



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113826018 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 21

(21) 申请号 202080037312.3

(74) 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司 72001

(22) 申请日 2020.03.20

代理人 刘茜璐 吕传奇

(30) 优先权数据

16/361836 2019.03.22 US

(51) Int.Cl.

G01R 22/06 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

G01R 22/10 (2006.01)

2021.11.19

G01R 21/133 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/023949 2020.03.20

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/198041 EN 2020.10.01

(71) 申请人 兰迪斯+盖尔创新有限公司

地址 美国乔治亚州

(72) 发明人 F·J·小布德罗 D·斯滕伯格

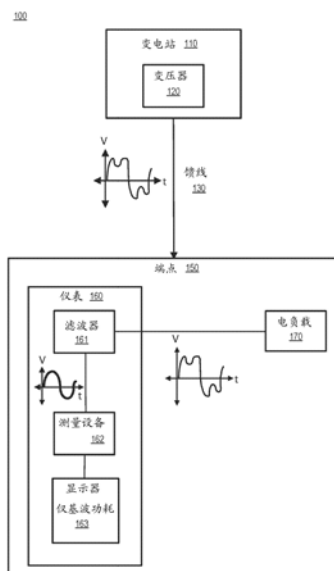
权利要求书3页 说明书13页 附图4页

(54) 发明名称

验证仅基波能量测量

(57) 摘要

某些方面和特征包括用于验证仅基波功率测量的系统和方法。仪表测试应用通过比较基波需求与宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准,所述基波需求指示预期通过基波分量向已知负载输送的功率量,所述宽带需求指示预期通过宽带电压向已知负载输送的功率量。该应用还通过将宽带电压分量和已知负载施加到被测仪表来从被测仪表对测量配准进行测量,该被测仪表被配置成测量来自仅基波分量的功耗。该应用基于预期配准和测量配准来计算针对仪表的误差。当误差超出容限时,该应用将被测仪表标识为不合规的。



1. 一种验证仅基波功率测量的方法,所述方法包括:

由仪表测试系统从多个预限定的电压波形中选择宽带电压波形并且从多个预限定的电流波形中选择宽带电流波形,所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量,并且所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量;

由仪表测试系统访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量;

由仪表测试系统访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量;

由仪表测试系统通过比较所述基波需求与所述宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准;

通过在仪表测试系统处并向所述被测仪表施加所述宽带电压波形和所述宽带电流波形,来从所述被测仪表对测量配准进行测量,其中所述被测仪表被配置成测量仅来自所述基波电压分量和所述基波电流分量的功耗;

由仪表测试系统基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差;以及当误差超出容限时,将所述被测仪表标识为不合规的。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,访问宽带需求包括:

由仪表测试系统计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期功耗贡献;

由仪表测试系统计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期功耗贡献;

由仪表测试系统将所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献组合成功率贡献;以及从所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献的组合中导出所述宽带需求。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,访问宽带需求还包括:

由仪表测试系统计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期无功功率贡献;

由仪表测试系统计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期无功功率贡献;

由仪表测试系统将所述预期无功功率贡献和所述附加预期无功功率贡献组合成无功功率贡献;以及

从所述功率贡献和所述无功功率贡献的组合中导出所述宽带需求。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,访问基波需求包括计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的功率贡献。

5. 根据权利要求1所述的方法,还包括确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

6. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述测量配准由每单位时间的脉冲数来指示。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,访问宽带需求包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

8. 一种电表测试系统,包括:

精确电压源;

精确电流源;以及

计算设备,包括处理器和存储器,所述计算设备被配置成:

从多个预限定的电压波形中选择宽带电压波形,所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量;

从多个预限定的电流波形中选择宽带电流波形,所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量;

从所述存储器访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量;

从所述存储器访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量;

由所述处理器通过比较所述基波需求与所述宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准;

通过使所述精确电压源向所述被测仪表施加所述宽带电压波形并且使所述精确电流源向所述被测仪表施加所述宽带电流波形,来对测量配准进行测量,其中所述被测仪表被配置成测量仅来自所述基波电压分量和所述基波电流分量的功耗;

由所述处理器并基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差;以及当误差超出容限时,将所述被测仪表标识为不合规的。

9. 根据权利要求8所述的电表测试系统,其中,访问宽带需求包括:

计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期功耗贡献;

计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期功耗贡献;

将所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献组合成功率贡献;以及

从所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献的组合中导出所述宽带需求。

10. 根据权利要求9所述的电表测试系统,其中,访问宽带需求还包括:

计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期无功功率贡献;

计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期无功功率贡献;

将所述预期无功功率贡献和所述附加预期无功功率贡献组合成无功功率贡献;以及

从所述功率贡献和所述无功功率贡献的组合中导出所述宽带需求。

11. 根据权利要求8所述的电表测试系统,其中,所述计算设备还被配置成确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

12. 根据权利要求8所述的电表测试系统,其中,访问宽带需求包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

13. 根据权利要求8所述的电表测试系统,其中,访问基波需求包括计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的功率贡献。

14. 根据权利要求8所述的电表测试系统,其中,所述计算设备还被配置成确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

15. 一种仪表测试环境,包括:

电表,其配置成测量来自仅基波分量的功耗;

精确电压源;

精确电流源;以及

计算设备,包括处理器和存储器,所述计算设备被配置成:

从多个预限定的电压波形中选择宽带电压波形,所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量;

从多个预限定的电流波形中选择宽带电流波形,所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量;

从所述存储器访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量;

从所述存储器访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量;

由所述处理器通过比较所述基波需求与所述宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准;

通过向仪表施加所述宽带电压波形和所述宽带电流波形,来在电表处对测量配准进行测量;

由所述处理器并基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差;以及当误差超出容限时,将所述被测仪表标识为不合规的。

16. 根据权利要求15所述的仪表测试环境,还包括参考仪表,其中,访问宽带需求包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到所述参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

17. 根据权利要求15所述的仪表测试环境,其中,访问宽带需求包括:

计算基波分量的预期功耗贡献;

计算针对电压谐波分量和电流谐波分量的附加预期功耗贡献;

将所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献组合成功率贡献;以及

从所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献的组合中导出所述宽带需求。

18. 根据权利要求17所述的仪表测试环境,其中,访问宽带需求还包括:

计算基波分量的预期无功功率贡献;

计算针对谐波电压分量和谐波电流分量的附加预期无功功率贡献;

将所述预期无功功率贡献和所述附加预期无功功率贡献组合成无功功率贡献;以及

从所述功率贡献和所述无功功率贡献的组合中导出所述宽带需求。

19. 根据权利要求15所述的仪表测试环境,其中,访问基波需求包括计算基波分量的功率贡献。

20. 根据权利要求15所述的仪表测试环境,其中,所述计算设备还被配置成确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

验证仅基波能量测量

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及资源分配系统,并且更具体地涉及用于计量设备的测试系统,所述计量设备被配置成测量从宽带波形的基波分量中导出的能耗。

背景技术

[0002] 配电系统向例如家庭和企业之类的最终用户场所输送功率。位于最终用户场所处的计量设备测量由场所内的电负载(例如空调、电视、灯等)所消耗的功率。虽然交流配电系统通常以基频(例如,50或60赫兹)产生电压,但由于电负载,电力线上也可能存在波形谐波(例如,100赫兹、120赫兹等)。这种谐波通常不能被最终用户设备使用。

[0003] 因此,一些较新的计量方法在计算功耗时需要测量仅基波波形。在一些情况下,测量所有波形的现有仪表可能会由于测量任何谐波含量而导致收费过高或收费不足,所述谐波含量并不总是能被电负载使用。

[0004] 测试计量设备以确保准确的功率测量。但是,用于验证公用事业仪表的现有测试环境是针对宽带能量测量而设计的,并且因此将被测仪表与基于宽带测量的参考能耗进行比较,从而导致了在测试被配置成在仅基波模式下操作的仪表时的错误结果。因此,需要修改现有的验证环境,以便能够正确测试被配置成测试仪基波频率的仪表。

发明内容

[0005] 某些方面和特征包括用于验证仅基波功率测量的系统和方法。在示例中,一种方法通过仪表测试系统从一组预限定的电压波形中选择宽带电压波形并且从一组预限定的电流波形中选择宽带电流波形。所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量。所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量。该方法通过仪表测试系统访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量。该方法通过仪表测试系统访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量。该方法通过仪表测试系统通过在测试间隔期间比较基波能量与宽带能量来计算针对被测仪表的预期配准(registration)。该方法还通过在仪表测试系统处并向被测仪表施加所述宽带电压波形和所述宽带电流波形,来从所述被测仪表对测量配准进行测量。所述被测仪表可以被配置成测量来自仅基波分量的功耗。该方法还通过仪表测试系统基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差。当误差超出容限时,该方法将所述被测仪表标识为不合规的。

[0006] 在一方面,访问宽带需求可以包括由仪表测试系统计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期功耗贡献。访问宽带需求可以包括由仪表测试系统计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期功耗贡献。访问宽带需求可以包括由仪表测试系统将所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献组合成功率贡献。访问宽带需求可以包括从所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献的组合中导出所述宽带需求。

[0007] 在一个方面,访问宽带需求包括由仪表测试系统计算所述基波电压分量和所述基

波电流分量的预期无功功率贡献。访问宽带需求可以包括由仪表测试系统计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期无功功率贡献。访问宽带需求可以包括由仪表测试系统将所述预期无功功率贡献和所述附加预期无功功率贡献组合成无功功率贡献。访问宽带需求可以包括从所述功率贡献和所述无功功率贡献的组合中导出所述宽带需求。

[0008] 在一方面,访问基波需求包括计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的功率贡献。

[0009] 在一方面,该方法还包括确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移。该方法还可以包括基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

[0010] 在一方面,所述测量配准由每单位时间的脉冲数来指示。

[0011] 在一方面,访问宽带需求包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

[0012] 在一方面,一种电表系统包括精确电压源、精确电流源、以及包括处理器和存储器的计算设备。计算设备可以被配置成从一组预限定的电压波形中选择宽带电压波形,所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量。计算设备还可以被配置成从一组预限定的电流波形中选择宽带电流波形,所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量。计算设备还可以被配置成从所述存储器访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量。计算设备还可以被配置成从所述存储器访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量。计算设备还可以被配置成由所述处理器通过比较所述基波需求与所述宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准。计算设备还可以被配置成通过使所述精确电压源向所述被测仪表施加所述宽带电压波形并且使所述精确电流源向所述被测仪表施加所述宽带电流波形,来对测量配准进行测量。所述被测仪表被配置成测量仅来自所述基波电压分量和所述基波电流分量的功耗。计算设备还可以被配置成由所述处理器并基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差。计算设备还可以被配置成确定误差何时超出容限,并将所述被测仪表标识为不合规的。

[0013] 在一方面,访问宽带需求可以包括计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期功耗贡献。访问宽带需求可以包括计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期功耗贡献。访问宽带需求可以包括将所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献组合成功率贡献。访问宽带需求可以包括从所述预期功耗贡献和所述附加预期功耗贡献的组合中导出所述宽带需求。

[0014] 在一方面,访问宽带需求可以包括计算所述基波电压分量和所述基波电流分量的预期无功功率贡献。访问宽带需求可以包括计算针对所述谐波电压分量和所述谐波电流分量的附加预期无功功率贡献。访问宽带需求可以包括将所述预期无功功率贡献和所述附加预期无功功率贡献组合成无功功率贡献。访问宽带需求可以包括从所述功率贡献和所述无功功率贡献的组合中导出所述宽带需求。

[0015] 在一方面,计算设备还可以被配置成确定针对宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移来更新误差。

[0016] 在一方面,访问宽带需求包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

[0017] 在一方面,访问基波需求包括计算基波电压分量和基波电流分量的功率贡献。

[0018] 在一方面,计算设备还被配置成确定针对宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移。计算设备还被配置成基于最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移来更新误差。

[0019] 在一方面,仪表测试环境包括:配置成测量来自仅基波分量的功耗的电表、精确电压源、精确电流源、以及包括处理器和存储器的计算设备。计算设备可以被配置成从一组预限定的电压波形中选择宽带电压波形,所述宽带电压波形包括基波电压分量和谐波电压分量。计算设备可以被配置成从一组预限定的电流波形中选择宽带电流波形,所述宽带电流波形包括基波电流分量和谐波电流分量。计算设备可以被配置成从所述存储器访问宽带需求,所述宽带需求指示预期在一段时间内通过所述宽带电压波形和所述宽带电流波形而输送的功率量。计算设备可以被配置成从所述存储器访问基波需求,所述基波需求指示预期在一段时间内通过所述基波电压分量和所述基波电流分量而输送的功率量。计算设备可以被配置成由所述处理器通过比较所述基波需求与所述宽带需求来计算针对被测仪表的预期配准。计算设备可以被配置成通过向仪表施加所述宽带电压波形和所述宽带电流波形,来在电表处对测量配准进行测量。计算设备可以被配置成由所述处理器并基于所述预期配准和所述测量配准来计算针对仪表的误差。计算设备可以被配置成当误差超出容限时,将所述被测仪表标识为不合规的。

[0020] 在一方面,仪表测试环境还包括参考仪表。访问宽带需求可以包括在一段时间内将所述宽带电压波形和已知负载施加到所述参考仪表,并从所述参考仪表获得测量结果。

[0021] 在一方面,访问基波需求包括计算基波分量的功率贡献。

[0022] 在一方面,计算设备还被配置成确定针对所述宽带电压波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于所述最大电压偏移、所述最大电流偏移和所述最大相位偏移来更新误差。

[0023] 提及这些说明性示例不是为了限制或限定本公开,而是提供示例以帮助其理解。在具体实施方式中提供了附加的示例和进一步的描述。

附图说明

[0024] 当参考附图阅读以下具体实施方式时,更好地理解本公开的这些和其他特征、方面和优点,其中:

图1示出配电系统内的示例仅基波电表;

图2示出用于测试电表的示例系统,所述电表被配置成测量来自仅基波波形的功率贡献;

图3是示出用于在宽带测试环境内验证以仅基波模式配置的仪表的示例过程的流程图;

图4示出示例仪表测试设备。

具体实施方式

[0025] 输送到最终用户场所的功率包含基波波形并且还可以包含谐波含量。本公开的方面涉及验证公用事业仪表,其被设计成在测试环境中测量通过基频电压和/或电流波形(例如,120Hz、240Hz)输送的功率,该测试环境被配置成预期基于通过宽带电压和电流波形输送的功率的结果。

[0026] 出于讨论的目的引入以下非限制性示例。在计算设备上执行的仪表测试应用从一组预限定的电压波形中选择精确宽带电压,并且从一组预限定的电流波形中选择电流波形。波形包括在相对于基频的不同相位角处的各种不同的谐波频率分量。

[0027] 继续该示例,仪表测试应用访问预期的宽带需求,该宽带需求指示在一段时间内通过宽带电压和电流波形输送的功率量(例如,1800瓦)。测试应用访问预期的基波需求,该基波需求指示在一段时间内通过宽带波形的基波分量和已知的宽带电流输送的功率量(例如,1815瓦)。该应用通过将基波需求与宽带需求进行比较来计算预期配准(例如,99.17%)。

[0028] 继续该示例,仪表测试应用测试仪表,所述仪表被配置成测量从宽带电压波形和宽带电流波形的仅基波分量中导出的功率。作为响应,仪表输出实际配准,其指示仪表实际测量的功率,例如,99.8%。基于预期配准和实际配准,该应用计算出误差,例如0.6%。基于超出容限的误差,测试应用将仪表标识为超出规格。

[0029] 现在转向附图,图1示出配电系统内的示例仅基波电表。图1描绘了配电环境100,这是其中可以部署仅基波仪表或可被配置成测量由仅基波波形提供的功率的仪表的环境的示例。配电环境100包括变电站110、变压器120、馈线130和端点150中的一个或多个。变电站110接收电功率并经由变压器120将电功率分配到馈线130。继而,馈线130将功率分配到端点150。

[0030] 端点150和仪表160连接到电负载170并且位于场所上。端点150的示例是家庭或企业。仪表160可以配置成在宽带或仅基波模式下操作。例如,在仅基波模式下,仪表160被配置成测量馈线130上的电压的基波分量对由电负载170使用的功耗的贡献,从而忽略存在的任何谐波分量的任何功耗贡献。当地政府可能会要求在仅基波模式下配置仪表,例如因为担心针对谐波功率内容给消费者开账单。当仪表160以基波模式配置时,仪表160仍然可以在环境内进行测试,所述环境也可以对测量宽带功耗的仪表进行测试。在图2中描述了示例系统。

[0031] 电负载170的示例包括空调、灯和工业设备。由于例如非线性电负载的各种原因,输送到端点150的功率可以包括一个或多个谐波频率。例如,如所描绘的,馈线130上的电源电压可以是60Hz处的120伏,但也包括180Hz处的三次谐波。附加的谐波是可能的,例如,300Hz处的五次谐波。

[0032] 仪表160与馈线130串联连接,使得通过将电压从馈线130施加到电负载170而产生的电流通过仪表160。在仅基波模式下,可以使用不同的装置将测量限制为仅基波分量。这种装置的一个示例是滤波器161,其滤除来自馈线130的谐波分量,使得测量设备162能够测量仅基波分量。滤波器161可以是数字或模拟滤波器。仪表160还可以包括显示器163,其可以向用户显示例如当前功耗的信息。

[0033] 图2示出了用于测试电表的示例系统,该电表被配置成测量来自仅基波波形的功率贡献。图2描绘了测试环境200,其包括仪表测试系统201和仪表260。仪表测试系统201可

配置成测试仪表260。仪表260可被配置成在宽带或仅基波模式下操作。

[0034] 如关于图3进一步解释的,仪表测试系统201向测试仪表260提供已知电压和已知电流,从而导致来自仪表260的输出,其指示仪表260处的功耗或配准。基于预期值,仪表测试系统201可以确定仪表260是否符合相关标准。

[0035] 更具体地,仪表测试系统201包括计算系统210、数据库212和宽带精确功率源213。计算系统210(其示例参考图4进一步描述)可以执行仪表测试应用211。仪表测试应用211可以计算例如预期仅基波需求、宽带需求和预期误差之类的参数,并将这些参数存储在数据库212中。

[0036] 宽带精确功率源213是可以产生一个或多个宽带电压和电流波形的精确功率源。每个电压和电流波形包括基频(例如,60Hz)和一个或多个谐波。可以独立地控制所产生的电压和电流,以施加到被测仪表。此外,可以独立地调整振幅、相位和谐波含量。

[0037] 因为谐波含量是已知的,例如,如由相对于基频的振幅和相位所指定的,所以仪表测试系统201可以基于预期仅基波和宽带需求来计算预期配准和误差。在一些情况下,仪表测试系统201可以包括已知负载。可以使用已知负载来代替受控产生的电流。已知负载可以具有已知的电阻和电抗,从而导致基于施加的电压来形成电流。通过调整测试电流相对于测试电压的振幅和相位,可以调整已知测试负载的电抗。以此方式,可以使用一系列不同的配置来测试仪表260以提高测试覆盖范围。

[0038] 在一些情况下,例如宽带精确功率源213之类的功率输送机制至少是被测设备的稳定性的四倍。稳定性是指源输送的电压和电流的一致性以及测量的一致性。例如,测试源准确性应大于0.05%。相比之下,当今市售的一些设备能够为0.005%。

[0039] 图3是示出用于验证在宽带测试环境内以仅基波模式配置的仪表的示例过程的流程图。过程300可以由计算系统210执行。在一个示例中,过程300涉及基于仪表260测量仅基波内容来计算要由仪表260测量的预期功耗量。仪表260输出测量的功耗,这有助于确定仪表是否在规格或容限内。

[0040] 在框301,过程300涉及由仪表测试系统从一组预限定的电压波形中选择宽带电压波形并且从一组预限定的电流波形中选择宽带电流波形。宽带电压波形和宽带电流波形中的每个可以包括基波分量和一个或多个谐波分量。例如,波形可以包含60Hz处的基波、180Hz处的三次谐波和300Hz处的五次谐波。每个谐波分量可以相对于基波波形相移了相同的相位量或不同的相位量。

[0041] 宽带测试波形可以被创建成匹配由例如美国国家标准协会(ANSI)之类的标准所规定的波形。在一个示例中,预限定的电压波形包括从C12.20-2015中限定的谐波波形而创建的波形。符合ANSI C12.20的仪表对宽带功耗进行测量,因此参考或预期输出是假设宽带功率测量的功耗度量。

[0042] 表1示出了示例波形的基波和谐波分量的参数。表1从左到右示出了谐波号(其中一次谐波是基频)、电压、电压相位、电流和电流相位。如从表1中可以看出的,波形包括基波(一次谐波)和从3到19的9个总谐波奇数号。

[0043] 每个谐波分量包括相对于基频的相位 ϕ 。如所示,五次电压谐波相对于基频异相180度,而五次电流谐波与电流的基频同相。

谐波	V(%)	相位 ϕ (度)	I(%)	相位 θ (度)
1 (基波)	100.00%	0	100.00%	0
3	3.80%	0	80.00%	180
5	2.40%	180	60.00%	0
7	1.70%	0	40.00%	180
9	1.50%	180	22.00%	0
11	1.10%	0	12.00%	180
13	0.80%	180	5.00%	0
15	0.60%	0	2.00%	180
17	0.40%	180	1.00%	0
19	0.30%	0	0.50%	180
表 1: 示例波形				

在框302,过程300涉及由仪表测试系统访问宽带需求,该宽带需求指示预期在一段时间内通过宽带电压波形和宽带电流波形输送的功率量。访问宽带需求可以包括从数据库212或从另一个源读取预定的宽带需求。宽带需求是理想仪表在特定时间间隔内的预期功耗或能量,所述理想仪表测量来自基波和谐波波形两者的能量贡献。能量可以是有源(电阻)或无功的。

[0044] 表2示出了针对被提供宽带电压波形和已知宽带波形的仪表的预期配准计算。表2中的信息有助于宽带需求计算。

谐波	电压			电流			W, Var, Va
	V(%)	V ²	相位 ϕ (度)	I(%)	I ²	相位 θ (度)	需求
1	100.00%	1	0	100.00%	1	0	100.000%
3	3.80%	0.001444	0	80.00%	0.64	180	-3.040%
5	2.40%	0.000576	180	60.00%	0.36	0	-1.440%
7	1.70%	0.000289	0	40.00%	0.16	180	-0.680%
9	1.50%	0.000225	180	22.00%	0.0484	0	-0.330%
11	1.10%	0.000121	0	12.00%	0.0144	180	-0.132%
13	0.80%	0.000064	180	5.00%	0.0025	0	-0.040%
15	0.60%	0.000036	0	2.00%	0.0004	180	-0.012%
17	0.40%	0.000016	180	1.00%	0.0001	0	-0.004%
19	0.30%	0.000009	0	0.50%	0.000025	180	-0.0015%
	总和	1.002719		总和	2.2253		
波形振幅 (RMS)	RMS = 100.14%			RMS = 149.17%			总需求 94.32% 预期误差 106.02%

表 2: 用于示例宽带波形的预期配准计算

[0045] 如可以看出的,表2针对电压和电流波形的每个分量示出了每个谐波的振幅、振幅的平方和相位。相位相对于基波分量。最后一列指示来自每个相应波形的需求值或功率贡献。如所示,每个谐波的振幅相对于基波(其是100%)被归一化。

[0046] 在一些情况下,仪表测试应用211可以使用理想仪表的模型来确定宽带需求。在其他情况下,仪表测试应用211可以测量参考仪表处的配准并将配准用作预期需求。

[0047] 基波需求和宽带需求可以不同。例如,由于降低或增加到功率的谐波分量,来自仅基波波形的功率贡献可能导致检测到的功率高于或低于实际输送的功率。可以使用不同的计算方法来确定需求。不同模式的示例包括瓦时法、VA向量法、乏时积分法或ANSI C12.24标准中限定的其他方法。此外,仪表测试应用211可以基于与仪表260用于计算其配准的不同的能量方法来计算宽带需求。

[0048] 宽带需求可以通过将电压和电流波形的基波和谐波分量的单独贡献相加来计算。例如,使用瓦时法,总功率贡献是例如来自基波和谐波的所有单独功率贡献的总和。例如,对于给定的谐波,功率需求贡献 P_i 为:

$$P_i = V_i * \cos(\phi_i) * I_i * \cos(\theta_i),$$

其中, V_i 是相应电压, ϕ_i 是相应电压的相位角, I_i 是相应电流, 并且 θ_i 是相应电流的相位。

[0049] 因此,考虑三次谐波作为示例, $(3.80\%) * \cos(0度) * (80.00\%) * \cos(180度) = -$

3.040%。因此，三次谐波会导致基波分量的预期需求值减少-3.040%。

[0050] 总需求贡献P可以通过对单独的功率贡献求和来计算：

$$P = \sum_{i=1}^n P_i。$$

[0051] 将所有需求值相加导致相对于仅基波分量的94.32%的总需求。仪表260的预期误差为106.02% (1/94.32%)。因此，当提供该波形时，仪表260被预期成与整个波形配准106.02%的功率。

[0052] 相反，使用伏安 (VA) 向量法，仪表测试应用211针对每个谐波单独地计算VA (无功功率) 贡献和功率贡献。例如，仪表测试应用211计算基波分量的预期无功功率贡献和针对谐波分量的附加预期无功功率贡献。仪表测试应用211组合预期无功功率贡献和附加预期无功功率贡献，并从功率贡献和无功功率贡献的组合中导出宽带需求。例如，功率和无功功率贡献的组合可以被组合以通过以下方式计算总需求：

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^n VA_i + \sum_{i=1}^n P_i},$$

其中， P_i 是针对给定谐波的功率需求贡献，并且 VA_i 是针对给定谐波的伏安贡献。

[0053] 另外，在另一个示例中，仪表测试应用211可以使用乏时积分法。该方法涉及通过以下方式计算乏时：

$$P = \sqrt{VAh^2 + Wh^2}, \text{ 其中}$$

VAh 指VA时并且 Wh 指瓦时。

[0054] 在框303，过程300涉及由仪表测试系统访问基波需求，该基波需求指示预期在一段时间内通过基波电压分量和基波电流分量输送的功率量。仅基波需求是针对测量仅基波内容 (无论提供给仪表的波形如何) 的仪表所预期的功率测量。继续以上关于表2所讨论的示例，仪表测试系统201将基波分量的需求计算为100%。

[0055] 在框304，过程300涉及由仪表测试系统通过将基波需求与宽带需求进行比较来计算针对被测仪表的预期配准。预期配准被限定为被测仪表将测量的内容 (例如，仅基波功率) 与输送到仪表以进行测试的宽带能量之间的预期差异。如进一步解释的，由于仪表不精确或误差，实际配准可能与预期配准不同。

[0056] 预期配准可以如下那样计算：

$$\text{预期配准 (\%)} = \frac{\text{仅基波需求}}{\text{宽带需求}} * 100\%。$$

[0057] 此外，预期误差可以如下那样计算：

$$\text{预期误差 (\%)} = \left(\frac{\text{仅基波需求}}{\text{宽带需求}} - 1 \right) * 100\%。$$

[0058] 表3 (其基于表2) 示出了用于ANSI C12.20 5.5.6.3脉冲波形的示例误差计算。如可以看出的，预期配准可以高于、等于或低于100%。

[0059] 在一些情况下，仪表测试应用211考虑宽带精确功率源213中的电压、电流或相位的变化。例如，宽带精确功率源213和/或测试标准可以具有某些容限，其可以在预期需求中

计及。

[0060] 因此,在框304,过程300还可以涉及确定针对波形的最大电压偏移、最大电流偏移和最大相位偏移,并基于这些偏移来更新误差。如下表3所见,基频和每个谐波可具有由于电压、电流或相位而导致的误差。每个分量基于这些最大误差而修改需求。因此,如所示,波形的总需求被修改为94.3205949%,这与上面表3中的结果略有不同。仪表测试应用211可以在确定仪表是否超出规格时,考虑该更新总需求。

谐波	需求	最大电压偏移	最大电流偏移	最大相位偏移	基于精确源的最大误差的修改需求
1	100 %	0.00005	0.00005	0.005	100.0001 %
3	-3.04 %	0.0000019	0.00004	0.005	-3.04000303 %
5	-1.44 %	0.0000012	0.00003	0.005	-1.44000143 %
7	-0.68 %	8.5E-07	0.00002	0.005	-0.68000068 %
9	-0.33 %	7.5E-07	0.000011	0.005	-0.33000033 %
11	-0.132 %	5.5E-07	0.000006	0.005	-0.13200013 %
13	-0.04 %	0.0000004	2.5E-06	0.005	-0.04000004 %
15	-0.012 %	0.0000003	0.000001	0.005	-0.01200001 %
17	-0.004 %	0.0000002	5E-07	0.005	-0.004 %
19	-0.0015 %	1.5E-07	2.5E-07	2	-0.00149909 %
					总需求 94.3205949%

表 3: 基于源中的误差的更新需求计算

[0061] 在框305,过程300涉及通过在仪表测试系统处和向被测仪表施加宽带电压分量和宽带电流波形来从被测仪表对测量配准进行测量。仪表260输出测量结果,该测量结果可以是脉冲形式,其指示在一段时间内的测量的功耗。脉冲输出可以表示“Quanta”或消耗的能量单位。该值可以称为仪表的“KH”,并表达(对于瓦时)为瓦时/脉冲。

[0062] 实际配准计算如下:

$$\text{实际配准 (\%)} = \frac{\text{测量配准}}{\text{预期配准}} * 100\%,$$

其中,测量配准是由被测仪表在被提供宽带波形时输出的实际功率测量。

[0063] 在框306,过程300涉及由仪表测试系统基于预期配准和测量配准来计算仪表的实际误差。在一个示例中,实际误差可以计算如下:

$$\text{实际误差 (\%)} = \left(\frac{\text{测量配准}}{\text{预期配准}} - 1 \right) * 100\%。$$

[0064] 在框307,过程300涉及响应于检测到误差超出容限,而将被测仪表标识为不合规的。如果误差在容限内,则可以将仪表标识为适合部署。

[0065] 用于测试的宽带波形

在足够大的一组测试波形上,仪表测试系统201可以确保根据标准来验证仪表260。可以使用不同的测试波形和不同的功率测量方法。表4示出了被用于需求计算和/或不同仪表计算的能量模式的不同组合的预期配准。为了创建附加的测试波形,可以使用时移

方法。例如，谐波可以偏移 n *角度，其中 n 是相应的谐波阶次。

仪表能量模式	参考能量模式	基波相位*	预期配准
瓦时	瓦时	0, 180	106.021%
瓦时	瓦时	60, 120, 240, 300	95.724%
乏时积分法	乏时积分法	90, 270	106.021%
乏时积分法	乏时积分法	30, 150, 210, 330	95.724%
VA 向量	VA 积分	0, 180	106.021%
VA 向量	VA 积分	60, 120, 240, 300	98.733%
VA 向量	VA 积分	30, 150, 210, 330	99.042%

表 4: 谐波信号的功率因数测量

[0066] 表5示出了针对示例测试波形的宽带需求计算。如可以看出的，宽带波形的总需求为104.47%，即，谐波分量增加了可用功率。仪表的部分上的预期误差为95.72%。

谐波	电压			电流			W, Var 需求
	V(%)	V ²	相位 ϕ (度)	I(%)	I ²	相位 θ (度)	
1	100.00%	1	0	100.00%	1	60	100.000%
3	3.80%	0.001444	0	80.00%	0.64	0	6.080%
5	2.40%	0.000576	180	60.00%	0.36	300	-1.440%
7	1.70%	0.000289	0	40.00%	0.16	240	-0.680%
9	1.50%	0.000225	180	22.00%	0.0484	180	0.660%
11	1.10%	0.000121	0	12.00%	0.0144	120	-0.132%
13	0.80%	0.000064	180	5.00%	0.0025	60	-0.040%
15	0.60%	0.000036	0	2.00%	0.0004	0	0.024%
17	0.40%	0.000016	180	1.00%	0.0001	300	-0.004%
19	0.30%	0.000009	0	0.50%	0.000025	240	-0.0015%
	总和	1.002719		总和	2.2253		
波形振幅 (RMS)	RMS =	100.14%		RMS =	149.17%		总需求 104.47% / 预期误差 95.72%

表 5: 示例波形的需求计算

[0067] 表6示出了针对示例测试波形的宽带需求计算。如可以看出的，宽带波形的总需求为100.80%，即，谐波分量增加了可用功率。仪表的部分上的预期误差为99.21%。

谐波	电压			电流			W, Var
	V(%)	V ²	相位 ϕ (度)	I(%)	I ²	相位 θ (度)	需求
1	100.00%	1	0	100.00%	1	0	100.000%
3	3.80%	0.001444	0	80.00%	0.64	180	1.013%
5	2.40%	0.000576	180	60.00%	0.36	0	-0.288%
7	1.70%	0.000289	0	40.00%	0.16	180	0.097%
9	1.50%	0.000225	180	22.00%	0.0484	0	-0.037%
11	1.10%	0.000121	0	12.00%	0.0144	180	0.012%
13	0.80%	0.000064	180	5.00%	0.0025	0	-0.003%
15	0.60%	0.000036	0	2.00%	0.0004	180	0.001%
17	0.40%	0.000016	180	1.00%	0.0001	0	0.000%
19	0.30%	0.000009	0	0.50%	0.000025	180	0.000%
	总和	1.002719		总和	2.2253		
波形振幅 (RMS)	RMS =	100.14%		RMS =	149.17%		总需求 100.80%/ 预期误差 99.21%

表 6: 附加示例波形的需求计算

[0068] 示例测试结果

如所讨论的, 仪表测试应用211可以用不同的宽带波形来测试仪表260。示例测试数据如下表7所示。

能量模式 (参考)	能量模式 (被测 仪表))	测量配准	预期配准	误差 (%)
Wh	Wh	105.95	106.021	-0.068
Wh	Wh	105.98	106.021	-0.035
Wh	Wh	95.74	95.724	0.014
Wh	Wh	95.75	95.724	0.021
Wh	Wh	95.75	95.724	0.021
Wh	Wh	95.74	95.724	0.012
Wh	Wh	105.99	106.021	-0.033
Wh	Wh	106.01	106.021	-0.009
Wh	Wh	95.69	95.724	-0.033
Wh	Wh	95.75	95.724	0.025
Wh	Wh	95.74	95.724	0.013
Wh	Wh	95.71	95.724	-0.015

Varh INT	Varh INT	105.93	106.021	-0.091
Varh INT	Varh INT	105.96	106.021	-0.043
Varh INT	Varh INT	95.72	95.724	-0.005
Varh INT	Varh INT	95.73	95.724	0.001
Varh INT	Varh INT	95.71	95.724	-0.012
Varh INT	Varh INT	95.72	95.724	-0.007
Varh INT	Varh INT	105.95	106.021	-0.070
Varh INT	Varh INT	105.94	106.021	-0.080
Varh INT	Varh INT	95.69	95.724	-0.037
Varh INT	Varh INT	95.70	95.724	-0.029
Varh INT	Varh INT	95.66	95.724	-0.068
Varh INT	Varh INT	95.42	95.724	-0.107
VA INT	VAh 向量	105.98	106.021	-0.044
VA INT	VAh 向量	105.99	106.021	-0.033
VA INT	VAh 向量	98.67	98.733	-0.061
VA INT	VAh 向量	98.66	98.733	-0.076
VA INT	VAh 向量	98.67	98.733	-0.043
VA INT	VAh 向量	98.60	98.733	-0.132
VA INT	VAh 向量	106.01	106.021	-0.007
VA INT	VAh 向量	106.01	106.021	-0.013
VA INT	VAh 向量	98.69	98.733	-0.044
表 7: 示例测试结果				

[0069] 示例计算设备

图4示出了示例计算设备。任何合适的计算系统都可以用于执行本文描述的操作，例如实现计算系统210。计算设备400的描绘示例包括通信地耦合到一个或多个存储器设备404的处理器402。处理器402执行存储在存储器设备404中的计算机可执行程序代码430，访问存储在存储器设备404中的数据420，或两者。处理器402的示例包括微处理器、专用集成电路(“ASIC”)、现场可编程门阵列(“FPGA”)或任何其他合适的处理设备。处理器402可以包括任何数量的处理设备或核，包括单个处理设备。计算设备的功能可以用硬件、软件、固件或其组合来实现。

[0070] 存储器设备404包括用于存储数据、程序代码或两者的任何合适的非暂时性计算机可读介质。计算机可读介质可以包括能够为处理器提供计算机可读指令或其他程序代码的任何电子、光学、磁性或其他存储设备。计算机可读介质的非限制性示例包括闪存存储器、ROM、RAM、ASIC或处理设备可从中读取指令的任何其他介质。指令可以包括由编译器或解释器根据以任何合适的计算机编程语言而编写的代码所生成的处理器特定指令，所述语言包括例如C、C++、C#、Visual Basic、Java或脚本语言。

[0071] 计算设备400还可以包括多个外部或内部设备，例如输入或输出设备。例如，计算

设备400被示为具有一个或多个输入/输出(“I/O”)接口408。I/O接口408可以从输入设备接收输入或向输出设备提供输出。一个或多个总线406也包括在计算设备400中。总线406通信地耦合计算设备400中的相应一个的一个或多个组件。

[0072] 计算设备400执行程序代码430,该程序代码430将处理器402配置成执行本文描述的一个或多个操作。例如,程序代码430使处理器执行图3中描述的操作。

[0073] 计算设备400还包括网络接口设备410。网络接口设备410包括适合于建立到一个或多个数据网络的有线或无线数据连接的任何设备或设备组。网络接口设备410可以是无线设备并且具有天线414。计算设备400可以使用网络接口设备410经由数据网络与实现计算设备或其他功能的一个或多个其他计算设备进行通信。

[0074] 计算设备400还可以包括显示设备412。显示设备412可以是LCD、LED、触摸屏、或可操作以显示关于计算设备400的信息的其他设备。例如,信息可以包括计算设备的操作状态、网络状态等。

[0075] 一般考虑

虽然已经关于本主题的特定方面详细地描述了本主题,但是应当理解,本领域技术人员在获得对前述内容的理解后,可以容易地产生对这些方面的更改、这些方面的变化和这些方面的等价物。因此,应当理解,本公开是出于示例而非限制的目的而呈现的,并且不排除包括对本主题的此类修改、变化和/或添加,如对于本领域普通技术人员来说显而易见的。

100

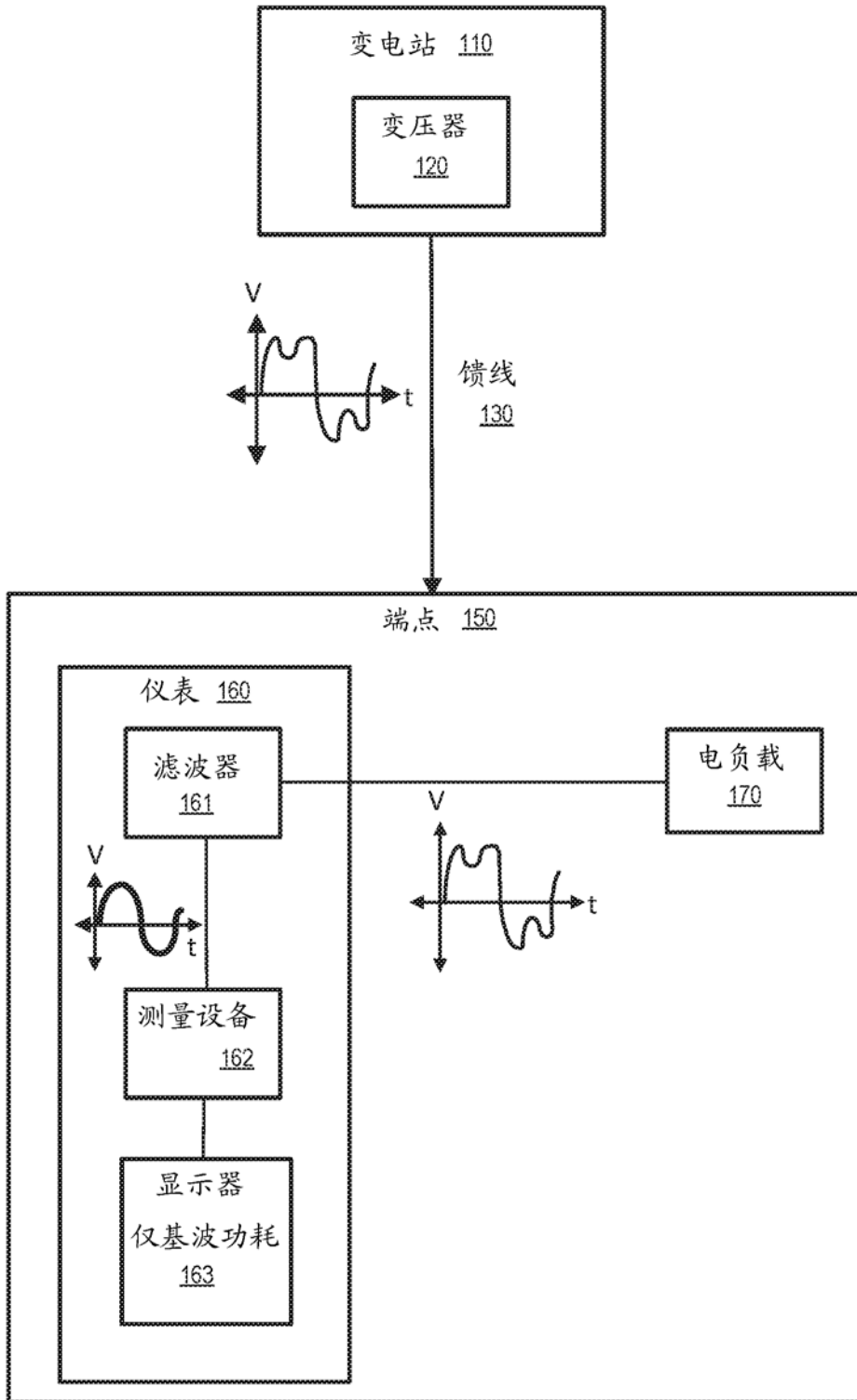


图 1

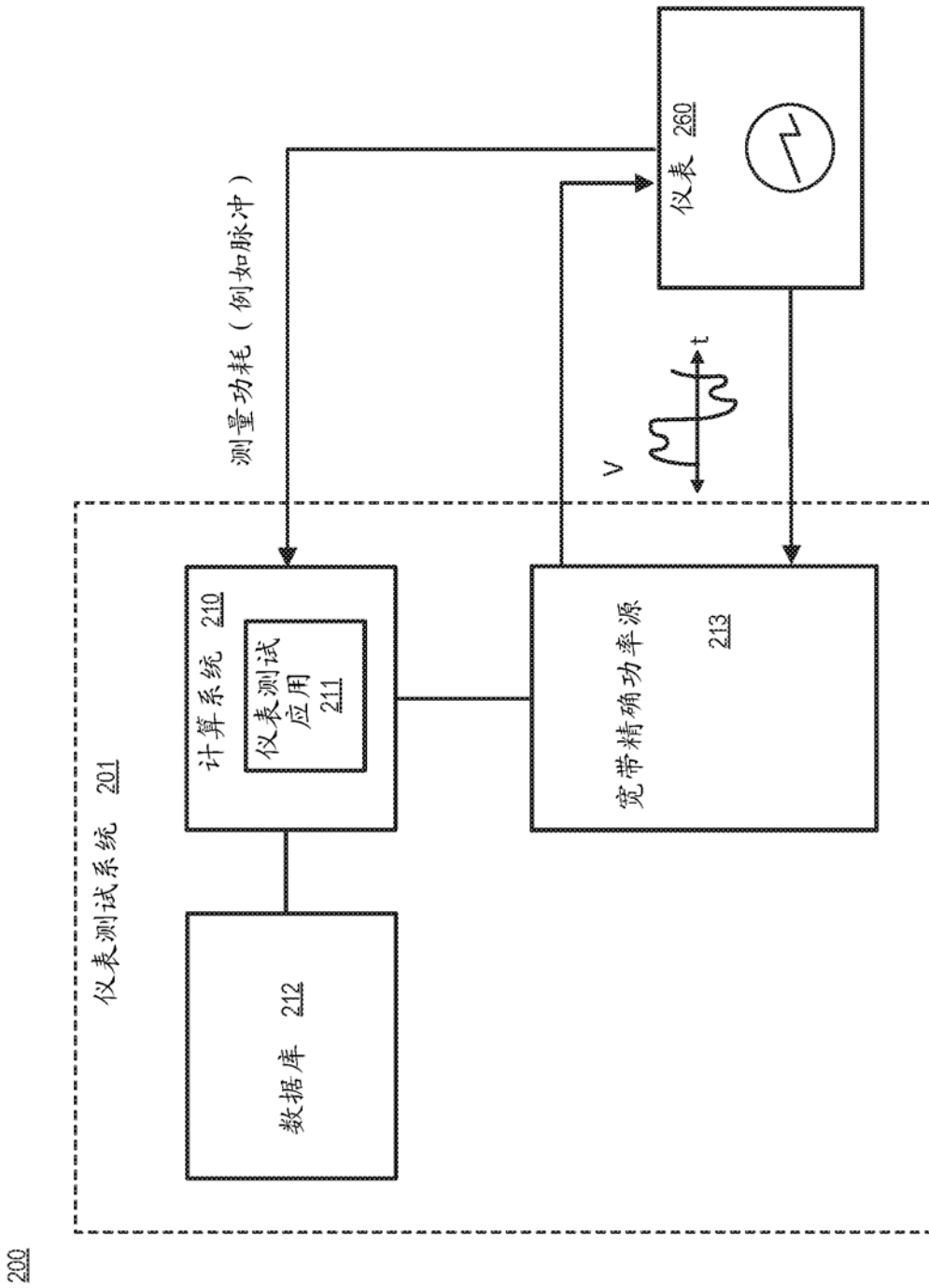


图 2

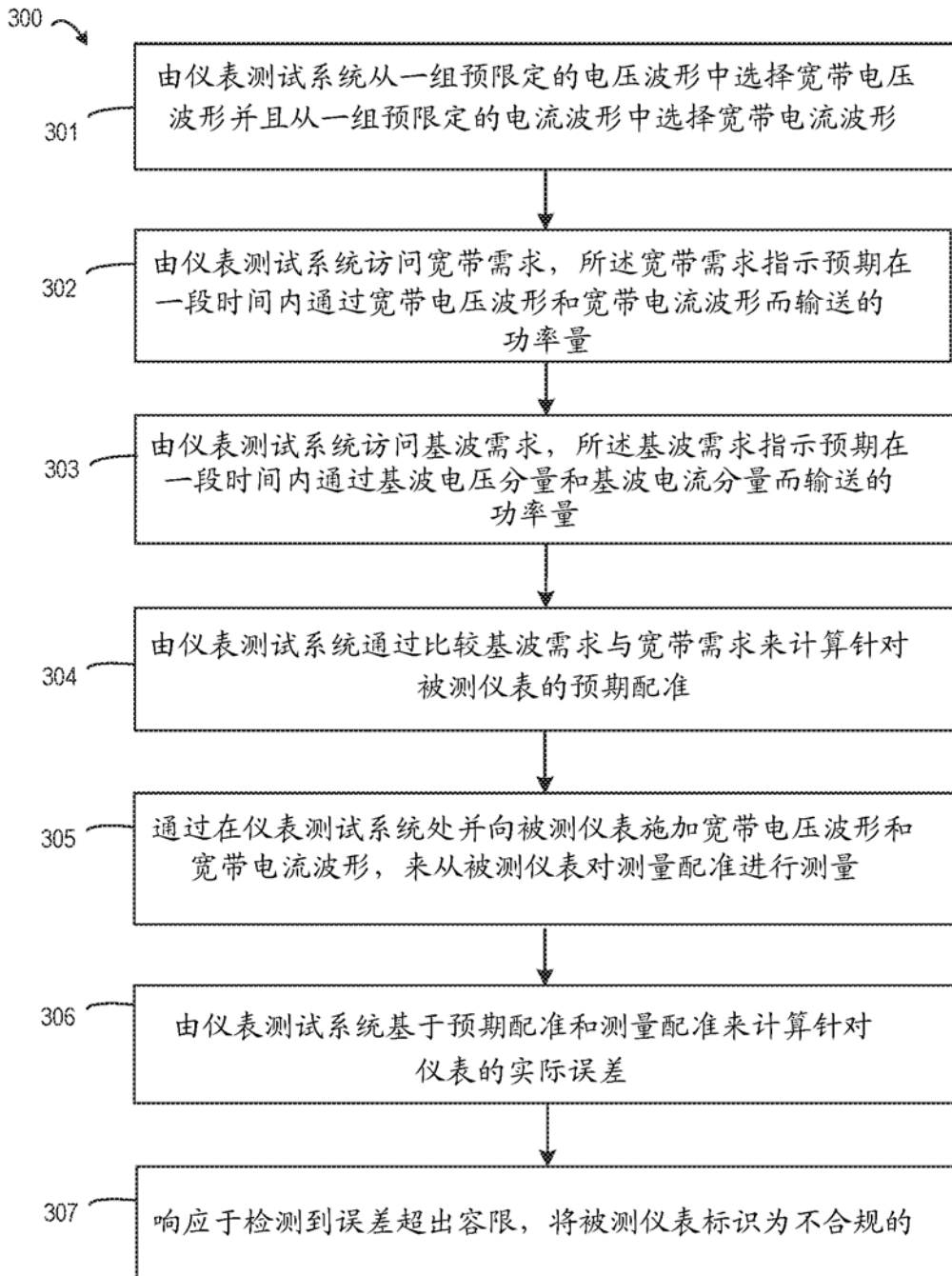


图 3

400 ↗

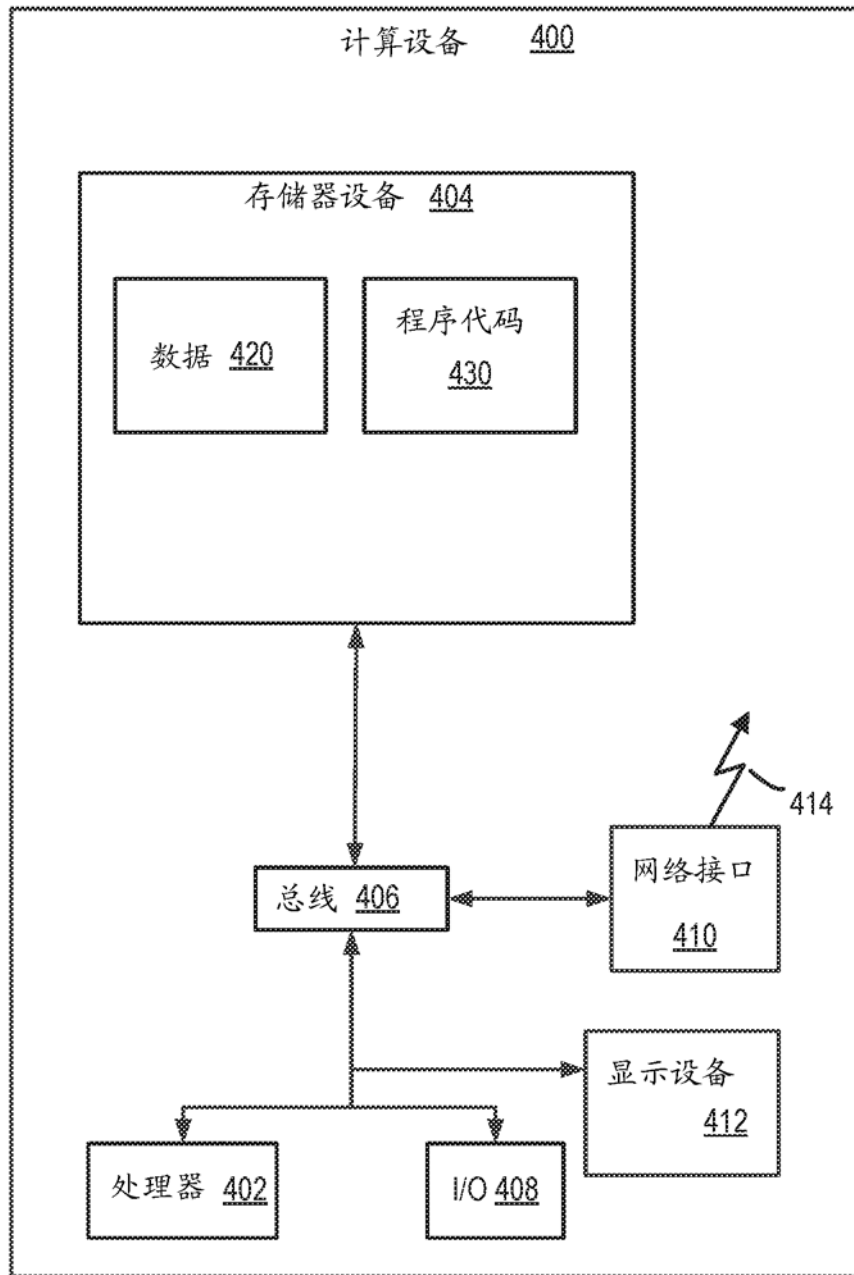


图 4