

(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
2022 年 4 月 28 日 (28.04.2022)



(10) 国际公布号
WO 2022/083242 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01R 31/00 (2006.01) **G01R 19/00** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2021/111970
- (22) 国际申请日: 2021 年 8 月 11 日 (11.08.2021)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202011151504.5 2020 年 10 月 25 日 (25.10.2020) CN
- (71) 申请人: 国网湖北省电力有限公司电力科学研究院 (STATE GRID HUBEI ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街 227 号, Hubei 430077 (CN)。 国网湖北省电力有限公司武汉供电公司 (STATE GRID HUBEI WUHAN ELECTRIC POWER

SUPPLY COMPANY) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市江岸区解放大道 1701 号, Hubei 430019 (CN)。 武汉供电设计院有限公司 (WUHAN POWER SUPPLY DESIGN INSTITUTE CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市硚口区利济北路 78 号, Hubei 430030 (CN)。 国网湖北省电力有限公司 (STATE GRID HUBEI ELECTRIC POWER CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街 197 号, Hubei 430077 (CN)。 中铁第四勘察设计院集团有限公司 (CHINA RAILWAY SIYUAN SURVEY AND DESIGN GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市武昌区杨园和平大道 745 号, Hubei 430060 (CN)。 武汉新电电气股份有限公司 (WUHAN XINDIAN ELECTRIC CO., LTD.) [CN/CN]; 中国湖北省武汉市东湖高新区关山一路特 1 号, Hubei 430074 (CN)。 深

(54) **Title:** METHOD FOR ANALYZING ASSOCIATION BETWEEN RAIL TRANSIT AND TRANSFORMER DIRECT-CURRENT MAGNETIC BIAS

(54) 发明名称: 一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法

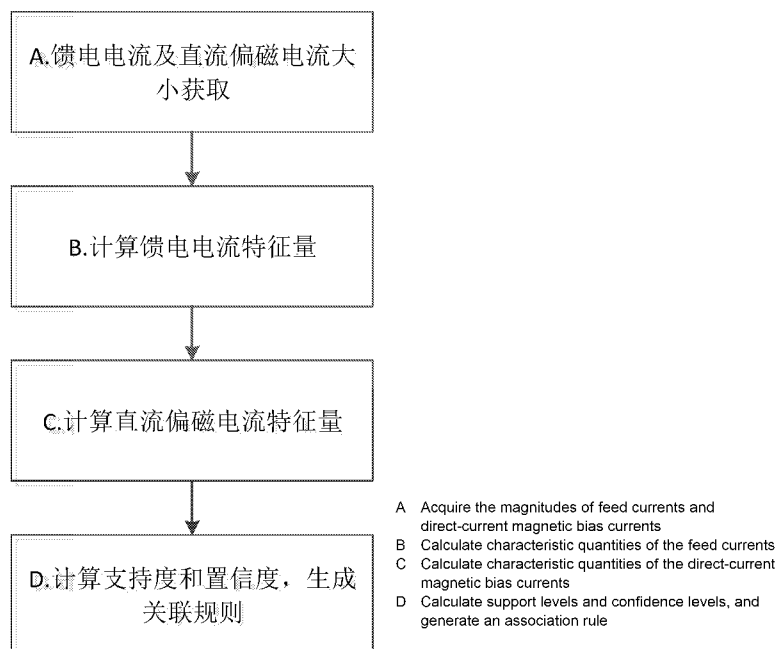


图 1

(57) **Abstract:** A method for analyzing association between rail transit and transformer direct-current magnetic bias, comprising the following steps: A, acquiring the magnitudes of feed cable currents and direct-current magnetic bias currents: measuring, by means of a monitoring device, the magnitudes of rail transit feed cable currents and power grid transformer direct-current magnetic bias currents within a certain period; B, on the basis of the feed cable currents acquired in step A, calculating characteristic quantities of the feed currents within the measurement period; C, according to the direct-current magnetic bias currents acquired in step A,

圳地铁建设集团有限公司(SHENZHEN METRO CONSTRUCTION GROUP CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区福中一路1016号地铁大厦19楼, Guangdong 518026 (CN)。

- (72) 发明人:唐泽洋(TANG, Zeyang); 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街227号, Hubei 430077 (CN)。阮羚(RUAN, Ling); 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街227号, Hubei 430077 (CN)。姚勇(YAO, Yong); 中国湖北省武汉市江岸区解放大道1701号, Hubei 430019 (CN)。王坚(WANG, Jian); 中国湖北省武汉市硚口区利济北路78号, Hubei 430030 (CN)。陈爽(CHEN, Shuang); 中国湖北省武汉市江岸区解放大道1701号, Hubei 430019 (CN)。蔡超(CAI, Chao); 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街197号, Hubei 430077 (CN)。田智(TIAN, Zhi); 中国湖北省武汉市江岸区解放大道1701号, Hubei 430019 (CN)。高凌霄(GAO, Lingxiao); 中国湖北省武汉市江岸区解放大道1701号, Hubei 430019 (CN)。邓小训(DENG, Xiaoxun); 中国湖北省武汉市武昌区杨园和平大道745号, Hubei 430060 (CN)。杨志淳(YANG, Zhichun); 中国湖北省武汉市洪山区徐东大街227号, Hubei 430077 (CN)。邱凌(QIU, Ling); 中国湖北省武汉市东湖高新区关山一路特1号, Hubei 430074 (CN)。葛洲(GE, Zhou); 中国广东省深圳市福田区福中一路1016号地铁大厦19楼, Guangdong 518026 (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, IT, 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, 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, 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))。

calculating characteristic quantities of the direct-current magnetic bias currents within the measurement period; and D, according to the characteristic quantities of the feed currents and the direct-current magnetic bias currents calculated in step B and step C, calculating support levels and confidence levels, and generating an association rule. The association analysis method provided in the present method can provide a basis for analyzing the effect of rail traffic on power grid transformer direct-current magnetic bias.



(57) 摘要：一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法，包括以下步骤：**A**、获取馈电电缆电流及直流偏磁电流大小：通过监测装置测量一定周期内轨道交通馈电电缆电流和电网变压器直流偏磁电流大小；**B**、基于步骤**A**获取的馈电电缆电流，计算测量周期内的馈电电流的特征量；**C**、根据步骤**A**获取的直流偏磁电流，计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量；**D**、根据步骤**B**和步骤**C**的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，计算支持度和置信度，生成关联规则。本方法所提的关联性分析方法，可为轨道交通对电网变压器直流偏磁的影响分析提供依据。

一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法

技术领域

本发明涉及轨道交通与变压器直流偏磁技术领域，具体是一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法。

背景技术

轨道交通牵引电源为直流电流，牵引的直流电流较大，可达数千安，由于轨道交通轨道对地不是完全绝缘的，导致一部分牵引的直流电流未沿回流轨回到电源负极，这部分电流称作为杂散电流。当电网变压器中性点直接接地时，杂散电流可能会流入电网变压器中性点，导致变压器出现直流偏磁，影响变压器的正常运行。为分析轨道交通杂散电流与变压器直流偏磁电流的关联性，需要分析轨道交通馈电电流与直流偏磁电流的关联性。

申请号为 201610583685.6 的中国发明专利“利用噪声检测判断变压器直流偏磁状态的方法及系统”提出了通过检测变压器噪声判断变压器直流偏磁状态，申请号为 201110432033.X 的中国发明专利“一种基于振动分析的电力变压器直流偏磁的判别方法”提出了通过检测振动信号判断变压器是否发生直流偏磁。上述 2 项发明专利，只涉及了电网侧相关参量的检测与分析，并不涉及轨道交通侧相关参量的分析。申请号为 201810052427.4 的中国发明专利“一种用于评估变压器直流偏磁影响的方法及系统”通过计算地铁杂散电流对预先划分的电网中变电站的偏磁影响概率，计算各变电站受直流偏磁影响的风险

度，基于监测数据的关联规则，对监测站点中性点直流电流水平进行评估，该发明专利关联分析的是地铁运行时段、季节、气候等因素，并不涉及将轨道交通馈电电流和直流偏磁电流进行关联分析。

发明内容

针对现有技术存在的上述不足，本发明提供一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法，所提的关联性分析方法，可为轨道交通对电网变压器直流偏磁的影响分析提供依据。

本发明采用的技术方案为：

一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法，包括以下步骤：

A、获取馈电电缆电流及直流偏磁电流大小：通过监测装置测量一定周期内轨道交通馈电电缆电流和电网变压器直流偏磁电流大小；

B、基于步骤 A 获取的馈电电缆电流，计算测量周期内的馈电电流的特征量；

C、根据步骤 A 获取的直流偏磁电流，计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量；

D、根据步骤 B 和步骤 C 的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，计算支持度和置信度，生成关联规则。

进一步的，其特征在于：步骤 B 中基于步骤 A 获取的馈电电缆电流，计算测量周期内的馈电电流的特征量，具体为：

假设共有 N 个地铁站，测量周期为 T ，每 1 秒钟记录一个测量点，第 i 个地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流为 $IF_{i,t}$ ，馈电电流的阈值为 $IF_{i,rv}$ 。

对于任意时刻 t ,

若 $IF_{i,t} < IF_{i,iv}$, 则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 0, 其中 $1 \leq i \leq N$, $1 \leq t \leq T$;

若 $IF_{i,t} \geq IF_{i,iv}$, 则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 1, 其中 $1 \leq i \leq N$, $1 \leq t \leq T$;

进一步的, 其特征在于: 步骤 C 中根据步骤 A 获取的直流偏磁电流, 计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量, 具体为:

假设共有 M 个变电站, 测量周期为 T , 每 1 秒钟记录一个测量点, 第 j 个变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流为 $IS_{j,t}$, 直流偏磁电流的阈值为 $IS_{j,iv}$ 。对于任意时刻 t ,

若 $IS_{j,t} < IS_{j,iv}$, 则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 0, 其中 $1 \leq j \leq M$, $1 \leq t \leq T$;

若 $IS_{j,t} \geq IS_{j,iv}$, 则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 1, 其中 $1 \leq j \leq M$, $1 \leq t \leq T$;

进一步的, 其特征在于: 步骤 D 中根据步骤 B 和步骤 C 的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量, 计算支持度和置信度, 生成关联规则。具体为:

首先根据计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量, 形成测量周期 T 内的项集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_T\}$, 每秒对应一个项目, 项集 P 中共 T 个项目, 项目中仅包含特征量为 1 的地铁站和变电站。以时刻 t 为例, 若该时刻所有 N 个地铁站和 M 个变电站的特征量均为 1, 则时刻 t 对应的项目 p_t 应包含 N 个地铁站和 M 个变电站。

然后基于 Aprior 算法,从项集中寻找支持度和置信度均大于 80% 的频繁项集。

最后基于找到的频繁项集,产生地铁站与变电站的强关联规则,完成轨道交通馈电电流与变压器直流偏磁电流关联性分析。

本发明提供一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法,通过支持度和置信度对关联性进行量化,可为轨道交通对电网变压器直流偏磁的影响分析提供依据。

附图说明

图 1 是本发明一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法其中一个实施例的流程示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明中的附图,对本发明中的技术方案进行清楚、完整地描述。

请参阅图 1,为本发明一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性分析方法其中一个实施例的流程示意图,所述方法包括以下步骤:

A、获取馈电电缆电流及直流偏磁电流大小:通过监测装置(例如钳形电流表)测量一定周期内轨道交通馈电电缆电流和电网变压器直流偏磁电流大小;

B、基于步骤 A 获取的馈电电缆电流,计算测量周期内的馈电电流的特征量,具体为:

假设共有 N 个地铁站,测量周期为 T ,每 1 秒钟记录一个测量点,第 i 个地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流为 $IF_{i,t}$,馈电电流的阈值为 $IF_{i,rv}$ 。对于任意时刻 t ,

若 $IF_{i,t} < IF_{i,iv}$ ，则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 0，其中 $1 \leq i \leq N$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

若 $IF_{i,t} \geq IF_{i,iv}$ ，则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 1，其中 $1 \leq i \leq N$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

C、根据步骤 A 获取的直流偏磁电流，计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量，具体为：

假设共有 M 个变电站，测量周期为 T ，每 1 秒钟记录一个测量点，第 j 个变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流为 $IS_{j,t}$ ，直流偏磁电流的阈值为 $IS_{j,iv}$ 。对于任意时刻 t ，

若 $IS_{j,t} < IS_{j,iv}$ ，则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 0，其中 $1 \leq j \leq M$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

若 $IS_{j,t} \geq IS_{j,iv}$ ，则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 1，其中 $1 \leq j \leq M$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

D、根据步骤 B 和步骤 C 的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，计算支持度和置信度，生成关联规则，具体为：

首先根据计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，形成测量周期 T 内的项集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_T\}$ ，每秒对应一个项目，项集 P 中共 T 个项目，项目中仅包含特征量为 1 的地铁站和变电站。以时刻 t 为例，若该时刻所有 N 个地铁站和 M 个变电站的特征量均为 1，则时刻 t 对应的项目 p_t 应包含 N 个地铁站和 M 个变电站。

然后基于 Aprior 算法，从项集中寻找支持度和置信度均大于 80% 的频繁项集。

最后基于找到的频繁项集，产生地铁站与变电站的强关联规则，完成轨道交通馈电电流与变压器直流偏磁电流关联性分析。

下面以一个具体实施例对本发明的技术方案和效果进行详细说明：

步骤 A 中，通过钳形电流表对研究区域内的 2 个地铁站的馈电电缆的电流和 5 台变压器直流偏磁电流进行同步测量，持续测量 20 分钟，每 1 秒钟记录一个值。

步骤 B 中，分别计算测量周期内的 2 个地铁站（ DT_1 和 DT_2 ）馈电电流的特征量。

步骤 C 中，分别计算测量周期内的 5 个变电站（ BD_1 、 BD_2 、 BD_3 、 BD_4 、 BD_5 ）直流偏磁电流的特征量。

步骤 D 中，根据步骤 B 和步骤 C 计算的馈电电流的特征量和直流偏磁电流的特征量，形成测量周期 T 内的项集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_T\}$ ，以时刻 t 为例，该时刻只有地铁站 DT_1 、 DT_2 和变电站 BD_1 、 BD_3 的特征量为 1，因此 $p_t = \{DT_1, DT_2, BD_1, BD_3\}$ ，其它时刻以此类推。

基于 Aprior 算法，从项集 P 中支持度和置信度均大于 80% 的频繁项集为 $F = \{DT_1, BD_1, BD_3\}$ 。该频繁项集的非空子集合有 $\{DT_1\}$ 、 $\{BD_1\}$ 、 $\{BD_3\}$ 、 $\{DT_1, BD_1\}$ 、 $\{DT_1, BD_3\}$ 、 $\{BD_1, BD_3\}$ ，因此可产生如下的关联规则，可看出如下规则均有很强的关联性。

规则	置信度
$DT_1 \rightarrow BD_1, BD_3$	99%
$BD_1 \rightarrow DT_1, BD_3$	95%

$BD_3 \rightarrow DT_1, BD_1$	96%
$BD_1, BD_3 \rightarrow DT_1$	99%
$DT_1, BD_3 \rightarrow BD_1$	96%
$DT_1, BD_1 \rightarrow BD_3$	95%

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何属于本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到的变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

权利要求书

1、一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法，其特征在于包括以下步骤：

A、获取馈电电缆电流及直流偏磁电流大小：通过监测装置测量一定周期内轨道交通馈电电缆电流和电网变压器直流偏磁电流大小；

B、基于步骤 A 获取的馈电电缆电流，计算测量周期内的馈电电流的特征量；

C、根据步骤 A 获取的直流偏磁电流，计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量；

D、根据步骤 B 和步骤 C 的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，计算支持度和置信度，生成关联规则。

2、如权利要求 1 所述的一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法，其特征在于：步骤 B 中基于步骤 A 获取的馈电电缆电流，计算测量周期内的馈电电流的特征量，具体为：

假设共有 N 个地铁站，测量周期为 T ，每 1 秒钟记录一个测量点，第 i 个地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流为 $IF_{i,t}$ ，馈电电流的阈值为 $IF_{i,iv}$ ，对于任意时刻 t ，

若 $IF_{i,t} < IF_{i,iv}$ ，则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 0，其中 $1 \leq i \leq N$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

若 $IF_{i,t} \geq IF_{i,iv}$ ，则地铁站 DT_i 在时刻 t 的馈电电流特征量 $CF_{i,t}$ 的值为 1，其中 $1 \leq i \leq N$ ， $1 \leq t \leq T$ 。

3、如权利要求 2 所述的一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性

的分析方法，其特征在于：步骤 C 中根据步骤 A 获取的直流偏磁电流，计算测量周期内的直流偏磁电流的特征量，具体为：

假设共有 M 个变电站，测量周期为 T ，每 1 秒钟记录一个测量点，第 j 个变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流为 $IS_{j,t}$ ，直流偏磁电流的阈值为 $IS_{j,lv}$ ；对于任意时刻 t ，

若 $IS_{j,t} < IS_{j,lv}$ ，则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 0，其中 $1 \leq j \leq M$ ， $1 \leq t \leq T$ ；

若 $IS_{j,t} \geq IS_{j,lv}$ ，则变电站 BD_j 在时刻 t 的直流偏磁电流特征量 $CS_{j,t}$ 的值为 1，其中 $1 \leq j \leq M$ ， $1 \leq t \leq T$ 。

4、如权利要求 3 所述的一种轨道交通与变压器直流偏磁关联性的分析方法，其特征在于：步骤 D 中根据步骤 B 和步骤 C 的计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，计算支持度和置信度，生成关联规则，具体为：

首先，根据计算的馈电电流和直流偏磁电流的特征量，形成测量周期 T 内的项集 $P = \{p_1, p_2, \dots, p_T\}$ ，每秒对应一个项目，项集 P 中共 T 个项目，项目中仅包含特征量为 1 的地铁站和变电站，以时刻 t 为例，若该时刻所有 N 个地铁站和 M 个变电站的特征量均为 1，则时刻 t 对应的项目 p_t 应包含 N 个地铁站和 M 个变电站；

然后，基于 Aprior 算法，从项集中寻找支持度和置信度均大于 80% 的频繁项集；

最后，基于找到的频繁项集，产生地铁站与变电站的强关联规则，完成轨道交通馈电电流与变压器直流偏磁电流关联性分析。

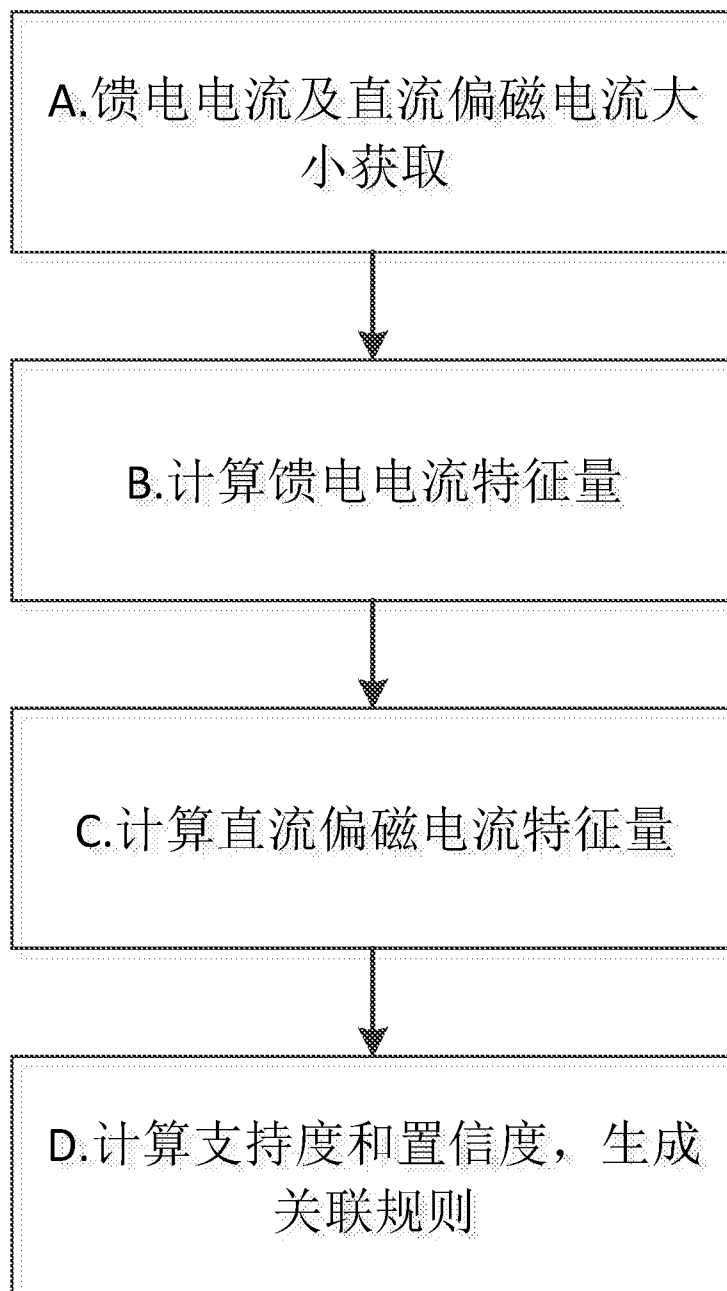


图 1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/111970

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01R 31/00(2006.01)i; G01R 19/00(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)

G01R

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; CNKI; ENTXTC; VEN: 变压器, 偏磁, 磁偏, 偏置, 轨道交通, 地铁, 钢轨, 铁轨, 列车, 机车, 铁路, 馈电, 牵引, 电流, 关联, 支持度, 置信度, 关联规则, transformer, magnetic, bias, feed, traction, supply, current, rail, track, relevance, correlation, relatedness

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 112415300 A (STATE GRID HUBEI ELECTRIC POWER CO., LTD. ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE et al.) 26 February 2021 (2021-02-26) claims 1-4	1-4
A	CN 110632372 A (SHENZHEN POWER SUPPLY CO., LTD.) 31 December 2019 (2019-12-31) claim 1	1-4
A	CN 102520240 A (SHANDONG ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) 27 June 2012 (2012-06-27) entire document	1-4
A	CN 109387680 A (ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE OF SICHUAN ELECTRIC POWER CORPORATION; STATE GRID CORPORATION OF CHINA et al.) 26 February 2019 (2019-02-26) entire document	1-4
A	CN 107515339 A (GPGC ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE) 26 December 2017 (2017-12-26) entire document	1-4



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

08 November 2021

Date of mailing of the international search report

17 November 2021

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District, Beijing
100088, China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2021/111970

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108256234 A (CHINA-EPRI ELECTRIC POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.) 06 July 2018 (2018-07-06) entire document	1-4
A	CN 111735533 A (GUIZHOU POWER GRID CO., LTD.) 02 October 2020 (2020-10-02) entire document	1-4
A	JP 02183816 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 18 July 1990 (1990-07-18) entire document	1-4
A	EP 3264112 A1 (SIEMENS TRANSF COMPANY LTD.) 03 January 2018 (2018-01-03) entire document	1-4
A	US 4904945 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 27 February 1990 (1990-02-27) entire document	1-4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2021/111970

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	112415300	A	26 February 2021	None			
CN	110632372	A	31 December 2019	None			
CN	102520240	A	27 June 2012	None			
CN	109387680	A	26 February 2019	None			
CN	107515339	A	26 December 2017	CN	107515339	B	17 April 2020
CN	108256234	A	06 July 2018	None			
CN	111735533	A	02 October 2020	None			
JP	02183816	A	18 July 1990	JP	H07104736	B2	13 November 1995
EP	3264112	A1	03 January 2018	CN	107561377	A	09 January 2018
				EP	3264112	B1	10 April 2019
US	4904945	A	27 February 1990	EP	0309255	A1	29 March 1989
				EP	0309255	B1	01 September 1993
				JP	H01157220	A	20 June 1989
				JP	H0640696	B2	25 May 1994
				DE	3883676	D1	07 October 1993
				DE	3883676	T2	28 April 1994

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2021/111970

A. 主题的分类 G01R 31/00(2006.01)i; G01R 19/00(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) G01R 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;CNKI;ENTXTC;VEN;变压器, 偏磁, 磁偏, 偏置, 轨道交通, 地铁, 钢轨, 铁轨, 列车, 机车, 铁路, 馈电, 牵引, 电流, 关联, 支持度, 置信度, 关联规则, transformer, magnetic, bias, feed, traction, supply, current, rail, track, relevance, correlation, relatedness																							
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 112415300 A (国网湖北省电力有限公司电力科学研究院 等) 2021年 2月 26日 (2021 - 02 - 26) 权利要求1-4</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 110632372 A (深圳供电局有限公司) 2019年 12月 31日 (2019 - 12 - 31) 权利要求1</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102520240 A (山东电力研究院) 2012年 6月 27日 (2012 - 06 - 27) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109387680 A (国网四川省电力公司电力科学研究院 等) 2019年 2月 26日 (2019 - 02 - 26) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107515339 A (广东电网有限责任公司电力科学研究院) 2017年 12月 26日 (2017 - 12 - 26) 全文</td> <td>1-4</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108256234 A (中电普瑞电力工程有限公司 等) 2018年 7月 6日 (2018 - 07 - 06) 全文</td> <td>1-4</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 112415300 A (国网湖北省电力有限公司电力科学研究院 等) 2021年 2月 26日 (2021 - 02 - 26) 权利要求1-4	1-4	A	CN 110632372 A (深圳供电局有限公司) 2019年 12月 31日 (2019 - 12 - 31) 权利要求1	1-4	A	CN 102520240 A (山东电力研究院) 2012年 6月 27日 (2012 - 06 - 27) 全文	1-4	A	CN 109387680 A (国网四川省电力公司电力科学研究院 等) 2019年 2月 26日 (2019 - 02 - 26) 全文	1-4	A	CN 107515339 A (广东电网有限责任公司电力科学研究院) 2017年 12月 26日 (2017 - 12 - 26) 全文	1-4	A	CN 108256234 A (中电普瑞电力工程有限公司 等) 2018年 7月 6日 (2018 - 07 - 06) 全文	1-4
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																					
PX	CN 112415300 A (国网湖北省电力有限公司电力科学研究院 等) 2021年 2月 26日 (2021 - 02 - 26) 权利要求1-4	1-4																					
A	CN 110632372 A (深圳供电局有限公司) 2019年 12月 31日 (2019 - 12 - 31) 权利要求1	1-4																					
A	CN 102520240 A (山东电力研究院) 2012年 6月 27日 (2012 - 06 - 27) 全文	1-4																					
A	CN 109387680 A (国网四川省电力公司电力科学研究院 等) 2019年 2月 26日 (2019 - 02 - 26) 全文	1-4																					
A	CN 107515339 A (广东电网有限责任公司电力科学研究院) 2017年 12月 26日 (2017 - 12 - 26) 全文	1-4																					
A	CN 108256234 A (中电普瑞电力工程有限公司 等) 2018年 7月 6日 (2018 - 07 - 06) 全文	1-4																					
☒ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																							
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 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																			
* 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 2021年 11月 8日		国际检索报告邮寄日期 2021年 11月 17日																					
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局(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 苗文 电话号码 (86-10)62085340																					

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
A	CN 111735533 A (贵州电网有限责任公司) 2020年 10月 2日 (2020 - 10 - 02) 全文	1-4
A	JP 02183816 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 1990年 7月 18日 (1990 - 07 - 18) 全文	1-4
A	EP 3264112 A1 (SIEMENS TRANSF COMPANY LTD.) 2018年 1月 3日 (2018 - 01 - 03) 全文	1-4
A	US 4904945 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 1990年 2月 27日 (1990 - 02 - 27) 全文	1-4

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2021/111970

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	112415300	A	2021年 2月 26日	无	
CN	110632372	A	2019年 12月 31日	无	
CN	102520240	A	2012年 6月 27日	无	
CN	109387680	A	2019年 2月 26日	无	
CN	107515339	A	2017年 12月 26日	CN 107515339	B 2020年 4月 17日
CN	108256234	A	2018年 7月 6日	无	
CN	111735533	A	2020年 10月 2日	无	
JP	02183816	A	1990年 7月 18日	JP H07104736	B2 1995年 11月 13日
EP	3264112	A1	2018年 1月 3日	CN 107561377	A 2018年 1月 9日
				EP 3264112	B1 2019年 4月 10日
US	4904945	A	1990年 2月 27日	EP 0309255	A1 1989年 3月 29日
				EP 0309255	B1 1993年 9月 1日
				JP H01157220	A 1989年 6月 20日
				JP H0640696	B2 1994年 5月 25日
				DE 3883676	D1 1993年 10月 7日
				DE 3883676	T2 1994年 4月 28日