

(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
2024 年 1 月 18 日 (18.01.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/012091 A1

(51) 国际专利分类号:

G01R 35/02 (2006.01) **G01H 17/00** (2006.01)
G01R 31/12 (2020.01) **G01D 21/00** (2006.01)
G01R 27/02 (2006.01)

新澳97号, Fujian 350602 (CN)。西安热工研究院有限公司(XI'AN THERMAL POWER RESEARCH INSTITUTE CO., LTD) [CN/CN]; 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

(21) 国际申请号: PCT/CN2023/098351

(22) 国际申请日: 2023 年 6 月 5 日 (05.06.2023)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

202210828081.9 2022年7月14日 (14.07.2022) CN

(71) 申请人: 华能罗源发电有限责任公司(HUANENG LUOYUAN POWER GENERATION CO., LTD) [CN/CN]; 中国福建省福州市罗源县碧里乡新澳村

(72) 发明人: 王绍民(WANG, Shaomin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。林松青(LIN, Songqing); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。薛晓峰(XUE, Xiaofeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。潘喜良(PAN, Xiliang); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。徐挺进(XU, Tingjin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。姜滨(JIANG, Bin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

(54) Title: STATE MONITORING SYSTEM FOR THERMAL-POWER ENERGY-STORAGE CURRENT TRANSFORMER

(54) 发明名称: 火电储能电流互感器状态监测系统

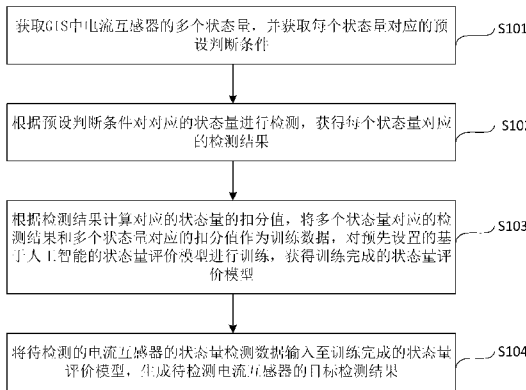


图 1

S101 Acquire a plurality of state quantities of a current transformer in a GIS, and acquire a preset determination condition corresponding to each state quantity
S102 Perform detection on a corresponding state quantity according to the preset determination condition, so as to obtain a detection result corresponding to each state quantity
S103 According to the detection results, calculate deduction values of the corresponding state quantities, take, as training data, the detection results corresponding to the plurality of state quantities, and the deduction values corresponding to the plurality of state quantities, and train a preset artificial intelligence-based state-quantity assessment model, so as to obtain a trained state-quantity assessment model
S104 Input, into the trained state-quantity assessment model, state quantity detection data of a current transformer to be subjected to detection, so as to generate a target detection result of the current transformer to be subjected to detection

(57) Abstract: Provided in the present application is a state monitoring method for a thermal-power energy-storage current transformer. The method comprises: acquiring a plurality of state quantities of a current transformer in a GIS, and acquiring a preset determination condition corresponding to each state quantity; performing detection on a corresponding state quantity according to the preset determination condition, so as to obtain a detection result corresponding to each state quantity; according to the detection results, calculating deduction values of the corresponding state quantities, taking, as training data, the detection results corresponding to the plurality of state quantities, and the deduction values corresponding to the plurality of state quantities, and training a preset artificial intelligence-based state-quantity assessment model; and inputting, into the trained state-quantity assessment model, state quantity detection data of a current transformer to be subjected to detection, so as to generate a target detection result of the current transformer to be subjected to detection.

(57) 摘要: 本申请提出了一种火电储能电流互感器状态监测方法, 该方法包括: 获取GIS中电流互感器的多个状态量, 并获取每个状态量对应的预设判断条件; 根据预设判断条件对对应的状态量进行检测, 获得每个状态量对应的检测结果; 根据检测结果计算对应的状态量的扣分值, 将多个状态量对应的检测结果和多个状态量对应的扣分值作为训练数据, 对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练; 将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至训练完成的状态量评价模型, 生成待检测电流互感器的目标检测结果。



梁晓斌(LIANG, Xiaobin); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。张宗祯(ZHANG, Zongzhen); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。戴海鹏(DAI, Haipeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。葛传军(GE, Chuanjun); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。常云潇(CHANG, Yunxiao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。杜武荣(DU, Wulong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。杨沛豪(YANG, Peihao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。兀鹏越(WU, Pengyue); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。寇水潮(KOU, Shuichao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。王小辉(WANG, Xiaohui); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。燕云飞(YAN, Yunfei); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。郭昊(GUO, Hao); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。殷悦(YIN, Yue); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。李志鹏(LI, Zhipeng); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。张立松(ZHANG, Lisong); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。王劼文(WANG, Jiewen); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。代本谦(DAI, Benqian); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。李菁华(LI, Jinghua); 中国陕西省西安市碑林区兴庆路136号, Shaanxi 710032 (CN)。

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))。

(74) 代理人: 北京清亦华知识产权代理事务所(普通合伙)(TSINGYIHUA INTELLECTUAL PROPERTY LLC); 中国北京市海淀区悦秀路99号4层2单元417, Beijing 100085 (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, MK, MT, NL, NO,

火电储能电流互感器状态监测系统

技术领域

本申请涉及电力系统技术领域，尤其涉及一种火电储能电流互感器状态监测方法。

5

背景技术

目前，在大规模的发电站中，比如，大装机容量的火力发电站中，通常需要设置气体绝缘开关设备（Gas Insulated Switchgear，简称 GIS）来缩小发电站的体积，实现小型化，因此 GIS 在高压和超高压领域被广泛应用。通常 GIS 为免维护设计，故障率较低，但 GIS 内部存在的一些缺陷，最初可能无害，也不容易发现，随着运行年限的延长，在多种因素的影响下，会造成故障的持续累计或发展，影响设备的安全运行。

10

其中，GIS 包括电流互感器，电流互感器是依据电磁感应原理将一次侧大电流转换成二次侧小电流的仪器，由于实际运行中发电、变电和配电等线路中电流值悬殊较大，为便于测量和控制需要通过电流互感器实现电流变换和电气隔离的功能。若电流互感器发生故障将会严重影响 GIS 的正常运行，因此需要对电流互感器的状态进行评价和检测。

15

相关技术中，通常是通过人工的方式对电流互感器的各个部件、参数和整体性能进行检测。然而，实际应用中，由于电流互感器包含的部件和待检测的参数数量较多，上述检测方式得到的检测结果可能存在误差，无法对电流互感器进行全面的检测，且检测过程较为复杂，检测效率较低。

20

发明内容

本申请旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

为此，本申请的第一个目的在于提出一种火电储能电流互感器状态监测方法（也可称为火电储能系统的 GIS 之中电流互感器状态量检测方法），该方法可以提高 GIS 中电流互感器状态量检测的准确性和全面性，降低电流互感器运行过程中存在的风险，有利于保障 GIS 的稳定、安全的正常运行，并且，降低了检测的复杂程度，提高检测效率。

25

本申请的第二个目的在于提出一种火电储能电流互感器状态监测系统（也可称为火电储能系统的 GIS 之中电流互感器状态量检测系统）。

本申请的第三个目的在于提出一种电子设备。

为达上述目的，本申请的第一方面实施例在于提出一种火电储能电流互感器状态监测方法，该方法包括以下步骤：

30

获取 GIS 中电流互感器的多个状态量，并获取每个所述状态量对应的预设判断条件；

根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果；

根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，将所述多个状态量对应的检测结果和所述多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练，获得训练完成的状态量评价模型；

将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至所述训练完成的状态量评价模型，生成所述待检测电流互感器的目标检测结果。

另外，根据本申请上述实施例提出的火电储能电流互感器状态监测方法，还可以具有如下附加的技术特征。

10 可选地，在本申请的一个实施例中，检测结果包括所述状态量是否异常、所述状态量对应的异常状态和所述状态量对应的劣化程度，所述根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，包括：根据所述劣化程度确定所述检测结果对应的基础扣分值，并获取所述状态量对应的影响因子，将所述基础扣分值乘以所述影响因子得到所述扣分值。

15 可选地，在本申请的一个实施例中，在所述获得每个所述状态量对应的检测结果之后，所述方法还包括：对于预先标定的状态量，根据所述预先标定的状态量的检测结果确定是否执行局部放电检测或红外检漏。

20 可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，包括：当所述状态量为振动和异常声响时，若检测出所述电流互感器运行中内部出现振动和异常声响，则确定所述检测结果为异常；当所述状态量为放电声时，若检测出所述电流互感器运行中内部出现放电声，则确定所述检测结果为异常；当所述状态量为设备标牌状态时，若未识别出所述设备标牌上的设备标识，则确定所述检测结果为异常；当所述状态量为二次绕组电阻值时，若检测出所述二次绕组电阻值与出厂电阻值的偏差在预设的误差范围之外，则确定所述检测结果为异常；当所述状态量为二次绕组绝缘电阻值时，若检测出所述为二次绕组绝缘电阻值不大于预设的阻值阈值，则确定所述检测结果为异常。

30 可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为 SF₆ 压力表状态时，检测所述 SF₆ 压力表的外观和指示的压力值；在检测出所述 SF₆ 压力表的外观破损或存在渗漏油时，确定所述检测结果为第一异常状态；在检测出所述 SF₆ 压力表指示的压力值在预设的压力范围之外，确定所述检测结果为第二异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为接地连接状态时，检

测所述接地连接的锈蚀状况和松动状况；在检测出所述接地连接存在锈蚀或油漆剥落时，确定所述检测结果为第三异常状态；在检测出接地引下线发生松动时，确定所述检测结果为第四异常状态；在检测出接地线脱落时，确定所述检测结果为第五异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为 SF_6 气体密度时，检测相邻两次补气操作之间的补气间隔时间；在所述补气间隔时间小于第一时间阈值且大于等于第二时间阈值时，确定所述检测结果为第六异常状态；在所述补气间隔时间小于所述第二时间阈值且大于等于第三时间阈值时，确定所述检测结果为第七异常状态；在所述补气间隔时间小于所述第三时间阈值时，确定所述检测结果为第八异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为 SF_6 气体湿度时，检测所述电流互感器运行中的微水值；在所述微水值大于等于第一浓度阈值且小于第二浓度阈值时，确定所述检测结果为第九异常状态；在所述微水值大于等于所述第二浓度阈值且小于第三浓度阈值时，进一步确定所述微水值的第一增长速度，在所述第一增长速度大于增长速度阈值时，确定所述检测结果为第十异常状态；在所述微水值大于等于所述第三浓度阈值时，进一步确定所述微水值的第二增长速度，在所述第二增长速度大于所述增长速度阈值时，确定所述检测结果为第十一异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为 SF_6 分解物时，检测 H_2S 含量和 SO_2 的含量；在 H_2S 浓度值或者 SO_2 浓度值大于第四浓度阈值且小于第五浓度阈值时，确定所述检测结果为第十二异常状态；在所述 H_2S 浓度值或者所述 SO_2 浓度值大于等于所述第五浓度阈值时，确定所述检测结果为第十三异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：当所述状态量为局部放电时，检测所述局部放电时的特高频信号和超声波信号；将所述特高频信号与预设的放电检测图谱进行匹配，在所述特高频信号与所述预设的放电检测图谱不匹配时，确定所述检测结果为第十四异常状态；在所述特高频信号存在目标局部放电的检测图谱时，确定所述检测结果为第十五异常状态；在所述超声波信号存在所述目标局部放电的检测图谱时，进一步获取所述超声波信号的测量值，若所述测量值大于预设分贝值，则确定所述检测结果为第十六异常状态。

为达上述目的，本申请的第二方面实施例还提出了一种火电储能电流互感器状态监测系统，包括以下模块：

获取模块，用于获取电流互感器的多个状态量，并获取每个所述状态量对应的预设判断条件；

检测模块，用于根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果；

- 5 训练模块，用于根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，将所述多个状态量对应的检测结果和所述多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练，获得训练完成的状态量评价模型；

生成模块，用于将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至所述训练完成的状态量评价模型，生成所述待检测电流互感器的目标检测结果。

- 10 为了实现上述实施例，本申请第三方面实施例还提出了一种电子设备，其上存储有计算机程序，包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如上述实施例中任一项所述的火电储能电流互感器状态监测方法。

- 15 本申请的实施例提供的技术方案至少带来以下有益效果：本申请可以提高火电储能系统的 GIS 中的电流互感器状态量检测的准确性和全面性，降低电流互感器运行过程中存在的风险，有利于保障 GIS 的稳定、安全的正常运行，并且，降低了检测的复杂程度，提高检测效率。

本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

20

附图说明

本申请上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本申请实施例提出的一种火电储能电流互感器状态监测方法的流程图；

- 25 图 2 为本申请实施例提出的一种火电储能电流互感器状态监测系统的结构示意图。

具体实施方式

- 30 下面详细描述本发明的实施例，所述实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

下面参考附图详细描述本发明实施例所提出的一种火电储能电流互感器状态监测方法和系统。

图 1 为本申请实施例提出的一种火电储能电流互感器状态监测方法的流程图，如图 1 所示，该方法包括以下步骤：

步骤 S101，获取 GIS 中电流互感器的多个状态量，并获取每个状态量对应的预设判断条件。

5 其中，气体绝缘开关设备（Gas Insulated Switchgear，简称 GIS），用于将火电储能系统的相关一次设备经优化设计有机地组合成一个整体，火电储能系统即火力发电站的储能系统。GIS 采用绝缘性能较佳的六氟化硫气体做绝缘和灭弧介质，所以能大幅度缩小变电站的体积，GIS 之中可以包括：断路器、隔离开关、接地开关、电压互感器、电流互感器、避雷器、母线、电缆终端和进出线套管等子设备。

10 其中，电流互感器的状态量是表示电流互感器运行状态的参数，可以包括与电流互感器的运行状态相关的工作参数以及电流互感器中各部件的设备参数等。预设的判断条件是用于检测对应的状态量是否异常的检测方式和判断依据。由于电流互感器需要检测的参数较多，因此，本申请获取多个状态量，并获取其中每个状态量对应的预设判断条件。

在本申请实施例中，根据实际检测目的、检测需要和不同 GIS 的差别等因素，选取电流互感器的多个状态量进行检测，在确定状态量之后，再获取预先结合历史运行经验和专家知识等方式确定的各个状态量对应的判断条件。

举例而言，获取的电流互感器的多个状态量可以包括：振动和异常声响、放电声、设备标牌状态、二次绕组电阻值、二次绕组绝缘电阻值、六氟化硫（SF₆）压力表状态、接地连接状态、SF₆气体密度、SF₆气体湿度、SF₆分解物和局部放电参数等。

20 步骤 S102，根据预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个状态量对应的检测结果。

具体的，根据状态量是否满足对应的预设判断条件判断该状态量是否正常，以对各状态量进行检测，比如，在状态量满足预设条件时判断该状态量正常，在状态量不满足预设条件时判断该状态量异常。

25 可以理解的是，对于同一状态量，可能从不同的方面对其进行检测，比如，对于电流互感器中的某一设备，可以检测该设备的外观、连接状况和运行数据等，并且，同一状态量的异常程度也可能不同，比如存在轻微异常和严重异常。因此，在本申请一个实施例中，根据预设判断条件对对应的状态量进行检测得到的检测结果，可以包括状态量是否异常、状态量对应的异常状态和状态量对应的劣化程度。其中，不同的异常状态表示不同的异常程度，本申请实施例中由劣化程度表示异常程度，一个异常状态可以对应一个或多个劣化程度。

30 为了更加清楚的描述本申请根据预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个状态量对应的检测结果的具体实现过程，下面在一些实施例中进行示例性说明。

在本申请一个实施例中，当状态量为振动和异常声响时，若检测出电流互感器运行中内部出现振动和异常声响，则确定检测结果为异常。可以理解，该示例中判断条件为电流互感器运行中内部出现是否出现振动和异常声响，后续对判断条件的解释可参照本示例，后续示例中均不再赘述。具体实施时可以通过振动传感器对电流互感器进行振动检测，根据振动传感器是否输出振动位移信号判断电流互感器运行中内部是否出现振动。并且，可以通过声音测试仪对电流互感器内部的声音进行检测，若检测出电流互感器内部的声音的音量大于预设的分贝数，则判定检测出电流互感器运行中内部出现异常声响，进而在检测出电流互感器运行中内部出现振动和异常声响时，确定检测结果为异常。

以及，当状态量为放电声时，若检测出电流互感器运行中内部出现放电声，则确定检测结果为异常。具体实施时，可以预先通过大量研究分析，确定放电声的信号特点，再通过声发射检测装置对电流互感器运行中内部出现的声音进行检测，若检测出与预先确定的放电声的信号特点相同的声音信号，则判定检测出电流互感器运行中内部出现放电声，进而确定检测结果为异常。

以及，当状态量为设备标牌状态时，若未识别出设备标牌上的设备标识，则确定检测结果为异常。在本示例中，电流互感器设备标牌上的设备标识在长期运行过程中由于油漆脱落或发生损坏等原因，可能存在不齐全或者模糊的情况，导致不能被识别出或者识别错误，因此需要对设备标识的完整性进行识别。具体实施时，可以通过人工比较的方式将当前的设备标识与初始的标识进行比较，或者，通过摄像装置采集设备标识的图像，再通过图像识别技术对采集的图像进行识别，确定是否可识别出设备标识或判断识别出的设备标识与初始的标识的匹配程度是否大于阈值，匹配程度较低时视为未识别出设备标识。进而若未识别出设备标牌上的设备标识，则确定检测结果为异常。

以及，当状态量为二次绕组电阻值时，若检测出二次绕组电阻值与出厂电阻值的偏差在预设的误差范围之外，则确定检测结果为异常。具体的，预设的误差范围是允许的阻值误差范围，若检测出二次绕组电阻值与出厂电阻值的偏差在预设的误差范围之外，则表明二次绕组电阻值与出厂电阻值偏差明显，进而确定检测结果为异常。

以及，当状态量为二次绕组绝缘电阻值时，若检测出为二次绕组绝缘电阻值不大于预设的阻值阈值，则确定检测结果为异常。具体的，预设的阻值阈值可以是保证电流互感器安全运行所需的最低安全电阻值，比如，预设的阻值阈值为 $2\text{M}\Omega$ ，若检测出二次绕组绝缘电阻值不大于 $2\text{M}\Omega$ ，则确定检测结果为异常。

在本申请一个实施例中，当状态量为 SF_6 压力表状态时，检测 SF_6 压力表的外观和指示的压力值，在检测出 SF_6 压力表的外观破损或存在渗漏油时，确定检测结果为第一异常状态，在检测出 SF_6 压力表指示的压力值在预设的压力范围之外，确定检测结果为第二异常

状态。

具体而言，对于 SF₆ 压力表状态，从压力表的外观和指示的压力值两个角度进行检测，若检测出外观存在破损或通过油量检测设备检测出压力表外壳上有渗漏油，则确定检测结果为第一异常状态，即第一异常状态是指 SF₆ 压力表外观破损或存在渗漏油的异常状态，后续对异常状态的解释可参照本示例，后续示例中均不再赘述。进一步的，检测 SF₆ 压力表指示的压力值是否在预设的压力范围之外，其中，预设的压力范围是预先确定的电流互感器正常运行状态下的压力值范围，若压力表指示的压力值超出该范围则表示压力表指示异常，进而确定检测结果为第二异常状态。

需要说明的是，本申请在确定任一状态量异常后，可确定该异常的状态量对应的劣化程度，在本申请一个实施例中，劣化程度可以设置为四个级别，从低至高为由 I 至 IV，每个异常的状态量对应的劣化程度可以预先结合历史经验知识和相关检测规章等方式确定，在检测出状态量异常后即可获取对应的劣化程度，比如，若检测出电流互感器运行中内部出现振动和异常声响，则可确定该异常对应的劣化程度为 III。并且，由上述描述可知，同一状态量可具有多个异常状态，每个异常状态对应的劣化程度不同。比如，上述实施例中第一异常状态对应的劣化程度为 III，第二异常状态对应的劣化程度为 IV。

在本申请一个实施例中，当状态量为接地连接状态时，检测接地连接的锈蚀状况和松动状况，在检测出接地连接存在锈蚀或油漆剥落时，确定检测结果为第三异常状态，在检测出接地引下线发生松动时，确定检测结果为第四异常状态，在检测出接地线脱落时，确定检测结果为第五异常状态。

具体而言，在通过自然电位法或电流密度法检测出接地连接有锈蚀，或观测出油漆剥落时，确定检测结果为第三异常状态。进一步的，对接地引下线进行检测，接地引下线是连接电气设备与接地体的金属导体，若检测出接地引下线发生松动确定检测结果为第四异常状态，若检测出接地引下线已脱落，即原本通过接地引下线连接的设备已与接地断开，则确定检测结果为第五异常状态。其中，第三异常状态至第五异常状态对应的劣化程度逐渐增大，比如，分别对应由 II 至 IV。

在本申请一个实施例中，当状态量为 SF₆ 气体密度时，检测相邻两次补气操作之间的补气间隔时间，在补气间隔时间小于第一时间阈值且大于等于第二时间阈值时，确定检测结果为第六异常状态；在补气间隔时间小于第二时间阈值且大于等于第三时间阈值时，确定检测结果为第七异常状态；在补气间隔时间小于第三时间阈值时，确定检测结果为第八异常状态。

举例而言，通过调取数据库中存储的补气操作的记录数据，或者对不同时间段下的气体密度进行检测并获取记录的数据等多种方式，对每两次补气操作之间的补气间隔时间进行检

测。在本示例中，假设第一时间阈值为两年，第二时间阈值为一年，第三时间阈值为半年，根据获取补气间隔时间，当间隔时间不小于一年且小于两年，可以确定识别结果为第六异常状态，当该间隔时间不小于半年且小于一年，可以确定识别结果为第七异常状态，当该间隔时间小于半年，可以确定识别结果为第八异常状态。

5 需要说明的是，在本示例中，第六异常状态至第八异常状态对应的劣化程度逐渐增大，并且由于补气间隔时间较长，可在同一异常状态下根据实际的间隔时间进行进一步划分，确定劣化程度，即本示例中一个异常状态可以对应多个劣化程度。比如，对于第六异常状态，劣化程度可以为 I 至 II，其中，当两次补齐间隔在一年半至两年的区间时，劣化程度为 I，当两次补齐间隔在一年至一年半的区间时，劣化程度为 II。

10 在本申请一个实施例中，当状态量为 SF_6 气体湿度时，检测电流互感器运行中的微水值，在微水值大于等于第一浓度阈值且小于第二浓度阈值时，确定检测结果为第九异常状态；在微水值大于等于第二浓度阈值且小于第三浓度阈值时，进一步确定微水值的第一增长速度，在第一增长速度大于增长速度阈值时，确定检测结果为第十异常状态；在微水值大于等于第三浓度阈值时，进一步确定微水值的第二增长速度，在第二增长速度大于增长速度阈值时，确定检测结果为第十一异常状态。

15 举例而言，假设第一浓度阈值为 $300\mu\text{L/L}$ ，第二浓度阈值为 $500\mu\text{L/L}$ ，第三浓度阈值为 $800\mu\text{L/L}$ ，以及，增长速度阈值设置为 15%。根据检测的微水值浓度，当微水值浓度大于 $300\mu\text{L/L}$ 且小于 $500\mu\text{L/L}$ ，可以确定识别结果为第九异常状态，当微水值浓度大于 $500\mu\text{L/L}$ 且小于 $800\mu\text{L/L}$ ，进一步确定在电流互感器运行期间，微水值浓度的增长速度，通过比较不同时刻下微水值浓度确定微水值浓度的增长速度为 20% 时，由于第一增长速度大于增长速度阈值，则可以确定识别结果为第十异常状态。当该微水值浓度大于 $800\mu\text{L/L}$ ，并且按照上述方式确定微水值浓度的增长幅度为 30%，大于增长速度阈值时，可以确定识别结果为第十一异常状态。

20 在本申请一个实施例中，当状态量为 SF_6 分解物时，检测 H_2S 含量和 SO_2 的含量；在 H_2S 浓度值或者 SO_2 浓度值大于第四浓度阈值且小于第五浓度阈值时，确定检测结果为第十二异常状态；在 H_2S 浓度值或者 SO_2 浓度值大于等于第五浓度阈值时，确定检测结果为第十三异常状态。

30 举例而言，在本实施例中对 H_2S 含量和 SO_2 的含量分别进行检测，假设第四浓度阈值为 $1\mu\text{L/L}$ ，第五浓度阈值为 $2\mu\text{L/L}$ 。通过气体浓度检测设备检测出 H_2S 浓度值或者 SO_2 浓度值不小于 $1\mu\text{L/L}$ ，但小于 $2\mu\text{L/L}$ 时，确定检测结果为第十二异常状态，其中， H_2S 浓度值不小于 $1\mu\text{L/L}$ ，但小于 $2\mu\text{L/L}$ 时的劣化程度为 III 至 IV， SO_2 浓度值不小于 $1\mu\text{L/L}$ ，但小于 $2\mu\text{L/L}$ 时的劣化程度为 II 至 III。当检测出 H_2S 浓度值或者 SO_2 浓度值不小于 $2\mu\text{L/L}$ 时，确定检测

结果为第十三异常状态，其中，H₂S 浓度值不小于 2μL/L 时的劣化程度为IV，SO₂ 浓度值不小于 2μL/L 时的劣化程度为III。

在本申请一个实施例中，当状态量为局部放电时，检测局部放电时的特高频信号和超声波信号；将特高频信号与预设的放电检测图谱进行匹配，在特高频信号与预设的放电检测图谱不匹配时，确定检测结果为第十四异常状态；在特高频信号存在目标局部放电的检测图谱时，确定检测结果为第十五异常状态；在超声波信号存在目标局部放电的检测图谱时，进一步获取超声波信号的测量值，若测量值大于预设分贝值，则确定检测结果为第十六异常状态

举例而言，在本实施例中对特高频信号和超声波信号分别进行检测，预设的放电检测图谱是在同等条件下同类设备检测的图谱，目标局部放电的检测图谱是本领域中典型的局部放电的检测图谱。在本示例中，在检测出特高频信号与预设的放电检测图谱不匹配时，即与同等条件下同类设备检测的图谱存在明显区别，比如，图谱中数据的差值过大时，确定检测结果为第十四异常状态；在检测出特高频信号具有典型局部放电的检测图谱时，确定检测结果为第十五异常状态；在检测出超声波信号存在典型局部放电的检测图谱并且超声波信号的测量值大于预设分贝值，比如，大于 10dB 时，确定检测结果为第十六异常状态，本示例中的预设分贝值可以预先结合大量实验和历史经验知识确定。

需要说明的是，除了对上述实施例中的 GIS 之中电流互感器的状态量进行检测之外，在本发明的其他实施例中还可以对电流互感器的其它状态量进行检测，以提高检测的全面性。下面继续参照一些示例详细说明状态量检测和异常状态的识别：

作为第一种示例，当状态量为机构箱的状态时，可以对机构箱的密封性、锈蚀状态和损坏状态分别进行检测。在检测密封时，可以通过干空气法或示踪气体法检测密封性，当检测出密封不良时，确定检测结果为第十七异常状态。进一步的，在检测出密封不良后进一步检测机构箱内是否有积水，具体实施时可以通过水位传感器或湿度传感器检测机构箱内是否有积水，比如，预先确定正常状态下机构箱内的湿度值为 10%，当通过湿度传感器检测出实际的湿度值为 20%，则湿度值超过预设湿度阈值，进而可以确定识别结果为第十八异常状态。在检测锈蚀状态时，检测机构箱中的接触器、继电器节点是否锈蚀，以及检测机构、端子是否排锈蚀，若发生锈蚀则可以确定识别结果为第十九异常状态。在检测损坏状态时，检测机构箱中的加热器等装置是否发生损坏，若装置损坏则可以确定识别结果为第二十异常状态。其中，第十七异常状态的劣化程度为 I，第十八异常状态的劣化程度为IV，第十九异常状态和第二十异常状态的劣化程度为 II。

作为第二种示例，当状态量为控制辅助回路元器件工作状态时，检测回路中的元器件是否损坏、失灵，端子排是否锈蚀、脏污严重或接线桩头松动发热，若检测出现上述任一中现

象，则确定检测结果为异常，本示例中的异常状态量对应的劣化程度为II。

作为第三种示例，当状态量为设备外壳工作状态时，若检测出设备外壳是否发生锈蚀或变形，则确定检测结果为异常。

5 作为第四种示例，当状态量为已发布的家族缺陷或者同厂家的设备故障信息或同型号设备故障信息或者同时期设备的故障信息时，检测是否对电流互感器的故障信息进行整改，当检测出一般缺陷未整改时，则确定检测结果为第二十一异常状态，当检测出重大缺陷未整改时，则确定检测结果为第二十二异常状态，其中，第二十一异常状态对应的劣化程度为II，第二十二异常状态对应的劣化程度为IV。

10 作为第五种示例，当状态量为SF₆气体密度继电器状态时，可以参照SF₆压力表状态的检测方式进行检测，并且，还可以进一步检测密度继电器的安装位置，若检测出户外安装的密度继电器未设置防雨罩，则确定检测结果为异常。

由此，本申请根据预设判断条件对多个状态量进行了检测，并获得每个状态量对应的检测结果。

15 基于上述检测实施例，为了进一步提高状态量检测的准确性，以及根据检测结果确定异常原因，从而便于后续排除异常，充分保证GIS的安全运行，在本申请一个实施例中，在获得每个所述状态量对应的检测结果之后，还包括：对于预先标定的状态量，根据预先标定的状态量的检测结果确定是否执行局部放电检测或红外检漏。

20 在本实施例中，预先标定的状态量是预先确定的在发生异常时需要进一步检测的状态量。举例而言，对于振动和异常声响，在检测出现异常振动时应进一步排除外部因素；对于放电声，当出现疑似内部放电声时应进行局部放电检测；对于压力表，当检测出压力表指示异常时，应确认压力表指示异常的原因，如非表计原因，需进行红外检漏，查找漏气地点；对于SF₆气体密度，当检测出补气间隔时间异常时应进行红外检漏；对于SF₆分解物，当检测到异常分解产物时应进行局部放电检测。由此，通过局部放电检测或红外检漏，进一步确定异常的位置和异常的原因等，有利于后续排除异常。

25 步骤S103，根据检测结果计算对应的状态量的扣分值，将多个状态量对应的检测结果和多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练，获得训练完成的状态量评价模型。

30 其中，为了实现对GIS电流互感器的状态量进行评价，对不同的检测结果计算对应的扣分值，扣分值可以反映异常的严重程度和对电流互感器的影响程度，扣分值越高表示对电流互感器的危害越大。

在本申请一个实施例中，根据检测结果计算对应的状态量的扣分值，包括：根据劣化程度确定检测结果对应的基础扣分值，并获取发生异常的该状态量对应的影响因子，将基

基础扣分值乘以影响因子得到扣分值。

具体而言，基础扣分值与劣化程度具有映射关系，该映射关系预先确定，在确定检测结果中的劣化程度后，可直接获取对应的基础扣分值。举例而言，劣化程度 I 至 IV 对应的基础扣分值依次为 2、4、8 和 10。

5 其中，影响因子可近似视为该状态量影响电流互感器状态的权重，可以理解，不同的状态量对电流互感器状态评价的影响是不同的，比如，压力表指示异常的危害性大于设备标牌模糊，因此，本申请预先对每个状态量设置了对应的影响因子，在检测出该状态量异常后，根据检测确定的劣化程度确定对应的基础扣分值，并获取该状态量对应的影响因子，将基础扣分值乘以影响因子得到扣分值。

10 进一步的，将获取的多个状态量对应的检测结果和对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的状态量评价模型进行训练。其中，预先设置的状态量评价模型可以是各种类型的神经网络模型，即，本申请基于人工智能技术，通过训练完成的神经网络模型生成电流互感器状态量的评价结果。其中，预置的状态量检测模型的类型可以根据实际需要设置，比如，选择长短期记忆人工神经网络（Long Short-Term Memory，简称 LSTM）模型作为状态量评价模型。

15 具体实施时，作为一种可能的实现方式，将检测出的每个状态量对应的检测结果和对应的扣分值作为训练数据，按照预设比例划分为训练集、验证集和测试集后，通过训练集中的训练数据对模型进行训练，具体训练过程可以参照相关技术中的神经网络模型的训练方法，包括对数据进行二值化、平滑和滤波等各种预处理后，然后对处理后的数据进行特征抽取和选择，训练状态量检测模型中各层参数的权重，比如，根据各状态量的影响因子和各异常状态对应的劣化程度确定状态量评价模型中对各状态量评价的权重。并通过定义损失函数并利用梯度下降法训练状态量检测模型。在训练完成后还可以通过测试集中的数据对模型进行测试，验证其预测精度是否符合需求。

20 步骤 S104，将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至训练完成的状态量评价模型，生成待检测电流互感器的目标检测结果。

其中，目标检测结果包括 GIS 之中电流互感器的整体检测结果，整体检测结果可以包括扣除异常状态量对应的扣分值后，电流互感器对应的最终分数，以及最终分数所属的评价等级。目标检测结果还可以包括电流互感器每个状态量的扣分值和评价结果。

30 具体的，在训练完成状态量评价模型后，实际进行检测时，将当前待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至训练完成的状态量评价模型，其中，状态量检测数据可以是各个状态量的检测结果数据，也可以是状态量的实际检测数数值，将实际检测数数值输入状态量评价模型，由评价模型基于判断条件检测状态量是否异常。然后状态量评价模型对输入的数据

进行检测和评价并输出当前待检测的电流互感器的目标检测结果。在本申请一个实施例中，状态量评价模型可以输出针对电流互感器的评价表，评价表中包括当前电流互感器的最终分数和评价等级，并在后续列出每一项状态量的扣分值和评价结果。

举例而言，将满分 100 分后扣除多个异常状态量对应的扣分值后，剩余 85 分，该分数是电流互感器的整体评价分数，该分数可反映 GIS 之中电流互感器的状态。并且，状态量评价模型在训练时，结合历史运行经验预先确定评价分数对应的评价等级，比如，90 分至 100 分为优秀，70 至 90 为良好等，进而根据整体评价分数确定评价等级。并在评价表的评价细节部分汇总列出每个状态量的检测结果，包括扣分值和评价值。

综上所述，本申请实施例的火电储能电流互感器状态监测方法，该方法从整体和具体细节两个角度对电流互感器状态量进行检测，通过训练完成的状态量评价模型可以更加快速、便捷的生成电流互感器的整体检测结果，并汇总每个状态量的检测结果，提高电流互感器状态量检测的准确性、全面性和检测效率，并减少检测所需的人工成本，便于及时对电流互感器进行维护，减少电流互感器在运行过程中存在的潜在风险，有利于保障 GIS 的正常运行。

为了实现上述实施例，本申请还提出了一种火电储能电流互感器状态监测系统，图 2 为本申请实施例提出的一种火电储能电流互感器状态监测系统的结构示意图，如图 2 所示，该系统包括获取模块 100、检测模块 200、训练模块 300 和生成模块 400。

其中，获取模块 100，用于获取电流互感器的多个状态量，并获取每个状态量对应的预设判断条件。

检测模块 200，用于根据预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个状态量对应的检测结果。

训练模块 300，用于根据检测结果计算对应的状态量的扣分值，将多个状态量对应的检测结果和多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练，获得训练完成的状态量评价模型。

生成模块 400，用于将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至训练完成的状态量评价模型，生成待检测电流互感器的目标检测结果。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测结果包括状态量是否异常、状态量对应的异常状态和状态量对应的劣化程度，训练模块 300 具体用于：根据劣化程度确定检测结果对应的基础扣分值，并获取状态量对应的影响因子，将基础扣分值乘以影响因子得到扣分值。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：对于预先标定的状态量，根据预先标定的状态量的检测结果确定是否执行局部放电检测或红外检漏。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为振动和异常声响时，若检测出电流互感器运行中内部出现振动和异常声响，则确定检测结果为异常；当

状态量为放电声时，若检测出电流互感器运行中内部出现放电声，则确定检测结果为异常；当状态量为设备标牌状态时，若未识别出设备标牌上的设备标识，则确定检测结果为异常；当状态量为二次绕组电阻值时，若检测出二次绕组电阻值与出厂电阻值的偏差在预设的误差范围之外，则确定检测结果为异常；当状态量为二次绕组绝缘电阻值时，若检测出为二次绕组绝缘电阻值不大于预设的阻值阈值，则确定检测结果为异常。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为 SF₆ 压力表状态时，检测 SF₆ 压力表的外观和指示的压力值；在检测出 SF₆ 压力表的外观破损或存在渗漏油时，确定检测结果为第一异常状态；在检测出 SF₆ 压力表指示的压力值在预设的压力范围之外，确定检测结果为第二异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为接地连接状态时，检测接地连接的锈蚀状况和松动状况；在检测出接地连接存在锈蚀或油漆剥落时，确定检测结果为第三异常状态；在检测出接地引下线发生松动时，确定检测结果为第四异常状态；在检测出接地线脱落时，确定检测结果为第五异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为 SF₆ 气体密度时，检测相邻两次补气操作之间的补气间隔时间；在补气间隔时间小于第一时间阈值且大于等于第二时间阈值时，确定检测结果为第六异常状态；在补气间隔时间小于第二时间阈值且大于等于第三时间阈值时，确定检测结果为第七异常状态；在补气间隔时间小于第三时间阈值时，确定检测结果为第八异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为 SF₆ 气体湿度时，检测电流互感器运行中的微水值；在微水值大于等于第一浓度阈值且小于第二浓度阈值时，确定检测结果为第九异常状态；在微水值大于等于第二浓度阈值且小于第三浓度阈值时，进一步确定微水值的第一增长速度，在第一增长速度大于增长速度阈值时，确定检测结果为第十异常状态；在微水值大于等于第三浓度阈值时，进一步确定微水值的第二增长速度，在第二增长速度大于增长速度阈值时，确定检测结果为第十一异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为 SF₆ 分解物时，检测 H₂S 含量和 SO₂ 的含量；在 H₂S 浓度值或者 SO₂ 浓度值大于第四浓度阈值且小于第五浓度阈值时，确定检测结果为第十二异常状态；在 H₂S 浓度值或者 SO₂ 浓度值大于等于第五浓度阈值时，确定检测结果为第十三异常状态。

可选地，在本申请的一个实施例中，检测模块 200 还用于：当状态量为局部放电时，检测局部放电时的特高频信号和超声波信号；将特高频信号与预设的放电检测图谱进行匹配，在特高频信号与预设的放电检测图谱不匹配时，确定检测结果为第十四异常状态；在特高频信号存在目标局部放电的检测图谱时，确定检测结果为第十五异常状态；在超声波

信号存在目标局部放电的检测图谱时，进一步获取超声波信号的测量值，若测量值大于预设分贝值，则确定检测结果为第十六异常状态。

需要说明的是，前述对火电储能系统电流互感器状态监测方法的实施例的解释说明也适用于该实施例的系统，此处不再赘述

5 综上所述，本申请实施例的火电储能电流互感器状态监测系统，从整体和具体细节两个角度对电流互感器状态量进行检测，通过训练完成的状态量评价模型可以更加快速、便捷的生成电流互感器的整体检测结果，并汇总每个状态量的检测结果，提高电流互感器状态量检测的准确性、全面性和检测效率，并减少检测所需的人工成本，便于及时对电流互感器进行维护，减少电流互感器在运行过程中存在的潜在风险，有利于保障 GIS 的正常运行。

10 为了实现上述实施例，本申请还提出了一种电子设备，该电子设备包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如上述实施例中任一项所述的火电储能电流互感器状态监测方法。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、
15 或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者
20 隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为，表示包括一个或
25 更多个用于实现定制逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分，并且本申请的优选实施方式的范围包括另外的实现，其中可以不按所示出或讨论的顺序，包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序，来执行功能，这应被本申请的实施例所属技术领域的技术人员所理解。

在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤，例如，可以被认为是用于实现
30 逻辑功能的可执行指令的定序列表，可以具体实现在任何计算机可读介质中，以供指令执行系统、装置或设备（如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统）使用，或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言，“计算机可读介质”可以是任何可以包含、存储、通信、传播或传输程序以

供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例（非穷尽性列表）包括以下：具有一个或多个布线的电连接部（电子装置），便携式计算机盘盒（磁装置），随机存取存储器（RAM），只读存储器（ROM），可擦除可编程只读存储器（EPROM 或闪速存储器），光纤装置，以及便携式光盘只读存储器（CDROM）。另外，计算机可读介质甚至可以是可在其上打印所述程序的纸或其他合适的介质，因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描，接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得所述程序，然后将其存储在计算机存储器中。

应当理解，本申请的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中，多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。如，如果用硬件来实现和在另一实施方式中一样，可用本领域公知的下列技术中的任一项或他们的组合来实现：具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。

本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通过程序来指令相关的硬件完成，所述的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。

此外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能模块的形式实现。所述集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，也可以存储在一个计算机可读存储介质中。

上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本申请的限制，本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

权利要求书

1、一种火电储能电流互感器状态监测方法，包括以下步骤：

获取 GIS 中电流互感器的多个状态量，并获取每个所述状态量对应的预设判断条件；

根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果；

根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，将所述多个状态量对应的检测结果和所述多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量评价模型进行训练，获得训练完成的状态量评价模型；

将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至所述训练完成的状态量评价模型，生成所述待检测电流互感器的目标检测结果。

2、根据权利要求 1 所述的监测方法，其中所述检测结果包括所述状态量是否异常、所述状态量对应的异常状态和所述状态量对应的劣化程度，其中所述根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，包括：

根据所述劣化程度确定所述检测结果对应的基础扣分值，并获取所述状态量对应的影响因子，将所述基础扣分值乘以所述影响因子得到所述扣分值。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的监测方法，其中在所述获得每个所述状态量对应的检测结果之后，所述监测方法还包括：

对于预先标定的状态量，根据所述预先标定的状态量的检测结果确定是否执行局部放电检测或红外检漏。

4、根据权利要求 1 至 3 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，包括：

当所述状态量为振动和异常声响时，若检测出所述电流互感器运行中内部出现振动和异常声响，则确定所述检测结果为异常；

当所述状态量为放电声时，若检测出所述电流互感器运行中内部出现放电声，则确定所述检测结果为异常；

当所述状态量为设备标牌状态时，若未识别出所述设备标牌上的设备标识，则确定所述检测结果为异常；

当所述状态量为二次绕组电阻值时，若检测出所述二次绕组电阻值与出厂电阻值的偏差在预设的误差范围之外，则确定所述检测结果为异常；

当所述状态量为二次绕组绝缘电阻值时，若检测出所述为二次绕组绝缘电阻值不大于预设的阻值阈值，则确定所述检测结果为异常。

5、根据权利要求 1 至 4 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对

对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

当所述状态量为 SF₆ 压力表状态时，检测所述 SF₆ 压力表的外观和指示的压力值；

在检测出所述 SF₆ 压力表的外观破损或存在渗漏油时，确定所述检测结果为第一异常状态；

- 5 在检测出所述 SF₆ 压力表指示的压力值在预设的压力范围之外，确定所述检测结果为第二异常状态。

6、根据权利要求 1 至 5 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

当所述状态量为接地连接状态时，检测所述接地连接的锈蚀状况和松动状况；

- 10 在检测出所述接地连接存在锈蚀或油漆剥落时，确定所述检测结果为第三异常状态；

在检测出接地引下线发生松动时，确定所述检测结果为第四异常状态；

在检测出接地线脱落时，确定所述检测结果为第五异常状态。

7、根据权利要求 1 至 6 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

- 15 当所述状态量为 SF₆ 气体密度时，检测相邻两次补气操作之间的补气间隔时间；

在所述补气间隔时间小于第一时间阈值且大于等于第二时间阈值时，确定所述检测结果为第六异常状态；

在所述补气间隔时间小于所述第二时间阈值且大于等于第三时间阈值时，确定所述检测结果为第七异常状态；

- 20 在所述补气间隔时间小于所述第三时间阈值时，确定所述检测结果为第八异常状态。

8、根据权利要求 1 至 7 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

当所述状态量为 SF₆ 气体湿度时，检测所述电流互感器运行中的微水值；

在所述微水值大于等于第一浓度阈值且小于第二浓度阈值时，确定所述检测结果为第

- 25 九异常状态；

在所述微水值大于等于所述第二浓度阈值且小于第三浓度阈值时，进一步确定所述微水值的第一增长速度，在所述第一增长速度大于增长速度阈值时，确定所述检测结果为第十异常状态；

- 30 在所述微水值大于等于所述第三浓度阈值时，进一步确定所述微水值的第二增长速度，在所述第二增长速度大于所述增长速度阈值时，确定所述检测结果为第十一异常状态。

9、根据权利要求 1 至 8 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对

对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

当所述状态量为 SF₆ 分解物时，检测 H₂S 含量和 SO₂ 的含量；

在 H₂S 浓度值或者 SO₂ 浓度值大于第四浓度阈值且小于第五浓度阈值时，确定所述检测结果为第十二异常状态；

5 在所述 H₂S 浓度值或者所述 SO₂ 浓度值大于等于所述第五浓度阈值时，确定所述检测结果为第十三异常状态。

10、根据权利要求 1 至 9 中任一项所述的监测方法，其中所述根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果，还包括：

当所述状态量为局部放电时，检测所述局部放电时的特高频信号和超声波信号；

10 将所述特高频信号与预设的放电检测图谱进行匹配，在所述特高频信号与所述预设的放电检测图谱不匹配时，确定所述检测结果为第十四异常状态；

在所述特高频信号存在目标局部放电的检测图谱时，确定所述检测结果为第十五异常状态；

15 在所述超声波信号存在所述目标局部放电的检测图谱时，进一步获取所述超声波信号的测量值，若所述测量值大于预设分贝值，则确定所述检测结果为第十六异常状态。

11、一种火电储能电流互感器状态监测系统，包括：

获取模块，用于获取电流互感器的多个状态量，并获取每个所述状态量对应的预设判断条件；

20 检测模块，用于根据所述预设判断条件对对应的状态量进行检测，获得每个所述状态量对应的检测结果；

训练模块，用于根据所述检测结果计算对应的状态量的扣分值，将所述多个状态量对应的检测结果和所述多个状态量对应的扣分值作为训练数据，对预先设置的基于人工智能的状态量检测模型进行训练，获得训练完成的状态量检测模型；

25 生成模块，用于将待检测的电流互感器的状态量检测数据输入至所述训练完成的状态量评价模型，生成所述待检测电流互感器的目标检测结果。

12、一种电子设备，包括存储器、处理器及存储在所述存储器上并可在所述处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时，实现如权利要求 1-10 中任一项所述的火电储能电流互感器状态监测方法。

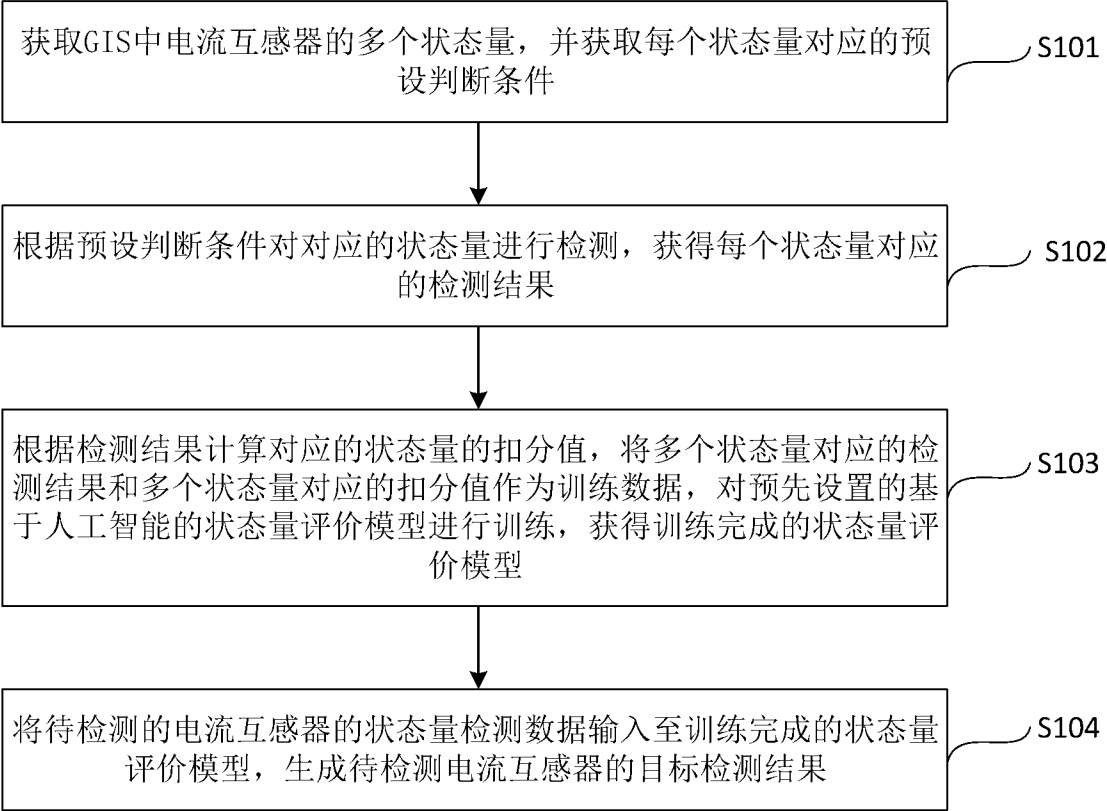


图 1

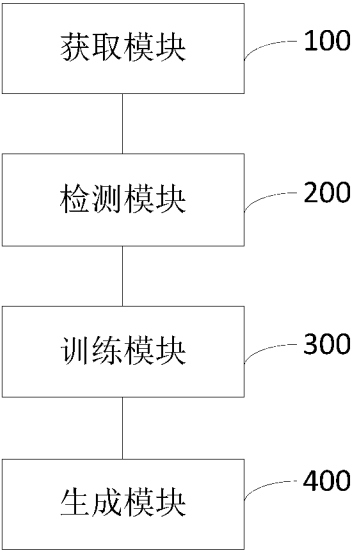


图 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/098351

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G01R35/02(2006.01)i; G01R31/12(2020.01)i; G01R27/02(2006.01)i; G01H17/00(2006.01)i; G01D21/00(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) IPC: G01R G01H G01D 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) CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; GBTXT; IEEE: 华能, 西安热工研究院, 王绍民, 林松青, 薛晓峰, 潘喜良, 徐挺进, 姜滨, 梁晓斌, 张宗祯, 戴海鹏, 葛传军, 常云潇, 杜武荣, 杨沛豪, 兀鹏越, 寇水潮, 王小辉, 燕云飞, 郭昊, 殷悦, 李志鹏, 张立松, 王劼文, 代本谦, 李菁华, 电流互感器, 状态, 扣分, 训练, 模型, current transformer, GIS, state, deduction, train+, model																	
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 115236580 A (HUANENG LUOYUAN POWER GENERATION CO., LTD. et al.) 25 October 2022 (2022-10-25) claims 1-12, and description, paragraphs [0036]-[0103]</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108414898 A (BEIJING TIANRUN XINNENG INVESTMENT CO., LTD.) 17 August 2018 (2018-08-17) description, paragraphs [0040]-[0098], and figures 1-6</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105117602 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 02 December 2015 (2015-12-02) description, paragraphs [0024] and [0116]</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102654539 A (GUANGDONG POWER GRID POWER DISPATCHING CONTROL CENTER et al.) 05 September 2012 (2012-09-05) entire document</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	PX	CN 115236580 A (HUANENG LUOYUAN POWER GENERATION CO., LTD. et al.) 25 October 2022 (2022-10-25) claims 1-12, and description, paragraphs [0036]-[0103]	1-12	Y	CN 108414898 A (BEIJING TIANRUN XINNENG INVESTMENT CO., LTD.) 17 August 2018 (2018-08-17) description, paragraphs [0040]-[0098], and figures 1-6	1-12	Y	CN 105117602 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 02 December 2015 (2015-12-02) description, paragraphs [0024] and [0116]	1-12	A	CN 102654539 A (GUANGDONG POWER GRID POWER DISPATCHING CONTROL CENTER et al.) 05 September 2012 (2012-09-05) entire document	1-12
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
PX	CN 115236580 A (HUANENG LUOYUAN POWER GENERATION CO., LTD. et al.) 25 October 2022 (2022-10-25) claims 1-12, and description, paragraphs [0036]-[0103]	1-12															
Y	CN 108414898 A (BEIJING TIANRUN XINNENG INVESTMENT CO., LTD.) 17 August 2018 (2018-08-17) description, paragraphs [0040]-[0098], and figures 1-6	1-12															
Y	CN 105117602 A (STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 02 December 2015 (2015-12-02) description, paragraphs [0024] and [0116]	1-12															
A	CN 102654539 A (GUANGDONG POWER GRID POWER DISPATCHING CONTROL CENTER et al.) 05 September 2012 (2012-09-05) entire document	1-12															
☒ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 28 July 2023		Date of mailing of the international search report 18 August 2023															
Name and mailing address of the ISA/CN China National Intellectual Property Administration (ISA/CN) China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing 100088		Authorized officer Telephone No.															

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/098351**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108491990 A (BEIJING TIANRUN XINNENG INVESTMENT CO., LTD.) 04 September 2018 (2018-09-04) entire document	1-12
A	KR 102389897 B1 (PROCOM SYSTEMS CO., LTD.) 25 April 2022 (2022-04-25) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/098351

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	115236580	A	25 October 2022	None	
CN	108414898	A	17 August 2018	None	
CN	105117602	A	02 December 2015	None	
CN	102654539	A	05 September 2012	CN 102654539	B 16 April 2014
CN	108491990	A	04 September 2018	None	
KR	102389897	B1	25 April 2022	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2023/098351

A. 主题的分类

G01R35/02 (2006.01) i; G01R31/12 (2020.01) i; G01R27/02 (2006.01) i; G01H17/00 (2006.01) i; G01D21/00 (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)

IPC: G01R G01H G01D

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))

CNABS; CNTXT; CNKI; VEN; WOTXT; USTXT; EPTXT; GBTXT; IEEE: 华能, 西安热工研究院, 王绍民, 林松青, 薛晓峰, 潘喜良, 徐挺进, 姜滨, 梁晓斌, 张宗祯, 戴海鹏, 葛传军, 常云潇, 杜武荣, 杨沛豪, 兀鹏越, 寇水潮, 王小辉, 燕云飞, 郭昊, 殷悦, 李志鹏, 张立松, 王劫文, 代本谦, 李菁华, 电流互感器, 状态, 扣分, 训练, 模型, current transformer, GIS, state, deduction, train+, model

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 115236580 A (华能罗源发电有限责任公司 等) 2022年10月25日 (2022 - 10 - 25) 权利要求1-12, 说明书第[0036]-[0103]段	1-12
Y	CN 108414898 A (北京天润新能投资有限公司) 2018年8月17日 (2018 - 08 - 17) 说明书第[0040]-[0098]段, 图1-6	1-12
Y	CN 105117602 A (国家电网公司 等) 2015年12月2日 (2015 - 12 - 02) 说明书第[0024]、[0116]段	1-12
A	CN 102654539 A (广东省电力调度中心 等) 2012年9月5日 (2012 - 09 - 05) 全文	1-12
A	CN 108491990 A (北京天润新能投资有限公司) 2018年9月4日 (2018 - 09 - 04) 全文	1-12
A	KR 102389897 B1 (PROCOT SYSTEMS CO LTD) 2022年4月25日 (2022 - 04 - 25) 全文	1-12

☐ 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

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“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

2023年7月28日

国际检索报告邮寄日期

2023年8月18日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

朱刘路

电话号码 (+86) 0512-88997386

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2023/098351

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	115236580	A	2022年10月25日	无	
CN	108414898	A	2018年8月17日	无	
CN	105117602	A	2015年12月2日	无	
CN	102654539	A	2012年9月5日	CN 102654539	B 2014年4月16日
CN	108491990	A	2018年9月4日	无	
KR	102389897	B1	2022年4月25日	无	