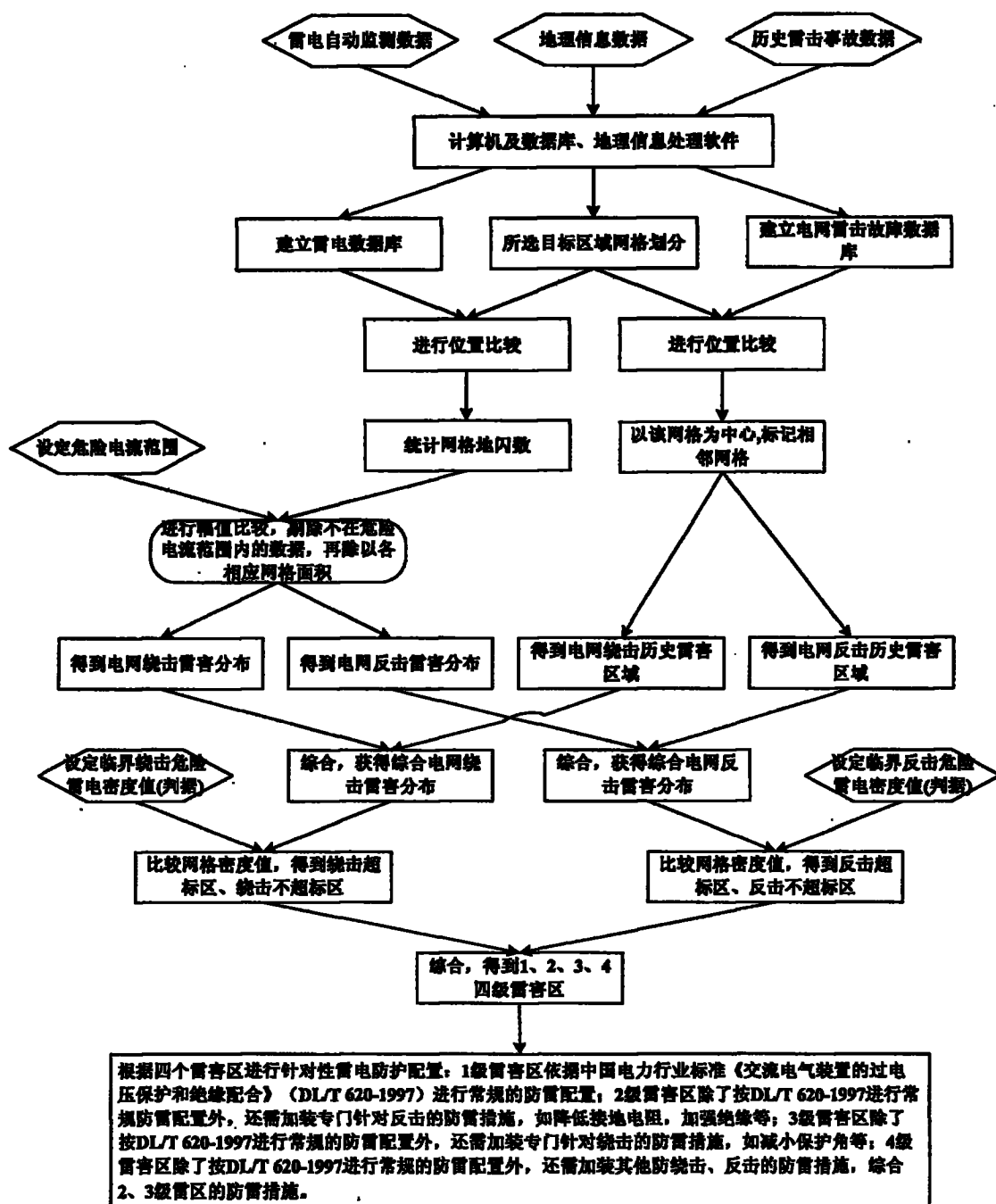


图 1