



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115605768 A

(43) 申请公布日 2023. 01. 13

(21) 申请号 202180035083.6

(22) 申请日 2021.03.12

(30) 优先权数据

62/989,415 2020.03.13 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2022.11.14

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2021/022176 2021.03.12

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2021/183933 EN 2021.09.16

(71) 申请人 维斯科尔实验室股份有限公司

地址 美国马里兰州

(72) 发明人 C·D·斯卢普 R·S·马歇尔

D·比克斯勒 C·刘

(74) 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公  
司 31100

专利代理师 徐倩 周全

(51) Int.Cl.

G01R 19/25 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

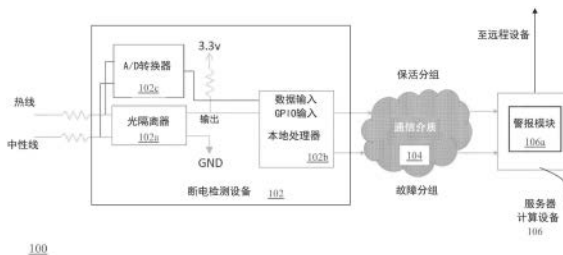
权利要求书6页 说明书23页 附图35页

(54) 发明名称

用于检测和通知电力中断和电力质量的方法和系统

(57) 摘要

本文描述了用于检测和通知电力中断和电力质量的方法和系统。耦合到电路的传感器向服务器传送保活分组。传感器检测由电活动生成的输入信号。传感器基于输入信号生成输出信号。传感器监测输出信号。在时钟周期期间,传感器确定是否出现上升沿,并在上升沿出现在预定时钟值之前或没有出现上升沿时向服务器传送故障分组。服务器从传感器接收故障分组,并监听保活分组。当在故障分组被接收到后的至少定义的时间段内没有保活分组被接收到时,服务器传送断电通知。当一个或多个保活分组被随后接收到时,服务器传送电力恢复通知。



1. 一种用于检测和通知电力中断的系统,所述系统包括:
  - 耦合到电路的传感器设备,所述传感器设备被配置成用于:
    - 周期性地向服务器计算设备传送保活分组;
    - 检测由所述电路上的电活动生成的输入信号;
    - 基于检测到的输入信号生成输出信号;
    - 在具有预定义持续时间的多个时钟周期中的每一个时钟周期期间监测生成的输出信号;
  - 在每一个时钟周期期间:
    - 确定所述生成的输出信号中是否出现上升沿;
    - 当所述上升沿出现在所述时钟周期中的预定时钟值之前,或者
    - 当所述时钟周期中没有出现上升沿时,向所述服务器计算设备传送故障分组;以及
    - 发起新的时钟周期;
  - 通信地耦合到所述传感器设备的服务器计算设备,所述服务器计算设备被配置成用于:
    - 从所述传感器设备接收所述故障分组;
    - 监听来自所述传感器设备的一个或多个保活分组;
    - 当在所述故障分组被接收到后的至少定义的时间段内没有保活分组从所述传感器设备被接收到时,向一个或多个远程计算设备传送断电通知;以及
    - 当一个或多个保活分组在所述断电通知被传送后从所述传感器设备被随后接收到时,向所述一个或多个远程计算设备传送电力恢复通知。
2. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,所述输入信号包括具有多个零交叉点的交流(AC)电压正弦波。
3. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,所述输出信号是具有与所述输入信号的所述零交叉点相对应的多个上升沿的电压曲线。
4. 如权利要求2所述的系统,其特征在于,所述保活分组包括电力质量数据,所述电力质量数据包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、所述电压正弦波的频率、所述电压正弦波的相对相位角、所述电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。
5. 如权利要求1所述的系统,其特征在于,每个时钟周期具有9毫秒的预定义持续时间。
6. 如权利要求5所述的系统,其特征在于,所述时钟周期中的所述预定时钟值为8.33毫秒。
7. 一种检测和通知电力中断的计算机化方法,所述方法包括:
  - 由耦合到电路的传感器设备周期性地向服务器计算设备传送保活分组;
  - 由所述传感器设备检测由所述电路上的电活动生成的输入信号;
  - 由所述传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号;
  - 由所述传感器设备在具有预定义持续时间的多个时钟周期中的每一个时钟周期期间监测生成的输出信号;
  - 在每一个时钟周期期间:
    - 由所述传感器设备确定所述生成的输出信号中是否出现上升沿;

当所述上升沿出现在所述时钟周期中的预定时钟值之前,或者当所述时钟周期中没有出现上升沿时,由所述传感器设备向所述服务器计算设备传送故障分组;

由所述传感器设备发起新的时钟周期;

由所述服务器计算设备从所述传感器设备接收所述故障分组;

由所述服务器计算设备监听来自所述传感器设备的一个或多个保活分组;

当在所述故障分组被接收到后的至少定义的时间段内没有保活分组从所述传感器设备被接收到时,由所述服务器计算设备向一个或多个远程计算设备传送断电通知;以及

当一个或多个保活分组在所述断电通知被传送后从所述传感器设备被随后接收到时,由所述服务器计算设备向所述一个或多个远程计算设备传送电力恢复通知。

8. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,所述输入信号包括具有多个零交叉点的交流(AC)电压正弦波。

9. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述输出信号是具有与所述输入信号的所述零交叉点相对应的多个上升沿的电压曲线。

10. 如权利要求8所述的方法,其特征在于,所述保活分组包括电力质量数据,所述电力质量数据包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、所述电压正弦波的频率、所述电压正弦波的相对相位角、所述电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。

11. 如权利要求7所述的方法,其特征在于,每个时钟周期具有9毫秒的预定义持续时间。

12. 如权利要求11所述的方法,其特征在于,所述时钟周期中的所述预定时钟值为8.33毫秒。

13. 一种用于检测和通知电力质量的系统,所述系统包括:

耦合到电路的一个或多个传感器设备,每个传感器设备被配置成用于:

检测由所述电路上的电活动生成的输入信号;

基于检测到的输入信号生成输出信号;以及

向服务器计算设备传送电力质量数据,所述电力质量数据基于所述输出信号;

所述服务器计算设备,被配置成用于:

从所述一个或多个传感器设备接收所述电力质量数据;

结合从所述一个或多个传感器设备接收的历史电力质量数据来分析所述电力质量数据,以检测一个或多个电力质量事件;以及

基于检测到的电力质量事件向一个或多个远程计算设备传送电力质量通知。

14. 如权利要求13所述的系统,其特征在于,所述检测到的一个或多个电力质量事件包括以下各项中的一者或多者:浪涌事件、浪涌跳跃事件、骤降事件、骤降跳跃事件、限电事件、骤升跳跃事件、高频(HF)滤波器跳跃事件、频率跳跃事件、反复出现的电力质量问题、相位角跳跃事件、中性线松动事件或发电机激活事件。

15. 如权利要求14所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备被进一步配置成用于(i) 将所述检测到的一个或多个电力质量事件与零个或更多个外部事件进行关联和/或(ii) 将来自第一传感器设备的检测到的电力质量事件与来自一个或多个其他传感器设备的检测到电力质量事件进行关联。

16. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测中性线松动事件:

对于单个传感器设备,分析在预定时间段内由所述单个传感器设备记录的浪涌事件、浪涌跳跃事件和骤降事件的数量和幅度,所述浪涌事件、所述浪涌跳跃事件和所述骤降事件与来自所述单个传感器设备附近的任何其他传感器设备的匹配电力质量事件不相关;以及

当所述浪涌事件的平均数量大于每天第一定义数量,或者具有大于标称电压的定义百分比的幅度的所述浪涌跳跃事件的平均数量大于每天第二定义数量,或者所述骤降事件的平均数量大于每天第三定义数量时,生成中性线松动事件。

17. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述输出信号包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、所述电压正弦波的频率、所述电压正弦波的相对相位角、所述电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。

18. 如权利要求17所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测浪涌事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

当所述RMS电压在多个连续数据点上大于标称电压的预定义阈值百分比时,生成浪涌事件。

19. 如权利要求18所述的系统,其特征在于,所述预定义阈值百分比基于其中所述RMS电压大于最小阈值百分比的所述多个连续数据点而变化。

20. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测限电事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

当所述RMS电压在多个连续数据点上小于标称电压的预定义阈值百分比时,生成限电事件。

21. 如权利要求20所述的系统,其特征在于,所述预定义阈值百分比基于其中所述RMS电压小于最小阈值百分比的所述多个连续数据点而变化。

22. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测骤降跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

针对出现在所述多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压的一个或多个下降中的每一个下降生成骤降跳跃事件。

23. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测骤升跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

针对出现在所述多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压的一个或多个增加中的每一个增加生成骤升跳跃事件。

24. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测HF滤波器跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的HF幅度数据的多个顺序数据点;

计算所述HF幅度数据的平均值;以及

当所述平均值大于一时,当所述HF幅度数据增加超过所述平均值的阈值倍数时,生成HF滤波器跳跃事件,或者

当所述平均值小于一时,当所述HF幅度数据增加到预定义阈值之上时,生成HF滤波器跳跃事件。

25. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测频率跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的频率数据的多个顺序数据点;

计算所述频率数据的平均值;

计算所述频率数据的标准偏差;以及

当所述频率从所述平均值增加超过预定阈值时,生成频率跳跃事件,或者

当(i)所述标准偏差从小于第一频率变化到大于第二频率时或(ii)所述标准偏差从大于所述第二频率变化到小于所述第一频率时,生成频率跳跃事件。

26. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测发电机激活事件:

对于单个传感器设备,分析是否有任何断电事件和频率事件在预定时间段内由所述单个传感器设备检测到;以及

当所述单个传感器设备检测到断电事件,之后频率标准偏差在所述断电事件的预定义时间段内变化到大于预定义阈值,并且所述频率标准偏差变化不与相关的外部事件相关联时,生成发电机激活事件。

27. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,所述一个或多个外部事件包括闪电活动事件、电网监测事件和能源定价事件。

28. 如权利要求15所述的系统,其特征在于,来自所述第一传感器设备的所述检测到的电力质量事件和来自一个或多个其他传感器设备的所述检测到的电力质量事件是相同的事件类型。

29. 一种检测和通知电力质量的计算机化方法,所述系统包括:

由耦合到电路的传感器设备检测由所述电路上的电活动生成的输入信号;

由所述传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号;

由所述传感器设备向服务器计算设备传送电力质量数据,所述电力质量数据基于所述输出信号;

由所述服务器计算设备从所述传感器设备接收所述电力质量数据;

由所述服务器计算设备结合从所述传感器设备接收的历史电力质量数据来分析所述电力质量数据,以检测一个或多个电力质量事件;以及

由所述服务器计算设备基于检测到的电力质量事件向一个或多个远程计算设备传送电力质量通知。

30. 如权利要求29所述的方法,其特征在于,所述检测到的一个或多个电力质量事件包括以下各项中的一者或多者:浪涌事件、浪涌跳跃事件、骤降事件、骤降跳跃事件、限电事件、骤升跳跃事件、高频(HF)滤波器跳跃事件、频率跳跃事件、反复出现的电力质量问题、相位角跳跃事件、中性线松动事件或发电机激活事件。

31. 如权利要求30所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备进一步(i)将所述检测到的一个或多个电力质量事件与零个或更多个外部事件进行关联和/或(ii)将来自第一传感器设备的检测到的电力质量事件与来自一个或多个其他传感器设备的检测到电力质量事件进行关联。

32. 如权利要求31所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测中性线松动事件:

对于单个传感器设备,分析在预定时间段内由所述单个传感器设备记录的浪涌事件、浪涌跳跃事件和骤降事件的数量和幅度,所述浪涌事件、所述浪涌跳跃事件和所述骤降事件与来自所述单个传感器设备附近的任何其他传感器设备的匹配电力质量事件不相关;以及

当所述浪涌事件的平均数量大于每天第一定义数量,或者具有大于标称电压的定义百分比的幅度的所述浪涌跳跃事件的平均数量大于每天第二定义数量,或者所述骤降事件的平均数量大于每天第三定义数量时,生成中性线松动事件。

33. 如权利要求31所述的方法,其特征在于,所述输出信号包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、所述电压正弦波的频率、所述电压正弦波的相对相位角、所述电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。

34. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测浪涌事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

当所述RMS电压在多个连续数据点上大于标称电压的预定义阈值百分比时,生成浪涌事件。

35. 如权利要求34所述的方法,其特征在于,所述预定义阈值百分比基于其中所述RMS电压大于最小阈值百分比的所述多个连续数据点而变化。

36. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测限电事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

当所述RMS电压在多个连续数据点上小于标称电压的预定义阈值百分比时,生成限电事件。

37. 如权利要求36所述的方法,其特征在于,所述预定义阈值百分比基于其中所述RMS电压小于最小阈值百分比的所述多个连续数据点而变化。

38. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测骤降跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

针对出现在所述多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压的一个或多个下降中的每一个下降生成骤降跳跃事件。

39. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测骤升跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及

针对出现在所述多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压

的一个或多个增加中的每一个增加生成骤升跳跃事件。

40. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测HF滤波器跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的HF幅度数据的多个顺序数据点;

计算所述HF幅度数据的平均值;以及

当所述平均值大于一时,当所述HF幅度数据增加超过所述平均值的阈值倍数时,生成HF滤波器跳跃事件,或者

当所述平均值小于一时,当所述HF幅度数据增加到预定义阈值之上时,生成HF滤波器跳跃事件。

41. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测频率跳跃事件:

分析来自一个或多个传感器设备的频率数据的多个顺序数据点;

计算所述频率数据的平均值;

计算所述频率数据的标准偏差;以及

当所述频率从所述平均值增加超过预定阈值时,生成频率跳跃事件,或者

当(i)所述标准偏差从小于第一频率变化到大于第二频率时或(ii)所述标准偏差从大于所述第二频率变化到小于所述第一频率时,生成频率跳跃事件。

42. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述服务器计算设备通过以下方式检测发电机激活事件:

对于单个传感器设备,分析是否有任何断电事件和频率事件在预定时间段内由所述单个传感器设备检测到;以及

当所述单个传感器设备检测到断电事件,之后频率标准偏差在所述断电事件的预定义时间段内变化到大于预定义阈值,并且所述频率标准偏差变化不与相关的外部事件相关联时,生成发电机激活事件。

43. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,所述一个或多个外部事件包括闪电活动事件、电网监测事件和能源定价事件。

44. 如权利要求33所述的方法,其特征在于,来自所述第一传感器设备的所述检测到的电力质量事件和来自一个或多个其他传感器设备的所述检测到的电力质量事件是相同的事件类型。

## 用于检测和通知电力中断和电力质量的方法和系统

### 相关申请

[0001] 本申请要求于2020年3月13日提交的美国临时专利申请第62/989,415号的优先权,该临时申请通过引用整体并入本文。

### 技术领域

[0002] 本申请的主题总体上涉及用于检测和通知电气系统中的电力中断和电力质量的方法和系统。

### 背景技术

[0003] 消费者继续更加严重地依赖于不间断电力的可用性来进行各种活动,诸如为通信设备、计算设备、医疗设备、加热和冷却电器、制冷等供电。然而,根据美国能量信息管理局(EIA),2016年美国电力客户的平均断电时间为250分钟,并经历1.3次断电。2017年客户断电的时间量几乎加倍,达到平均470分钟(7.8小时),平均断电1.4次。2016年最长的断电时间为20小时的量级,而2017年这一数字增加到略高于40小时。通常,这些断电是计划外的,并且在某些情况下,可能不会被例如外出的房主检测到。这些断电会对日常生活的几乎每个方面(包括健康和安全的)产生重大影响,因此立即检测和通知断电是非常重要的。

[0004] 当前可用的用于检测断电的技术通常依赖于备用电池和/或发电机的使用,备用电池和/或发电机可以临时向断电检测设备和支持通信设备提供电力。然而,电池的寿命有限,并且增加了断电检测设备的成本。更换电池给用户造成持续的维护负担。此外,在某些情况下,备用电池的激活可能会导致断电开始时和备用电源被激活并能够向检测设备供电时之间的不期望的延迟。

[0005] 此外,发电、输电和配电系统变得越来越复杂。向产生更少二氧化碳(CO<sub>2</sub>)的能源转换意味着将有许多不同的发电方法(包括风、太阳、核、电池、天然气和煤炭)的组合。家庭和企业将越来越多地采用自有(on-premise)发电方法,并且所有这些发电系统都被叠加在具有不同程度老化并暴露于环境中的电网上。在各种发电类型之间切换可能导致电压浪涌和电压骤降,以及其他电力质量问题。老化和环境暴露导致变压器和电气互连劣化和失效。浪涌、骤降和装备劣化可导致家用电子设备和电器出现故障,并造成可能发生触电和电气火灾的非常危险的情况。在住宅环境中,火灾通常始于墙壁或其他隐蔽的空腔,并在它们被住户或烟雾检测器检测到之前获得大量热量和进展,从而导致显著损坏。电气故障是住宅火灾的主要原因之一。由于点火源的隐蔽性,电气火灾也是不成比例的死亡原因。据估计,电气火灾每年导致420人死亡、1370人受伤和\$1.4B的住宅损坏。

[0006] 当前的技术无法为房主提供关于他们从公用事业获得的电力质量的急需信息。例如,房主可能会意识到灯光闪烁或灵敏电子装备频繁损耗,而不会被警告它们家的电气连接或家中电气网络内存在非常严重的问题。此外,美国电网的损坏和退化正在增加电网公用事业所有者及其客户的风险和负债。例如,最近的太平洋天然气与能源(PG&E)火灾事故数据报告显示,从2014年到2019年,PG&E经历了超过2400起电网引起的火灾。这些火灾导致



超过\$13B的负债,并促使PG&E申请破产。在另一个示例中,德克萨斯州野火缓解项目研究发现,在该研究之前不到四年的时间内,公用事业输电或配电系统事件引起了4000起火灾,其中大多数是影响不大的局部火灾,但也有较大的火灾。除了野火之外,变压器火灾和爆炸以及其他灾难性电网事件的增加与公用事业装备恶化有关。在一个可怕的示例中,2019年7月中旬,消防员被召集到威斯康星州麦迪逊市中心,在这个地方高压变压器发生爆炸并起火。最近的另一个事件是2019年7月底美国电力(AEP)德克萨斯州变电站变压器爆炸和火灾。最后,在2021年2月,德克萨斯州因严重的冬季风暴经历了其电网的破坏性故障,导致生命损失和数百万人在低于冰点的温度下断电。

[0007] 如上所述,公用电网引发的火灾每年都造成非常大的经济损失,并且通常会造成大量死亡。许多电力系统部件(例如,开关、绝缘体、变压器)提供了数十年的无故障服务,但是输电和配电部件最终会出现故障。野火和其他财产和生命损失可以经由多种机制触发,包括:坠落的导线、植被接触、导体拍击、损坏或劣化装备的电弧、重复性故障和装置故障。因此,快速检测和缓解这些问题对于预防灾难性火灾事件至关重要。

## 发明内容

[0008] 因此,需要的是用于实时或接近实时地检测电气系统中的电力中断和电力质量以及用于通知相关用户(包括电网操作者和/或政府官员)电气系统中的断电和/或电力质量的不期望变化或危害状况的方法和系统。本文所描述的技术有利地提供了基于检测到的由断电检测设备接收的交流(AC)电的频率的断电检测、电力质量评估和电力系统危害标识,并且还向远程设备提供断电的即时通知,包括在一些实施例中,使用由电力系统供电的通信装备,该电力系统在通信装备由于断电而离线之前经历断电。此外,在一些实施例中,本文所描述的方法和系统利用插入现有电源插座的单个监测设备或几个监测设备,而不是复杂、昂贵或危险地安装其他断电检测设备和/或监测部件(诸如连接到断路器或配电盘)。本文所描述的技术不仅有益地为房主和企业主提供了对电力质量和潜在危害的洞察,而且在多个家庭使用本文所描述的方法和系统的情况下,该技术为公用事业提供了关于任何问题的洞察,并赋予他们在危害变得危险之前主动解决问题的能力。

[0009] 在一个方面中,本发明的特征在于一种用于检测和通知电力中断的系统。系统包括服务器计算设备和耦合到电路的传感器设备。传感器设备周期性地向服务器计算设备传送保活分组。传感器设备检测由电路上的电活动生成的输入信号。传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号。传感器设备在具有预定义持续时间的多个时钟周期中的每一个时钟周期期间监测生成的输出信号。在每个时钟周期期间,传感器设备确定在生成的输出信号中是否出现上升沿,并在上升沿出现在时钟周期中的预定时钟值之前或在时钟周期中没有出现上升沿时向服务器计算设备传送故障分组。传感器设备发起新的时钟周期。服务器计算设备从传感器设备接收故障分组。服务器计算设备监听来自传感器设备的一个或多个保活分组。当在故障分组被接收到后的至少定义的时间段内没有保活分组从传感器设备被接收到时,服务器计算设备向一个或多个远程计算设备传送断电通知。当一个或多个保活分组在断电通知被传送后从传感器设备被随后接收到时,服务器计算设备向一个或多个远程计算设备传送电力恢复通知。

[0010] 在另一方面中,本发明的特征在于一种检测和通知电力中断的计算机化方法。耦

合到电路的传感器设备周期性地向服务器计算设备传送保活分组。传感器设备检测由电路上的电活动生成的输入信号。传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号。传感器设备在具有预定义持续时间的多个时钟周期中的每一个时钟周期期间监测生成的输出信号。在每个时钟周期期间,传感器设备确定在生成的输出信号中是否出现上升沿,并在上升沿出现在时钟周期中的预定时钟值之前或在时钟周期中没有出现上升沿时向服务器计算设备传送故障分组。传感器设备发起新的时钟周期。服务器计算设备从传感器设备接收故障分组。服务器计算设备监听来自传感器设备的一个或多个保活分组。当在故障分组被接收到后的至少定义的时间段内没有保活分组从传感器设备被接收到时,服务器计算设备向一个或多个远程计算设备传送断电通知。当一个或多个保活分组在断电通知被传送后从传感器设备被随后接收到时,服务器计算设备向一个或多个远程计算设备传送电力恢复通知。

[0011] 以上方面中的任一者可以包括以下特征中的一者或多者。在一些实施例中,输入信号包括具有多个零交叉点的交流(AC)电压正弦波。在一些实施例中,输出信号是具有与输入信号的零交叉点对应的多个上升沿的电压曲线。在一些实施例中,保活分组包括电力质量数据,电力质量数据包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、电压正弦波的频率、电压正弦波的相对相位角、电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。在一些实施例中,每个时钟周期具有9毫秒的预定义持续时间。在一些实施例中,时钟周期中的预定时钟值为8.33毫秒。

[0012] 在另一方面中,本发明的特征在于一种用于检测和通知电力质量的系统。系统包括服务器计算设备和耦合到电路的一个或多个传感器设备。一个或多个传感器设备检测由电路上的电活动生成的输入信号。一个或多个传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号。一个或多个传感器设备向服务器计算设备传送电力质量数据,电力质量数据基于输出信号。服务器计算设备从一个或多个传感器设备接收电力质量数据。服务器计算设备结合从一个或多个传感器设备接收的历史电力质量数据来分析电力质量数据,以检测一个或多个电力质量事件。服务器计算设备基于检测到的电力质量事件向一个或多个远程计算设备传送电力质量通知。

[0013] 在另一方面中,本发明的特征在于一种检测和通知电力质量的计算机化方法。耦合到电路的传感器设备检测由电路上的电活动生成的输入信号。传感器设备基于检测到的输入信号生成输出信号。传感器设备向服务器计算设备传送电力质量数据,电力质量数据基于输出信号。服务器计算设备从传感器设备接收电力质量数据。服务器计算设备结合从传感器设备接收的历史电力质量数据来分析电力质量数据,以检测一个或多个电力质量事件。服务器计算设备基于检测到的电力质量事件向一个或多个远程计算设备传送电力质量通知。

[0014] 以上方面中的任一者可以包括以下特征中的一者或多者。在一些实施例中,检测到的一个或多个电力质量事件包括以下各项中的一者或多者:浪涌事件、浪涌跳跃事件、骤降事件、骤降跳跃事件、限电事件、骤升跳跃事件、高频(HF)滤波器跳跃事件、频率跳跃事件、反复出现的电力质量问题、相位角跳跃事件、中性线松动事件或发电机激活事件。在一些实施例中,服务器计算设备进一步(i)将检测到的一个或多个电力质量事件与零个或更多个外部事件进行关联和/或(ii)来自第一传感器设备的检测到的电力质量事件与来自一个或多个其他传感器设备的检测到电力质量事件进行关联。

[0015] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测中性线松动事件:对于单个传感器设备,分析在预定时间段内由单个传感器设备记录的浪涌事件、浪涌跳跃事件和骤降事件的数量和幅度,浪涌事件、浪涌跳跃事件和骤降事件与来自该单个传感器设备附近的任何其他传感器设备的匹配电力质量事件不相关;以及当浪涌事件的平均数量大于每天第一定义数量,或者具有大于标称电压的定义百分比的幅度的浪涌跳跃事件的平均数量大于每天第二定义数量,或者骤降事件的平均数量大于每天第三定义数量时,生成中性线松动事件。

[0016] 在一些实施例中,输出信号包括以下各项中的一者或多者:均方根(RMS)电压、电压正弦波的频率、电压正弦波的相对相位角、电压正弦波谐波的幅度、或高频噪声幅度的任何数量的测量。在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测浪涌事件:分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及当RMS电压在多个连续数据点上大于标称电压的预定义阈值百分比时,生成浪涌事件。在一些实施例中,预定义阈值百分比基于其中RMS电压大于最小阈值百分比的多个连续数据点而变化。

[0017] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测限电事件:分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及当RMS电压在多个连续数据点上小于标称电压的预定义阈值百分比时,生成限电事件。在一些实施例中,预定义阈值百分比基于其中RMS电压小于最小阈值百分比的多个连续数据点而变化。

[0018] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测骤降跳跃事件:分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及针对出现在多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压的一个或多个下降中的每一个下降生成骤降跳跃事件。

[0019] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测骤升跳跃事件:分析来自一个或多个传感器设备的RMS电压的多个顺序数据点;以及针对出现在多个顺序数据点中并且大于标称电压的预定义阈值百分比的RMS电压的一个或多个增加中的每一个增加生成骤升跳跃事件。

[0020] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测HF滤波器跳跃事件:分析来自一个或多个传感器设备的HF幅度数据的多个顺序数据点;计算HF幅度数据的平均值;以及当平均值大于一时,当HF幅度数据增加超过平均值的阈值倍数时,生成HF滤波器跳跃事件,或者当平均值小于一时,当HF幅度增加到预定义阈值之上时,生成HF滤波器跳跃。

[0021] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测频率跳跃事件:分析来自一个或多个传感器设备的频率数据的多个顺序数据点;计算频率数据的平均值;计算频率数据的标准偏差;以及当频率从平均值增加超过预定阈值时,生成频率跳跃事件,或者当(i)标准偏差从小于第一频率变化到大于第二频率时或(ii)标准偏差从大于第二频率变化到小于第一频率时,生成频率跳跃事件。

[0022] 在一些实施例中,服务器计算设备通过以下方式检测发电机激活事件:对于单个传感器设备,分析是否有任何断电事件和频率事件在预定时间段内由单个传感器设备检测到;以及当单个传感器设备检测到断电事件,之后频率标准偏差在断电事件的定义时间段内变化到大于预定义阈值,并且频率标准偏差变化不与相关的外部事件相关联时,生成发电机激活事件。

[0023] 在一些实施例中,一个或多个外部事件包括闪电活动事件、电网监测事件和能源定价事件。在一些实施例中,来自第一传感器设备的检测到的电力质量事件和来自一个或多个其他传感器设备的检测到的电力质量事件是相同的事件类型。具有相同事件类型(包括但不限于相同或相似的电力质量特性、持续时间、开始时间、停止时间、地理位置等)的此类电力质量事件在本文中被称为“相关事件”或“匹配事件”。

[0024] 从以下详细描述中,结合仅以示例方式示出本发明的原理的附图,本发明的其他方面和优点将变得显而易见。

## 附图说明

[0025] 上文所描述的本发明的优点以及进一步的优点,可以通过参考下列结合附图的描述来更好地理解。附图不一定是按比例,相反,重点通常被放在示出本发明的原理上。

[0026] 图1是用于检测和通知电力中断的系统的框图。

[0027] 图2A和图2B包括检测和通知电力中断的计算机化方法的流程图。

[0028] 图3是由断电检测设备捕获的示例性60Hz电压信号的图。

[0029] 图4是由断电检测设备接收的示例性输入信号和由断电检测设备生成的示例性输出信号的图。

[0030] 图5A是示出当断电检测设备检测到断电时由断电检测设备生成的输出信号和全局断电标志的对应值的详细时序图。

[0031] 图5B是当已发生断电时来自多个不同断电检测设备的输出信号的曲线图。

[0032] 图6A是描绘从服务器计算设备接收的断电通知的远程计算设备的示例性用户界面。

[0033] 图6B是描绘从服务器计算设备接收的电力恢复通知的远程计算设备的示例性用户界面。

[0034] 图7是示出测试断电检测设备的检测效率的结果的图。

[0035] 图8是ITI (CBEMA) 曲线的曲线图。

[0036] 图9是用于电力质量检测和通知的网络系统的框图。

[0037] 图10是分析电力质量数据的计算机化方法的流程图。

[0038] 图11是示出在电网浪涌事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0039] 图12是示出在限电事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0040] 图13是示出在骤降跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0041] 图14是示出在骤升跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0042] 图15是示出在HF滤波器跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0043] 图16是示出在频率跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。

[0044] 图17A是由断电检测设备捕获的标称电压均方根 (RMS) 读数的曲线图。

[0045] 图17B是由断电检测设备捕获的电压RMS读数的曲线图,示出了示例松动中性线连接。

[0046] 图17C是由断电检测设备在解决松动中性线连接之前和之后捕获的电压RMS读数的曲线图。

[0047] 图18是显示在远程计算设备上的用户界面的图,其示出了由断电检测设备检测到的历史电压RMS读数。

[0048] 图19是显示在远程计算设备上的用户界面的图,其示出了由断电检测设备检测到的一个月的电力质量事件。

[0049] 图20A是示出由服务器计算设备发送到远程计算设备以供显示的推送通知警报的用户界面的图。

[0050] 图20B是示出与断电检测设备相关的电力质量通知列表的用户界面的图。

[0051] 图20C是示出由服务器计算设备发送到远程计算设备以供显示的详细电力浪涌事件警报通知的用户界面的图。

[0052] 图20D是示出由服务器计算设备发送到远程计算设备以供显示的详细电力限电事件警报通知的用户界面的图。

[0053] 图20E是示出由服务器计算设备发送到远程计算设备以供显示的反复出现的电力质量问题警报通知的用户界面的图。

[0054] 图21A是由服务器计算设备生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的断电事件的位置。

[0055] 图21B是由服务器计算设备生成的地理地图的详细视图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的断电事件的位置。

[0056] 图22A是由服务器计算设备生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网浪涌和限电事件的位置。

[0057] 图22B是由服务器计算设备生成的地理地图的详细视图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网浪涌和限电事件的位置。

[0058] 图23是由服务器计算设备生成的地理地图的详细视图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网骤降跳跃事件的位置。

[0059] 图24是由服务器计算设备生成的地理地图的详细视图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网骤升跳跃事件的位置。

[0060] 图25A是由服务器计算设备生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网频率跳跃事件的位置。

[0061] 图25B是由服务器计算设备生成的地理地图的详细视图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网频率跳跃事件的位置。

[0062] 图26是由服务器计算设备生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的高频(HF)滤波器跳跃事件的位置。

### 具体实施方式

[0063] 图1是用于检测和通知电力中断的系统100的框图。系统100包括断电检测设备102、通信介质104和远程计算设备106。断电检测设备102包括连接到电力系统的热线和中

性线的光隔离器102a,以便出于本文所描述的目的监测电流(例如,120VAC,60Hz)。光隔离器102a还连接到地(GND)。图3示出了由断电检测设备捕获的示例性60Hz电压信号。光隔离器102a基于接收到的电流生成输出信号(Out),该输出信号被提供给断电检测设备102的处理器102b。处理器102b分析来自光隔离器102a的输出信号,并将数据(例如,基于分组(packet)的通信)传送到服务器计算设备106,服务器计算设备106基于从断电检测设备102接收的数据可以将断电通知传送到一个或多个远程计算设备(未示出)。示例性断电检测设备102是可从马里兰州Germantown的Whisker Labs公司获得的Ting™传感器。

[0064] 断电检测设备102还包含模数(A/D)转换器102c,A/D转换器102c从热线和中性线读取输入信号。在一些实施例中,输入信号可以在信号由A/D转换器102c读取之前被滤波或变换。A/D转换器102c生成某些电力质量数据以发送到服务器,包括但不限于RMS电压、峰值电压、频率、相位、高频(HF)幅度和谐波幅度。可以理解,可以计算其他电力质量测量,并且该列表并不意味着是穷尽的。电力质量数据以规则的时间间隔被定期传送到服务器计算设备,并且被包括为图1所示和本文所描述的“保活分组(keep alive packet)”的一部分。

[0065] 通信介质104使系统100的其他部件能够彼此通信,以便执行如本文所描述的检测和通知电力中断的过程。介质104可以是局域网,诸如包括连接到由系统100监测的电线的一个或多个部件(例如,路由器、调制解调器)的LAN,或者是广域网,诸如因特网和/或蜂窝网络。在一些实施例中,网络104由若干分立的网络和/或子网络(例如,蜂窝到因特网)组成,分立的网络和/或子网络使得系统100的部件能够彼此通信。通信介质104可以包括有线和/或无线部件。

[0066] 服务器计算设备106是硬件(包括一个或多个专用处理器和一个或多个物理存储器模块)和专用软件模块的组合,该专用软件模块由服务器计算设备106的处理器执行,以如本文所描述地从系统100的其他部件接收数据、向系统100的其他部件传送数据、以及执行用于检测和通知电力中断的功能。在一些实施例中,服务器计算设备106包括警报模块106,警报模块106是被编程到服务器计算设备106中的专用处理器上的专用计算机软件指令集,并且可以包括用于执行专用计算机软件指令的专门指定的存储器位置和/或寄存器。下面将提供由警报模块106a执行的特定处理的进一步解释。

[0067] 如可以理解的,在某些情况下,将其他外部事件(例如,电网/电力系统外部的事件)与电力质量事件进行关联是有益的。例如,如果雷击与浪涌电力质量事件密切相关,则系统100可以向终端用户发出更紧急的通知警告(例如,多个终端用户设备上的视觉和听觉警报消息),特别是如果浪涌事件的幅度是可能对家中的电器造成显著损坏的幅度。如果房主知道雷击直接击中引起了非常强烈的浪涌,那么他或她可能会格外警惕以监测家中的直接危害。将电力质量事件与其他电网监测设备(诸如自动电路重合器(recloser)设备)进行关联也可以是有利的。以此方式,公用事业可以利用本文所描述的技术将来自重合器设备的事件与家庭或企业中的电力质量事件进行关联。外部事件可以与电力质量事件相关联,以限制配电或提高对终端用户的通知的危急程度。

[0068] 在一些实施例中,断电检测设备102经由120VAC插头耦合到建筑物电气系统中的分支电路的插座,该分支电路进而连接到公用电网。尽管图1描绘了单个断电检测设备102,但是应当理解,系统100可以包括被定位以用于感测配电系统中的电活动的两个或更多个断电检测设备。向服务器计算设备发送数据的多个传感器可以提供增加的灵敏度,并协同

工作以提供关于电力系统和/电网的断电和电力质量的信息。应当进一步理解,单个位置(例如,家)可以安装有多个断电检测设备,并且系统100还可以被配置成用于从各自安装在不同位置的多个断电检测设备接收数据(如下面参考图9所描述的)。

[0069] 如上所述,断电检测设备102经由通信介质104可通信地耦合到服务器计算设备106。在一个实施例中,断电检测设备102配备有通信部件(例如,天线、网络接口电路),通信部件使得断电检测设备102能够经由无线连接(即,使用无线部件,诸如通信介质104的路由器和/或调制解调器)与服务器计算设备106通信。

[0070] 图2A和图2B包括使用图1的系统100检测和通知电力中断的计算机化方法200的流程图。耦合到配电系统的分支电路的断电检测设备(例如,断电检测设备102)检测(202)由分支电路上的电活动生成的输入信号。断电检测设备102基于检测到的输入信号生成(204)输出信号。图4是由断电检测设备102接收到的示例性输入信号402和由断电检测设备102生成的示例性输出信号404的图。如图4所示,输入信号402包括典型的交流(AC)电压信号(诸如AC正弦波),其零交叉点(例如,402a、402b)相隔大约8.33毫秒(ms)出现。

[0071] 断电检测设备102的光隔离器102a经由到配电系统(包括电网)的热线连接和中性线连接接收输入信号402,并将输入信号402转换为输出信号404。如图4所示,输出信号404包括具有多个上升沿(例如,404a、404b)的电压曲线,这些上升沿通常对应于输入信号402的零交叉点,因为上升沿间隔大约8.33ms出现。图4中的图406描绘了叠加的输入信号402和输出信号404,以显示信号的对应关系。应当理解,取决于断电检测设备102耦合到的电气系统(包括可以耦合到电气系统的电子设备的频谱),输出信号404中的多个上升沿上的一个或多个不同点可以对应于输入信号402的零交叉点(例如,输出信号404中的上升沿的起点可以对应于输入信号402的零交叉点、上升沿的起点和峰值之间的中点可以对应于零交叉点、或者上升沿的峰值可以对应于零交叉点)。应当进一步理解,每个上升沿上的相同点(例如,起点、中点、峰值)应该相隔大约8.33ms出现。输出信号404被传送到嵌入在断电检测设备中的处理器(参见图1),该处理器监测输出信号404,如下面所描述的。应当理解,本文所描述的零交叉点的确切时序仅出于示例目的,并且对应于美国电力系统的标准时序。此处可以修改本文所描述的算法和技术,以自动检测和调整到国际电力系统的不同时序。

[0072] 返回到图2A,当断电检测设备102通电并连接到服务器计算设备106时,断电检测设备102周期性地向服务器计算设备106的警报模块106a传送(206)保活分组。保活分组用于通知服务器计算设备106断电检测设备102正在接收电力(即,在对应位置处没有断电)并且断电检测设备102在线。例如,断电检测设备102的处理器102b执行连续运行的主线程,并以规则的1/4秒间隔向服务器计算设备106发送保活分组。在一些实施例中,保活分组可以附加地包含由如上所述的A/D转换器102c生成的其他定期监测的数据,诸如配电系统的测量的均方根(RMS)电压、电压正弦波的频率、正弦波的相对相位角、正弦波谐波的幅度和高频噪声幅度的任何数量的测量。在题为“Detection of Electric Discharges that Precede Fires in Electrical Wiring (对电气布线中火灾之前的放电的检测)”的美国专利第10,641,806号中描述了可以由断电检测设备102捕获和传送的某些非限制性类型的电力质量数据的示例,该专利通过引用并入本文。

[0073] 此外,主线程还监测全局断电标志。当断电标志被设置时(例如,设置为1),主线程向服务器计算设备106发送故障分组(例如,指示断电),并将断电标志重置为0。下面描述了

关于断电标志和故障分组的附加细节。

[0074] 断电检测设备102在具有定义持续时间的多个时钟周期中的每一个时钟周期期间监测(208)生成的输出信号。例如,断电检测设备102的处理器102b可以创建定时器(或超时时钟),该定时器从9ms(约55Hz频率)循环倒计时到零,然后复位。当定时器到达零时,处理器102b调用对主线程的中断(“超时中断”)。此外,当处理器检测到从光隔离器102a接收的输出信号(即,图4中的信号404)中的上升沿时,处理器102b调用对主线程的中断(“光隔离器中断”)。

[0075] 当处理器102b调用光隔离器中断时,断电检测设备102的处理器102b确定(210)在生成的输出信号404中是否出现上升沿。例如,处理器102b对自上一次光隔离器中断时间以来出现了多少个时钟滴答(tick)进行计数。当(i)在时钟周期中的预定时钟值之前在生成的输出信号404中出现上升沿时(例如,如果上一次光隔离器中断发生在小于7.6ms前(约65Hz频率),或者(ii)在时钟周期期间在生成的输出信号404中没有出现上升沿时(例如,上一次光隔离器中断发生在大于9毫秒前,从而触发了上述超时中断),这指示电力丢失。结果是,处理器102b将全局断电标志设置为1。如上所述,由处理器102b执行的主线程正在监测全局断电标志,并且当主线程看到该标志设置为1时,输出检测设备102的处理器向服务器计算设备106的警报模块106a传送(212)故障分组,并发起(214)新的时钟周期以用于监测生成的输出信号404(例如,通过将超时时钟重新加载或重置至9ms)。

[0076] 图5A是示出当断电检测设备检测102到断电时由断电检测102设备生成的输出信号和全局断电标志的对应值的详细时序图。如图5A所示,迹线510对应于由断电检测设备102生成的输出信号404。黑色实线502指示处理器102b的主线程中的全局断电标志的值,而黑色虚线504指示主线程何时完成向服务器计算设备106发送故障分组。例如,处理器102b在时间t1处检测到断电,并将全局断电标志设置为1。然后,在时间t2处,处理器102b的主线程将全局断电标志读取为1,并开始向服务器计算设备106发送故障分组。在时间t3处,主线程完成向服务器计算设备106发送故障分组。处理器102b在时间t4处检测到第二次断电(其可以对应于相同的整体断电),并在时间t5处开始向服务器计算设备传送第二故障分组。然后,在时间t6处,处理器102b完成发送第二故障分组。

[0077] 替代地,当上升沿在时钟周期中的预定时钟值(即,大约8.33ms)处出现在输出信号404中时,光隔离器中断过程不会将全局断电标志设置为1(并且超时中断不触发)。结果是,输出检测设备102的处理器102b仅发起(214)新的时钟周期,以用于监测生成的输出信号404(例如,通过将超时时钟重新加载或重置至9ms)。

[0078] 图5B是当已发生断电时来自多个不同断电检测设备的输出信号的曲线图。如图5B所示,每条线(例如,线512)对应于来自不同断电检测设备的输出信号的电压读数。在05:48之前不久,发生了断电,这反映在图中线t1处,其中来自每个设备的读数突然停止。在接下来的几分钟内,断电检测设备中的每一个在不同时间恢复供电,由标记为“电力恢复”的箭头指示。

[0079] 转到图2B,在断电检测设备102向服务器计算设备106传送故障分组的情况下,警报模块106a从断电检测设备102接收(216)故障分组,并监听(218)来自断电检测设备102的保活分组。如先前所述,断电检测设备102的处理器102b的主线程被配置成用于每1/4秒向服务器计算设备传送保活分组。当警报模块106a接收到故障分组,并且故障分组被接收到



之后的至少定义的时间段(例如,5秒)内没有随后检测到任何保活分组,则警报模块106a向一个或多个远程计算设备传送(220)断电通知。

[0080] 在一些实施例中,警报模块106a可以经由一个或多个通信通道和/或通信协议(诸如电子邮件、文本(例如,SMS)、自动电话呼叫)向远程计算设备(例如移动电话、智能手表、智能设备、平板电脑、膝上型计算机等)传送断电通知。在一些实施例中,警报模块106a可以经由例如webhook API回调或通过利用来自云计算提供商(诸如亚马逊网络服务(AWS)简单通知服务)的服务向与不同组织相关联的计算设备传送断电通知。在一个示例中,远程计算设备可以包括移动应用(app),该移动应用被配置成用于:从警报模块106a接收推送通知,当接收到推送通知时,自动激活移动应用的功能,以警告远程计算设备的用户(例如,弹出消息、听觉警报和/或触觉警报(震动))在断电检测设备102的对应位置处正在发生断电。图6A是描绘从警报模块106a接收的断电通知的远程计算设备(例如,智能电话)的示例性用户界面。如图6A所示,断电通知包括指示断电事件的视觉符号602和包括断电时间和位置的详细描述604。

[0081] 在传送断电通知之后,警报模块106a返回到监听来自断电检测设备102的保活分组。当警报模块106a在断电通知被传送之后随后检测到一个或多个保活分组(在定义的时间段内或在定义的时间段已经过去之后),警报模块106a向一个或多个计算设备传送(222)电力恢复通知。如上面关于断电通知所描述的,远程计算设备可以从警报模块106a接收电力恢复通知,并激活远程计算设备的功能,以警告设备的用户电力已恢复。图6B是描绘从警报模块106a接收的电力恢复通知的远程计算设备的示例性用户界面。如图6B所示,电力恢复通知包括指示电力恢复事件的视觉符号606和包括电力恢复时间和位置的详细描述608。

[0082] 应当理解,本文所描述的断电检测方法的可靠性可以取决于断电检测设备102和服务器计算设备106之间的连接性,以及取决于支持该连接性的中间装备的可用性。例如,断电检测设备102可以连接到本地WiFi路由器(例如,安装在家庭或企业中),该本地WiFi路由器进而连接到互联网调制解调器或路由器,该互联网调制解调器或路由器在连接最终到达检测断电事件的服务器计算设备106之前进而连接到对应互联网提供商的网络内的其他部件。结果,在这些设备中的一个或多个设备失去电力并无法向整个连接中的下一个链路传送、重新传送和/或中继故障分组之前,故障分组必须由断电检测设备102发送,并遍历通信介质104(例如,网络)的每个分段,该通信介质104可以由或可以不由相同的配电系统和电力线供电。应当理解,如果故障分组没有到达服务器计算设备106,则服务器计算设备106无法区分保活分组是由于通信连接性丢失(例如,互联网中断)还是由于断电检测设备102的位置处的断电而停止。因此,快速检测断电和传输故障分组对于由本文所描述的方法和系统提供的优点至关重要。

[0083] 为了确定使用这种方法检测断电的有效性,使用设置在两个不同位置的两个断电检测设备进行了测试。每个断电检测设备放置在可编程开关上,以便可以在几个月内每天自动关闭一次电源。图7是示出测试结果的图表。如图7所示,断电检测设备102平均有95%的时间成功检测到断电,最大检测效率为100%,并且最小检测效率为71%。

[0084] 此外,应当理解,由本文所描述的技术提供的另一个优点是,随着断电检测设备的安装范围彼此接近,断电检测和通知效率得到了提高。例如,当多个断电检测设备彼此接近时(例如在为多个家庭供电的同一电压变压器上),检测断电的效率提高。如果安装在同一

电气网络上的至少一个家庭中的断电检测设备102能够将故障分组传送到服务器计算设备106,并且同时保活分组停止到达,则断电通知可以被发送到与网络上的每个客户相关联的远程设备。相同的方法可以用于更广区域的电网中断:如果几十个家庭由同一变电站供电,那么在该变电站断电的情况下,仅安装在由变电站服务的几十个家庭中的单个家庭处的一个断电检测设备102需要成功地向服务器计算设备106传送故障分组,以便向与几十个家庭中的每个家庭中的客户相关联的远程设备生成断电通知。相反,如果几十个家庭由同一变电站供电,并且安装在每个家庭处的断电检测设备102在保活分组的通信丢失之前没有传送故障分组,那么可以安全地假设断电是另一个非电力相关的事件(例如,互联网服务提供商(ISP)中断)的结果,而不是失去电力的结果。

[0085] 本文所描述的方法和系统的另一个重要特征是能够监测由系统100的断电检测设备102接收的电力的电力质量,并向客户(例如,安装断电检测设备102的房主)和公用事业提供商两者提供与电力监测相关的信息。如先前所提及的,断电检测设备102可以在其定期监测断电期间捕获关于电力的附加数据(诸如,例如,配电系统的测量的均方根(RMS)电压、电压正弦波的频率、正弦波的相对相位角、正弦波谐波的幅度和高频噪声幅度的任何数量的测量),并且断电检测设备102可以将数据传送到服务器计算设备106(例如,作为向服务器计算设备传送保活分组的一部分)。

[0086] 如下文将更详细地描述的,断电检测设备102可以每1/4秒(或每秒20Vrms读数)向服务器计算设备106发送5Vrms电压样本。这使得服务器计算设备106能够监测电压中的浪涌和骤降,浪涌和骤降可能对也耦合到配电系统的电器或灵敏电子设备造成损坏。图8是称为ITI(CBEMA)曲线的曲线图。该图示出了一时间段内电压幅度包络内的可接受电压电平。例如,具有大电压幅度(300伏)的极短持续时间(约16毫秒)通常不会影响在电路上被供电的设备,但如果电压幅度保持在300伏超过5秒,则它可能会对电气网络上的任何设备造成损坏。此外,当单个地点在多日内发生多次断电或浪涌或骤降事件时,建议客户联系他们的电力公司。反复出现的电力质量问题可能会对电器和灵敏电子设备造成损坏,并可能指示进入住宅的电力线存在更严重的问题,其可能引发电气火灾。

[0087] 例如,如果流向警报模块106a的电压数据的幅度和持续时间超过在标称电压电平以上的CBEMA曲线的边界,则警报模块106a向终端用户的设备发送“电力浪涌”通知消息。如果流向警报模块106a的电压数据的幅度和持续时间超过在标称电压电平以下的CBEMA曲线的边界,则警报模块106a向终端用户的设备发送“限电”通知。

[0088] 在一些实施例中,从电压信号收集的其他信息也可以指示电力质量问题。例如,具有非常高的方差的电压正弦波频率的测量可能表明家庭不再使用公用电力,而是切换到备用发电机。正弦波频率的大幅跳跃变化可能表明电网某些事情已变化,诸如发电厂已经离线。这通常导致频率大幅下降。或者,该事件可能指示新的发电厂已经上线,这可以导致频率大幅跳升。系统100可以利用算法来检测家中的发电机已经被开启,诸如测量前五秒内的频率方差,并且如果该方差超过阈值,则在已检测到断电之后,系统100可以向终端用户的设备和/或公用事业监测设备发送家庭现在正在使用发电机电力的通知。当频率方差落回正常方差时,系统100可以发送家庭已经恢复到公用电力的通知。

[0089] 虽然CBEMA曲线的限制之外的RMS电压的较大偏差对家中装备的损害最大,但RMS电压的较小变化可以作为家中活动的指示符,这也可以警示房主设备故障或危害情况。一

种此类危害情况被称为中性线松动 (loose neutral)。当通常将家庭内的电压电平保持到“地面”的中性线断开时,发生中性线松动。中性线松动的结果是单个支路 (leg) 上的电压不稳定得多,并且包括正方向 (电压增加) 上高得多的跳跃发生率。这是由于当每个支路上的独立设备打开和关闭时,每个支路上的阻抗不平衡造成的。偏离电压220V运行的大型设备不会在电压跳跃方面产生任何明显的差异。

[0090] 此外,当单个地点在多日内发生多次断电或浪涌或骤降事件时,建议客户联系他们的电力公司。反复出现的电力质量问题可能会对电器和灵敏电子设备造成损坏,并可能指示进入住宅的电力线存在更严重的问题,这可能引发电气火灾。反复出现的电力质量问题可能仅限于单个家庭,在这种情况下,可能是中性线松动,或者可能定期地发生在同一变压器或变电站上的家庭中。在这些情况下,反复出现的电力质量问题可能指示公共变压器或变电站处的故障。

[0091] 图9是电力质量检测和通知网络系统900的框图。图9的系统900使用许多与上面关于图1描述的相同的设备,因此这里将不再重复那些描述。如图9所示,系统900包括安装在地理区域中的不同位置 (例如,家庭、企业) 的多个断电检测设备902、910、912。这些断电检测设备902、910、912经由通信网络904向服务器计算设备906提供如上所述的电力质量数据。服务器计算设备906利用一种或多种电力质量分析算法 (如将在以下所述的) 来分析从多个断电检测设备902、910、912接收的电力质量数据,以检测电力质量事件,并生成被分发到由终端用户 (例如,房主、企业主、公用事业等) 控制的一个或多个远程计算设备908a、908b的事件通知消息。应当理解,断电检测设备 (例如,设备902) 可以位于与远程计算设备 (例如,设备908a) 相同的位置,例如,房主可以在他或她的家中安装断电检测设备902,并在与房主相关联的若干不同的计算设备 (诸如位于家中的计算设备或用户随身携带的移动设备) 中的任何一个处查看通知消息。

[0092] 图10是使用图9的系统900分析电力质量数据的计算机化方法的流程图。在接收到电力质量数据后,服务器计算设备906基于接收到的电力质量数据检测 (1002) 发生的一个或多个电力质量事件。服务器计算设备906可以将捕获到的电力质量数据存储为历史数据,以供将来参考,如本文所描述的。在一些实例中,可以理解,在服务器计算设备906接收的电力质量数据中没有发生电力质量事件,因此不采取进一步的动作。

[0093] 当检测到一个或多个电力质量事件时,服务器计算设备906将检测到的一个或多个电力质量事件与可能促成或影响电力质量事件的一个或多个外部事件进行关联 (1004)。例如,雷击或其他天气活动可能已经发生在与由断电检测设备902、910、912监测的家庭或企业相同的地理区域中。在另一个示例中,电网装备可能已经执行了自动重合事件,其中电网上的电路重合器感测到故障状况,并临时切断为安装有断电检测设备902、910、912的家庭和企业提供服务的电网的一部分的电力。在又一个示例中,可能会发生对电网的某些部分上的电力需求的变化 (例如,能源定价事件),这会影响到利用断电检测设备902、910、912的家庭或企业的电力质量。

[0094] 一旦关联步骤完成,服务器计算设备906使用如本文所述的一个或多个电力质量算法来分析 (1006) 电力质量事件和外部事件。应当理解,电力质量算法是示例性的,其他类型的算法可以与本文所描述的方法和系统一起使用。此外,应当理解,在一些实施例中,安装在每个位置的断电检测设备902、910、912可以执行本文所描述的由服务器计算设备906

执行的电力质量分析中的一些或全部(例如,用于针对特定位置提供实时定制化电力质量分析)。

[0095] 在分析电力质量事件和外部事件之后,服务器计算设备906针对例如特定位置、地理区域和/或任何数量的断电检测设备902、910、912执行(1008)历史电力事件分析。如上所述,系统可以利用历史事件数据来检测反复出现的电力质量问题(例如,骤降、浪涌等),这些电力质量问题可能指示电网和/或家庭布线系统存在结构缺陷(诸如,中性线松动),并且这些电力质量问题只可以通过分析较长时间段(诸如几天、几周或几个月)的电力质量数据来被检测到。最后,服务器计算设备906基于上述电力事件分析传送(1010)一个或多个事件通知消息(例如,警报消息),一个或多个事件通知消息随后被分发到一个或多个远程计算设备908a、908b,如下文将更详细地描述的。

[0096] 由服务器计算设备执行的电力质量算法的一般结构如下:

[0097] 1. 服务器计算设备906捕获多秒的传入的电力质量数据并将其排列。

[0098] 2. 服务器计算设备906基于预定义的数据类型和预定义的规则(例如,如根据历史数据队列确定的)来检测传入的电力质量数据中的电力质量事件,包括对传入的数据执行一个或多个特定电力质量算法。服务器计算设备906用某些数据点来标记检测到的电力质量事件,诸如:事件的时间、事件的位置、以及与事件相关的各种检测或计算量(例如,配电系统的测量的均方根(RMS)电压、电压正弦波的频率、正弦波的相对相位角、正弦波谐波的幅度和高频噪声幅度的任何数量的测量)。

[0099] 3. 服务器计算设备906将检测到的电力质量事件添加到事件关联队列,以检测关联的事件(即,来自多个断电检测设备或外部事件)。例如,可以从一个或多个远程计算设备获得外部事件数据,在雷击的情况下,服务器计算设备906可以例如与闪电检测网络中的服务器通信,以标识闪电事件。如可以理解的,关联事件通常发生在上述检测到的电力质量事件的时间差量( $\delta$ )内,在断电检测设备902、910、912的位置的位置差量内,并且通常是相同类型的事件(包括但不限于相同或相似的电力质量特性、持续时间、开始时间、停止时间、地理位置等)。在一些实施例中,在检测到关联事件之前可能需要最小数量的断电检测设备,以便最小化错误检测。

[0100] 4. 服务器计算设备906将检测到的电力质量事件和关联事件存储到例如长期存储,诸如NoSQL数据库或其他类型的档案存储。

[0101] 5. 服务器计算设备基于检测到的电力质量事件、关联事件、以及在一些实施例中的历史事件(例如,通过在一段时间内跟踪特定断电检测设备902、910、912和/或地理区域的电力质量数据而生成)向一个或多个远程计算设备908a、908b传送电力质量通知消息。

[0102] 以下是可以由服务器计算设备906用于检测特定电力质量状况和事件的算法的示例。

#### 浪涌事件

[0103] 通常,当电网上的状况导致向家庭递送过量电压时,发生浪涌事件。为了检测浪涌事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0104] 1. 服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的传入的RMS电压数据并将其排列。

[0105] 2. 如果服务器计算设备906确定RMS电压在多个连续数据点上超过标称电压的预

定义阈值百分比(例如,120%) (或者以其他方式在CBEMA曲线的上部之外),则服务器计算设备906将“浪涌”事件以及例如以下信息添加到事件队列:事件的UTC时间、与捕获传入数据的断电检测设备的安装点相关联的位置(例如,位置数据,诸如GPS、纬度/经度、基于蜂窝的数据等)和RMS电压的最大值。应当理解,在一实施例中,预定义阈值百分比可以基于其中RMS电压大于最小阈值百分比的多个连续数据点而变化。

[0106] 3.服务器计算设备906将要评估的检测到的浪涌事件与其他浪涌事件一起添加到关联事件队列中。对关联事件队列进行评估以产生关联事件,作为示例,关联事件包括在检测到的浪涌事件的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内的“电网浪涌事件”,并且在一些实施例中,可能需要最小数量的事件以达成一致。

[0107] 4.服务器计算设备906将检测到的浪涌事件和关联的电网浪涌事件存储到例如长期存储。

[0108] 5.服务器计算设备906向与浪涌事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a(诸如移动电话、智能设备、可穿戴设备等)传送与检测到的浪涌事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908b传送与检测到的浪涌事件和关联事件(包括外部事件,如果检测到)相关的通知消息。

[0109] 图11是示出在电网浪涌事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图11所示,图中的每条线(例如,线1102)表示来自不同断电检测设备的输出信号。14:17:10(时间 $t_1$ )左右,发生浪涌事件,从而导致断电。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的RMS电压信号从它们先前的水平显著增加,这指示断电检测设备接收到了电压浪涌。

#### 限电事件

[0110] 通常,当电网上的状况导致向家庭递送的电压持续下降时,发生限电事件。为了检测限电事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0111] 1.服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的RMS电压数据并将其排列。

[0112] 2.如果服务器计算设备906确定RMS电压在多个连续数据点上小于标称电压的预定义阈值百分比(例如,70%) (或者以其他方式在CBEMA曲线的下方),则服务器计算设备906将“限电”事件以及例如以下信息添加到事件队列:事件的UTC时间、位置和RMS电压的最小值。应当理解,在一实施例中,预定义阈值百分比可以基于其中RMS电压小于最小阈值百分比的多个连续数据点而变化。

[0113] 3.服务器计算设备906将要评估的检测到的限电事件与其他限电事件一起添加到关联事件队列中。对关联事件队列进行评估以产生关联事件,作为示例,关联事件包括在检测到的限电事件的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内的“电网限电事件”,并且在一些实施例中,可能需要最小数量的事件以达成一致。

[0114] 4.服务器计算设备906将检测到的限电事件和关联的电网限电事件存储到例如长期存储。

[0115] 5.服务器计算设备906向与限电事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a传送与检测到的限电事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908b传送与检测到的限电事件和关联事件相关的通知消息。

[0116] 图12是示出在限电事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图12所示,图中的每条线(例如,线1202)表示来自不同断电检测设备的输出信号。21:02:34(时间 $t_1$ )左右,发生限电事件。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的电压RMS信号在几个周期内显著下降,然后返回到大致相同的电压电平,这指示在断电检测设备处捕获到限电事件。

#### 骤降跳跃事件

[0117] 通常,当电网上的状况导致向家庭递送的电压短暂下降时,发生骤降跳跃事件。为了检测骤降跳跃事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0118] 1. 服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的RMS电压数据并将其排列。

[0119] 2. 服务器计算设备906确定是否发生了大于标称电压的预定义阈值百分比(例如,2.5%)的一个或多个RMS电压降,并且服务器计算设备906针对每个检测到的电压降生成“骤降跳跃”事件。

[0120] 3. 服务器计算设备906将检测到的(多个)骤降跳跃事件(包括例如事件的UTC时间、位置和RMS电压降的最大值)添加到关联事件队列。

[0121] 4. 服务器计算设备906评估关联事件队列中的所有骤降跳跃事件,以标识在彼此的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内发生的骤降跳跃事件。在一些实施例中,可能需要最小数量的事件来标识关联事件。

[0122] 5. 服务器计算设备906将标识出的(多个)骤降跳跃事件和关联事件存储到例如长期存储。

[0123] 5. 服务器计算设备906向与(多个)骤降跳跃事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a传送与检测到的(多个)骤降跳跃事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908b传送与(多个)骤降跳跃事件和关联事件相关的通知消息。

[0124] 图13是示出在骤降跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图13所示,图中的每条线(例如,线1302)表示来自不同断电检测设备的输出信号。21:02:35(时间 $t_1$ )左右,发生骤降跳跃事件。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的RMS电压信号显著下降,然后几乎立即返回到大致相同的电压电平,这指示在断电检测设备处捕获到骤降跳跃事件。

#### 骤升跳跃事件

[0125] 通常,当电网上的状况导致向家庭递送的电压增加时,发生骤升跳跃事件。在某些情况下,当电气系统中的重负载关闭时,可能发生骤升跳跃事件。为了检测骤升跳跃事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0126] 1. 服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的RMS电压数据并将其排列。

[0127] 2. 服务器计算设备906确定是否发生了大于标称电压的预定义阈值百分比(例如,2.5%)的一个或多个RMS电压增加,并且服务器计算设备906针对每个检测到的电压增加生成“骤升跳跃”事件。

[0128] 3. 服务器计算设备906将检测到的(多个)骤升跳跃事件(包括例如事件的UTC时间、位置和RMS电压增加的最大值)添加到关联事件队列。

[0129] 4. 服务器计算设备906评估关联事件队列中的所有骤升跳跃事件,以标识在彼此

的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内发生的骤升跳跃事件。在一些实施例中,可能需要最小数量的事件来标识关联事件。

[0130] 5.服务器计算设备906将标识出的(多个)骤升跳跃事件和关联事件存储到例如长期存储。

[0131] 6.服务器计算设备906向与(多个)骤升跳跃事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a传送与检测到的(多个)骤升跳跃事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908b传送与(多个)骤升跳跃事件和关联事件相关的通知消息。

[0132] 图14是示出在骤升跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图14所示,图中的每条线(例如,线1402)表示来自不同断电检测设备的输出信号。01:33:50(时间 $t_1$ )左右,发生骤升跳跃事件。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的电压RMS信号几乎立即增加到更高的电压电平,这指示在断电检测设备处捕获到骤降跳跃事件。

#### 高频(HF)滤波器事件

[0133] 如上所述,断电检测设备902、910、912可以监测某些电力质量数据,包括进入家庭的电力的高频幅度,其可能会对家庭中的布线和电器造成损坏。为了检测高频滤波器事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0134] 1.服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的高频(HF)幅度数据并将其排列。

[0135] 2.服务器计算设备906计算高频(HF)幅度数据的滑动平均值(sliding mean)。如果平均值大于一,则服务器计算设备906在HF幅度数据跳跃超过平均值的预定义倍数(例如,五)时生成HF滤波器事件。如果平均值小于一,则服务器计算设备906在HF幅度数据跳跃超过预定义阈值(例如,五)时生成事件。可以理解的是,在一些实施例中,用于标识HF滤波器事件的所选跳跃阈值可以基于不同的信噪比阈值或HF数据的其他特征而变化。

[0136] 3.服务器计算设备906将(多个)HF滤波器事件(包括例如事件的UTC时间、位置和HF幅度跳跃的幅度)添加到关联事件队列。

[0137] 4.服务器计算设备906评估关联事件队列中的所有HF滤波器跳跃事件,以标识在彼此的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内发生的HF滤波器事件。在一些实施例中,可能需要最小数量的事件来标识关联事件。

[0138] 5.服务器计算设备906将标识出的(多个)HF滤波器事件和关联事件存储到例如长期存储。

[0139] 6.服务器计算设备906向与(多个)HF滤波器事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a传送与检测到的(多个)HF滤波器事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908b传送与(多个)HF滤波器事件和关联事件相关的通知消息。

[0140] 图15是示出在HF滤波器跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图15所示,图中的每条线(例如,线1502)表示来自不同断电检测设备的输出信号。14:15:20(时间 $t_1$ )左右,发生HF滤波器跳跃事件。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的频率信号几乎立即增加到更高的水平,并且随着每个信号中频率的广泛变化而噪声更大得多,这指示在断电检测设备处捕获到HF滤波器跳跃事件。

[0141] 应当理解,系统可以进一步被配置成用于检测电网上的初始电弧事件。例如,当系统随着时间的推移检测到多个HF滤波器事件而相位角的电压或频率没有任何变化时,系统可以确定HF滤波器事件与初始电弧事件相对应,从而在非常早的阶段检测到危险情况。然后,系统可以警告电网操作者和/或公用事业提供商存在电弧状况,以及该状况的可能地理区域或位置,以便操作者可以快速评估和补救问题。

#### 频率事件

[0142] 如上所述,断电检测设备902、910、912可以监测某些电力质量数据,包括进入家庭的电力的频率,进入家庭的电力的频率在某些情况下(包括突然增加或减少)可能会对家庭中的布线和电器造成损坏。为了检测频率事件,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0143] 1. 服务器计算设备906捕获定义量(例如,六秒)的频率数据并将其排列。

[0144] 2. 服务器计算设备906计算频率数据的滑动平均值。如果频率从平均值跳跃超过预定义阈值(例如,0.05Hz),则服务器计算设备906生成频率事件。服务器计算设备906还计算频率的标准偏差,并在(i)标准偏差从小于较低阈值(例如,0.025Hz)变化为大于较高阈值(例如,0.05Hz)的情况下或者(ii)在标准偏差从大于较高阈值(例如,0.05Hz)变化为小于较低阈值(例如,0.025Hz)的情况下,生成频率事件。

[0145] 3. 服务器计算设备906将频率事件(包括例如事件的UTC时间、位置、频率跳跃的最大值和频率的标准偏差)添加到关联事件队列。

[0146] 4. 服务器计算设备906评估关联事件队列中的所有频率事件,以标识在彼此的定义的时间段(例如,400毫秒)和定义的接近度(例如,十千米)内发生的频率事件。在一些实施例中,可能需要最小数量的事件来标识关联事件。

[0147] 5. 服务器计算设备906将标识出的频率事件和关联事件存储到例如长期存储。

[0148] 6. 服务器计算设备906向与频率事件已被检测到的个体房主相关联的远程计算设备908a传送与检测到的频率事件和关联事件相关的警报通知消息和/或向相关公用事业或其他电网操作者的远程计算设备908传送与频率事件和关联事件相关的通知消息。

[0149] 图16是示出在频率跳跃事件期间由多个不同断电检测设备生成的输出信号的曲线图。如图16所示,图中的每条线表示来自不同断电检测设备的输出信号。注意,在该图中,每个断电检测设备的输出信号非常紧靠,从而使该图看起来只有单条线。19:53:00(时间t1)左右,发生频率事件。服务器计算设备906从每个断电检测设备接收到的频率信号下降到较低频率,然后开始上升,这指示在断电检测设备处捕获到频率事件。

#### 中性线松动事件

[0150] 如上所述,中性线松动是一种非常危险的情况,其可能存在于家庭布线中。通常,松动的中性线会从其连接点断开,这可能导致家中插座出现异常的高电压或低电压状况。在某些情况下,电流将通过家中其他设备流向地面,例如通过电视机到有线电视连接。因为大电流可能会流经有线电视电缆或其他没有被设计成用于处理如此大电流的导体,这可能导致电弧或导体变得非常热、烧毁其绝缘层,甚至对周围环境造成损坏的情况,从而可能导致电气火灾。在某些实例中,中性线可以是电阻性的。中性线的电阻足够低以传导一些电力,但又太高而无法如其所应当的那样良好的地导电。在这些情况下,中性线在电阻高于正常值的位置会变得非常热,这也可能导致火灾。为了检测中性线松动事件,服务器计算设备



906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0151] 1. 服务器计算设备906从例如长期存储中检取特定断电检测设备902、910、912的历史电力质量事件数据和历史关联事件数据。例如,如上所述,系统可以随时间从特定家庭中的断电检测设备捕获和记录电力质量数据,并将数据存储存储在长期存储中,以便建立与该家庭相关联的电力质量事件的历史记录。

[0152] 2. 服务器计算设备906针对单个断电检测设备902评估在预定时间段内(诸如在最近七天内)为该断电检测设备902记录的并且与其他事件没有关联的浪涌事件、浪涌跳跃事件、骤降事件的数量和幅度。

[0153] 3. 如果浪涌事件的平均数量大于每天的预定义阈值(例如,一个),或者具有大于标称电压的预定义阈值百分比(例如,10%)的幅度的浪涌跳跃事件的平均数量大于每天的预定义阈值(例如,十个),或者骤降事件的平均数量大于每天的预定义阈值(例如,十个)(作为示例性条件),则服务器计算设备906生成中性线松动事件,并且可以将中性线松动事件数据存储存储在例如长期存储中。

[0154] 4. 服务器计算设备906向例如与用户相关联的远程计算设备908a传送与中性线松动事件相关的通知消息。在一些实施例中,通知消息还可以被发送到例如与为家庭服务的公用事业提供商相关联的远程计算设备908b,以便他们可以确定潜在的维修以改善中性线松动状况。

[0155] 作为示例,17A-图17C是从由断电检测设备902捕获的与中性线松动事件相关的电力质量数据生成的图。图17A描绘了由断电检测设备捕获的标称电压RMS读数的图,如图17A所示,电压RMS值随时间相对恒定。但是,当存在松动中性线时,断电检测设备902捕获电压RMS值的许多大的正跳跃(例如,大于标称值的+10%),如图17B的图所示。类似地,图17C是示出了由断电检测设备902在解决松动中性线之前和之后捕获的电压RMS读数的曲线图。如图17C所示,电压RMS读数在解决点1702之前包含许多大跳跃,然后电压RMS读数返回到没有大跳跃的标称值范围。

[0156] 以下是详细说明了在本文所述系统的真实世界部署中由断电检测设备检测到的松动中性线连接的数量表格:

月份	检测到的松动中性线的数量
2020年1月	1
2020年2月	1
2020年3月	4
2020年4月	1
2020年5月	2
2020年6月	1
2020年7月	1
2020年8月	5
2020年9月	3
2020年10月	5
2020年11月	11
2020年12月	32

2021年1月	24
2021年2月	19

[0157] 如上所示,在每种情况下,系统检测到与特定断电检测设备相关联的一个或多个中性线松动事件,并向相关联的终端用户设备生成警报通知,从而使房主意识到松动中性线的存在。在每种情况下,松动的中性线随后由公用事业提供商验证和修复。目前还有49个案件开启并正在解决中。从在任何潜在的财产损失或生命损失发生之前快速且准确地检测家庭中的电力质量问题的角度来看,上述数据展示了本文描述的系统和方法所提供的显著益处。

#### 反复出现的电力质量问题事件

[0158] 在向家庭供电时,可能会出现其他类型的反复出现的电力质量问题(例如,频繁的浪涌、骤降等)。为了检测这些问题,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0159] 1. 服务器计算设备906从例如长期存储中检取特定断电检测设备902、910、912的历史电力事件数据和历史关联事件数据。

[0160] 2. 服务器计算设备906针对单个断电检测设备902评估在预定时间段内(诸如在最近三十天内)为该断电检测设备902记录的浪涌事件和骤降事件的数量和幅度。

[0161] 3. 如果发生多于预定义数量(例如,四个)的浪涌事件或多于预定义数量(例如,十个)的骤降事件,则服务器计算设备906生成反复出现的电力质量问题事件,并且可以将反复出现的电力质量问题事件数据存储存储在例如长期存储中。

[0162] 4. 服务器计算设备906向例如与用户相关联的计算设备908a传送与反复出现的电力质量问题事件相关的通知消息。在一些实施例中,通知消息还可以被发送到例如为家庭服务的公用事业提供商的远程计算设备908b,以便他们可以确定潜在的维修以改善反复出现的电力质量问题。

#### 发电机开/关事件

[0163] 本文所描述的方法和系统还可以用于检测当替代发电系统(诸如安装在家庭中的发电机)响应于断电而被激活时的场景。为了检测这些情况,服务器计算设备906可以如下分析传入的电力质量数据。

[0164] 1. 服务器计算设备906从例如长期存储中检取特定断电检测设备902、910、912的历史电力事件数据和历史关联事件数据。

[0165] 2. 服务器计算设备906针对单个断电检测设备902评估是否发生了任何断电事件和频率事件。

[0166] 3. 如果单个断电检测设备902记录断电事件,随后在断电事件的预定义时间段(例如,六十秒)内频率的标准偏差变化为大于预定义阈值(例如,0.05Hz),并且频率标准偏差变化不与关联的外部事件相关联,则服务器计算设备906生成“发电机开启”事件,并且可以向例如与断电检测设备902的用户相关联的远程计算设备908a传送对应的通知消息。

[0167] 4. 如果先前已满足“发电机开启”事件条件的单个断电检测设备902记录了频率的标准偏差变化为小于0.025Hz的后续频率事件,则服务器计算设备906生成“发电机关闭”事件,并且可以向例如与断电检测设备902的用户相关联的远程计算设备908a传送对应的通知消息。

[0168] 如上所述,服务器计算设备106和/或断电检测设备102可以被配置成用于生成警报通知、报告、地图、图表等,以在相关的远程计算设备上显示给用户。图18是显示在远程计算设备(例如,移动电话)上的用户界面的图,其示出了由断电检测设备102捕获的历史RMS电压( $V_{rms}$ )读数。如图18所示,图1802示出了在一天过程中由断电检测设备102捕获的 $V_{rms}$ 读数,并且仪表1804示出了低、高和平均 $V_{rms}$ 读数。该用户界面提供了对特定位置的电力质量的易于理解的描绘。用户界面还可以包括相关电力质量事件(诸如限电或电力浪涌)的列表1806。例如,用户界面示出了在下午10:40发生的限电,由图1802上的黄色三角形表示。服务器计算设备106还可以生成针对断电检测设备102发生的电力质量事件的历史日历视图,如图19所示,用户可以查看一个月的电力质量事件(例如,限电、浪涌、断电),以获得为他或她的家提供服务的电网的总体电力质量的综合图片。

[0169] 结合上述电力质量报告和图表,服务器计算设备106还可以生成电力质量通知并将其传送到一个或多个远程计算设备。图20A是示出由服务器计算设备106发送到远程设备以供显示的推送通知警报的用户界面的图。如图20A所示,推送警报包括相关电力质量事件的描述以及事件发生的时间。类似地,图20B是示出与断电检测设备相关的电力质量通知列表的用户界面的图。图20C、20D和20E是显示给远程计算设备的用户的详细电力质量事件警报通知。图20C是向用户提供关于浪涌事件的时序、位置(例如,哪个断电检测设备捕获与事件相关联的数据)和电压读数的详细信息的电力浪涌通知。图20D是向用户提供关于限电事件的时序、位置和电压读数的详细信息的电力限电通知。图20E是向用户提供关于家庭电气系统所经历的电力质量问题的节奏和数量的详细信息的反复出现的电力质量问题通知。结果,系统100被配置成用于自动生成这些警报,并将其快速地传送给相关用户,以使用户可以对影响其家庭或企业的电力质量事件保持最新。

[0170] 除了事件通知消息之外,本文所描述的系统和方法可以生成显示特定电力质量事件相对于彼此的位置的地图,并且使得用户(例如,客户、电网操作者、公用事业公司)能够快速且容易地确定特定地理区域是否正在经历需要解决的电力质量事件的类型。

[0171] 图21A是由服务器计算设备生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的断电事件的位置。如图21A所示,地图上的每个圆圈表示一个或多个断电事件,其中较大的圆圈标识更广泛的断电。用户可以与图21A的地图交互(例如,通过点击其中一个圆圈),以查看特定地理区域的更详细视图,如图21B所示,其中用户选择了大德克萨斯州休斯顿地区中的断电事件2102,并且服务器计算设备106生成了地图的放大视图2104,该放大视图2104包括特定断电检测设备位置的绘图2106以及包括关于断电事件的详细信息(包括受影响的客户数量、由断电检测设备捕获的读数摘要、关联事件2110和其他电力质量数据信息)的信息区域2108。

[0172] 图22A是由服务器计算设备106生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网浪涌和限电事件的位置。如图22A所示,地图上的每个菱形表示一个或多个电网浪涌和/或限电事件,其中较大的菱形标识更广泛的事件。用户可以与图22A的地图交互(例如,通过点击其中一个菱形),以查看特定地理区域的更详细视图,如图22B所示,其中用户选择了大洛杉矶地区中的限电事件2202,并且服务器计算设备106生成了地图的放大视图2204,该放大视图2204包括特定断电检测设备位置的绘图2206以及包括关于限电事件的详细信息(包括受影响的客户数量、由断电检测设备捕获的读数摘要、关联事件2210和

其他电力质量数据信息)的信息区域2208。

[0173] 类似地,图23是描绘在特定地理区域(即,洛杉矶)中检测到的电网骤降跳跃事件的地图的详细视图的图。如图23所示,用户选择洛杉矶附近的骤降跳跃事件2302,并且服务器计算设备106生成地图的放大视图2304,该放大视图2304包括特定断电检测设备位置的绘图2306以及包括关于电网骤降跳跃事件的详细信息(包括受影响的客户数量、由断电检测设备捕获的读数摘要、关联事件2310和其他电力质量数据信息)的信息区域2308。

[0174] 图24是描绘在特定地理区域(即,德克萨斯州圣安东尼奥附近)中检测到的电网骤升跳跃事件的地图的详细视图的图。如图24所示,用户选择圣安东尼奥附近的骤升跳跃事件2402,并且服务器计算设备106生成地图的放大视图2404,该放大视图2404包括特定断电检测设备位置的绘图2406以及包括关于骤升跳跃事件的详细信息(包括受影响的客户数量、由断电检测设备捕获的读数摘要、关联事件2410和其他电力质量数据信息)的信息区域2408。

[0175] 图25A是由服务器计算设备106生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的电网频率事件的位置。如图25A所示,地图上的每个八边形表示一个或多个电网频率事件,其中较大的八边形标识更广泛的事件。像上面的地图一样,用户可以与图25A的地图交互,以查看特定地理区域的更详细视图,如图25B所示,其中用户选择了大洛杉矶地区中的频率事件2502,并且服务器计算设备106生成了地图的放大视图2504,该放大视图2504包括特定断电检测设备位置的绘图2506以及包括关于断电事件的详细信息(包括受影响的客户数量、由断电检测设备捕获的读数摘要、关联事件2510和其他电力质量数据信息)的信息区域2508。

[0176] 图26是由服务器计算设备106生成的地理地图的图,其描绘了由断电检测设备的网络检测到的HF滤波器跳跃事件的位置。如图26所示,地图上的每个五边形表示一个或多个电网频率事件,其中较大的五边形标识更广泛的事件。像上面的地图一样,用户可以与图26的地图交互,以查看特定地理区域的更详细视图。

[0177] 应当理解,服务器计算设备106可以生成包括同一地理区域上的多个不同断电和/或电力质量事件的地图。例如,在一些实施例中,用户可以选择多个不同的事件(例如,在复选框菜单中),并且服务器计算设备106可以使用不同的指示符(诸如不同的形状、颜色等)来显示每种类型的事件。

[0178] 可以以数字和/或模拟电子电路系统、或以计算机硬件、固件、软件或以它们的组合来实现以上所述的技术。实现方式可以作为计算机程序产品,即,在机器可读存储设备中有形地实施的计算机程序,以用于由数据处理装置(例如,可编程处理器、计算机和/或多个计算机)执行或控制数据处理装置(例如,可编程处理器、计算机和/或多个计算机)的操作。计算机程序可以以任何形式的计算机或编程语言来编写,包括源代码、已编译的代码、解释的代码和/或机器代码,并且该计算机程序可以以任何形式部署,包括作为独立程序或作为适合于在计算环境中使用的子例程、元件、或其他单元来部署。计算机程序可以被部署成一个或多个站点中的一个计算机或多个计算机上执行。

[0179] 方法步骤可以由执行计算机程序的一个或多个处理器来执行,通过对输入数据进行操作和/或生成输出数据,来执行本技术的功能。方法步骤也可以由下列各项执行,并且装置可以被实现为:专用逻辑电路系统,例如,FPGA(现场可编程门阵列)、FPAA(现场可编程

模拟阵列)、CPLD(复杂可编程逻辑器件)、PSoC(可编程片上系统)、ASIP(专用指令集处理器)、或ASIC(专用集成电路)等。子例程可以是指存储的计算机程序和/或处理器的部分,和/或实现一个或多个功能的特殊电路系统。

[0180] 作为示例,适于计算机程序的执行的处理器包括通用微处理器和专用微处理器两者,以及任何类型的数字或模拟计算机中的任何一个或多个处理器。一般而言,处理器将从只读存储器或随机存取存储器或两者接收指令和数据。计算机的基本元件是用于执行指令的处理器,以及用于存储指令和/或数据的一个或多个存储器设备。诸如高速缓存之类的存储器设备可以用于临时存储数据。存储器设备也可以用于长期数据存储。一般而言,计算机还包括用于存储数据的一个或多个大容量存储设备(例如,磁性、磁光盘或光盘)或可操作地耦接至该一个或多个大容量存储设备,以从该一个或多个大容量存储设备接收数据或将数据传输到该一个或多个大容量存储设备,或两者都有。计算机也可以可操作地耦接至通信网络,以便从网络接收指令和/或数据、和/或向网络传输指令和/或数据。适用于具体化计算机程序指令和数据的计算机可读存储介质包括所有形式的易失性存储器和非易失性存储器,作为示例,包括:半导体存储器设备,例如,DRAM、SRAM、EPROM、EEPROM、以及闪存设备;磁盘,例如,内部硬盘或可移动磁盘;磁光盘;以及光盘,例如,CD、DVD、HD-DVD以及蓝光光盘。处理器和存储器可以通过专用逻辑电路系统来补充和/或集成在专用逻辑电路中。

[0181] 为了提供与用户的交互,以上描述的技术可在与例如CRT(阴极射线管)监视器、等离子监视器、或LCD(液晶显示器)监视器之类的用于向用户显示信息的显示设备、和键盘以及例如鼠标、跟踪球、触摸板、或运动传感器之类的可由用户用来向计算机提供输入(例如,与用户接口元件交互)的指示设备通信的计算机上实现。其他种类的设备也可以用于提供与用户的交互;例如,提供给用户的反馈可以是任何形式的感觉反馈,例如,视觉反馈、听觉反馈或触觉反馈;并且可以以任何形式接收来自用户的输入,包括声音输入、语音输入和/或触觉输入。

[0182] 以上描述的技术可在包括后端部件的分布式计算系统中实现。例如,后端部件可以是数据服务器、中间件部件和/或应用服务器。上文所描述的技术可以在包括前端部件的分布式计算系统中实现。前端部件可以例如是具有图用户界面的客户端计算机、用户可通过其与示例实现方式进行交互的Web浏览器、和/或用于发送设备的其他图用户界面。上文所描述的技术可以实现在包括这样的后端、中间件或前端部件的任何组合的分布式计算系统中。

[0183] 计算系统的部件可以通过可以包括任何形式或介质的数字数据通信或模拟数据通信的传输介质(例如,通信网络)来互连。在任何配置中,传输介质可以包括一个或多个基于分组的网络和/或一个或多个基于电路的网络。基于分组的网络可包括例如因特网、载波网际协议(IP)网络(例如,局域网(LAN)、广域网(WAN)、校域网(CAN)、城域网(MAN)、家宅域网(HAN))、专用IP网络、IP专用交换分机(IPBX)、无线网络(例如无线电接入网络(RAN)、蓝牙、Wi-Fi、WiMAX、通用分组无线业务(GPRS)网络、HiperLAN)和/或其它基于分组的网络。基于电路的网络可以包括例如公共电话交换网(PSTN)、遗留的专用交换分机(PBX)、无线网络(例如,RAN、码分多址(CDMA)网络、时分多址(TDMA)网络、全球移动通信系统(GSM)网络)和/或其他基于电路的网络。

[0184] 传输介质上的信息传输可以基于一种或多种通信协议。通信协议可包括,例如,以

太网协议、因特网协议 (IP)、IP语音 (VoIP)、点对点 (P2P) 协议、超文本传输协议 (HTTP)、会话发起协议 (SIP)、H.323、媒体网关控制协议 (MGCP)、信令系统#7 (SS7)、全球移动通信系统 (GSM)、按键通话 (PTT) 协议、基于蜂窝的 PTT (POC) 协议、和/或其它通信协议。

[0185] 计算系统的设备可包括例如计算机、具有浏览器设备的计算机、电话、IP电话、移动设备 (例如, 蜂窝电话、智能电话、个人数字助理 (PDA) 设备、膝上型计算机、电子邮件设备) 和/或其它通信设备。浏览器设备包括例如具有万维网浏览器 (例如, 可从微软公司获得的 **Microsoft® Internet Explorer®**、可从 Mozilla 公司获得的 **Mozilla® Firefox**) 的计算机 (例如, 台式计算机、膝上型计算机)。移动计算设备包括例如基于 iOS™ 的设备 (诸如可从 Apple 公司获得的 iPhone™ 和 iPad™) 和基于 Android™ 的设备 (诸如可从 Samsung Corp 获得的 Galaxy™、可从 Google 公司获得的 Pixel™ 和可从 Amazon 公司获得的 Kindle Fire™)。

[0186] 包括 (comprise)、包括 (include) 和/或每一个的复数形式是开放性的并且包括所列部件, 并且可以包括未列出的额外部件。和/或是开放性的, 并且包括所列部分中的一者或多者以及所列部分的组合。

[0187] 本领域的技术人员将意识到本发明可体现为其它具体形式, 而不背离本发明的精神和本质特性。因此, 前述实施例将在各方面被视为是对本文中所描述的本发明的说明而不是限制。

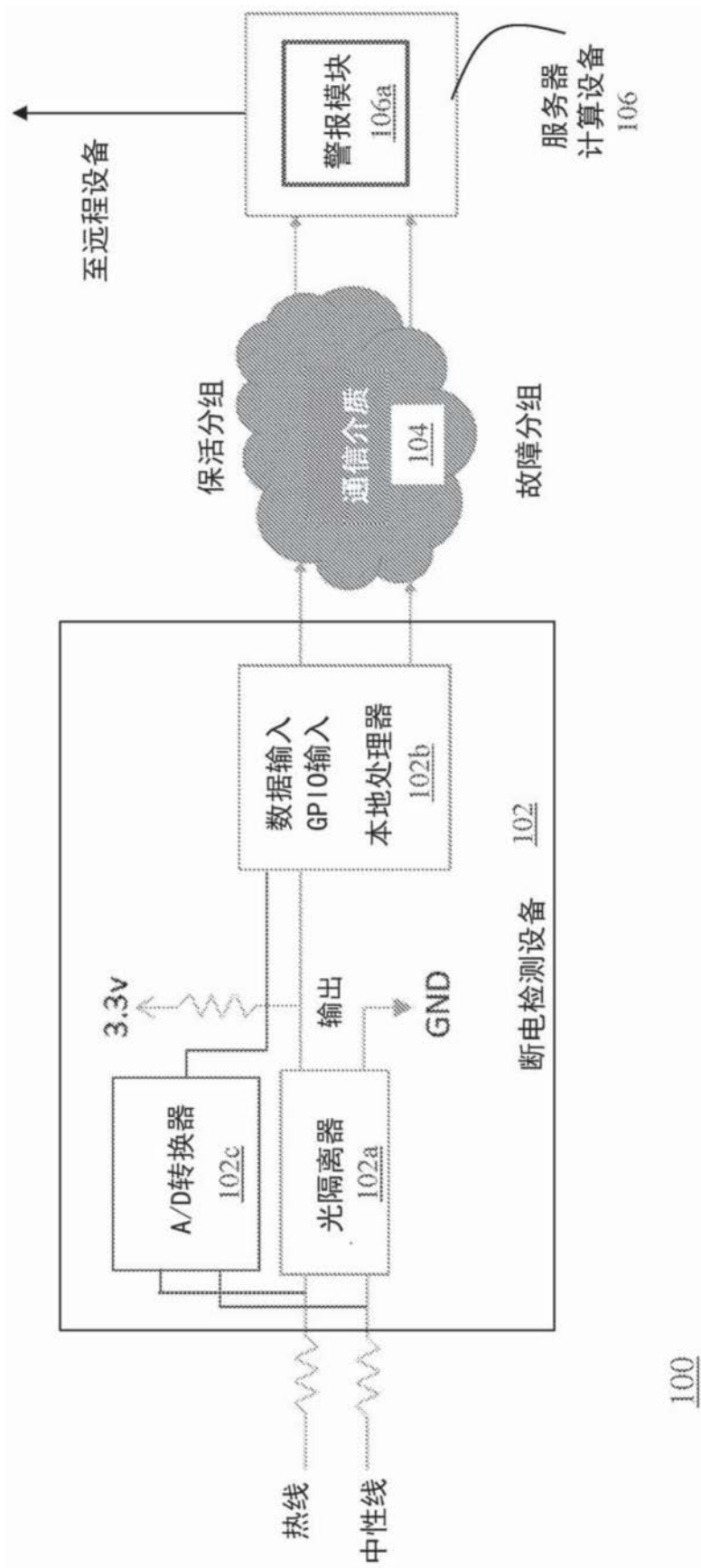


图1

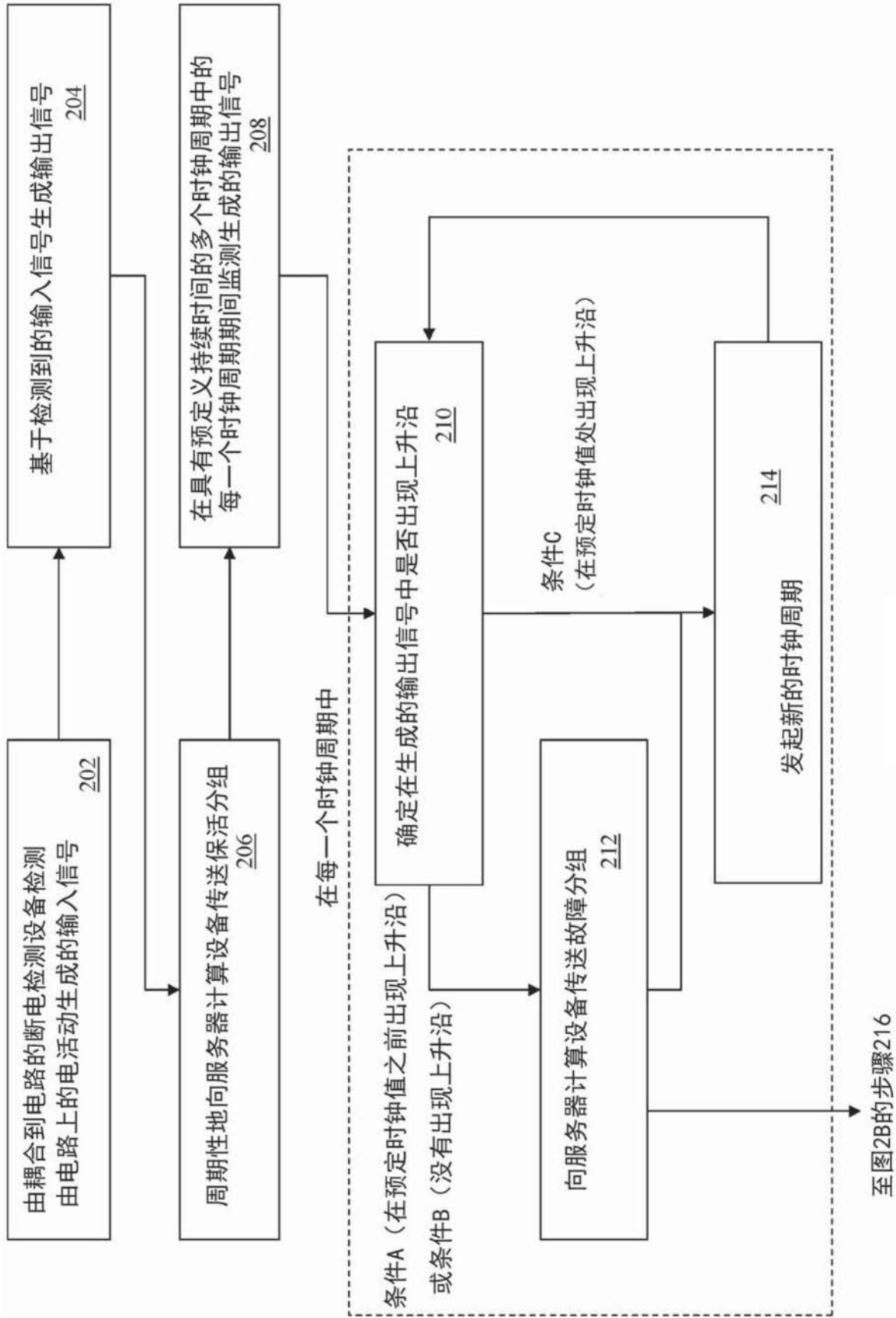


图2A



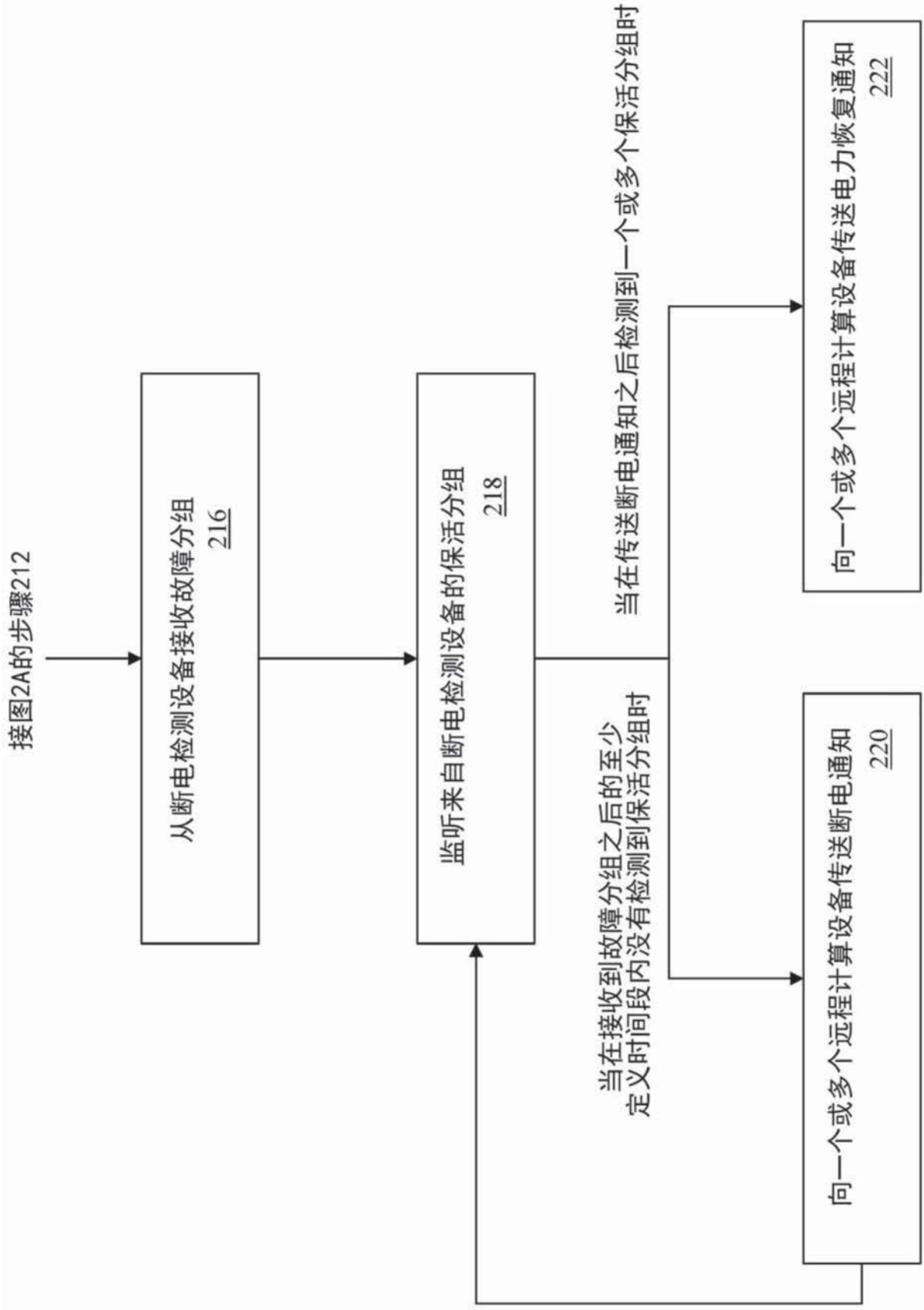


图2B

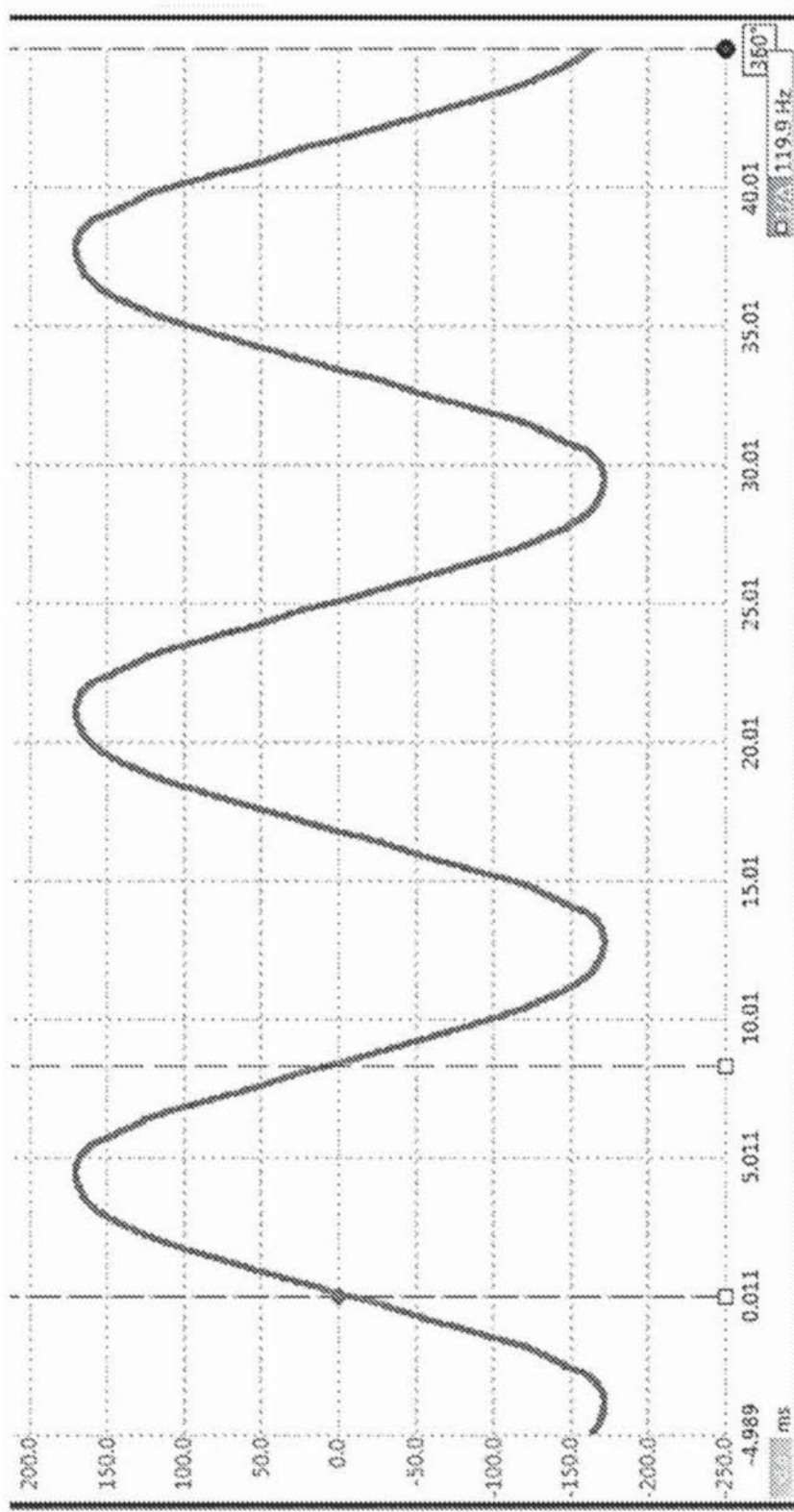


图3

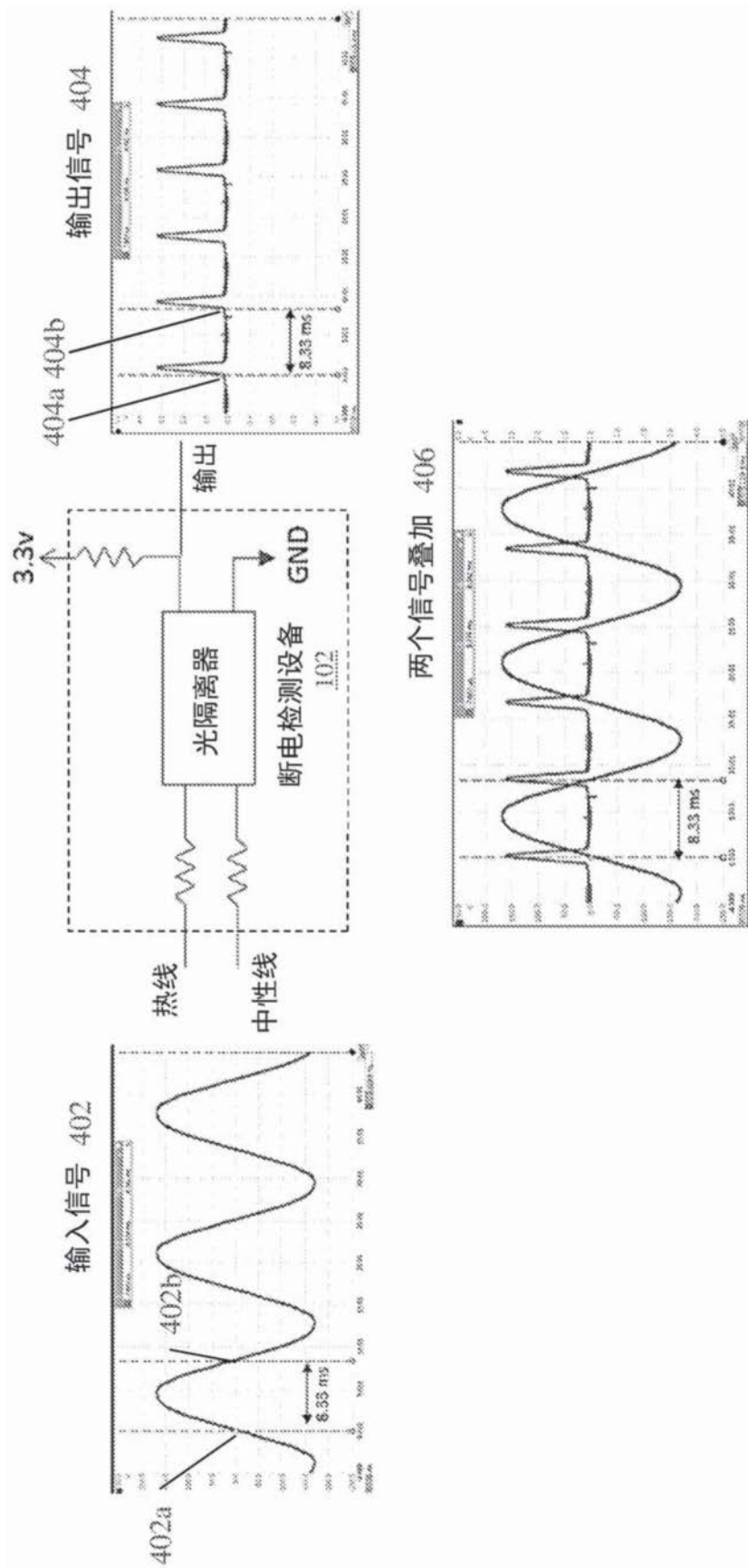


图4

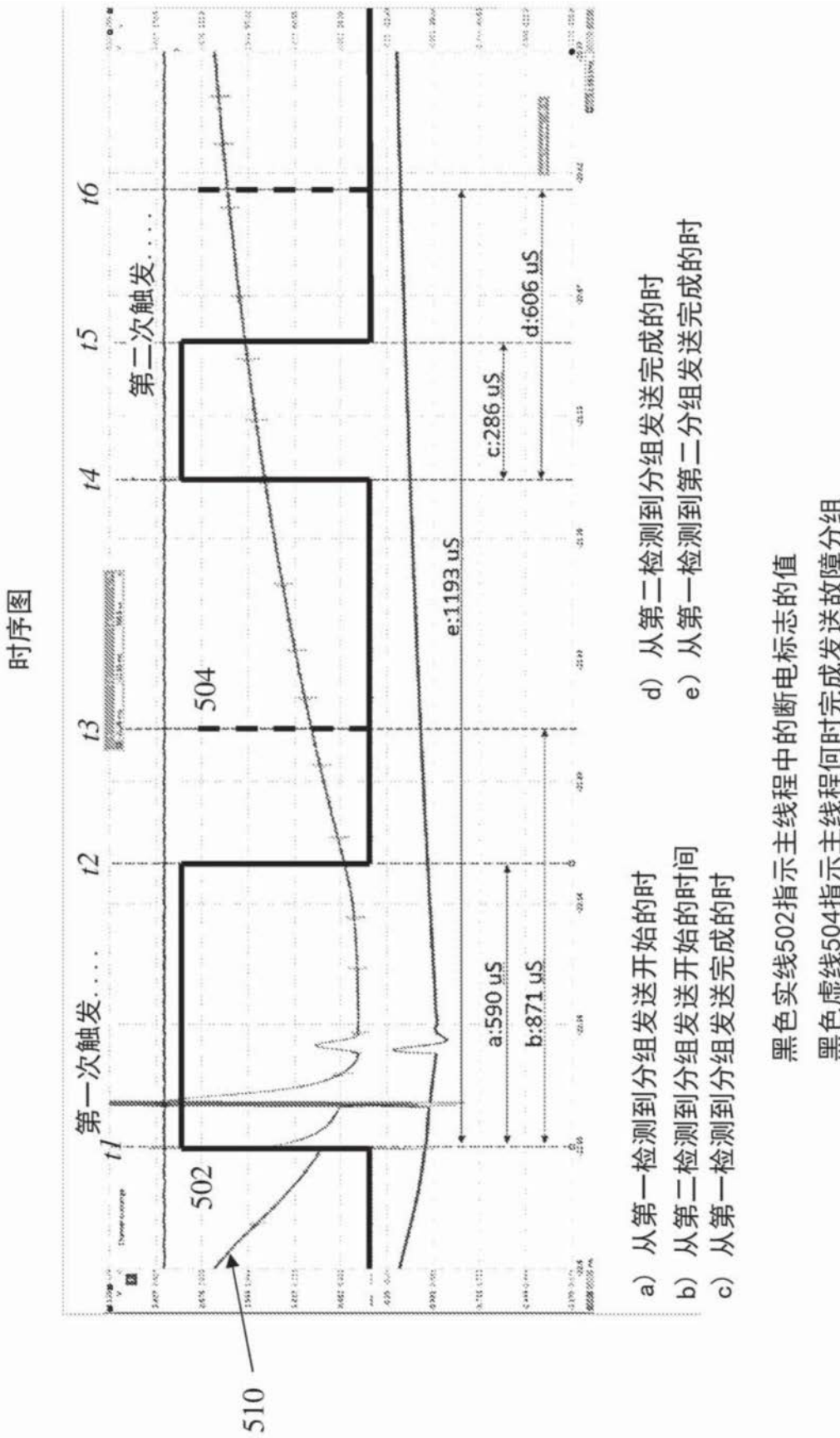


图5A

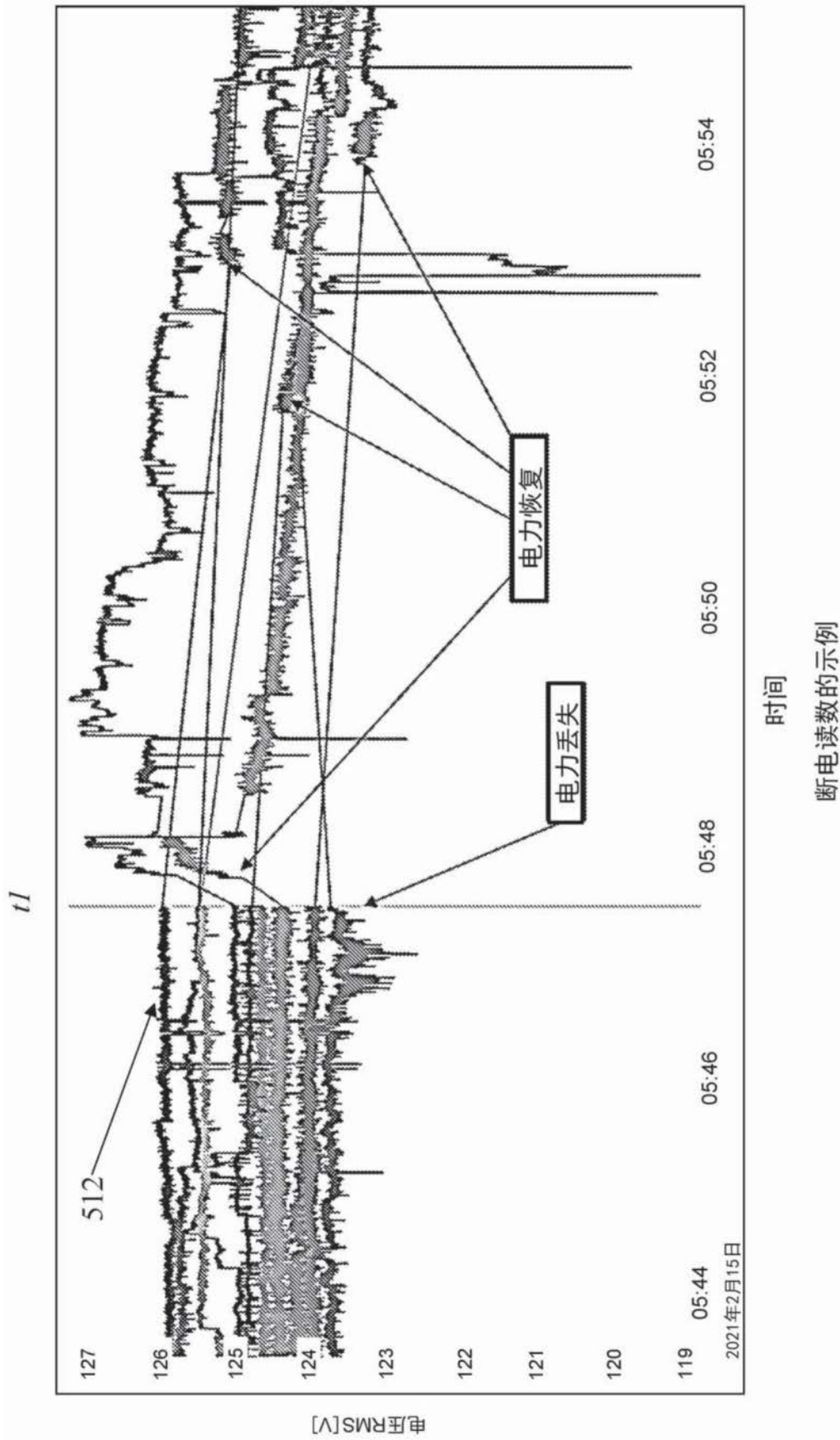


图5B

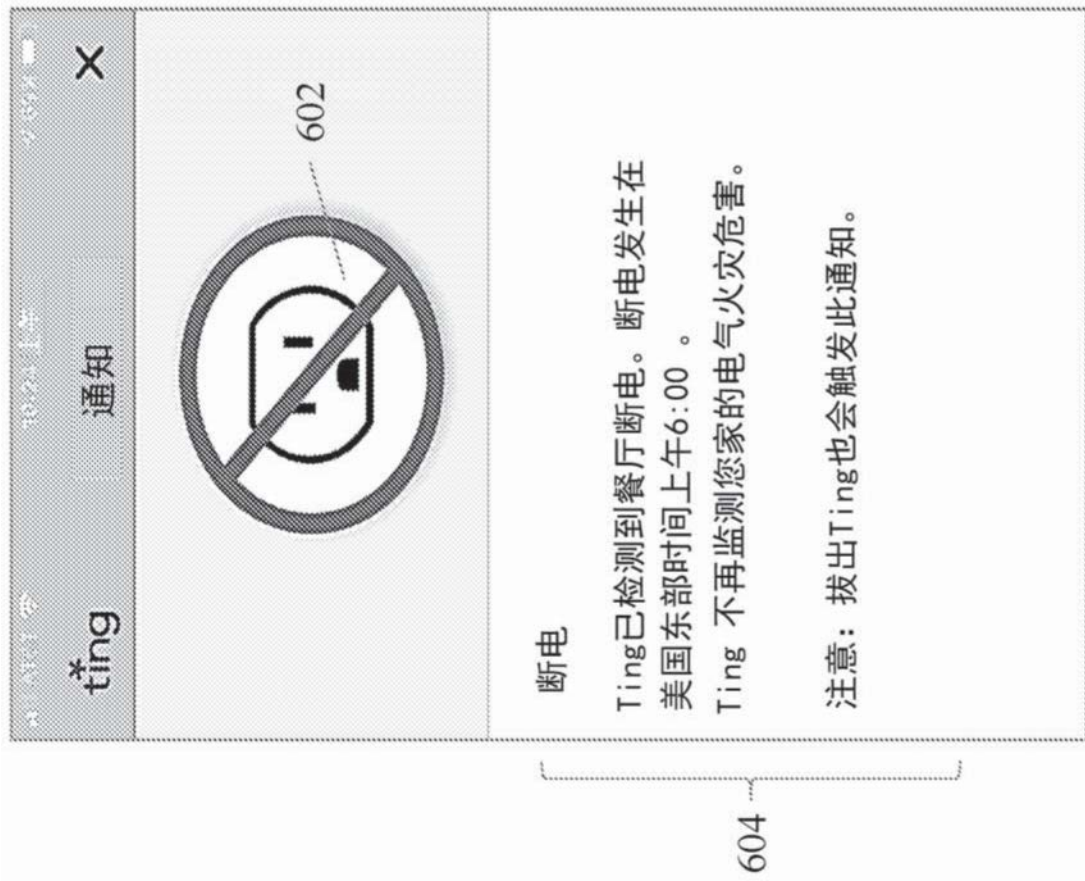


图6A

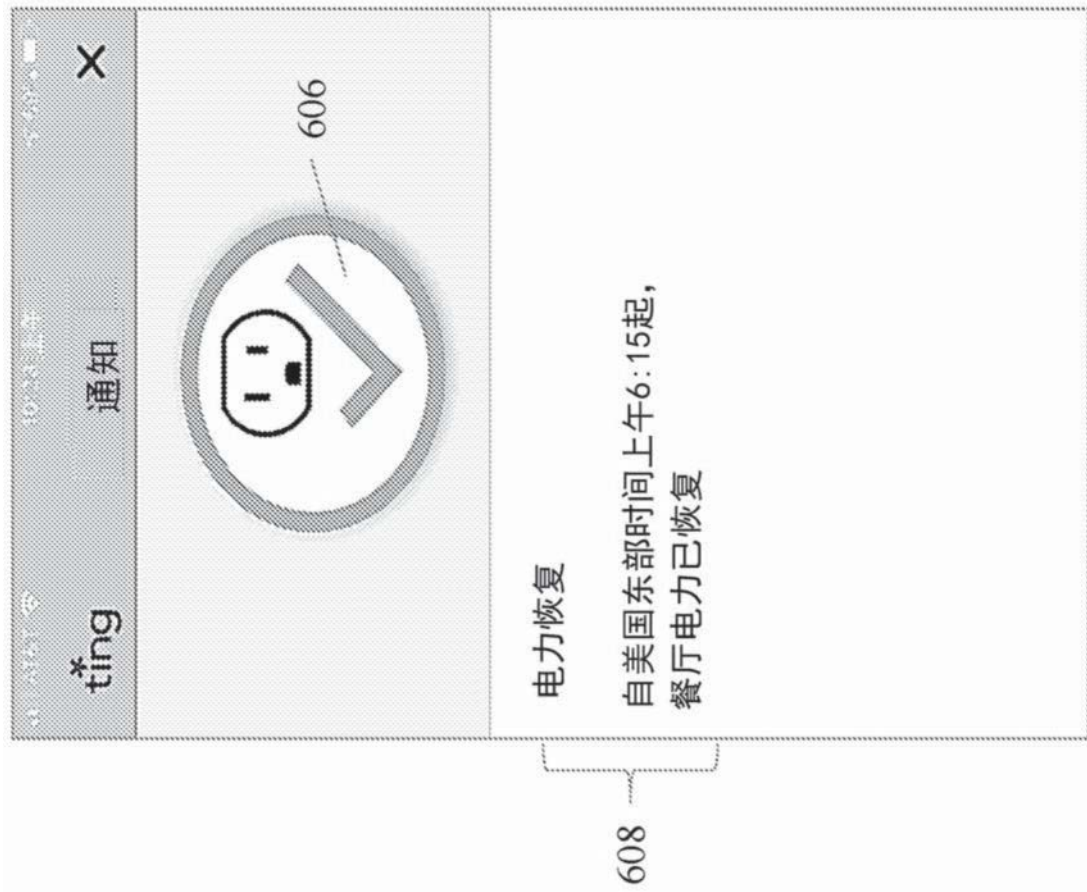


图6B

断电检测效率

月/年	设备1检测到的百分比	设备2检测到的百分比
十一月-19	87%	83%
十二月-19	90%	87%
一月-20	87%	71%
二月-20	97%	86%
三月-20	100%	81%
四月-20	97%	93%
五月-20	97%	90%
六月-20	97%	93%
七月-20	97%	97%
八月-20	100%	100%
九月-20	97%	100%
十月-20	95%	100%
十一月-20	100%	100%
十二月-20	94%	100%
一月-21	97%	100%
平均值	95%	92%
最大值	100%	100%
最小值	87%	71%
总体平均值	94%	
总体最大值	100%	
总体最小值	71%	

图7



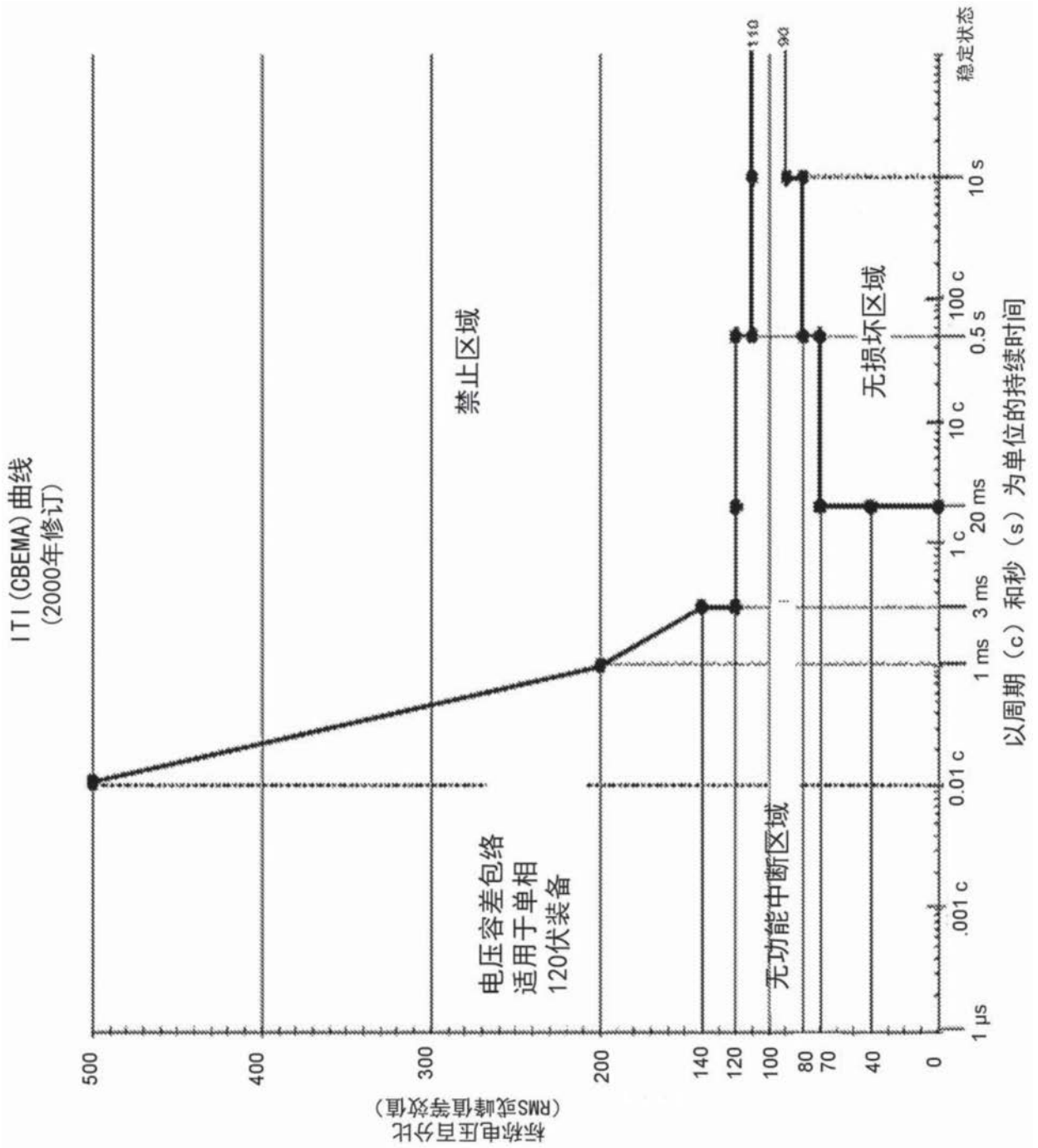
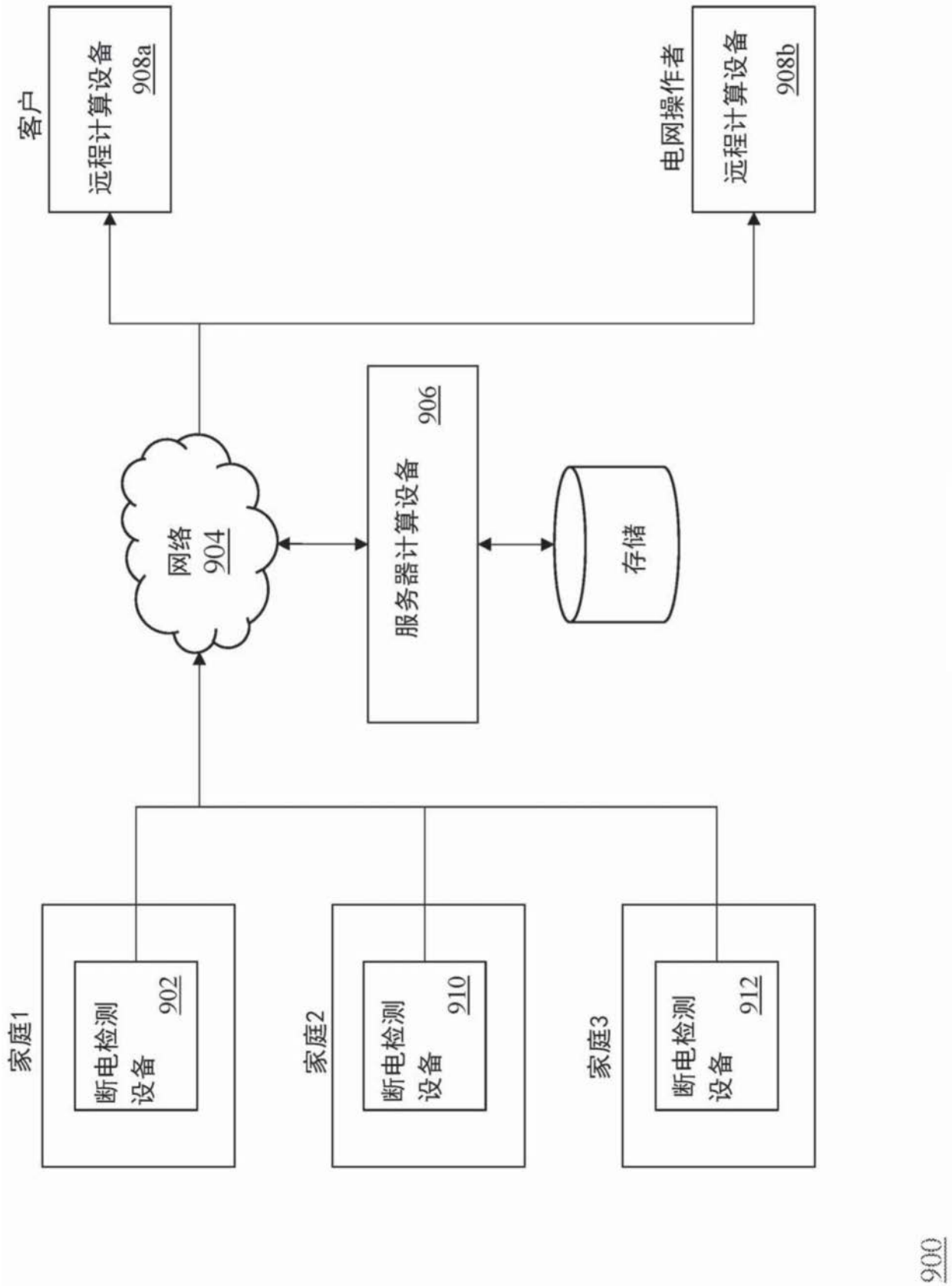


图8



900

图9

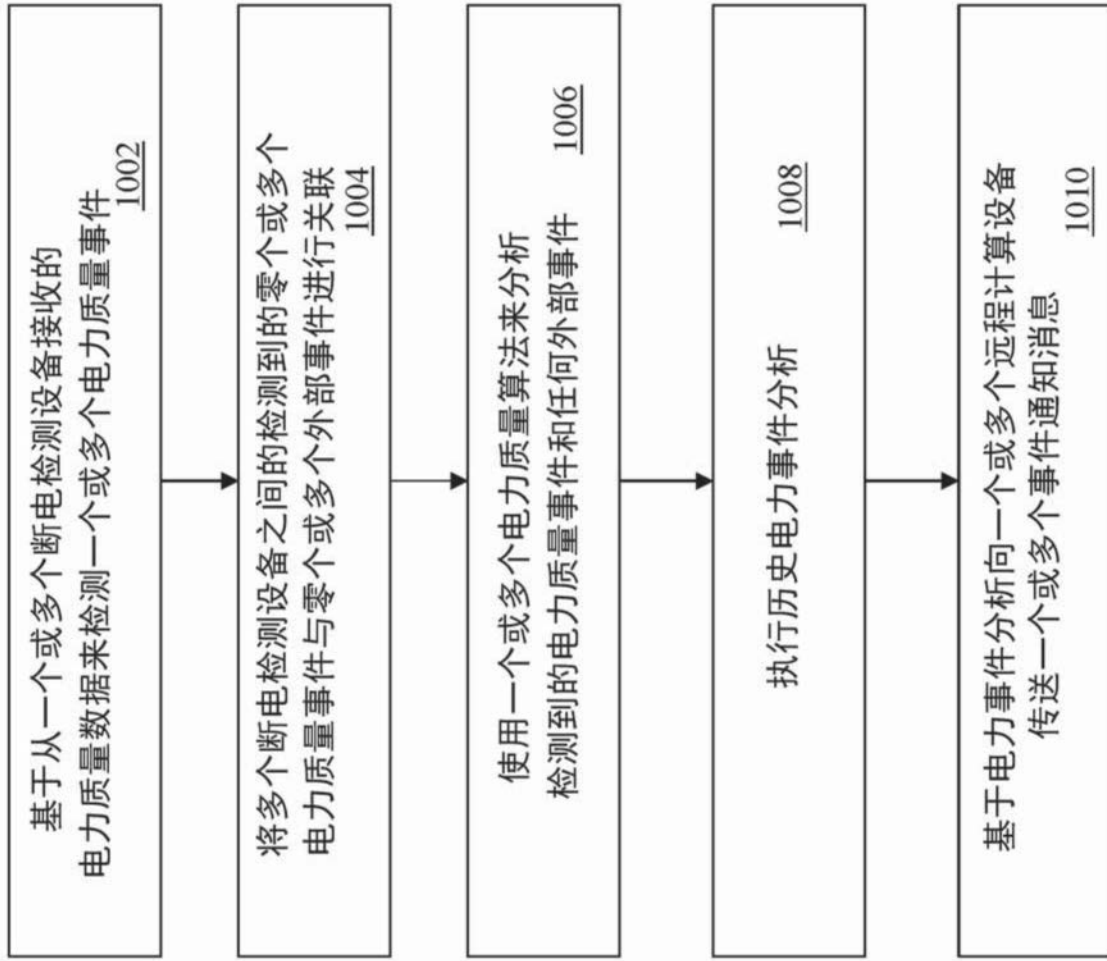


图10

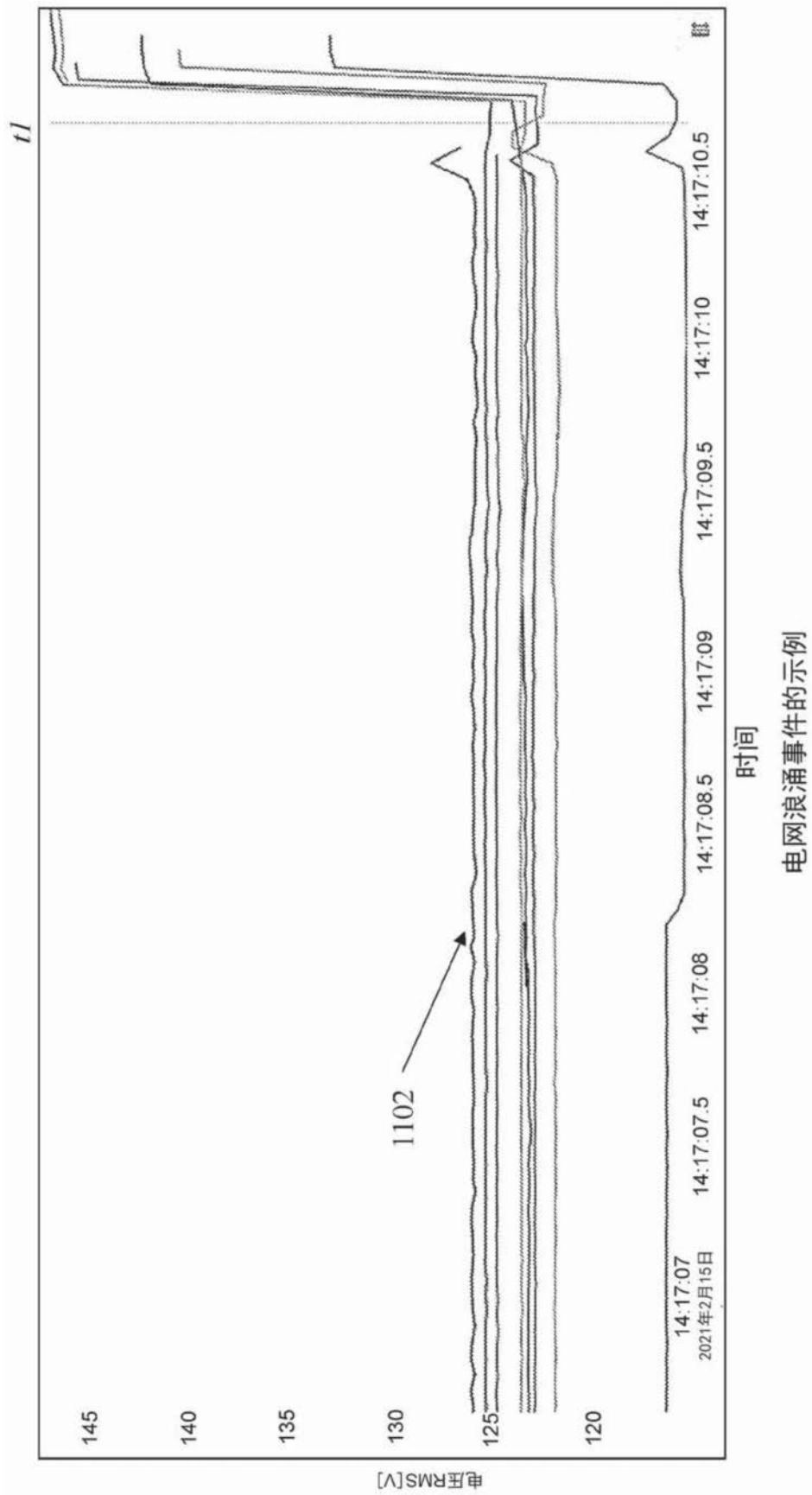


图11

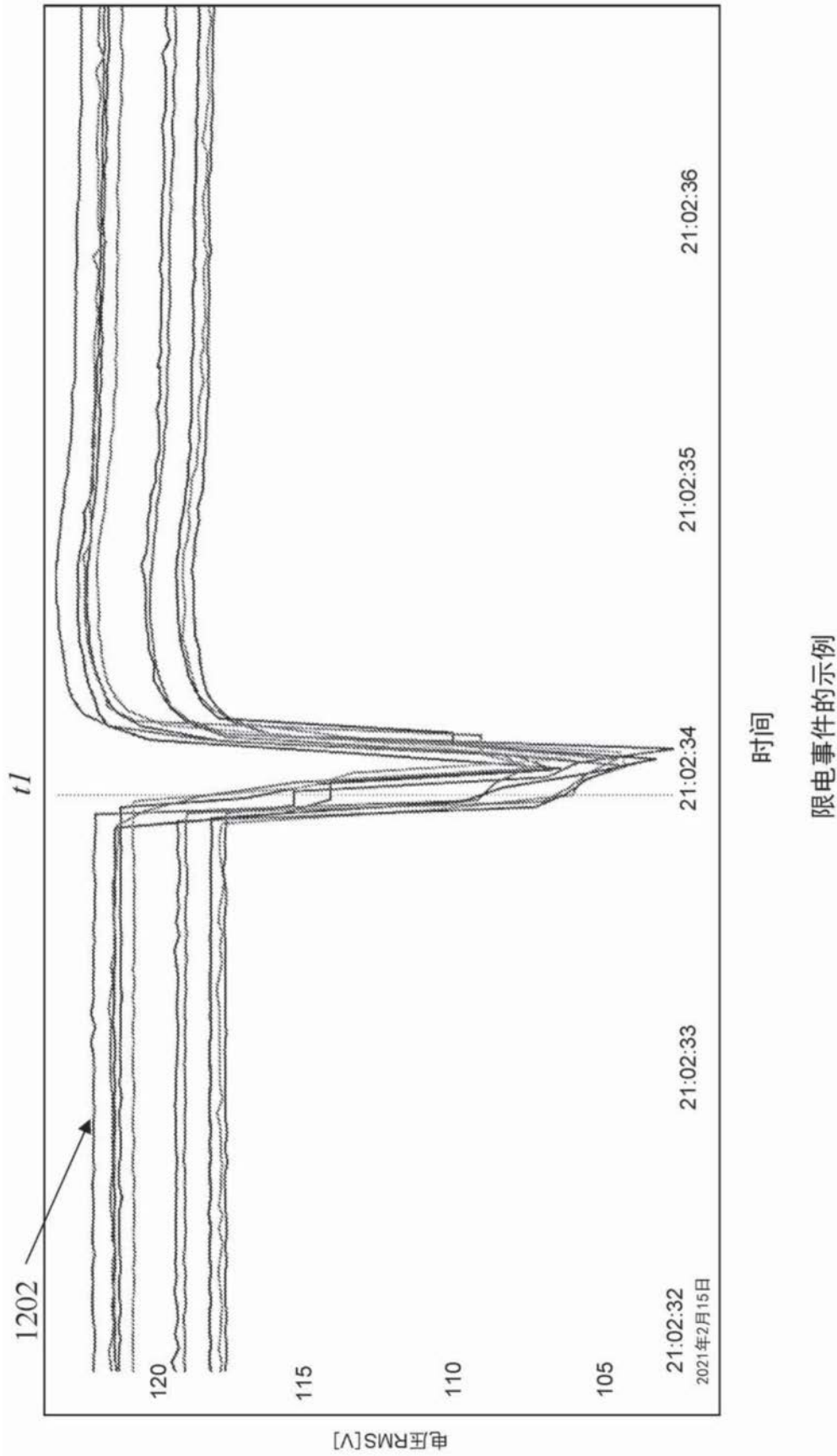


图12

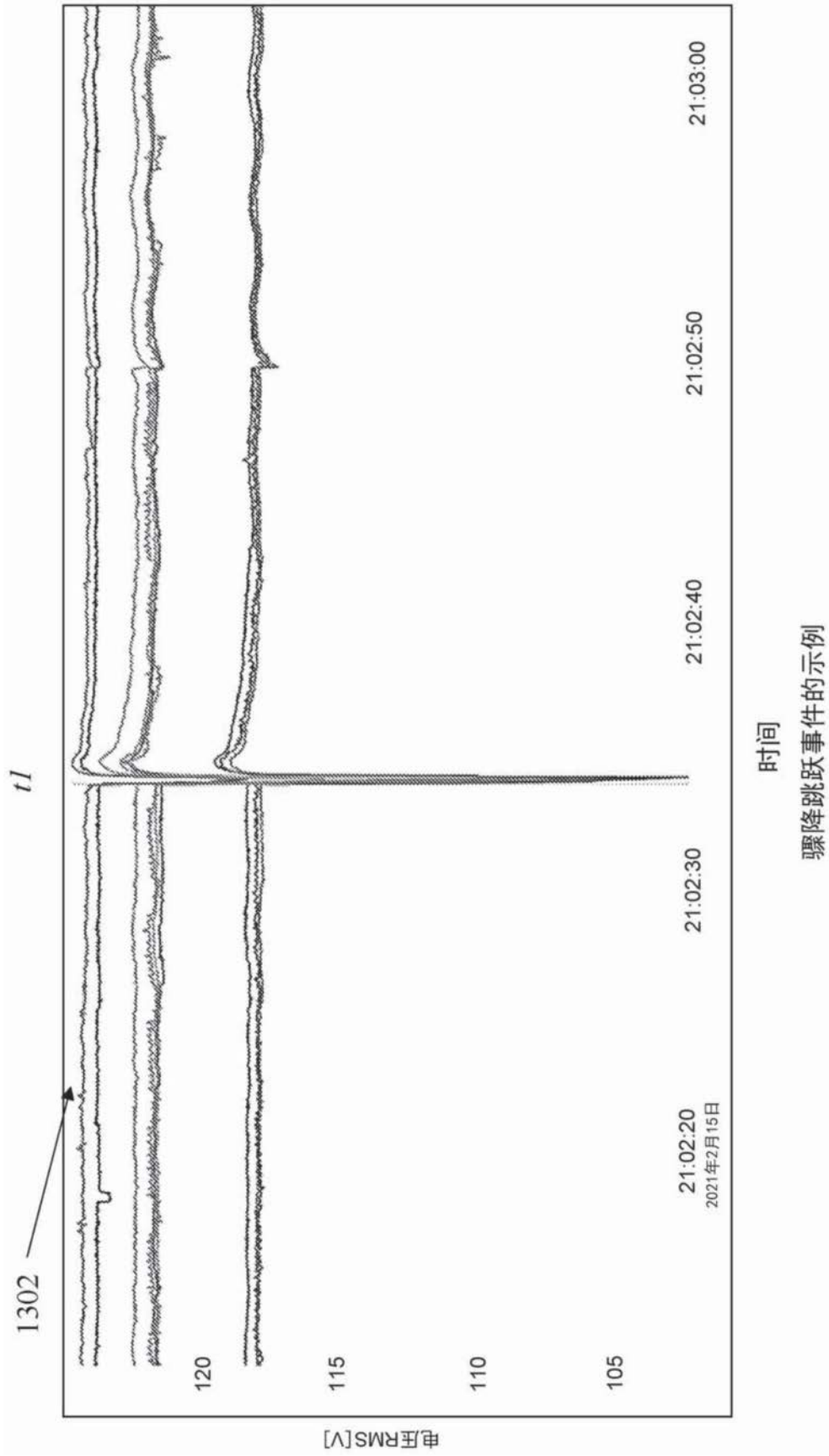
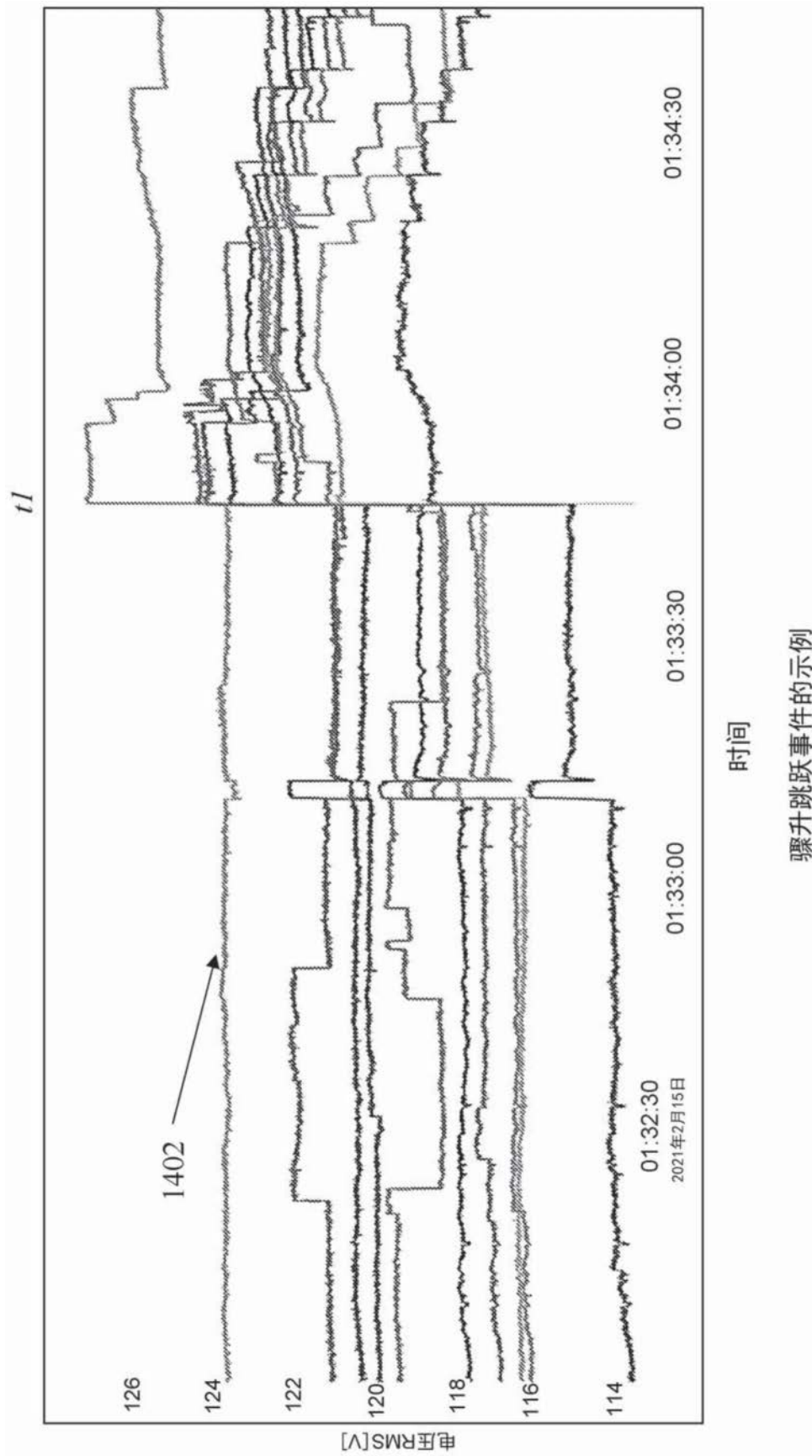


图13



骤升跳跃事件的示例

图14

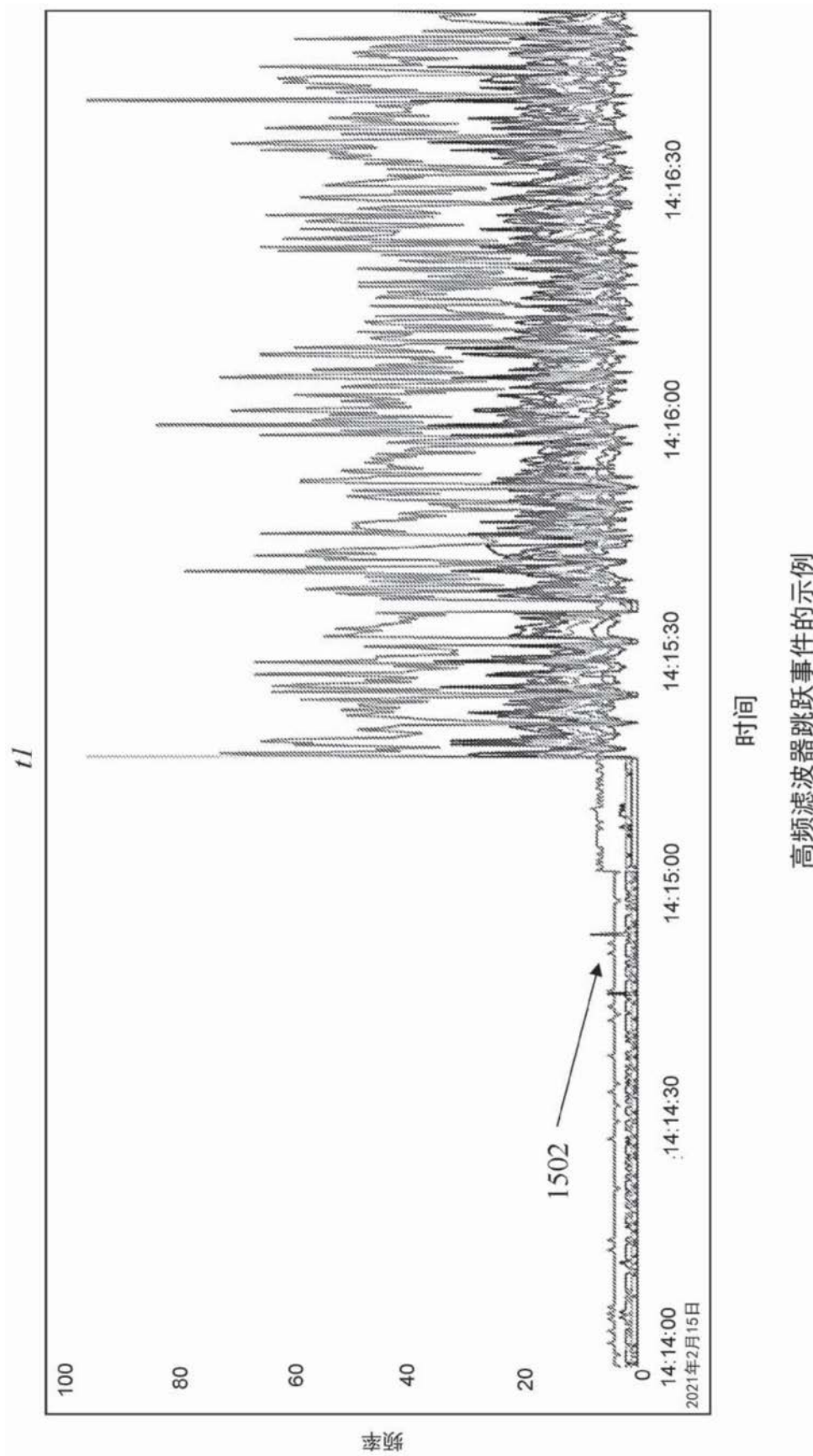


图15



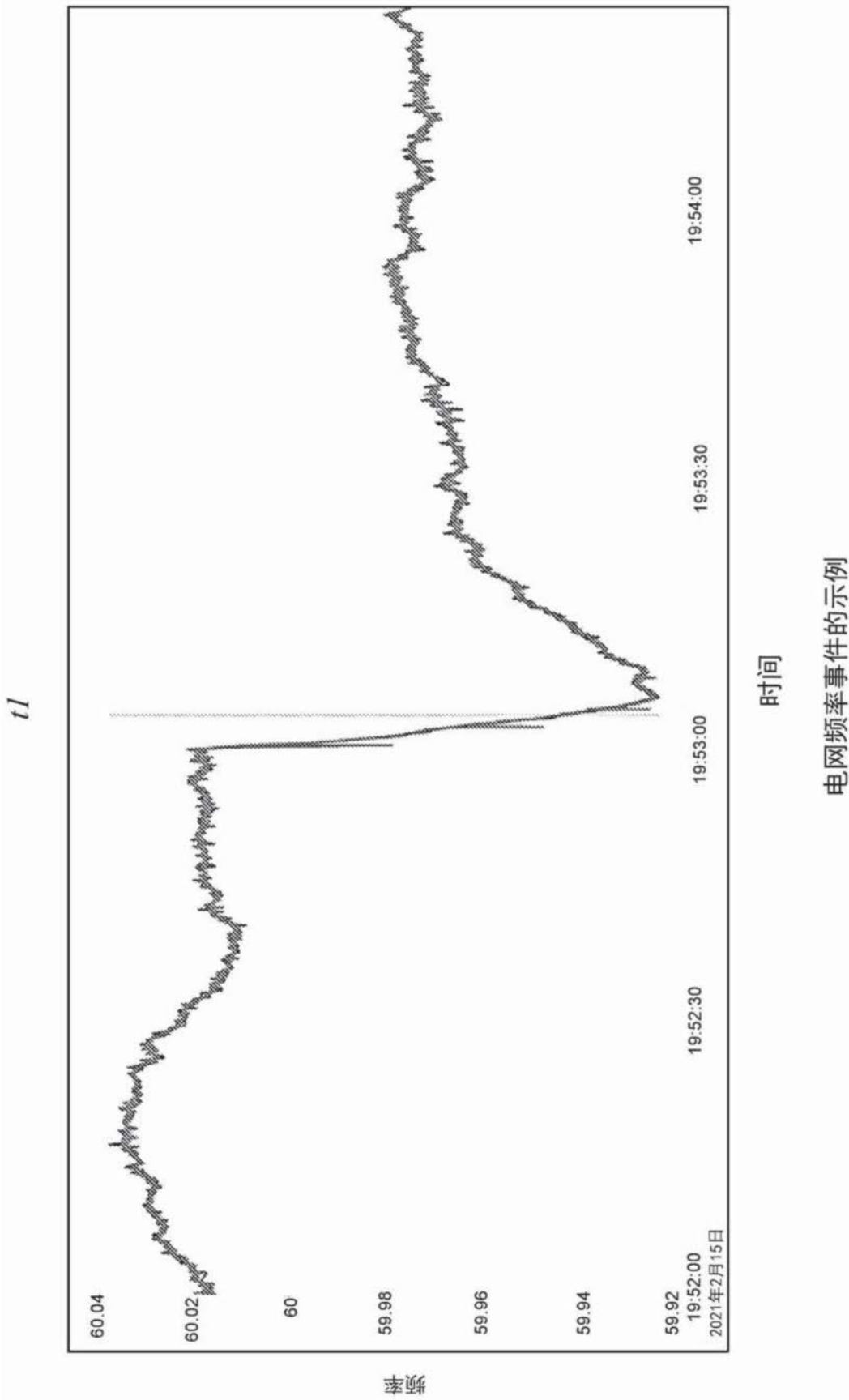
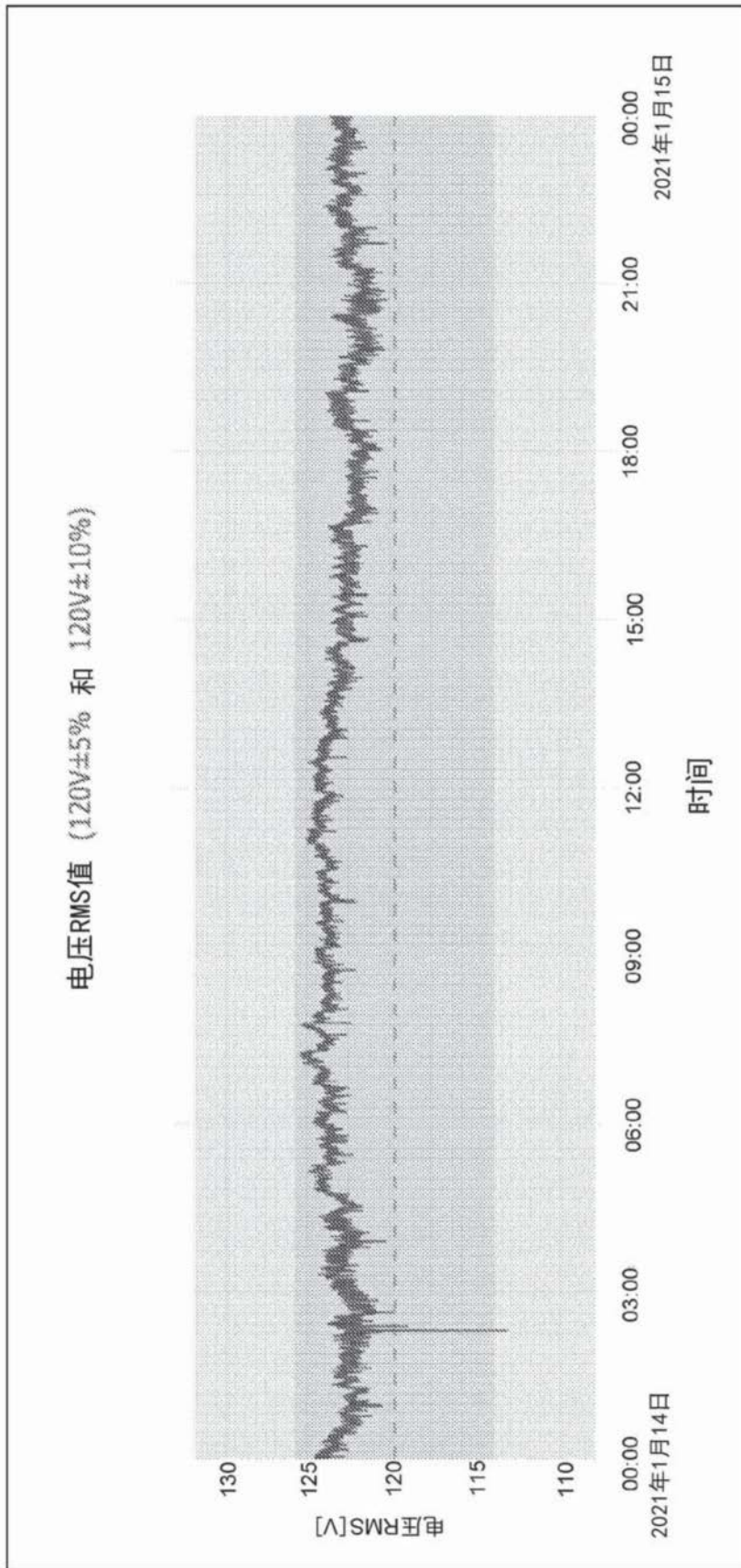
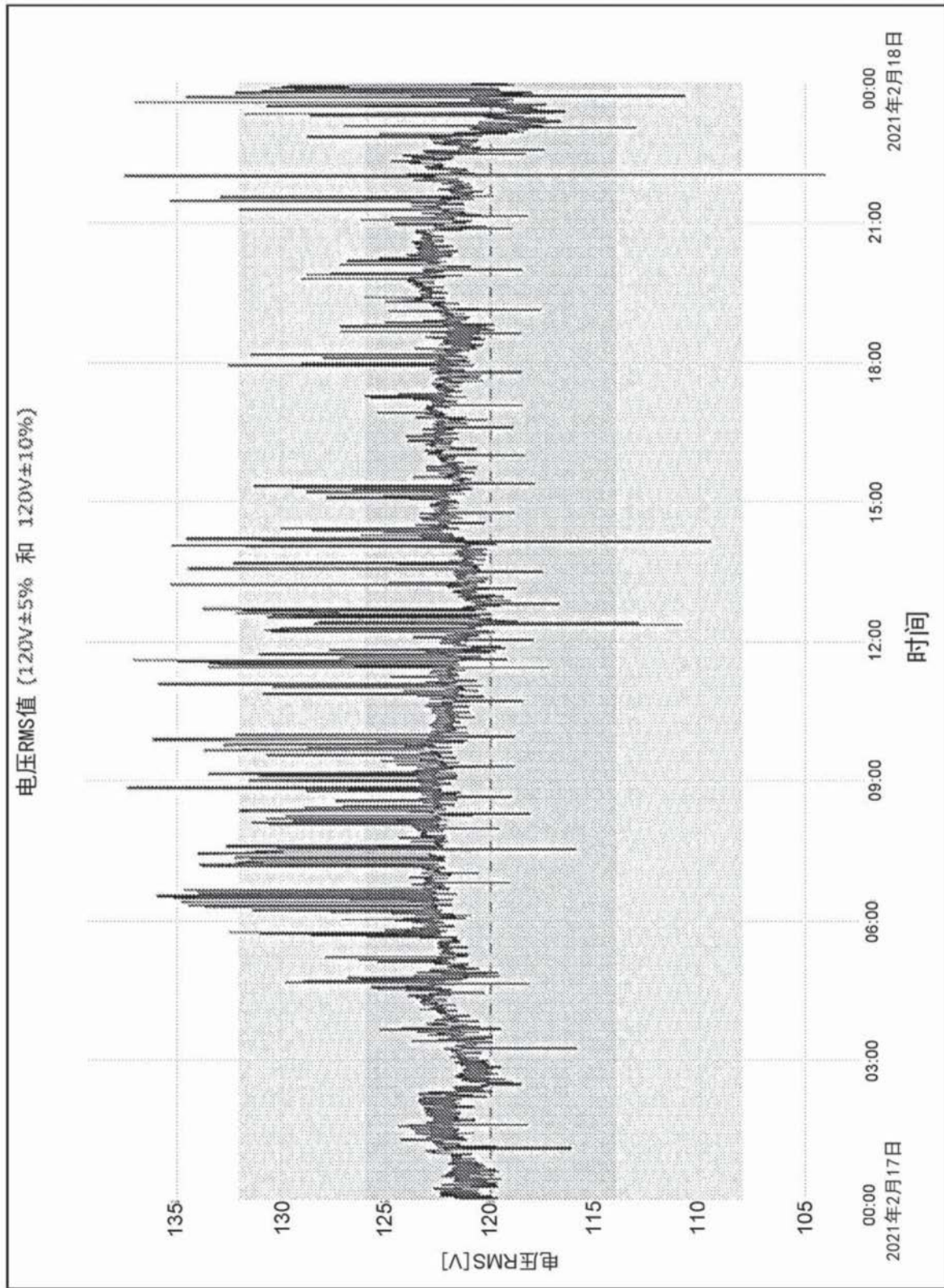


图16



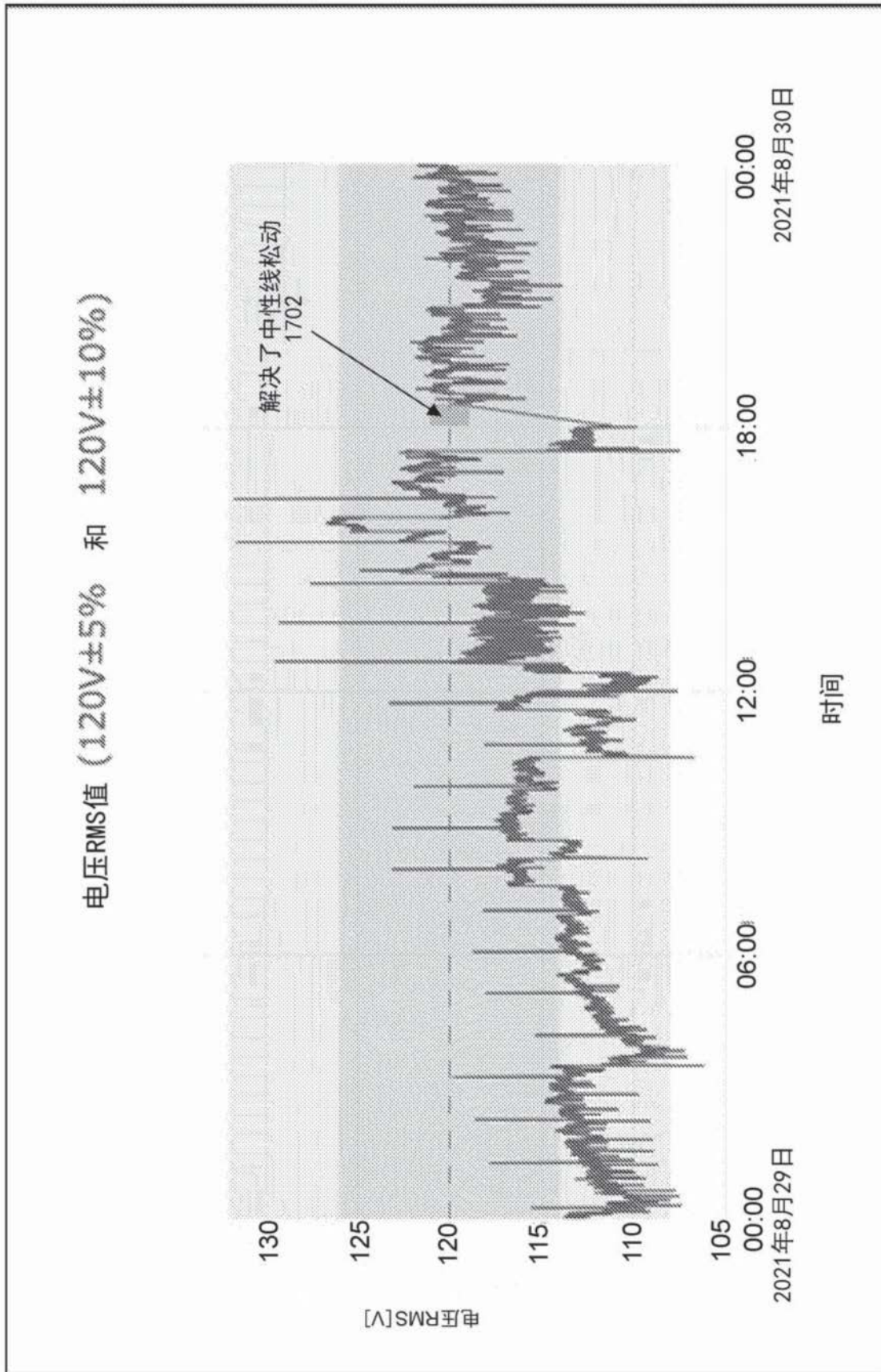
标称电压读数的示例

图17A



中性线松动的示例-电压的许多大的正跳跃

图17B



解决中性线松动之前和之后的示例

图17C

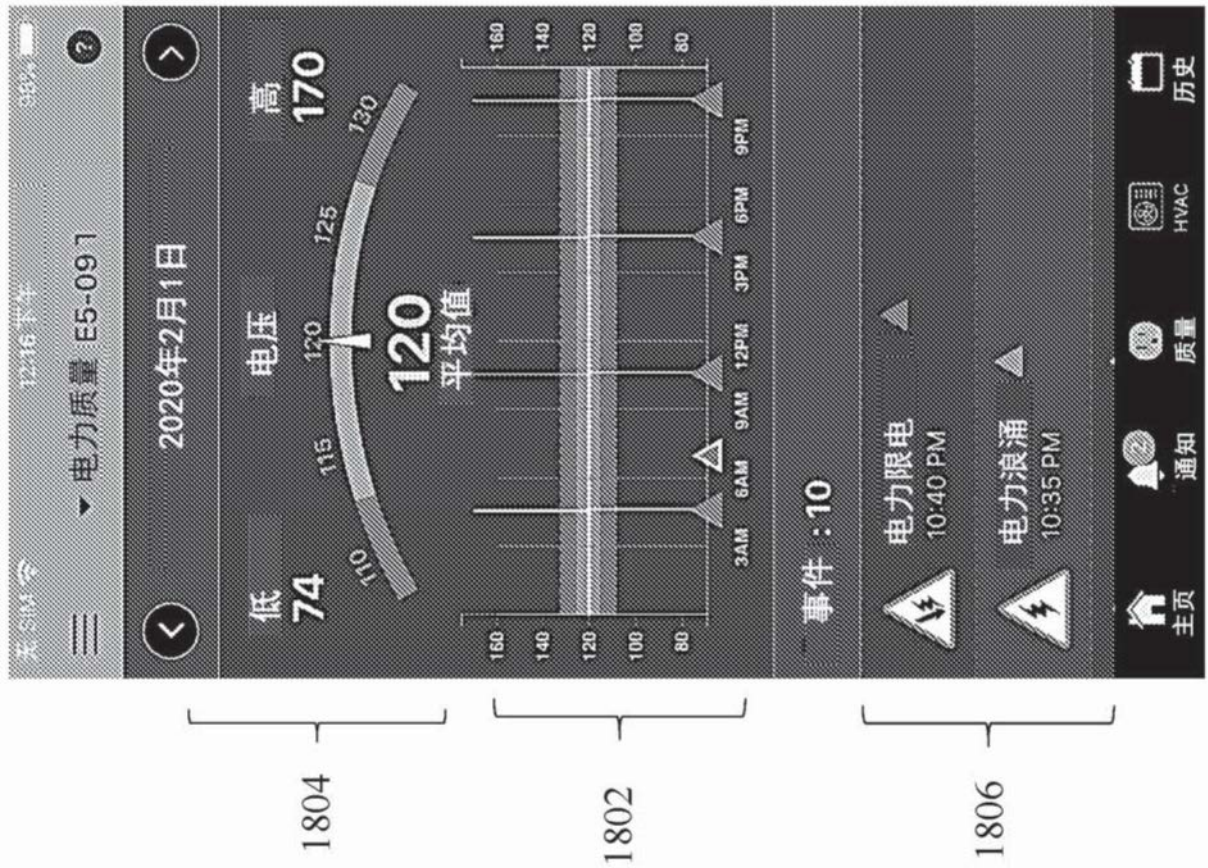


图18

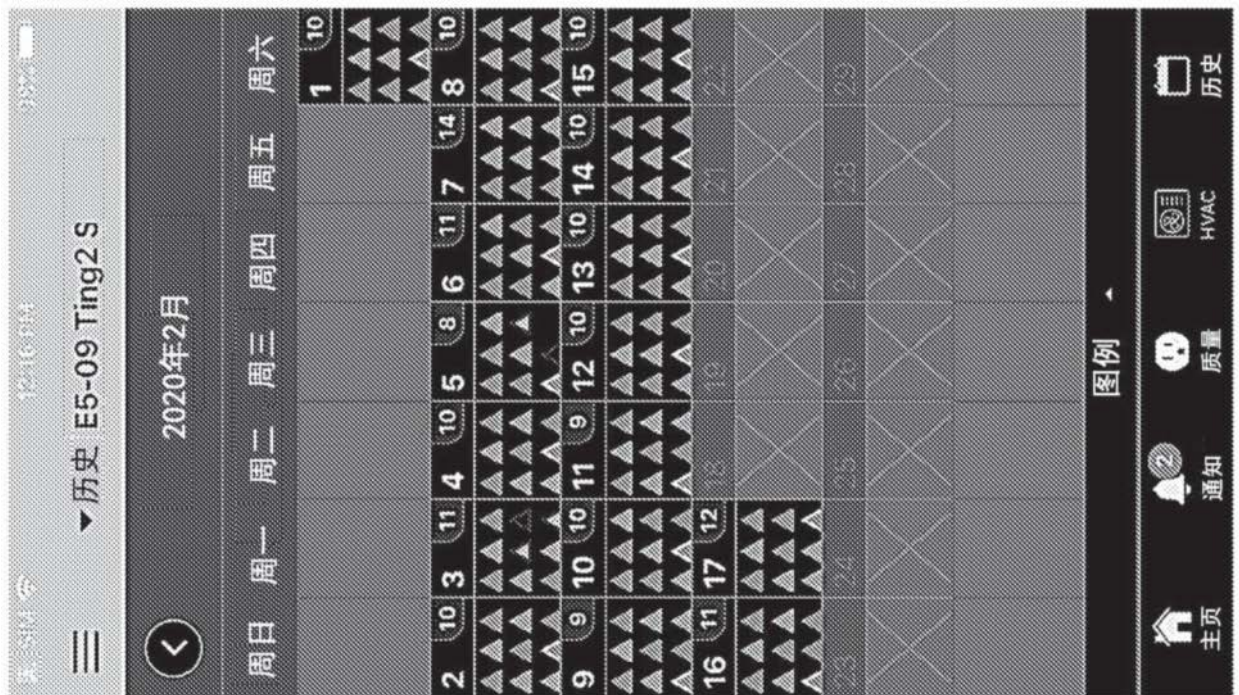


图19



图20A

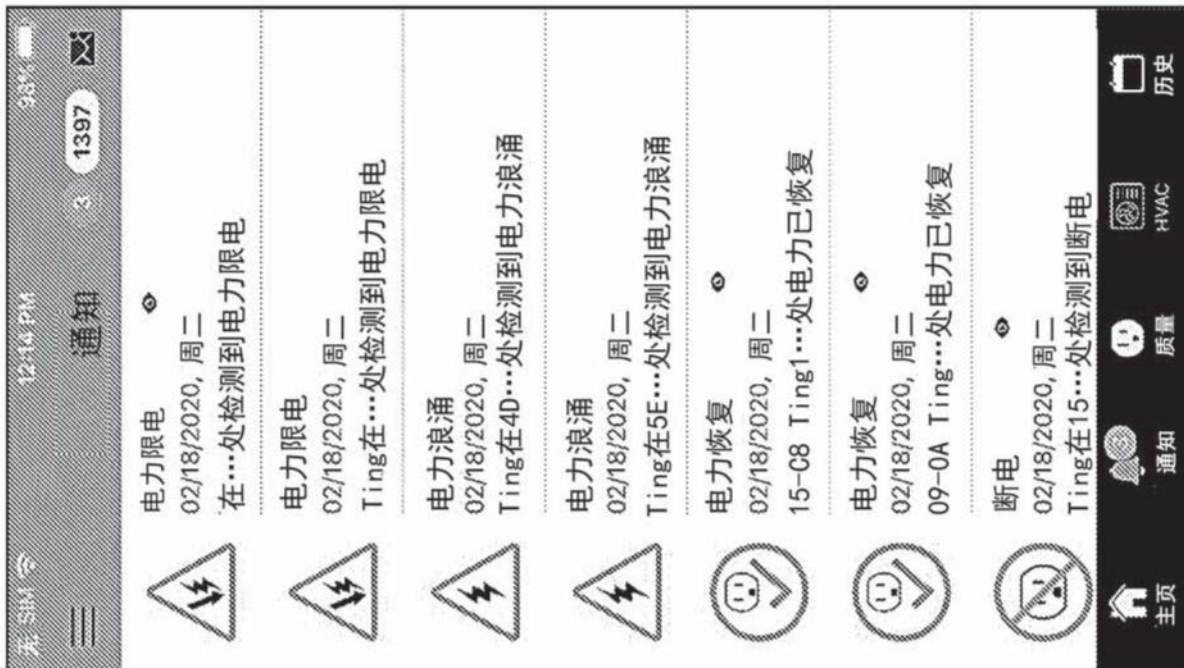


图20B

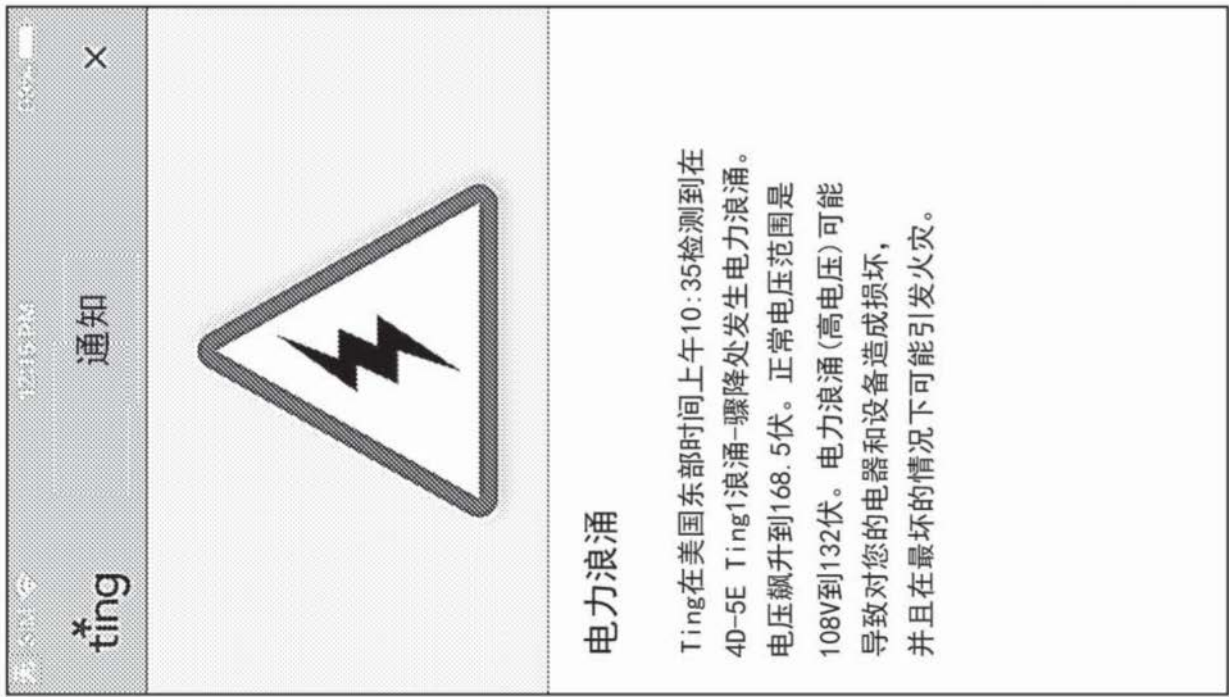


图20C



图20D



图20E



断电事件地图的示例

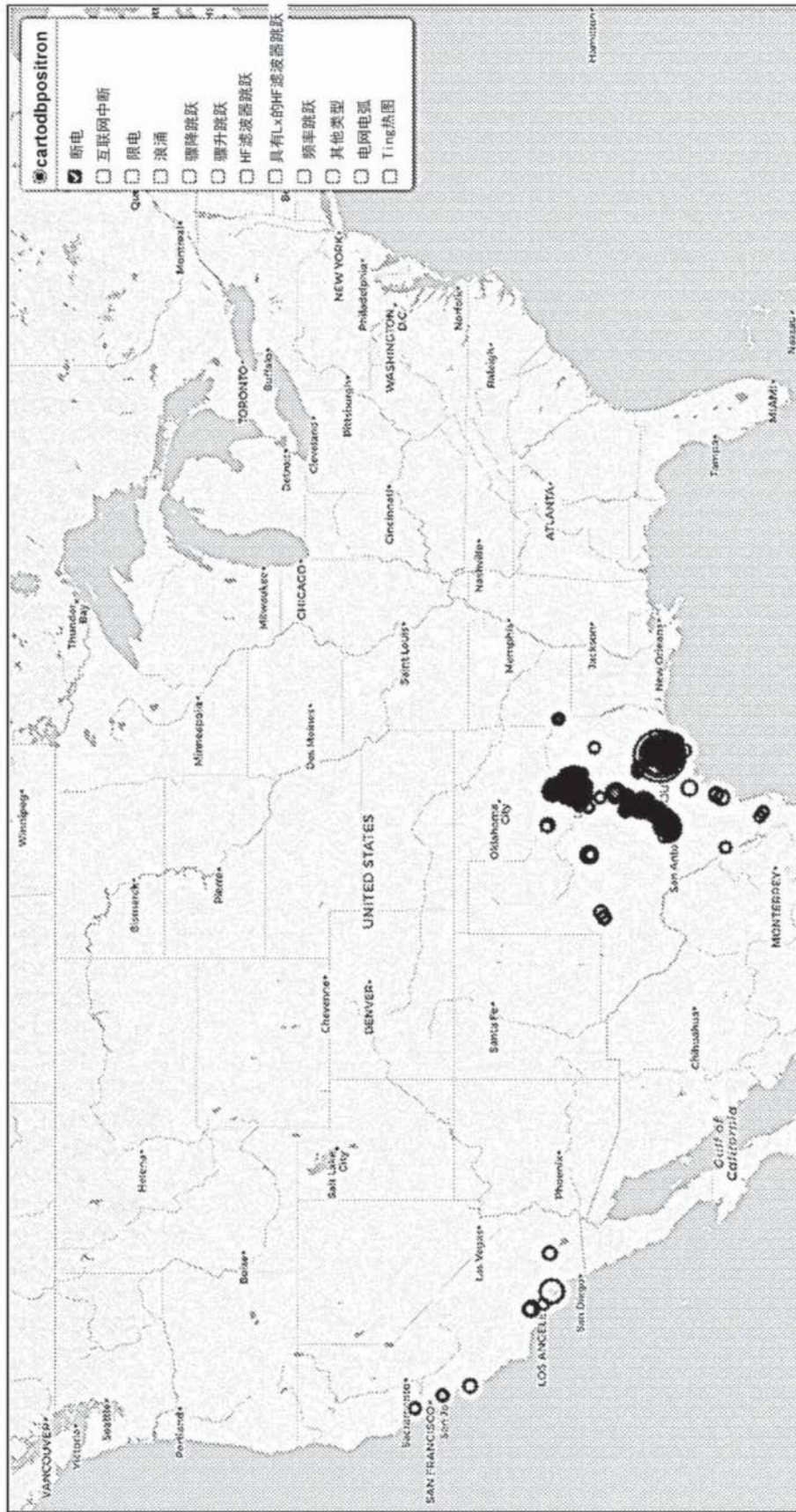


图21A





电网浪涌和限电事件地图的示例-详细视图

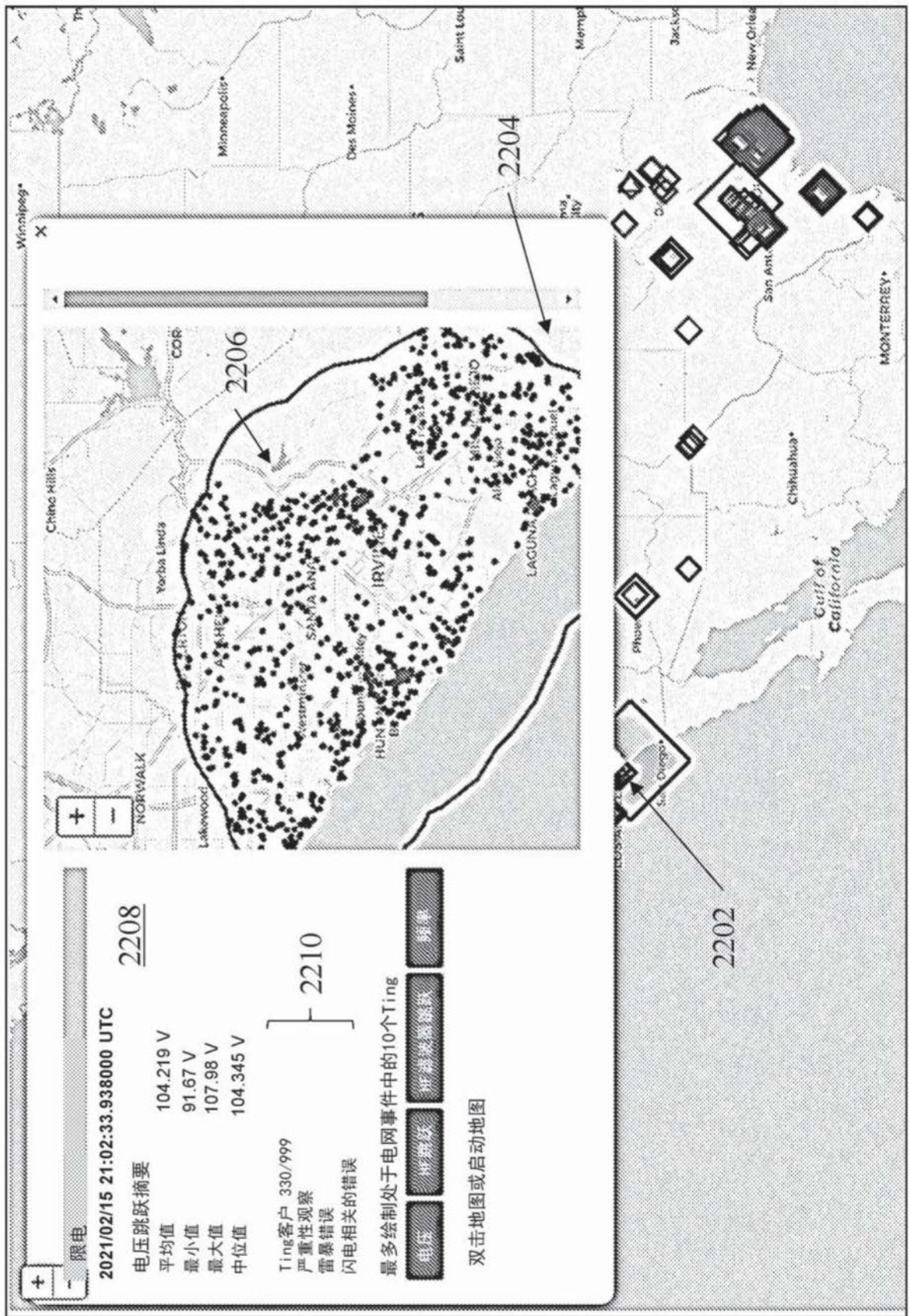


图22B

电网骤降跳事件地图的示例-详细视图

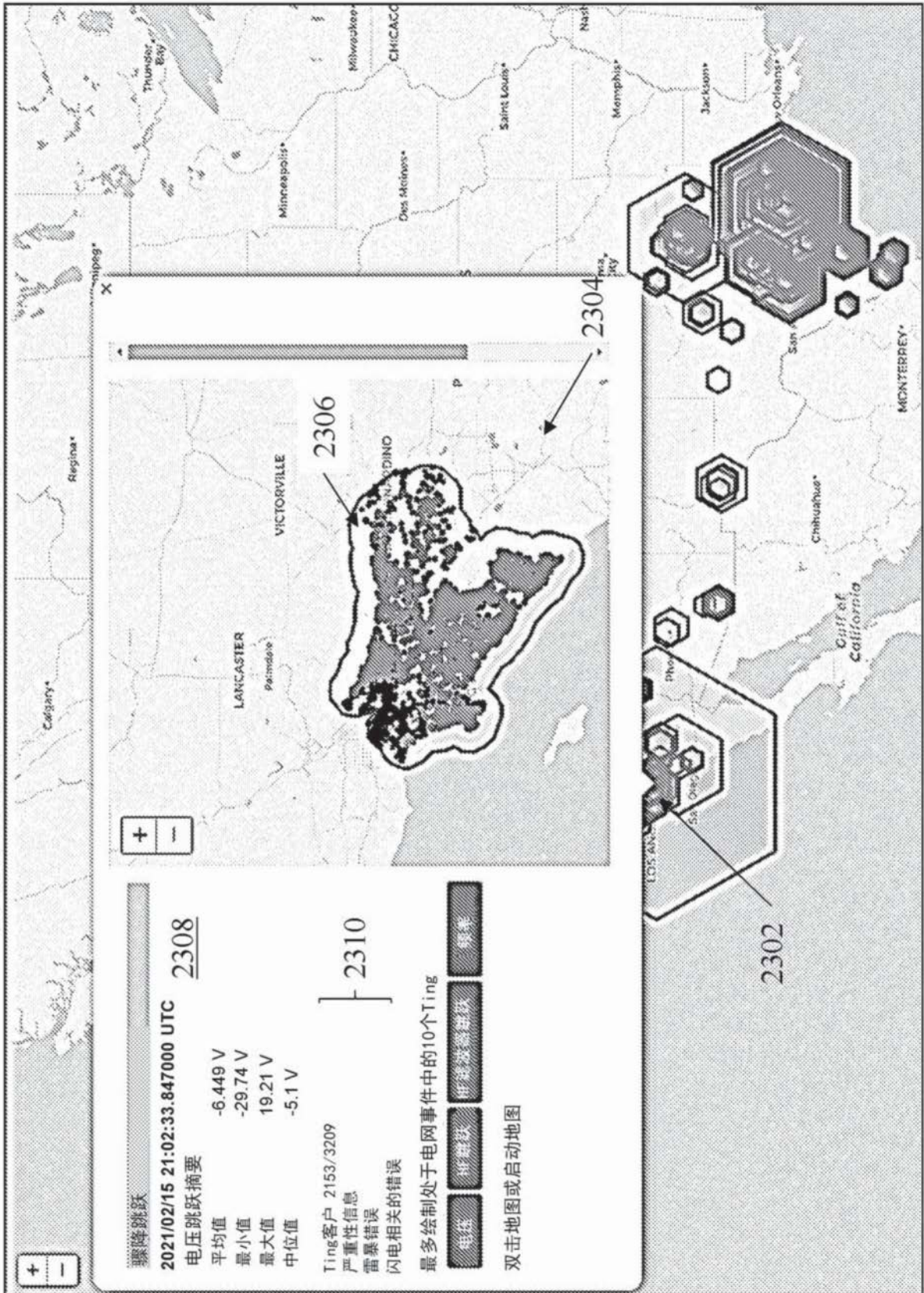


图23

电网骤升跳跃事件地图的示例-详细视图

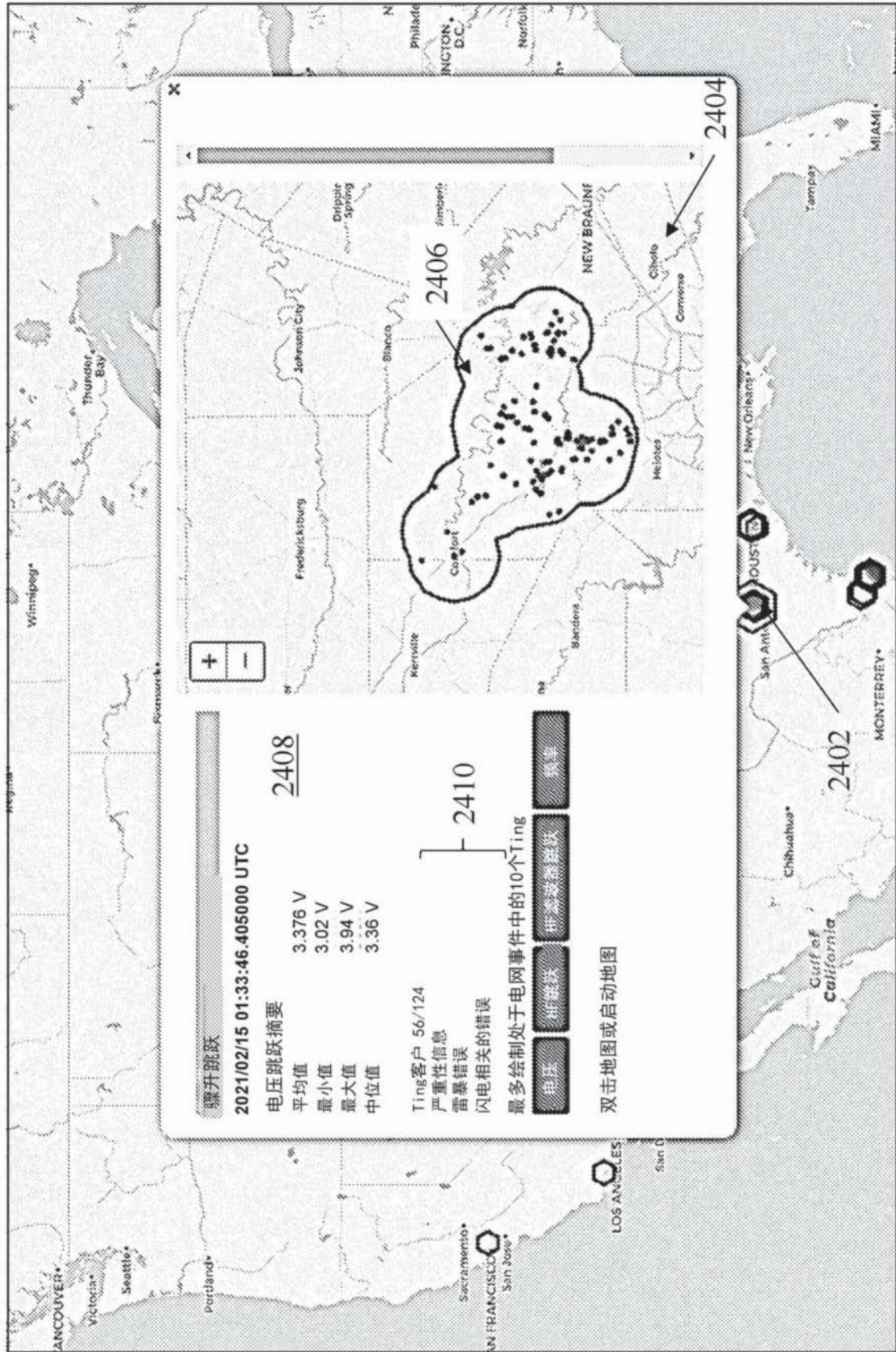


图24

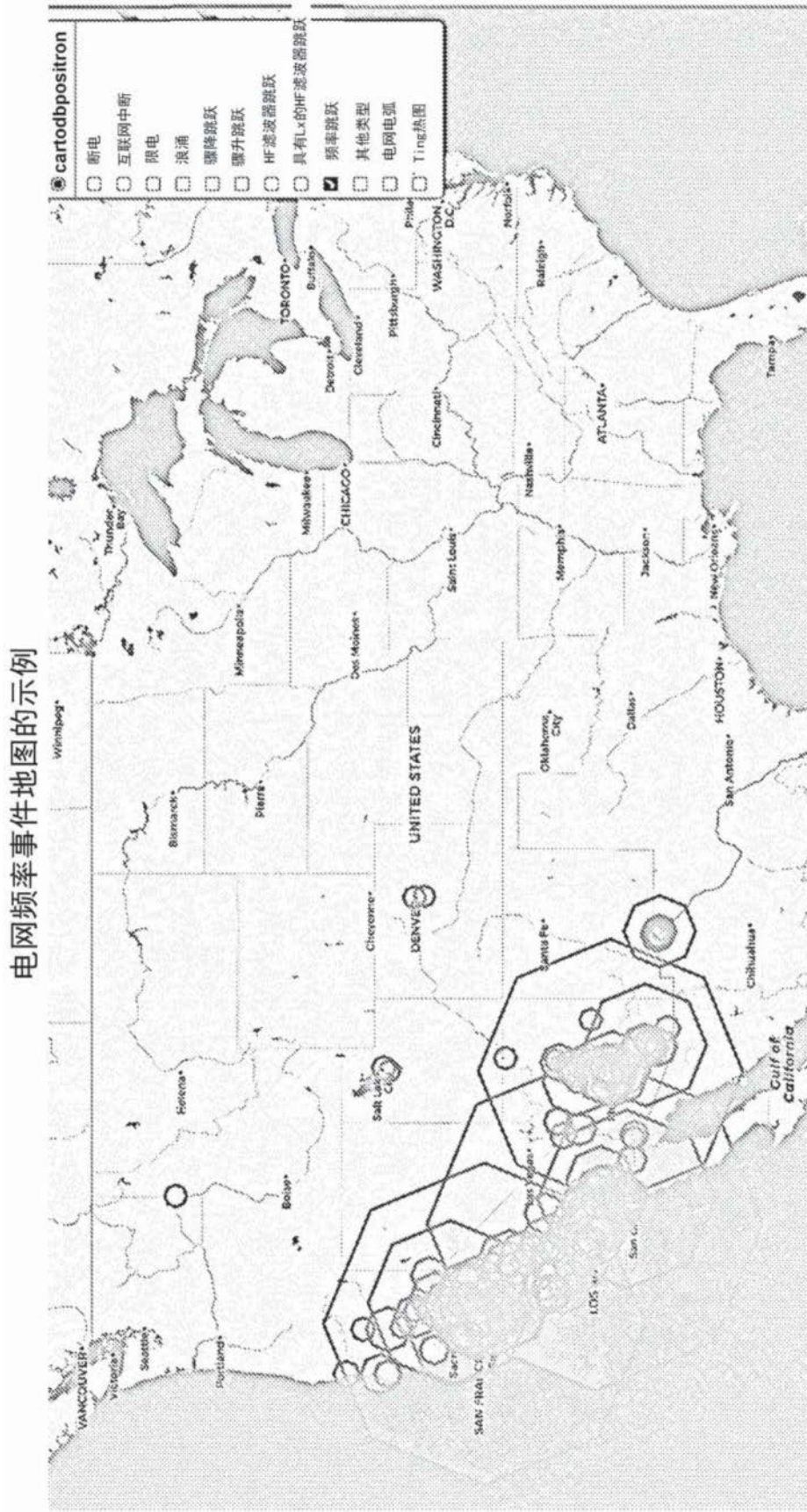


图25A

电网频率事件地图的示例-详细视图

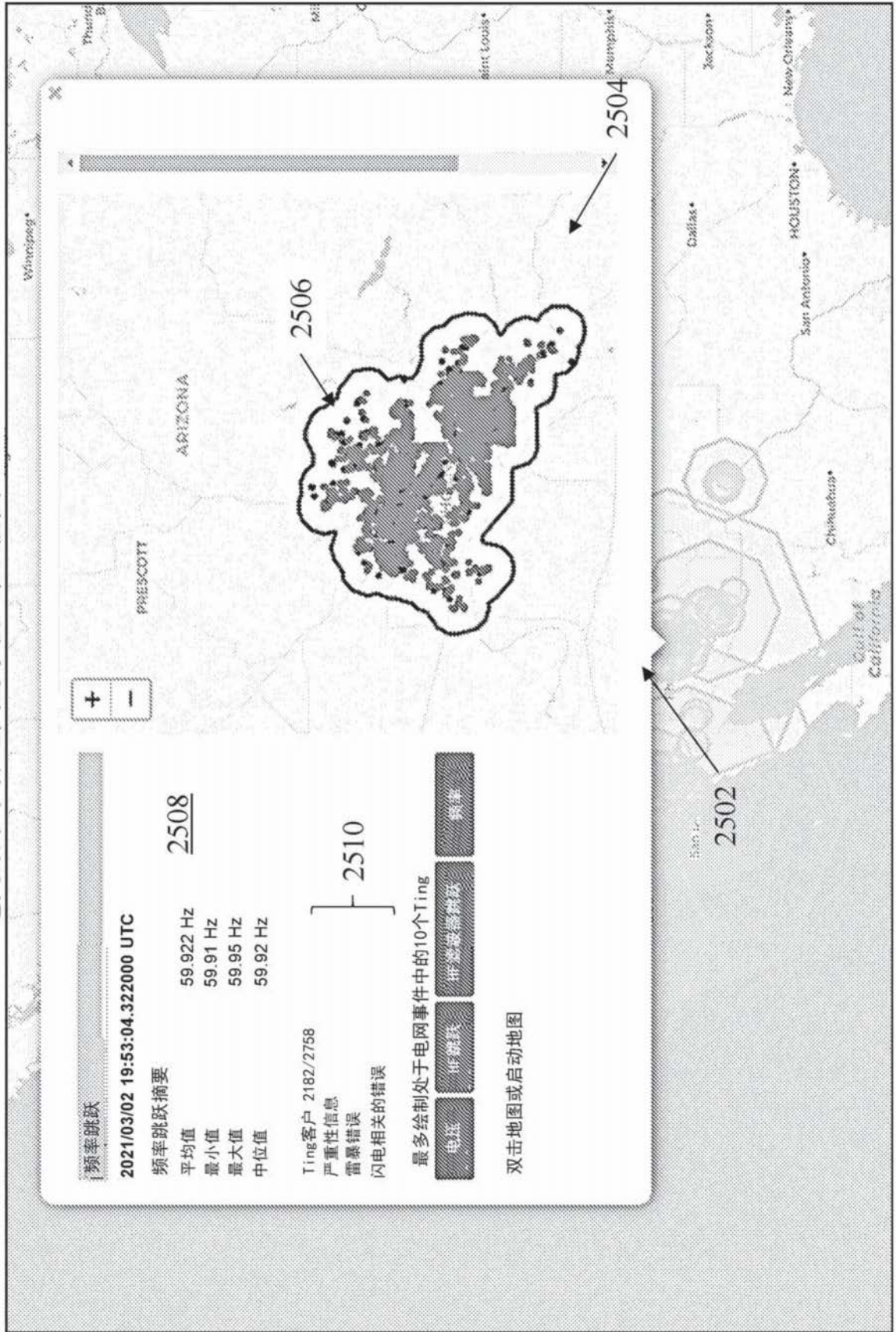


图25B



HF滤波器跳跃事件地图的示例

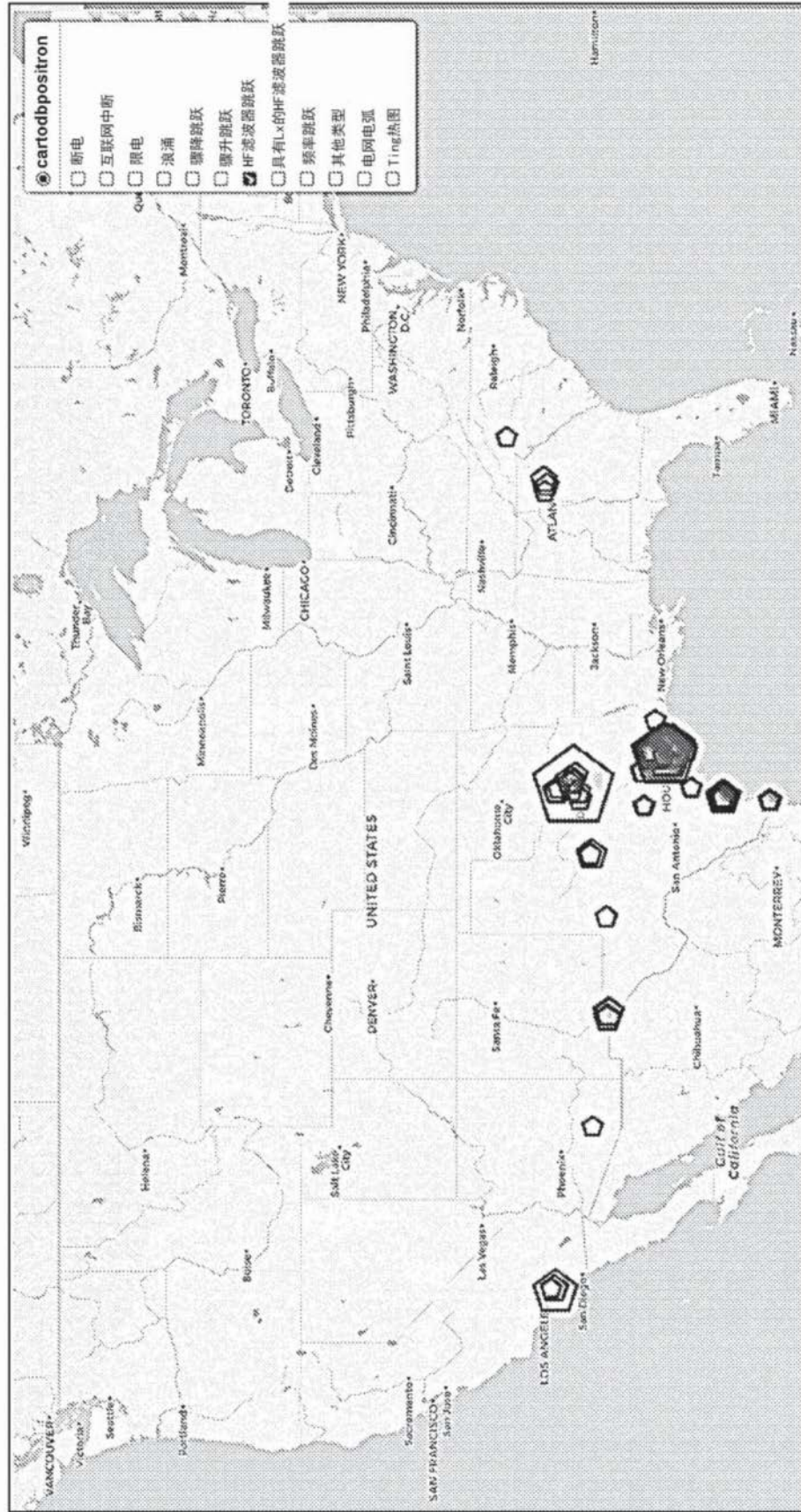


图26