

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2019 年 1 月 17 日 (17.01.2019)



(10) 国际公布号
WO 2019/011334 A1

- (51) 国际专利分类号:
H02J 3/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/095659
- (22) 国际申请日: 2018 年 7 月 13 日 (13.07.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201710569377.2 2017年7月13日 (13.07.2017) CN
- (71) 申请人: 国网江苏省电力有限公司苏州供电分公司 (STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER CO., LTD SUZHOU BRANCH) [CN/CN]; 中国江苏省苏州市劳动路555号, Jiangsu 215004 (CN)。 国网江苏省电力有限公司 (STATE GRID JIANGSU

ELECTRIC POWER CO., LTD) [CN/CN]; 中国江苏省南京市上海路215号, Jiangsu 210024 (CN)。 国家电网公司 (STATE GRID CORPORATION OF CHINA) [CN/CN]; 中国北京市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。

(72) 发明人: 童充 (TONG, Chong); 中国江苏省苏州市劳动路555号, Jiangsu 215004 (CN)。 蔡云峰 (CAI, Yunfeng); 中国江苏省苏州市劳动路555号, Jiangsu 215004 (CN)。 张子阳 (ZHANG, Ziyang); 中国江苏省南京市上海路215号, Jiangsu 210024 (CN)。 王庆 (WANG, Qing); 中国北京市西城区西长安街86号, Beijing 100031 (CN)。 戴康 (DAI, Kang); 中国江苏省苏州市劳动路555号, Jiangsu

(54) Title: DYNAMIC THUNDER AND LIGHTNING PROTECTION METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 雷电动态防护方法及系统

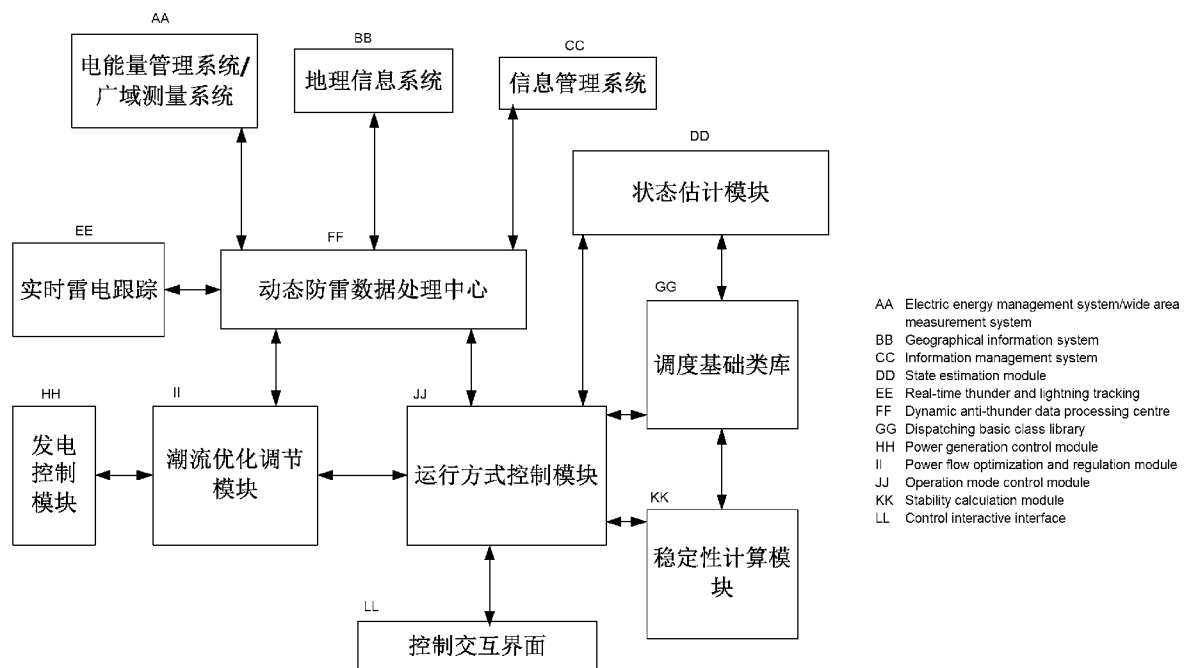


图 6

(57) Abstract: Disclosed are a dynamic thunder and lightning protection method and system, the method comprising: detecting thunder and lightning in real time, and tracking the position of a thunderstorm; and carrying out, according to a power grid control strategy, dynamic anti-thunder protection and control on a power grid before the thunderstorm arrives or the power grid is affected. Further disclosed is a dynamic thunder and lightning protection system.

(57) 摘要: 本申请公开了一种雷电动态防护方法及系统, 包括对雷电实时探测, 并对雷暴位置进行跟踪; 在所述雷暴到达或影响所述电网之前, 根据电网控制策略, 对电网进行动态防雷保护控制, 同时也公开了一种雷电动态防护系统。

215004 (CN)。殷伟(YIN, Wei); 中国江苏省苏州市劳动路555号, Jiangsu 215004 (CN)。

(74) 代理人: 北京品源专利代理有限公司(BEYOND ATTORNEYS AT LAW); 中国北京市海淀区莲花池东路39号西金大厦6层, Beijing 100036 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

雷电动态防护方法及系统

本申请要求在2017年07月13日提交中国专利局、申请号为201710569377.2的中国专利申请的优先权，该申请的全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本申请涉及雷电防护领域，例如涉及一种雷电动态防护方法及系统。

背景技术

雷电一直是危害电网安全的重大因素，我国沿海地区一半以上的电网事故因雷电导致。传统防雷技术可以使雷害最小化，但难以将其完全消除，这也是一个世界性难题。

近年来全球气候变化明显，极端天气增多，雷电活动更加频繁剧烈。据国际权威机构发布的研究，在可预见的未来数十年，全球雷暴活动将持续大幅增加。

雷电伴随着电力系统的发展，一直是危害电网安全，造成局部或较大范围停电的重大自然因素。每年美国30%以上，欧洲50%以上的停电事故由雷电导致。我国沿海地区一半以上的电网事故因雷电导致。而随着智能电网建设发展，电网面临新能源大量接入、电能大规模跨区域输送、复杂程度增加等挑战。在极端条件下，雷电仍可能触发电网级联事故，造成局部或较大范围停电。

常规防雷模式的保护目标为单个的设备或设施，如线路、变压器、电子设备和变电站等；采用的是相对固定的防护措施，如架空避雷线、避雷针、避雷器和防浪涌设备等；主要原理是将雷电的破坏性能量导入大地或提高防护级别、绝缘强度；主要侧重设计安装阶段。

常用电网防雷技术分析：

(1) 避雷针及架空避雷线：

避雷针、避雷线在原理上通过将被保护目标附近的雷击引导到自身，并将雷击产生的能量导入大地，从而使被保护目标免遭直接雷击。但是参照相关国际标准 IEEE Std 1243-1997, IEEE Std 1313.2-1999 (R2005)等，可以发现利用该方法依然有两种情况会导致雷害，即“绕击 (Shielding Failure)”和“反击 (Back

flashover) ”。

“绕击”是指直击雷绕开避雷针或架空避雷线，直接发生在被保护的目标如电力线路的相线上。有大量研究表明，在复杂的地形条件下，绕击发生率会增加；此外由于一个直击雷通常包括 3~5 个回击（第一次称为首击，其余称为后续回击），往往对雷电的首击防护有效，而雷击放电的后续回击防护失效，即后续放电直击在被保护目标上。优化避雷线的保护角可以改善绕击率，但是由于塔高、施工条件等限制，现实中并不能避免上述情况。

“反击”是指当直接雷发生在避雷针或架空避雷线上时，由于能量不能被及时泄放，从而在接地点产生一个高电位，导致避雷线与相线直接发生闪络，或者由于较高的地电位而对相关被保护目标产生破坏性作用。根据相关国际标准 CEI/IEC 60826:2003 及 IEEE Std 1313.2-1999 (R2005)，反击的发生率与接地电阻密切相关，但许多地形条件下如山地等，由于土壤电阻率限制而难以长期有效的降低接地电阻。而电网一般远距离大跨度，分布在多种地形条件下，在实际运行中，无法有效保证电网大量杆塔的接地电阻达到安全值。

（2）绝缘水平

提高电力线路的绝缘水平能够相应提高防雷性能，根据相关 IEC 国际绝缘配合标准 IEC 60071-2:1996、IEEE 国际标准 Std 1313.2-1999 (R2005)，基于合理经济的设计建设原则和实际的施工维护限制，同时也由于要综合考虑操作过电压、污闪等方面，电力线路不能无限制的提高其绝缘水平，应设定在一个相对合理的范围内。按照相关国际标准，电网在实际运行中无法合理经济的使每一条电力线路的绝缘水平最大化。而自然界中雷击的随机性较强，许多情况下将会超过线路的绝缘水平。

（3）避雷器

避雷器在原理上是一种防浪涌设备，在电力线路的相线上加装避雷器能够有效限制瞬间过电压。由于原理上的原因，避雷器本身存在泄露电流，必须加以长期监测和维护。在每个杆塔、每条相线上都安装避雷器并不合理经济，在后期也会产生巨大的维护工作量。另外根据 IEEE Std 1243-1997 等国际标准，避雷器失效/失灵等因素也必须考虑在内。

由于整个电网设备数以百万计，在庞大的基数下，很难保证每个设备、每个原件的防雷性能时刻处于最佳状态；同时根据合理经济等建设原则，也难保

证每条线路、每个部件的防雷性能达到最大化。电网规模庞大，小概率事件依然数量可观。利用传统防雷技术可以使雷害最小化，但难以将其完全消除，在实际运行中，电网依然存在大量由于雷击而导致的停电事故，依靠传统防雷技术无法得到解决。

发明内容

以下是对本文详细描述的主题的概述。本概述并非是为了限制权利要求的保护范围。

本申请提供了一种雷电动态防护方法及系统。

本申请实施例提供一种雷电动态防护方法，包括：对雷电实时探测，并对雷暴位置进行跟踪；在雷暴到达或影响电网之前，根据电网控制策略，对电网进行动态防雷保护控制。

电网控制策略包括以下至少一种：优化电网的运行方式，以改变电网的潮流路径，避免电网的潮流通过受雷电威胁的区域；调节电网的潮流，以减少受雷电威胁区域内输电路径上的潮流，增加安全区域内输电路径上的潮流；对发电机/发电单元进行非线性控制，对电源进行动态控制以控制电网的潮流输出，增加安全区域内的电源出力。

在一实施例中，在对电网进行动态防雷保护控制之前，对电网控制策略进行电网稳定性判断。

在一实施例中，通过广域状态估计和稳定性边界计算，判断根据电网控制策略控制后的电网是否稳定；如果稳定，则根据电网控制策略控制电网。

在一实施例中，根据获取的实时雷电方位数据和大气电场强度信息对雷暴位置进行跟踪。

在一实施例中，对所述电网进行分区，并根据所述雷暴位置分别判断分区之后所述电网中每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别。

本申请实施例还提供一种雷电动态防护系统，包括实时雷电跟踪单元、数据处理中心、运行方式控制模块、潮流优化调节模块和发电机/发电单元非线性控制模块。

实时雷电跟踪单元设置为：根据实时雷电方位数据和大气电场强度信息，

跟踪雷暴位置。

数据处理中心设置为：从实时雷电跟踪单元获取实时雷电跟踪信息，从地理信息系统获取电网的地理分布信息，从电能量管理系统/广域测量系统获取电网的运行方式信息、电网的潮流分布信息和实时负荷信息；将所有信息作为基础数据元，输入到每个模块；同时数据处理中心接受每个模块的反馈信息，并将反馈信息传输给相应的模块。

运行方式控制模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，优化电网的运行方式，以改变电网的潮流路径，避免电网的潮流通过受雷电威胁的区域。

潮流优化调节模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，调节电网的潮流，以减少受雷电威胁区域内输电路径上的潮流，增加安全区域内输电路径上的潮流。

发电机/发电单元非线性控制模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，对发电机/发电单元进行非线性控制，对电源进行动态控制以控制电网的潮流输出，增加安全区域内的电源出力。

在一实施例中，所述系统还包括调度基础类库、状态估计模块和稳定性计算模块。

调度基础类库设置为：存储电网稳定性约束校验规则。

状态估计模块设置为：对根据电网控制策略控制后的电网进行广域状态估计，根据电网稳定性约束校验规则判断控制后的电网是否稳定。

稳定性计算模块设置为：对根据电网控制策略控制后的电网进行稳定性边界计算；根据电网稳定性约束校验规则判断控制后的电网是否稳定。

在一实施例中，数据处理中心还设置为：从电网信息管理系统（MIS）获取设备防雷性能信息、设备状态及缺陷信息。

在一实施例中，雷电动态防护系统还包括电网分区或分层预警模块，所述电网分区预警模块设置为：对所述电网进行分区，并根据所述雷暴位置分别判断所述电网分区后每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述雷电动态防护方法。

在阅读并理解了附图和详细描述后，可以明白其他方面。

附图说明

图 1 为本申请的流程图；

图 2 为一电网的拓扑结构；

图 3 为一变电站的拓扑结构；

图 4 为改进型多重 UPFC 结构图；

图 5 为改进型多重 UPFC 控制原理；

图 6 为系统的结构框图。

具体实施方式

下面结合附图对本申请作进一步描述。以下实施例仅用于更加清楚地说明本申请的技术方案，而不能以此来限制本申请的保护范围。

如图 1 所示，一种雷电动态防护方法，包括步骤 S110 和步骤 S120。

在步骤 S110 中，对雷电实时探测，并对雷暴位置进行跟踪。

利用地基雷电空间辐射传感器组网获取实时雷电方位数据，利用大气电场强度仪获取实时大气电场强度信息，基于以上两个数据源进行雷暴位置进行跟踪。同时为了更加明确电网受雷电的影响，可对电网进行分层分区，根据雷暴位置，判断电网每个部分预警级别。

在一实施例中，在对雷暴位置进行跟踪时，利用地基雷电空间辐射传感器组网获取的实时雷电方位数据是对电网产生实际影响之前的雷暴的数据。目标电网系统就是需要进行动态防雷保护的电网系统。例如，若目标电网系统为某省级电网系统，则需要对整个该省级电网系统及周边一定范围区域内的雷电进行探测，并追踪该省级电网系统及周边范围雷电方位数据。如果目标电网系统为某市级电网系统，就需要对该市级电网系统及周边一定范围区域内的雷电活动进行探测，并追踪该市级电网系统及周边范围雷电方位数据。同样的，在利用大气电场强度仪获取的实时大气电场强度信息也与目标电网系统有关。基于探测的雷电方位数据和获取的大气电场强度信息，实现对目标电网系统周边的雷暴位置追踪。

在一实施例中，可以对电网系统进行分区，并根据所述雷暴位置判断所述

电网中每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别，并后续在每个层级采取的不同控制策略。例如目标电网系统为某区域电网系统，可以将目标电网系统划分为输电网级和配电网级等。对于不同的层级，判断不同的预警级别，可以采取不同的控制策略实现动态防雷保护，保障电网系统运行的安全性和稳定性。

同样的电网在不同运行状态下，遭受雷击后产生的后果也不相同。根据追踪到的雷暴位置，针对不同的电网区域和电网层级进行预警级别判断后，根据预警级别的判断结果，对整个电网系统的工作状态进行协同调整，降低整个电网系统发生雷击停电事故的概率或者避免雷击造成的停电事故，从而实现对目标电网系统的整体雷电防护。

需要说明的是，可以对电网系统进行分层或者分区进行动态防雷保护，也可以根据电网规模或范围不进行分区或者分层，直接对目标电网系统进行整体上的动态防雷保护。

在步骤 S120 中，在所述雷暴到达或影响所述电网之前，根据电网控制策略，对电网进行动态防雷保护控制。

在对电网进行动态防雷保护控制之前，通过广域状态估计和稳定性边界计算，对电网控制策略进行电网稳定性判断，只有在电网稳定的前提下，才根据电网控制策略控制电网。

即所有控制策略采取的同时，需要保证电网的稳定性，在实际执行一种或多种动态防雷电网控制策略之前，通过广域状态估计和稳定性边界计算，根据电网稳定性约束校验规则判断改变后的电网是否稳定，如果稳定，则实施该控制，如果不稳定，则更换另一种策略或不执行。

电网控制策略包括以下至少一种：

策略一：优化电网运行方式，以改变电网潮流路径，避免电网潮流通过受雷电威胁的区域。

电网运行方式是指一个电网在运行中由实际开关及刀闸位置而决定的实时拓扑结构。通过对一系列开关及刀闸的控制和切换，可以改变电网的动态拓扑结构，同时可以改变电网潮流的流向、路径及基本电路结构。

如图 2 所示，通过控制每个母联开关（2500A，2500B，2500C，2500D，2500E，2500F）的分合，以及每个线路开关（A1-A8，B1-B4，C1-C4，D1-D2，

E1-E4, F1-F4)可以形成一个环网或者分别形成若干支网;同时也可以分别形成环网运行方式或者终端运行方式。例如,合上变电站 A 的开关 2500A,变电站 B 的开关 2500B,变电站 C 的开关 2500C,变电站 E 的开关 2500E,变电站 F 的开关 2500F,同时分开变电站 B 的开关 B3,则形成了一个包含两台发电机(发电厂 X)和十条母线的环网。此时变电站 C 环网运行,而变电站 D 终端运行/馈供运行。

如图 3 所示为 110kV 变电站,该电站做以下改变:(1)将图中 110kV 变电站 10kV 母线上的部分 10kV 配电线路由原先的电能输出的对外供电模式,改为电能输入的反向供电模式,也就是说将部分低压侧线路从出线改为进线运行方式。该项操作可由配网调度中心根据具体网络接线方式,通过配电线路开关分合及配网负荷开关的切换来实现,从而改变 10kV 线路的输入或输出运行模式。

(2)由于配网末端负荷一般为双电源,该双电源一般来自两个不同变电站的 10kV 线路,在图 3 中可首先合上对面侧变电站的 10kV 配电线路开关,之后拉开本变电站 10kV 母线上的 10kV 配电线路开关,从而实现电力负荷的电源切换,亦即电力负荷的转移。(3)在配电网具有至少一个包含分布式电源的微电网的情况下,可以调整微电网的控制策略来提高或降低微电网并网点出力或者切换微电网的并网/孤岛运行模式,也即切换低压末端微电网的控制策略及分布式电源的出力,来改变配电网的潮流走向或负荷分布。

策略二:调节电网潮流,以减少受雷电威胁区域内输电路径上的潮流,增加安全区域内输电路径上的潮流。

调节电网潮流,典型的可以利用统一潮流控制器(Unified Power Flow Controller, UPFC)进行调节,如图 4 所示,为改进型多重 UPFC 的结构图,包括(1)设备层,主要包括串联变换器、并联变换器、串联变压器、并联变压器等;(2)控制层,主要包括串联控制器及并联控制器,用以确保变换器的输入输出能够满足预输出要求;(3)协调层,主要用以完成满足补偿功能的反馈计算;(4)系统层,主要用以使实现协调功能及控制设备的统一控制,使其能够匹配电网调度策略;(5)电网层,能够执行对电网潮流的全局优化控制。基本控制原理如图 5 所示,底层(即设备层、控制层和协调层)控制原理与“统一潮流控制器”相一致,而系统层控制在底层控制的基础上结合了单个 UPFC 系统的动态防雷稳定性约束参数,电网层控制在系统层控制基础上,结合整体协

调控制策略，即与运行方式优化、非线性控制等控制策略协调。

策略三：对发电机/发电单元进行非线性控制，动态控制电源以控制电网潮流输出，增加安全区域内的电源出力。

对发电机/发电单元进行非线性控制主要是通过读取发电机/发电单元实时状态量、反馈参数，得到稳定性约束参数及电网优化控制参数，从而通过对发电控制系统的上层控制，实现发电机/发电单元全局协调控制。

电网系统中的输电网、配电网具有不同类型的发电机或发电单元。例如对于输电网中的传统电厂发电机，可以通过电力调度中心的人工或自动控制策略来调整发电机的出力。而对于配电网中包含分布式电源的微电网，可以通过调整微电网控制器的控制策略来调节微电网的输入和输出。

如图 6 所示，一种雷电动态防护系统，包括实时雷电跟踪单元、数据处理中心、运行方式控制模块、潮流优化调节模块、发电机/发电单元非线性控制模块、调度基础类库、状态估计模块和稳定性计算模块。

每个模块的功能如下：

实时雷电跟踪单元：根据实时雷电方位数据和大气电场强度信息，跟踪雷暴位置。

数据处理中心：从实时雷电跟踪单元获取实时雷电跟踪信息，从电网信息管理系统（Management Information System, MIS）获取设备防雷性能信息、设备状态及缺陷信息，从地理信息系统获取电网地理分布信息，从电能量管理系统/广域测量系统获取电网运行方式信息、电网潮流分布信息和实时负荷信息，所有信息作为基础数据元，输入到每个模块；同时数据处理中心接受每个模块反馈信息，并将反馈信息传输给相应的模块。

运行方式控制模块：根据策略一控制电网；策略一：优化电网运行方式，改变电网潮流路径，避免电网潮流通过受雷电威胁的区域。

潮流优化调节模块：根据策略二控制电网；策略二：调节电网潮流，减少受雷电威胁区域内输电路径上的潮流，增加安全区域内输电路径上的潮流。

发电机/发电单元非线性控制模块：根据策略三控制电网；策略三：对发电机/发电单元进行非线性控制，对电源进行动态控制以控制电网潮流输出，增加安全区域内的电源出力。

调度基础类库：存储有电网稳定性约束校验规则。

状态估计模块：对根据电网控制策略控制后的电网进行广域状态估计，根据电网稳定性约束校验规则判断控制后的电网是否稳定。

稳定性计算模块：对根据电网控制策略控制后的电网进行稳定性边界计算；根据电网稳定性约束校验规则判断控制后的电网是否稳定。

在一实施例中，雷电动态防护系统还包括电网分区或分层预警模块，所述电网分区或分层预警模块设置为：对所述电网进行分区，并根据所述雷暴位置分别判断分区之后所述电网中每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别。

传统的电网防雷模式的整体思路相当于堵，是加强绝缘强度、对每个设备加装多种防雷设备；而上述方法和系统的思路相当于疏，是将电网的负荷进行疏导和优化平衡。因此，动态防雷的基本思路就是根据对雷电的实时探测跟踪，根据稳定性计算和智能决策，对电网进行动态控制。当雷电威胁到某电力线路或者电网的某一部分，就转移该线路或调整该部分电网的负荷，优化平衡整个电网的负荷分布。当雷电威胁解除，则从安全运行模式切换回原来的经济运行模式。

上述方法与传统防雷方法对比如下表一所示：

表一 对比表

	常规防雷模式	动态防雷模式
手段	通过保护系统每一个单个设备/部分，来确保整个电网的正常运行；	通过维持电网系统的实时动态平衡来确保整个电网系统正常运行；
原理	将雷电的破坏性能量导入大地；提高绝缘强度；	优化电网运行方式；调节电网潮流；对发电机/发电单元进行非线性控制。
侧重	设计安装阶段	实时运行阶段
对象	单个的设备、部件或设施；如线路、变压器、电子设备、整个	将整个电网作为一个动态平衡的整体来保护；

	变电站等；	
措施	固定措施；如架空避雷线、避雷针、避雷器、绝缘强度加强、防浪涌设备（Surge Protection Device, SPD）等；	根据实时雷电数据的动态措施；
目的	确保整个电网系统包括智能电网的安全稳定运行。	

上述方法根据电网的动态平衡本质、利用大禹治水“疏而非堵”的控制机理，提出一种针对电网的系统级的“动态防雷”方法，该方法结合实时雷电跟踪及电网稳定性计算，在雷暴到达或影响电网系统之前，根据一种或多种控制策略对电网系统的运行方式进行优化，或者调节电网的潮流，或者对发电机/发电单元进行非线性控制，实现对雷电的动态防护，本申请可以提高智能电网防雷性能，改善雷电天气下的系统稳定性，减少雷电导致的电网事故，大幅降低停电损失。

1、一种雷电动态防护方法，包括，

对雷电实时探测，并对雷暴位置进行跟踪；

在所述雷暴到达或影响所述电网之前，根据电网控制策略，对电网进行动态防雷保护控制；

所述电网控制策略包括以下至少一种：

优化所述电网的运行方式，以改变所述电网的潮流路径，避免所述电网的潮流通过受雷电威胁的区域；

调节所述电网的潮流，以减少所述受雷电威胁区域内输电路径上的潮流，增加安全区域内输电路径上的潮流；

对发电机/发电单元进行非线性控制，对电源进行动态控制以控制所述电网的潮流输出，增加所述安全区域内的电源出力。

2、根据权利要求1所述的一种雷电动态防护方法，在所述对电网进行动态防雷保护控制之前，对所述电网控制策略进行电网稳定性判断。

3、根据权利要求2所述的一种雷电动态防护方法，其中，通过广域状态估计和稳定性边界计算，判断根据所述电网控制策略控制后的所述电网是否稳定；如果稳定，则根据所述电网控制策略控制所述电网。

4、根据权利要求1所述的一种雷电动态防护方法，所述对雷电实时探测并对雷暴位置进行跟踪，包括：

根据获取的实时雷电方位数据和大气电场强度信息对雷暴位置进行跟踪。

5、根据权利要求1所述的一种雷电动态防护方法，所述方法还包括：

对所述电网进行对所述电网进行分区，并根据所述雷暴位置分别判断分区之后所述电网中每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别。

6、一种雷电动态防护系统，包括实时雷电跟踪单元、数据处理中心、运行方式控制模块、潮流优化调节模块和发电机/发电单元非线性控制模块；

所述实时雷电跟踪单元设置为：根据实时雷电方位数据和大气电场强度信息，跟踪雷暴位置；

所述数据处理中心设置为：从所述实时雷电跟踪单元获取实时雷电跟踪信息，从地理信息系统获取电网的地理分布信息，从电能量管理系统/广域测量系统获取电网的运行方式信息、电网的潮流分布信息和实时负荷信息；将所有信

息作为基础数据元，输入到每个模块；同时所述数据处理中心接受每个模块的反馈信息，并将所述反馈信息传输给相应的模块；

所述运行方式控制模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，优化所述电网的运行方式，以改变所述电网潮流路径，避免所述电网的潮流通过受雷电威胁的区域；

所述潮流优化调节模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，调节所述电网的潮流，以减少所述受雷电威胁区域内输电路径上的潮流，增加安全区域内输电路径上的潮流；

所述发电机/发电单元非线性控制模块设置为：在所述雷暴到达或影响所述电网之前，对发电机/发电单元进行非线性控制，对电源进行动态控制以控制所述电网的潮流输出，增加安全区域内的电源出力。

7、根据权利要求 6 所述的一种雷电动态防护系统，还包括调度基础类库、状态估计模块和稳定性计算模块；

所述调度基础类库设置为：存储电网稳定性约束校验规则；

所述状态估计模块设置为：对根据所述电网控制策略控制后的所述电网进行广域状态估计，根据所述电网稳定性约束校验规则判断控制后的所述电网是否稳定；

所述稳定性计算模块设置为：对根据所述电网控制策略控制后的所述电网进行稳定性边界计算；根据所述电网稳定性约束校验规则判断控制后的所述电网是否稳定。

8、根据权利要求 6 所述的一种雷电动态防护系统，其中所述数据处理中心还设置为：从电网信息管理系统（MIS）获取设备防雷性能信息、设备状态及缺陷信息。

9、根据权利要求 6 所述的一种雷电动态防护系统，还包括电网分区或分层预警模块，所述电网分区或分层预警模块设置为：对所述电网进行分区，并根据所述雷暴位置分别判断分区之后所述电网中每个分区的预警级别；或者对所述电网进行分层，并根据所述雷暴位置分别判断分层之后所述电网中每个层级的预警级别。

10、一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现如权利要求 1-5 中任一项所述的方法。

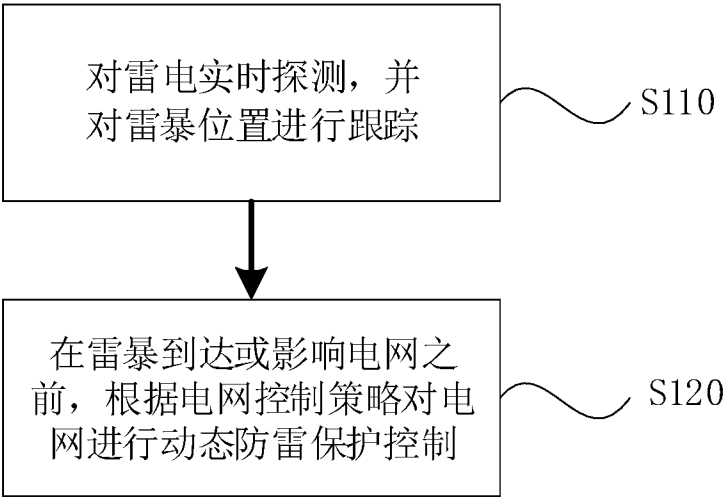


图 1

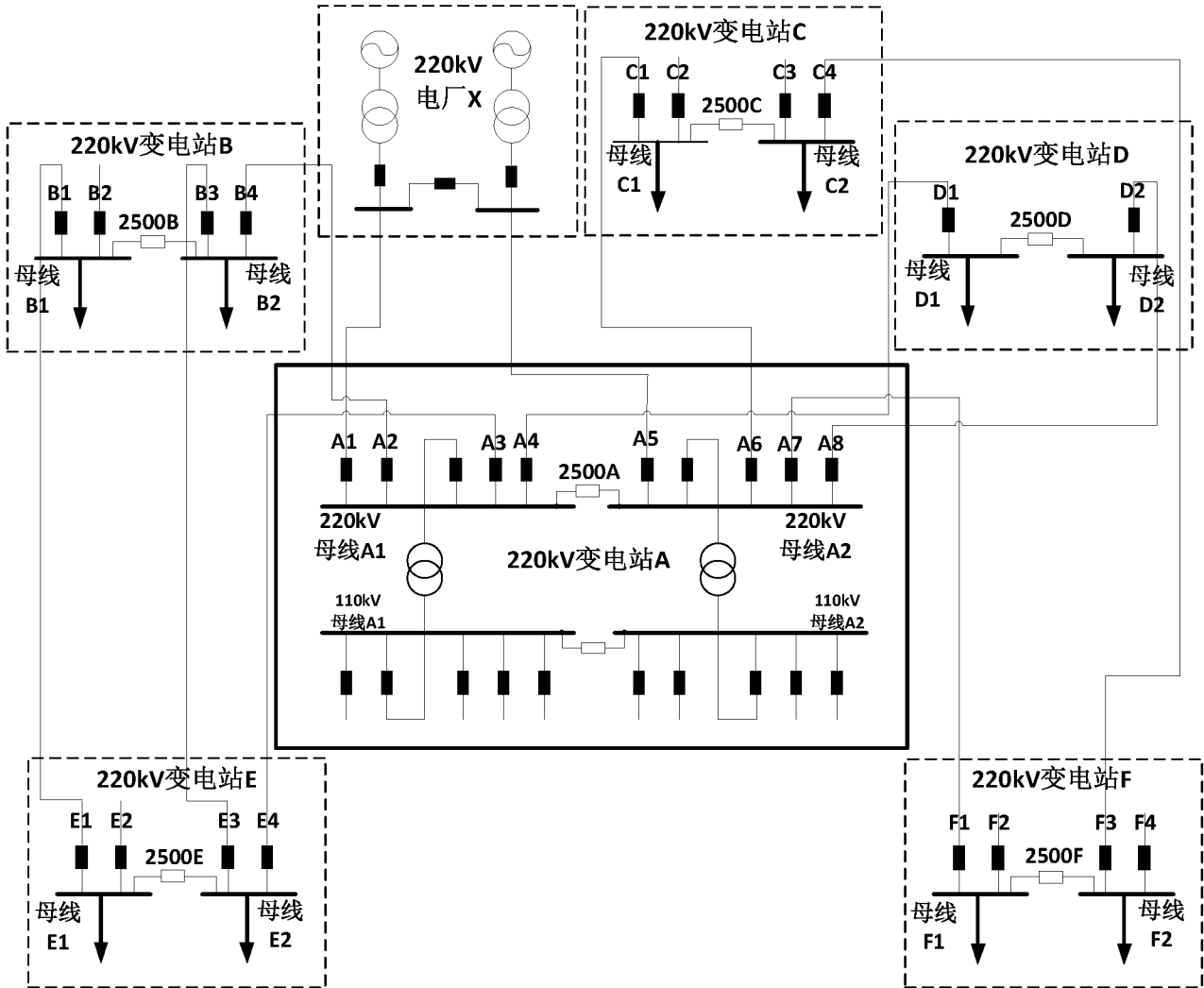


图 2

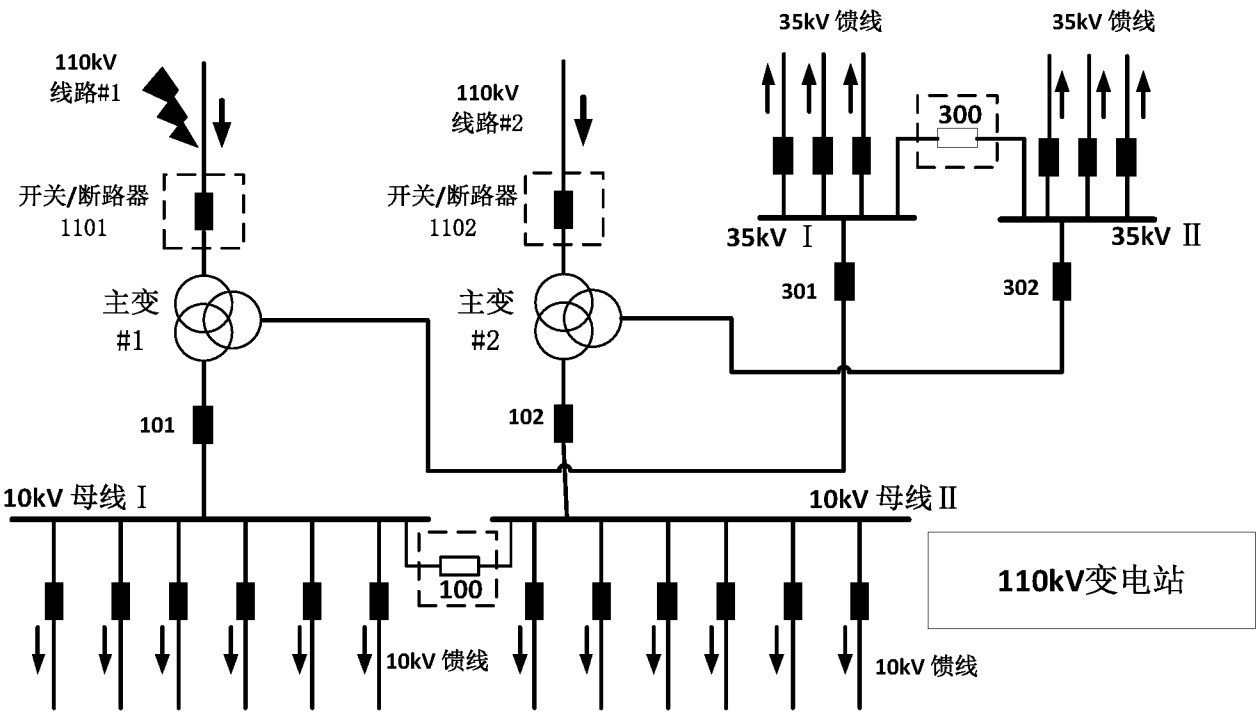


图 3

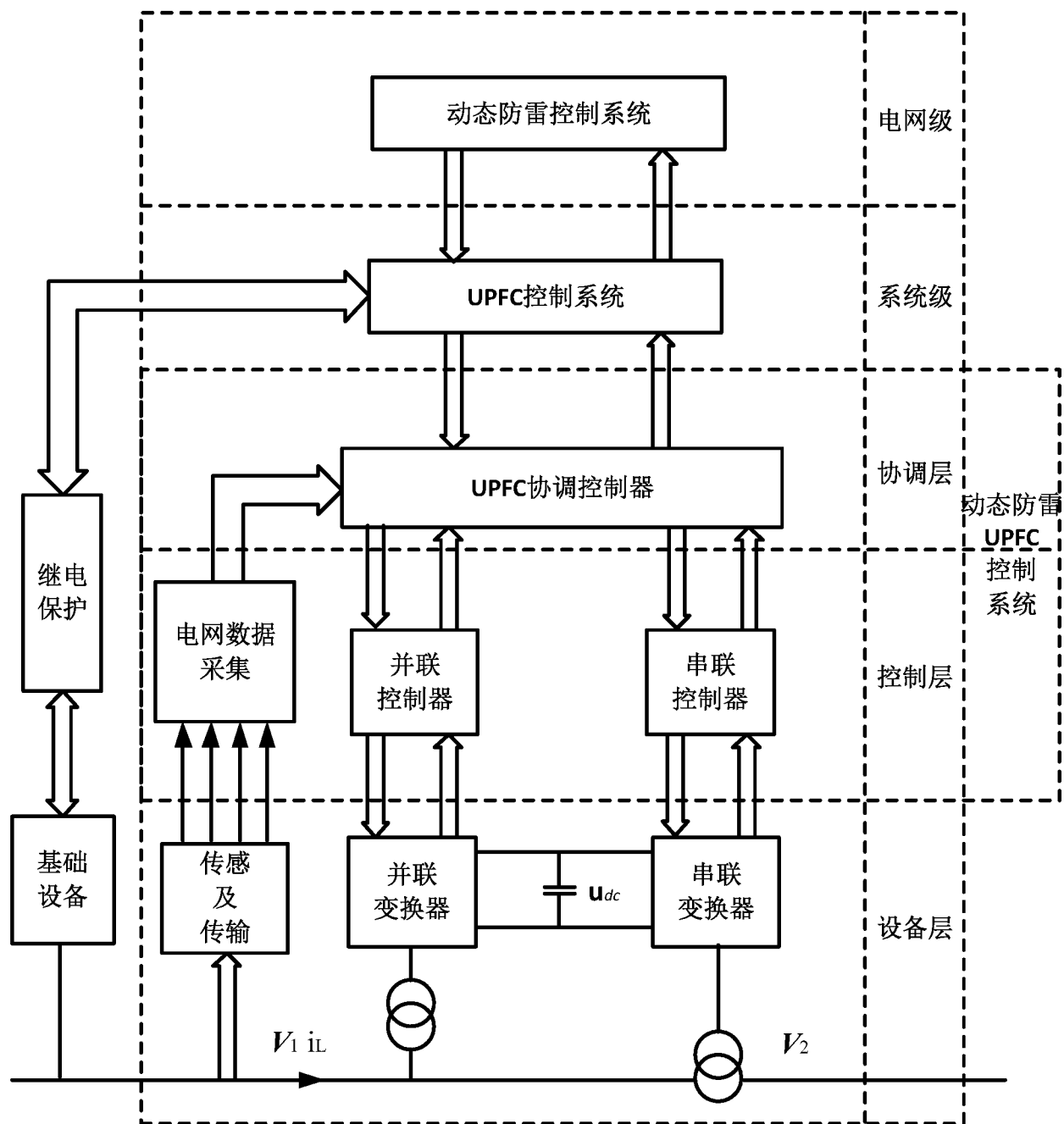


图 4

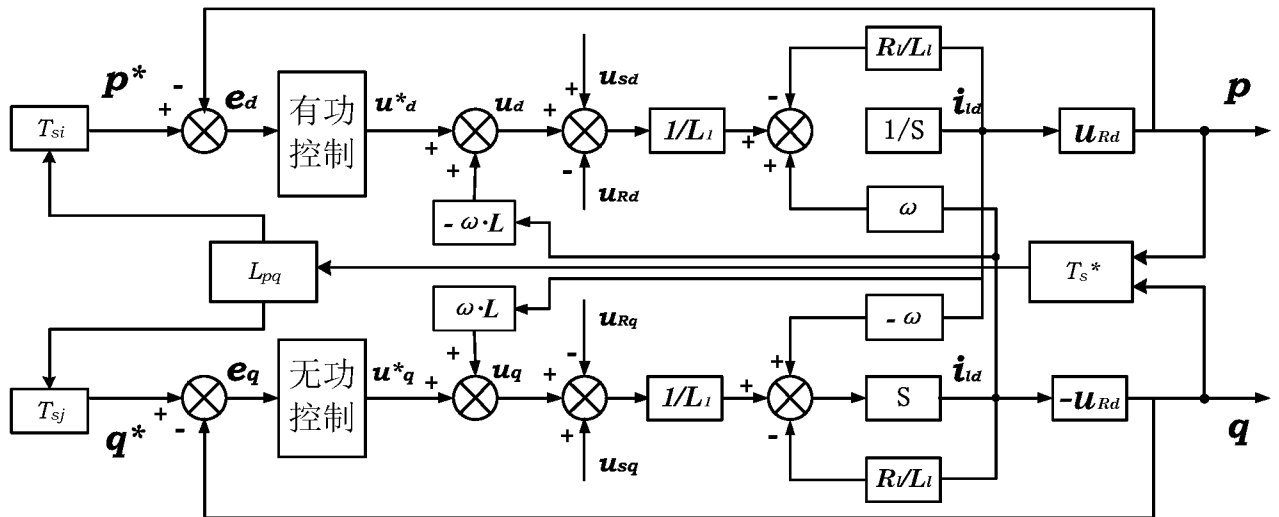


图 5

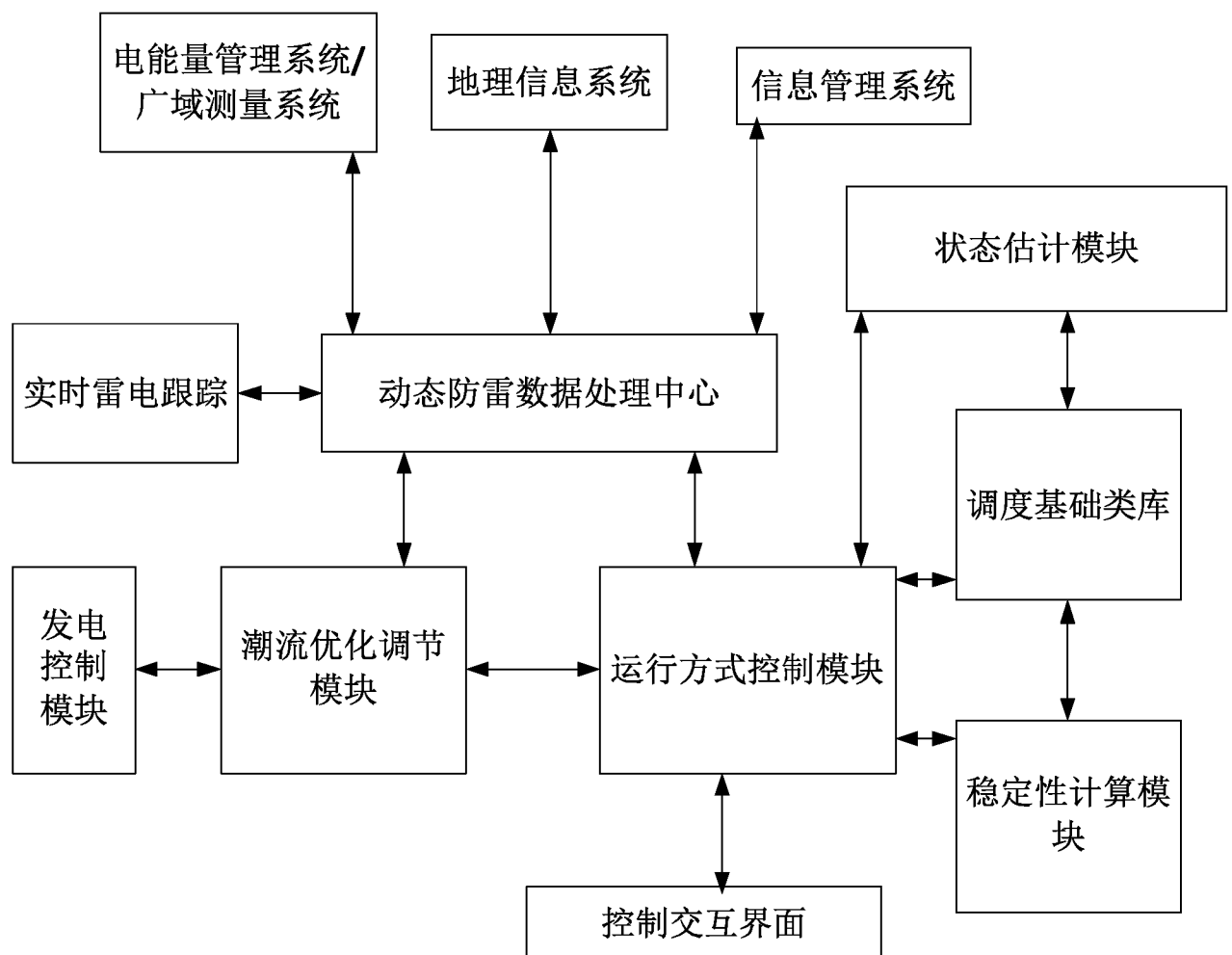


图 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/095659

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02J 3/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H02J3

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNTXT; CNABS; CNKI; SIPOABS; DWPI: 国网江苏省电力公司苏州供电公司, 童充, 防雷, 雷电, 防护, 动态, 监测, 策略, 传输, 预警, 分区, lighting, protect+, thunder+, dynamic, active, transmi+, warn+, detect+, monit+

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107453352 A (SUZHOU POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY) 08 December 2017 (2017-12-08) description, paragraphs [0018]-[0069]	1-10
X	CN 106410792 A (SUZHOU POWER SUPPLY COMPANY OF STATE GRID JIANGSU ELECTRIC POWER COMPANY) 15 February 2017 (2017-02-15) description, paragraphs [0004]-[0099], and figures 1 and 2	1-10
A	CN 104008512 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 27 August 2014 (2014-08-27) entire document	1-10
A	CN 103927435 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA ET AL.) 16 July 2014 (2014-07-16) entire document	1-10



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 2018

Date of mailing of the international search report

05 September 2018

Name and mailing address of the ISA/CN

State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/095659

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	107453352	A	08 December 2017	None	
CN	106410792	A	15 February 2017	None	
CN	104008512	A	27 August 2014	CN 104008512 B	15 February 2017
CN	103927435	A	16 July 2014	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/095659

A. 主题的分类 H02J 3/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类																	
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) H02J3 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNTXT; CNABS; CNKI; SIPOABS; DWPI; 国网江苏省电力公司苏州供电公司, 童充, 防雷, 雷电, 防护, 动态, 监测, 策略, 传输, 预警, 分区, lighting, protect+, thunder+, dynamic, active, transmi+, warn+, detect+, monit+																	
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107453352 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 说明书第[0018]-[0069]段</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>X</td> <td>CN 106410792 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第[0004]-[0099]段, 附图1、2</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104008512 A (国家电网公司 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103927435 A (国家电网公司 等) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 全文</td> <td>1-10</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 107453352 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 说明书第[0018]-[0069]段	1-10	X	CN 106410792 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第[0004]-[0099]段, 附图1、2	1-10	A	CN 104008512 A (国家电网公司 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-10	A	CN 103927435 A (国家电网公司 等) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 全文	1-10
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求															
PX	CN 107453352 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 12月 8日 (2017 - 12 - 08) 说明书第[0018]-[0069]段	1-10															
X	CN 106410792 A (国网江苏省电力公司苏州供电公司) 2017年 2月 15日 (2017 - 02 - 15) 说明书第[0004]-[0099]段, 附图1、2	1-10															
A	CN 104008512 A (国家电网公司 等) 2014年 8月 27日 (2014 - 08 - 27) 全文	1-10															
A	CN 103927435 A (国家电网公司 等) 2014年 7月 16日 (2014 - 07 - 16) 全文	1-10															
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																	
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件																	
国际检索实际完成的日期 2018年 7月 25日		国际检索报告邮寄日期 2018年 9月 5日															
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10) 62019451		授权官员 曹玮 电话号码 (86-512) 88995729															

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/095659

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	107453352	A	2017年 12月 8日	无	
CN	106410792	A	2017年 2月 15日	无	
CN	104008512	A	2014年 8月 27日	CN 104008512 B	2017年 2月 15日
CN	103927435	A	2014年 7月 16日	无	