



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113261194 A

(43) 申请公布日 2021.08.13

(21) 申请号 202080007775.5

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所
11105

(22) 申请日 2020.01.03

代理人 侯宇

(30) 优先权数据

62/788,247 2019.01.04 US

(51) Int.Cl.

H02M 7/49 (2006.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2021.07.01

H02M 7/5395 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2020/012144 2020.01.03

(87) PCT国际申请的公布数据

WO2020/142661 EN 2020.07.09

(71) 申请人 西门子股份公司

地址 德国慕尼黑

(72) 发明人 福田佑辅 M.拉斯托吉

R.H.奥斯曼

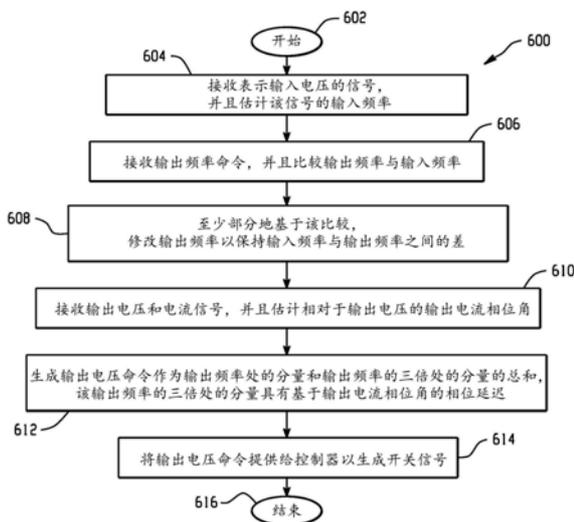
权利要求书2页 说明书7页 附图7页

(54) 发明名称

减少电源中的输入谐波失真

(57) 摘要

提供了用于减少电源的输入谐波失真的系统的实施例。该系统包括耦合到电源的功率源。该电源包括输入级,被配置为从电源接收输入信号,其中以已知的输入频率接收该输入信号;以及转换级,被操作为将输入信号转换为输出信号,其中输出信号具有输出频率。该电源还包括输出级,其被操作为基于输出信号生成输出功率;以及控制器,被配置为将控制信号提供给电源的输出级以修改输出信号。还提供了用于减少电源的输入谐波失真的电源和方法的实施例。



1. 一种用于减少电源的输入谐波失真的系统,所述系统包括:
耦合到电源的功率源;
所述电源包括:
输入级,被配置为从所述电源接收输入信号,其中以已知的输入频率接收所述输入信号;
转换级,被操作为将所述输入信号转换为输出信号,其中所述输出信号具有输出频率;
输出级,被操作为基于所述输出信号生成输出功率;以及
控制器,被配置为将控制信号提供给所述电源的输出级以修改所述输出信号。
2. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述控制器还包括用来修改所述输出信号的控制和脉冲带宽调制(PWM)模块。
3. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述控制通过将不同的频率分量注入到所述输出信号来修改所述输出信号。
4. 根据权利要求3所述的系统,其中,所注入的频率分量是所述输出信号的所述输出频率的三倍的频率分量,并且具有依赖于负载功率因数的相移,所述相移减少所述电源的所述输入级处的失真。
5. 根据权利要求1所述的系统,其中,所述输入信号是来自所述功率源的三相输入信号。
6. 根据权利要求1所述的系统,还包括负载,所述负载对修改后的输出信号中的任何失真不敏感。
7. 根据权利要求2所述的系统,其中,所述功率源是驱动单相负载的三相功率源。
8. 根据权利要求7所述的系统,其中,所述单相负载是无源负载。
9. 根据权利要求8所述的系统,其中,所述单相负载是用于传输流体的管道。
10. 根据权利要求1所述的系统,还包括一个或多个直流(DC)链路电容器,其中所述一个或多个DC链路电容器耦合所述电源的所述输入级和所述输出级。
11. 一种用于减少电源的输入谐波失真的方法,所述方法包括:
接收表示输入电压的信号,并且估计所述信号的输入频率;
接收输出频率命令,并且比较输出频率与所述输入频率;
至少部分地基于所述比较,修改所述输出频率以保持所述输入频率与所述输出频率之间的差;
接收输出电压和电流信号,并且估计相对于所述输出电压的输出电流相位角;
至少部分地基于所述输出频率和所述输出电流相位角来生成输出电压命令;以及
将所述输出电压命令提供给控制器以生成开关信号。
12. 根据权利要求11所述的方法,其中,如果所述比较的值小于预定义限值,则通过向所述输出频率添加或减去所述预定义限值来调节所述输出频率。
13. 根据权利要求11所述的方法,其中,如果所述比较的值大于预定义限值,则不调节所述输出频率。
14. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述输出电压命令是所述输出频率处的分量与所述输出频率的三倍处的分量的总和,所述输出频率的三倍处的分量具有至少部分地基于所述输出电流相位角的相位延迟。

15. 根据权利要求11所述的方法,其中,所述输出电压用于对单相负载生成热量。

16. 根据权利要求15所述的方法,其中,所述单相负载是用于传输流体的管道。

17. 一种电源,包括:

输入级,被配置为从电源接收输入信号,其中所述输入信号在具有已知的输入频率的情况下被接收;

输出级,被配置为以输出频率提供输出功率;以及

控制器,被配置为将控制信号提供给所述电源的所述输出级,其中所述控制器还包括控制和用来生成修改所述输出信号的所述控制的脉冲宽度调制 (PWM) 模块,所述控制通过将频率分量注入到所述输出信号来修改所述输出信号以驱动单相负载,所述输出信号具有依赖于负载功率因数的相移。

18. 根据权利要求17所述的电源,其中,所述输出级包括开关的H桥配置。

19. 根据权利要求17所述的电源,其中,修改后的输出信号驱动对修改后的输出信号中的任何失真不敏感的负载。

20. 根据权利要求17所述的电源,还包括一个或多个直流 (DC) 链路电容器,其中所述一个或多个DC链路电容器连接到在所述电源的所述输入级和所述输出级之间的链路。

减少电源中的输入谐波失真

背景技术

[0001] 本发明总体上涉及具有三相输入功率和单相负载的电源(power supply)。本公开涉及减少这样的电源中的输入谐波失真。

[0002] 许多电源利用整流器作为前端转换器以将三相输入变换为基本上直流(DC)输出。整流器在其输入中产生6-脉冲谐波电流,同时提供输入频率的6倍的输出电压谐波。电容器组(capacitor bank)用于整流器输出处,以滤除这些电压谐波中的一些,并且减弱由将DC电压变换为可变频率输出电压的输出交流(AC)逆变器产生的谐振。取决于负载的需求,AC逆变器可以具有三相输出或者单相输出。在一些应用中,整流器、DC电容和逆变器的配置构成为负载供电的整个电源。单独地,这样的配置在本公开中被称为功率单元。

[0003] 在例如示例性实施例中描述的其他应用中,多个功率单元用于在输出处形成中压产生电路,同时在输入处利用多次级绕组变压器来为每个整流器供电。每个功率单元中的逆变器具有与来自其它功率单元的逆变器串联连接的单相输出,以在每相中提供中压输出。可以连接三相输出负载,或者以更简单的形式,如果仅使用一个输出相,则可以为单相负载供电。变压器的次级绕组被相移以抵消由单独的整流器生成的6-脉冲谐波。由于谐波抵消,输入电流或多绕组变压器中的初级绕组电流大大减少了谐波。

[0004] 当负载是三相平衡负载时,所传递的总输出功率具有基本上DC值。然后需要电源的输入源提供基本恒定的功率,从而导致平衡的电流。由于使用相移的次级绕组,输入电流中的谐波失真也是低的。当负载是单相输出负载,并且输出功率在输出频率的两倍处具有很大的波动时,将出现问题。该波动没有被电容器组减弱,因为电容器组的主要功能是滤除输入频率的6倍处的谐波和逆变器的开关频率处的那些谐波。输出功率波动转移到电源的输入侧,造成出现不期望的频率。这些电流可能造成不期望的影响,例如馈送电源的功率系统中的闪烁和谐波损失。

发明内容

[0005] 本公开的实施例涉及一种用于减少电源的输入谐波失真的系统。该系统的非限制性示例包括耦合到电源的功率源。该电源包括:输入级,该输入级被配置为从电源接收输入信号,其中以已知的输入频率接收输入信号;以及转换级,该转换级被操作为将输入信号转换为输出信号,其中该输出信号具有输出频率。电源还包括输出级,该输出级被操作为基于输出信号生成输出功率;以及控制器,该控制器被配置为将控制信号提供给电源的输出级以修改输出信号。

[0006] 除了本文描述的特征中的一个或多个之外,或作为替代,另外的实施例包括具有修改输出信号的控制和脉冲带宽调制(PWM)模块的控制器。在一个或多个实施例中,控制通过将不同的频率分量注入到输出信号来修改输出信号。

[0007] 除了本文描述的一个或多个特征之外,或作为替代,另外的实施例包括注入频率分量,该频率分量是输出信号的输出频率的三倍,并且具有依赖于负载功率因数的相移,这减少了电源输入级处的失真。

[0008] 本公开的实施例涉及一种用于减少电源中的输入谐波失真的方法。该方法的非限制性示例包括接收表示输入电压的信号,并且估计该信号的输入频率;接收输出频率命令,并且比较输出频率与输入频率;以及至少部分地基于该比较,修改输出频率以保持输入频率与输出频率之间的差。该方法还包括接收输出电压和电流信号,并且估计相对于输出电压的输出电流相位角;至少部分地基于输出频率和输出电流相位角生成输出电压命令;以及将输出电压命令提供给控制器以生成开关信号。

[0009] 本公开的实施例涉及一种用于减少输入谐波失真的电源。该电源的非限制性示例包括输入级,该输入级被配置为从电源接收输入信号,其中在输入信号具有已知的输入频率时接收该输入信号;以及输出级,该输出级被配置为以输出频率提供输出功率。该电源还包括控制器,该控制器被配置为将控制信号提供给电源的输出级,其中控制器还包括控制和用来生成修改输出信号的控制的脉宽调制(PWM)模块,该控制通过将频率分量注入输出信号来修改输出信号,其具有依赖于负载功率因数的相移,以驱动单相负载。

[0010] 通过本发明的技术实现了附加的技术特征和益处。本发明的实施例和方面在本文中被详细描述,并且被认为是所要求保护的主体的一部分。为了更好地理解,请参考具体描述和附图。

附图说明

[0011] 在说明书结尾处的权利要求中特别指出并明确要求的本文描述的专有权的细节。根据结合附图的以下详细描述,本发明实施例的前述以及其他特征和优点将变得显而易见,其中:

[0012] 图1A描绘了根据一个或多个实施例的用于减少输入谐波失真的系统和电源的图;

[0013] 图1B描绘了根据一个或多个实施例的用于减少输入谐波失真的系统和电源的图;

[0014] 图2描绘了在没有输出频率分量注入的情况下的三相输入电流波形;

[0015] 图3描绘了图2的三相输入电流的谐波分量;

[0016] 图4描绘了根据一个或多个实施例的在具有输出频率分量注入的情况下的三相输入电流波形;

[0017] 图5描绘了图4的三相输入电流的谐波分量;以及

[0018] 图6描绘了用于减少电源的输入谐波失真的方法的流程图。

[0019] 本文描绘的图是说明性的。在不脱离本发明的精神的情况下,可以存在对其中描述的图或操作的许多变体。例如,可以以不同的顺序执行动作,或者可以添加、删除或修改动作。此外,术语“耦合”及其变体描述了在两个元件之间具有通信路径,并不意味着在元件之间没有中间元件/连接的情况下元件之间的直接连接。所有这些变体都被认为是说明书的一部分。

[0020] 在附图和以下对所公开的实施例的详细描述中,附图中所示的各种元件具有两位或三位数字的附图标记。除了少数例外,每个附图标记的最左边的数字对应于该元件首次被示出的图。

具体实施方式

[0021] 下文描述的组成各种实施例的组件和材料旨在说明性的而非限制性的。将执行与

本文描述的材料相同或相似功能的许多合适组件和材料都涵盖在本发明实施例的范围内。

[0022] 本文参考相关附图描述了本发明的各种实施例。在不脱离本发明的范围的情况下,可以设计出本发明的替代实施例。各种连接和位置关系(例如,上方、下方、邻近等)在以下描述和附图中的元件之间进行阐述。除非另有说明,否则这些连接和/或位置关系可以是直接的或间接的,并且本发明不旨在在这方面进行限制。因此,实体的耦合可以指直接或间接耦合,并且实体之间的位置关系可以是直接或间接的位置关系。此外,本文描述的各种任务和过程步骤可以被并入到具有本文中沒有详细描述的增加步骤或功能的更全面的程序或过程中。

[0023] 以下定义和缩写用于解释权利要求和说明书。如本文所使用的,术语“包括”、“包括的”、“包含”、“包含的”、“具有”、“具有的”、“含有”或“含有的”或其任何其他变体旨在涵盖非排他性包含。例如,包括一系列元素的组合物、混合物、过程、方法、物品或装置不一定仅限于这些元素,而是可以包括未明确列出的或这种组合物、混合物、过程、方法、物品或装置固有的其他元素。

[0024] 此外,术语“示例性”在本文中用于表示“用作例子、实例或说明”。本文描述为“示例性”的任何实施例或设计不一定被解释为比其他实施例或设计更优选或更有利。术语“至少一个”和“一个或多个”可以理解为包括大于或等于1的任何整数,即,一、二、三、四等。术语“多个”可以理解为包括大于或等于2的任何整数,即,二、三、四、五等。术语“连接”可以包括间接“连接”和直接“连接”。

[0025] 基于提交申请时的可用设备,术语“大约”、“基本上”、“近似”及其变体旨在包括与特定量的测量相关联的误差程度。例如,“大约”可以包括给定值的8%或5%或2%的范围。

[0026] 为了简洁起见,与制造和使用本公开的方面相关的常规技术可以在本文详细描述,也可以不详细描述。特别地,实现本文描述的各种技术特征的计算系统和特定计算机程序的各个方面是众所周知的。因此,为了简洁起见,许多常规实现方式细节仅在本文简要提及,或者在没有提供众所周知的系统和/或过程细节的情况下完全省略。

[0027] 现在转向与本公开的方面更具体相关的技术的概述,提供了具有三相输入和输出上的单相负载的电源。可以通过以下分析来显示输出功率的波动以及对输入电流的影响。

[0028] 忽略逆变器的开关谐波,如果由以下等式1和等式2定义电源的输出电压 v_o 和电流 i_o :

$$[0029] \quad v_o = \sqrt{2}V_o \sin(\omega_o t) \quad \text{等式 1}$$

[0030] 和

$$[0031] \quad i_o = \sqrt{2}I_o \sin(\omega_o t - \phi_o) \quad \text{等式 2}$$

[0032] 其中 v_o 和 i_o 分别是输出电压和电流的RMS值; ω_o 是输出的角频率并且等于 $2\pi f_o$, f_o 是输出频率;以及 ϕ_o 是输出电流相对于电压的相位角。

[0033] 那么,输出功率 p_o 由等式3给出:

$$[0034] \quad p_o = V_o I_o \cos(\phi_o) - V_o I_o \cos(2\omega_o t - \phi_o) \quad \text{等式 3}$$

[0035] p_o 的第一项是表示负载的平均功率的DC分量, p_o 的第二项是输出频率的两倍处的波动项。

[0036] 该功率脉动(pulsation)导致输入AC电流具有如下所示的谐波分量。在最坏的情

况下,如果电容器组对功率波动的滤波非常小,那么所有的输出功率由输入源提供,即, $p_i = p_o$,其中 p_i 为输入功率。如果由以下等式4定义输入电压 v_i :

$$[0037] \quad v_i = \sqrt{2}V_i \sin(\omega_i t) \quad \text{等式 4}$$

[0038] 其中 ω_i 是输出的角频率并且等于 $2\pi f_i$,并且 f_i 是输入频率,则可以看出输入电流具有等式5中所示的形式:

$$[0039] \quad i_i = \sqrt{2}I_i \sin(\omega_i t - \phi_i) + \sqrt{2}I_x \sin[(\omega_i - 2\omega_o)t - \phi_x] + \sqrt{2}I_y \sin[(\omega_i + 2\omega_o)t - \phi_y] \quad \text{等式 5}$$

[0040] 因此,输入电流在 $(f_i \pm 2f_o)$ 处具有额外的谐波分量。这些分量的幅值取决于电源内的能量存储能力,并且可能高到足以在向电源提供功率的电力系统中引起谐波相关问题,例如不平衡、闪烁和谐波。

[0041] 在特定的应用中,电源用于生成遍及无源电阻负载的热量,该无源电阻负载例如是用于传输流体的管道或管线。在石油勘探和生产领域,石油的提取是在温度非常低的海平面以下执行的。在非限制性示例中,无源负载不使用来自电源的功率来为诸如电动机的电气组件提供功率。由于与其粘度相关的性质,在这种温度下传输石油或其他流体可能变得困难。在非限制性示例中,电源用于将管道加热到适当的温度,以确保提取的石油能够通过管道流到其目的地。

[0042] 在非限制性示例中,因为管道是单相电阻负载,与例如为感应电动机提供功率的功率应用相比,用于加热应用的电源提供的输出功率的质量可能包括更大的失真。感应电动机需要具有最小失真的高质量输出功率信号,必须保持信号的质量以确保电机正常运行。

[0043] 本文描述的技术涉及解决与输出级相反的电源的输入级处的失真。在非限制性示例中,因为负载是需要被加热以传输流体的管道,所以由电源提供的输出功率中的失真量并不重要。因此,操作电源以提供恒定的输出功率可以减少电源输入处的失真。

[0044] 由电源提供的功率在电源的输出频率 f_o 的两倍处脉动。该脉动也必须由馈送电源的功率源提供,并且该脉动可能导致输入相电流的失真。相电流上过大的输入谐波失真可能产生许多不良影响,输入相电流之间的不平衡可能导致电源组件不期望的发热和过早故障。为了避免或最小化反馈到功率源或公共馈电(utility feed)的脉动功率,输出功率可以被调制并注入频率分量以近似常数,这有效地减少电源输入处的谐波。这能够减少和/或消除由功率脉动造成的谐波。

[0045] 现在转向本公开各方面的概述,本公开的一个或多个实施例通过在电源的输出级处注入频率分量来补偿和/或消除电源的输入处的谐波,从而解决了现有技术的上述缺点。

[0046] 在本公开的实施例中,提供了一种用于可操作地耦合到单相电阻负载(例如金属管道)的可变频率驱动器的系统。利用输出频率的三(3)倍($3*f_o$)处的频率分量来调制电源输出电压(可变频率驱动器的输出电压)。如下所述,这允许减少提供给负载的功率中的功率脉动,并减少在电源的输入侧生成的谐波。

[0047] 输出电压 v_o 现在被定义为包括三次谐波处的附加分量,并且现在示出为等式6:

$$[0048] \quad v_o = \sqrt{2}V_o \sin(\omega_o t) + \sqrt{2}V_{3o} \sin(3\omega_o t + \phi_{3o}) \quad \text{等式 6}$$

[0049] 并且由于负载特性,电源的电流 i_o 保持基本相同,并且由以下等式7定义:

$$[0050] \quad i_o = \sqrt{2}I_o \sin(\omega_o t - \phi_o) \quad \text{等式 7}$$

[0051] 其中 V_{3o} 是输出电压中的三次谐波分量的RMS值, ϕ_{3o} 是三次谐波分量相对于电压基础分量的可调相位角。

[0052] 输出功率 p_o 定义为等式8:

$$[0053] \quad p_o = V_o I_o \cos(\phi_o) - V_o I_o \cos(2\omega_o t - \phi_o) + V_{3o} I_o \cos(2\omega_o t + \phi_o + \phi_{3o}) - V_{3o} I_o \cos(4\omega_o t - \phi_o + \phi_{3o}), \quad \text{等式 8}$$

[0054] 从上面的等式8可以看出,利用 $3*f_o$ 的分量来调制输出电压会导致 $2*f_o$ 和 $4*f_o$ 处的附加功率脉动,但是 $2*f_o$ 处的总分量可以通过选择 $3*f_o$ 分量相对于基频分量的正确的调整相位来减少。输出处的谐波频率在 $(f_i \pm 2*f_o)$ 和 $(f_i \pm 4*f_o)$ 处。由于通过引入 $3*f_o$ 分量的适当相移而提供的抵消使得 $(f_i \pm 2*f_o)$ 处的分量被减少,而 $(f_i \pm 4*f_o)$ 处的分量的减少是由于能量存储组件(例如DC电容器组)滤除了在 $4*f_o$ 处的较多的较高频率分量。

[0055] 在图1A中,示出了转换来自功率源的三相AC功率并提供单相输出的电源100的示例。电源100的输入级是整流级,并且包括多个二极管101A、101B、101C、103A、103B和103C,以将输入AC电压转换成具有AC波纹的实质性地DC电压的电压。

[0056] 电容器105A、105B用作平滑滤波器,并且电容器105A、105B代表电容器组的配置,其中电容器105A、105B的值取决于负载的功率需求。

[0057] 因此有条件地,可以使用单相H桥逆变器将DC电压转换成可变频率AC,该逆变器可以包括多个半导体开关。在一个或多个实施例中,开关可以包括功率晶体管,如所示出的晶体管107(Q1)、109(Q2)、111(Q3)和113(Q4)。晶体管107至113可以包括MOSFET或绝缘栅双极晶体管(IGBT)。晶体管107至113可以在操作期间完全导通或完全截止。晶体管107至113可以从控制器123接收控制信号。应当理解,可以使用任何类型的选通控制器,并且不受图1A所示的限制。此外,存在单相输出转换器的其他配置,如中性点钳位(NPC)。

[0058] 单相H桥输出转换器可以反映输出的频率的两倍处的波纹电流。电容器105A、105B可用于平滑由输入整流器和输出转换器两者造成的波纹。

[0059] 在下面讨论中,图1A中所示的电源指的是功率单元。当期望更高的负载电压时,如图1B所示,通过使用输出级的串联连接来增加几个功率单元A1至A6的输出电压。每个单独的功率单元A1-A6的控制现在由中央控制器(例如中央控制系统159)执行,该中央控制器协调开关时刻以生成接近正弦的输出电压。中央控制器可以使用光纤电缆耦合到每个功率单元A1-A6,以对功率单元的本地控制提供信号。

[0060] 由于电源100的输入处的三相整流,输入电流具有6-脉冲谐波,即,存在5次、7次、11次、13次等谐波处的分量。当使用多个功率单元A1-A6时,可以使用多次级绕组变压器151来减轻不想要的6-脉冲谐波分量,其中每个次级绕组155从其相邻绕组相移。每个功率单元输入由专用次级绕组155馈电,这允许消除变压器151的初级绕组153的电流中的谐波。在一个或多个实施例中,以恒定的电压和频率向初级绕组153提供三相AC功率。本公开中示出的结果是参照图1B所示的电源示出的。应当理解,本文描述的技术可以应用于具有单相输出以驱动单相负载157的任何电源。在一个或多个实施例中,使用单相AC功率以可变电电压和可变频率来驱动单相负载157。

[0061] 在图2中,在曲线图200上显示输入相电流波形。三相输入电流表示当电源的输出电压在没有 $3*f_o$ 分量注入的情况下被调制(以频率 $f_o=f_i$)时,从功率源提供给电源的电流。每个水平分割表示大约2毫秒,并且每个垂直分割表示50安培。相电流210和230具有较高的失真,并且将在下面参考图3的表300进一步讨论。在此示例中,电源100的输出电压以50Hz提供,因此,输出功率将在100Hz处脉动,100Hz是输出频率 f_o 的两倍。100Hz功率脉动导致电源100的线路侧电流脉动以具有 $50\text{Hz} \pm 100\text{Hz}$ (即,50Hz和150Hz)的分量。由于输入频率 f_i 也是50Hz,所以主要分量将以不平衡形式直接受到脉动的影响。

[0062] 参照图3所示的表,线路侧电流具有显著的总谐波失真(THD),例如A相电流具有10.6%,B相电流具有9.2%,C相电流具有10.4%。由相电流210、220和230的振幅中的变化来说明不平衡。

[0063] 图3描绘了表300,表300还显示了输入相电流的主要谐波频率分量和相应的幅值,其中基频分量归一化为100%。正如预期的,最主要的谐波分量在150Hz处。下一个最显著的谐波出现在250Hz处,这是功率单元电流中未抵消的6-脉冲谐波的结果。然而,250Hz处的谐波幅值比150Hz处的谐波小得多。

[0064] 图4描绘了曲线图400的示例,其示出了具有 $3*f_o$ 电压分量的输入电流波形。三相输入电流410、420和430被表示为在电源的操作期间在具有 $3*f_o$ 的情况下被以频率 f_o 调制的情形,该频率 f_o 与 f_i 略有不同。曲线图400的每个水平分割表示大约2毫秒,每个垂直分割表示40安培。在此示例中,电源100的输出电压以50.5Hz提供,输入频率为50Hz。如前所述,输入电流将具有 $(50\text{Hz} \pm 2*50.5\text{Hz})$ 和 $(150\text{Hz} \pm 2*50.5\text{Hz})$ 处的谐波分量,即,在51Hz、151Hz、152Hz、和252Hz处的谐波分量。如图4所示,减小了三相输入电流410、420和430中的不平衡,并且当在1秒的时间段内测量时,电流不平衡仅为0.5%。

[0065] 图5描绘了表500,表500表示在具有 $3*f_o$ 分量注入的情况下调制输出电压时,电源的三相输入电流的谐波频率分量和相应的THD值。谐波分量现在出现在上述频率处,但具有更低的单个幅值和更低的THD。

[0066] 比较表300与表500,相比于表300中所示的频率分量的值,表500中所示的频率分量的THD值已经减少。这可以使得减少三相输入电流中的电压失真和不平衡。A相电流(La)的THD为7.7%,B相电流(Lb)的THD为7.7%,C相电流(Lc)的THD为7.7%。不仅输入电流410、420和430是平衡的,而且输入电流410、420和430中的失真也减少了。这减少了电源输入处的功率脉动。

[0067] 现在参考图6,示出了根据一个或多个实施例的用于减少电源中的输入谐波失真的方法600的流程图。方法600可以在诸如图1A或图1B所示的电源中实施。方法600从块602开始,并前进到块604,块604提供接收输入信号并估计输入频率。在一个或多个实施例中,输入是来自功率源的三相信号。块606接收用于输出频率的命令,并且比较输入与输出频率。

[0068] 如果输入和输出频率之间的差低于预定义限值(例如,0.5Hz),则块608修改输出频率。如果是这种情形,则通过预定义限值将输出频率调整为小于或大于输入频率。如果差大于预定义限值,则不修改输出频率。块610接收表示输出电压和输出电流的信号,并估计电压和电流之间的相位差(或负载功率因数角)。块612基于更新的输出频率处的分量、输出频率的三倍处的分量以及基于负载功率因数的适当相移,来生成输出电压命令。

[0069] 块614提供输出电压命令给控制器,该控制器生成电源的输出开关级的PWM开关信号。PWM电路通过控制电源的输出级处的调制(改变导通/截止(ON/OFF)时间)来注入所需的电压。在本公开的一个或多个实施例中,除了开关频率处的分量之外,PWM电路还注入输出频率的三倍的频率分量。修改后的输出信号提供来自电源的更恒定的功率输出,并减少电源输入侧的脉动。反过来,电源输入处的失真减小,这改善了电源的操作。

[0070] 负载可以包括但不限于单相无源电阻电感负载,例如管道。从电源提供的输出功率用于直接加热负载,该输出功率包括注入的频率分量。在此实施例中,输出功率不用于驱动电机。方法600结束于块616。

[0071] 技术效果和益处包括减少电源输入侧的电压失真和不平衡。益处还包括减少连接到电源输入侧的组件中的闪烁。这能够增加电源的寿命和可靠性,同时满足闪烁标准。

[0072] 尽管本发明已经详细描述了用于实践的具体实施例和方法,但是本领域技术人员将理解,根据本公开的整体教导,可以对这些细节进行各种修改和替代。因此,所公开的特定布置旨在说明性的,并不限制本发明的范围,由以下权利要求及其任何和所有实施例的全部给出本发明的范围。

[0073] 出于说明的目的,已经呈现了本发明的各种实施例的描述,但是这些描述并不旨在穷举或限制所公开的实施例。在不脱离所描述实施例的范围和精神的情况下,许多修改和变化对于本领域普通技术人员来说将是显而易见的。选择本文使用的术语是为了最好地解释实施例的原理、相对于市场上发现的技术的实际应用或技术改进,或者使本领域普通技术人员能够理解本文描述的实施例。

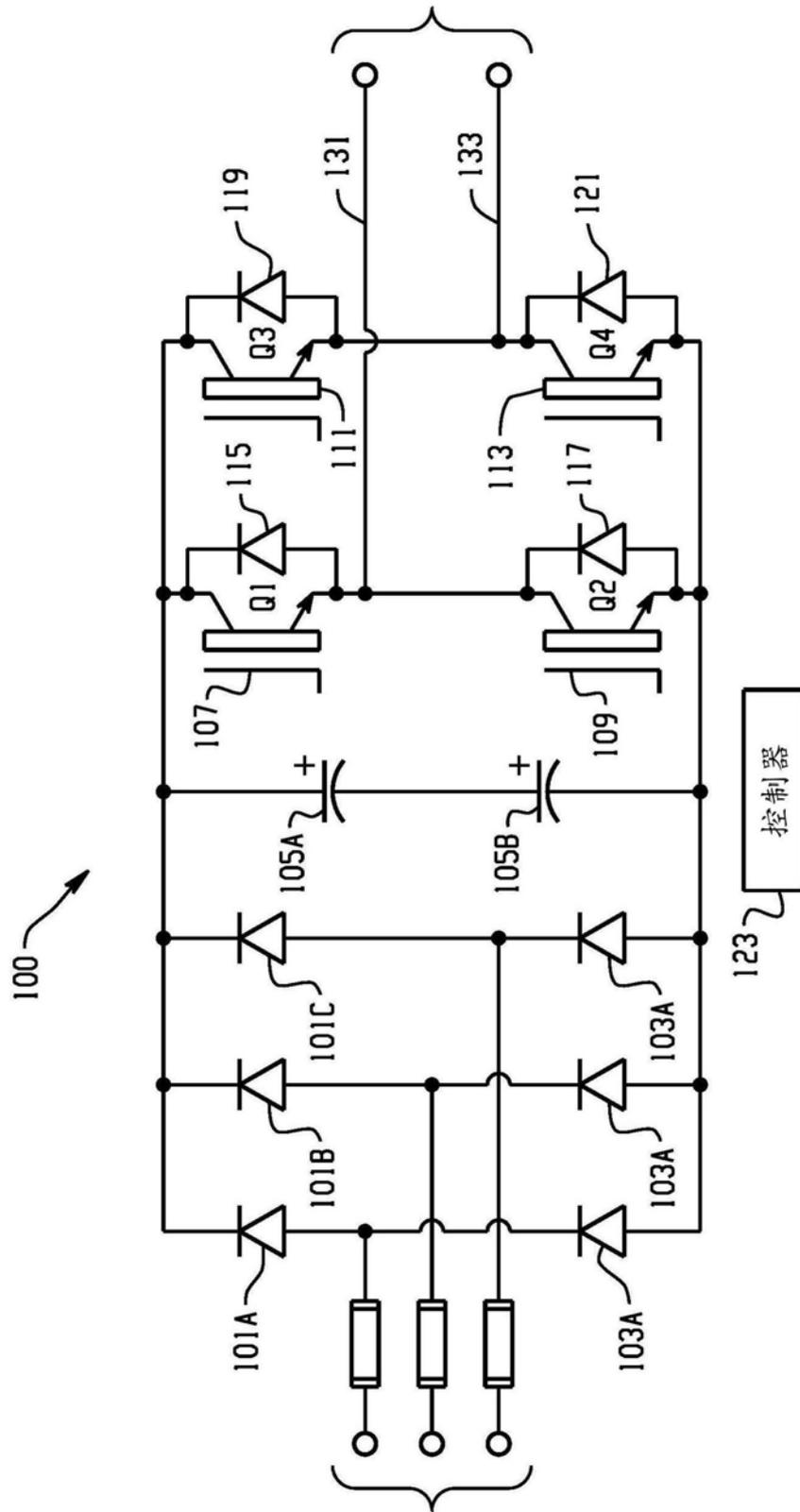


图1A

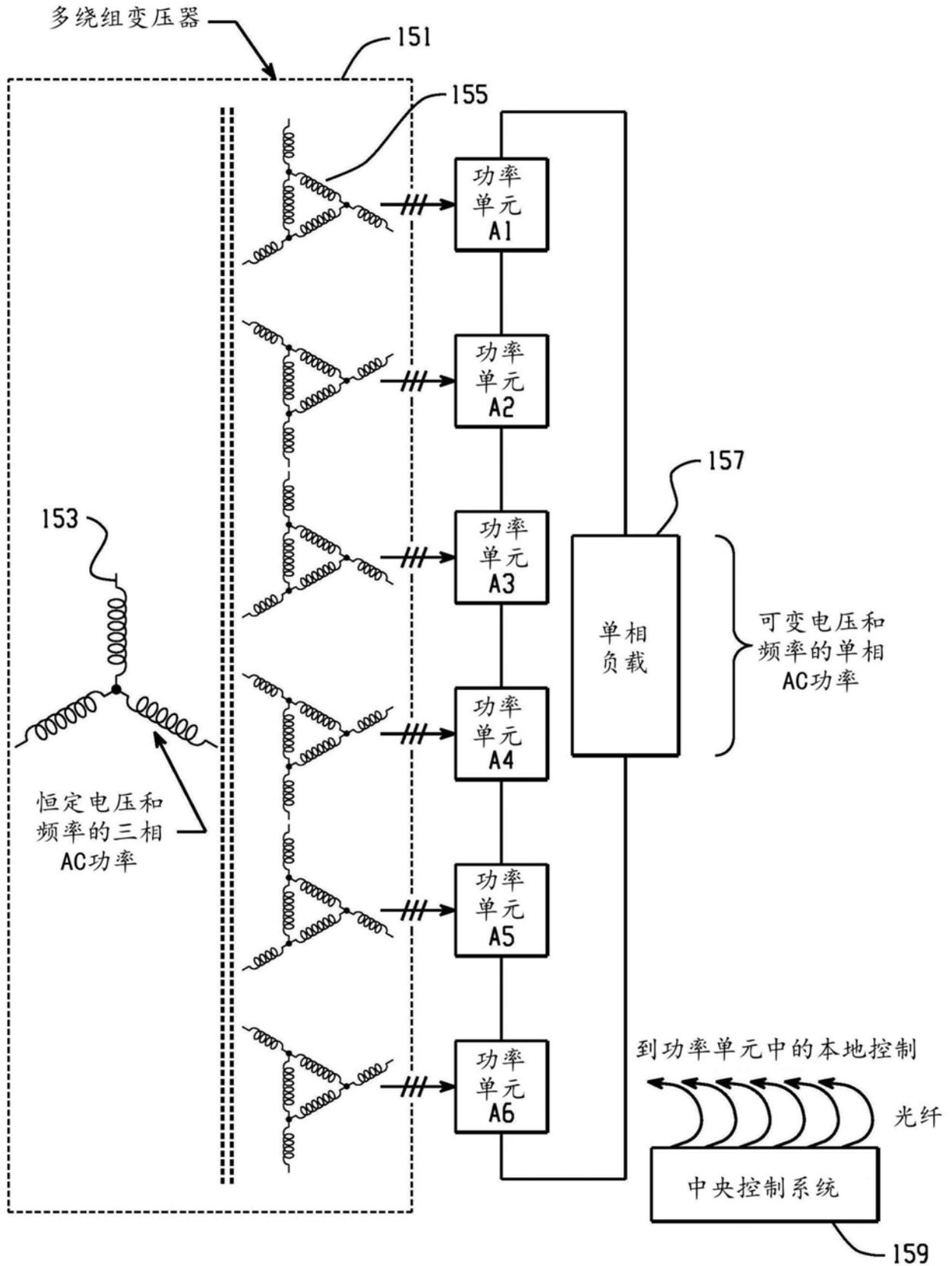


图1B

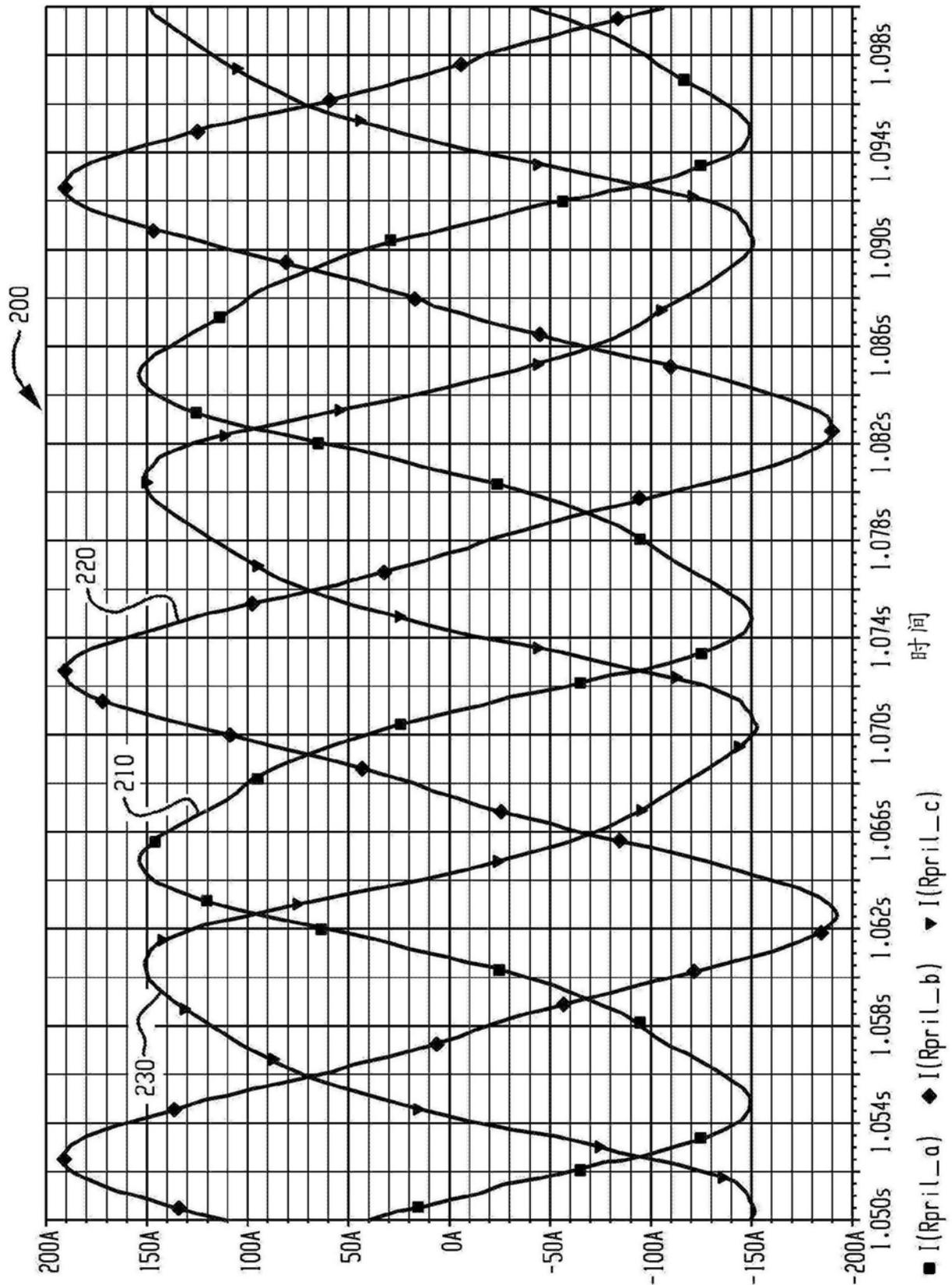


图2

300 

频率 [Hz]	La	Lb	Lc
50	100%	100%	100%
150	10.6%	9.2%	10.4%
250	1.0%	0.6%	0.8%
THD	10.6%	9.2%	10.4%

图3

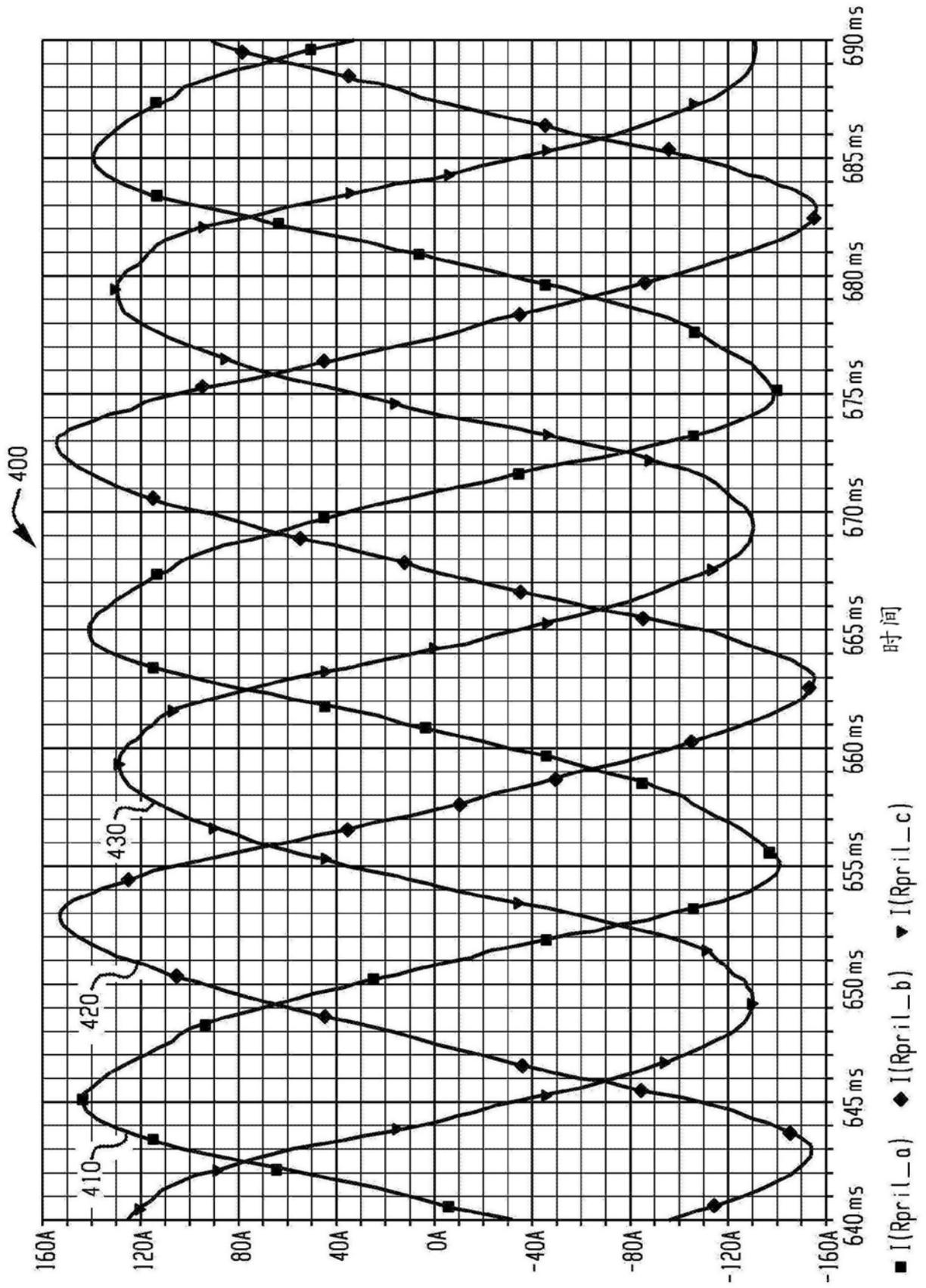


图4

频率 [Hz]	La	Lb	Lc
50	100%	100%	100%
51	5.6%	5.6%	5.6%
151	5.0%	4.9%	4.7%
152	1.2%	1.3%	1.6%
252	0.9%	0.9%	0.9%
250	0.8%	0.9%	0.9%
THD	7.7%	7.7%	7.7%

500 

图5

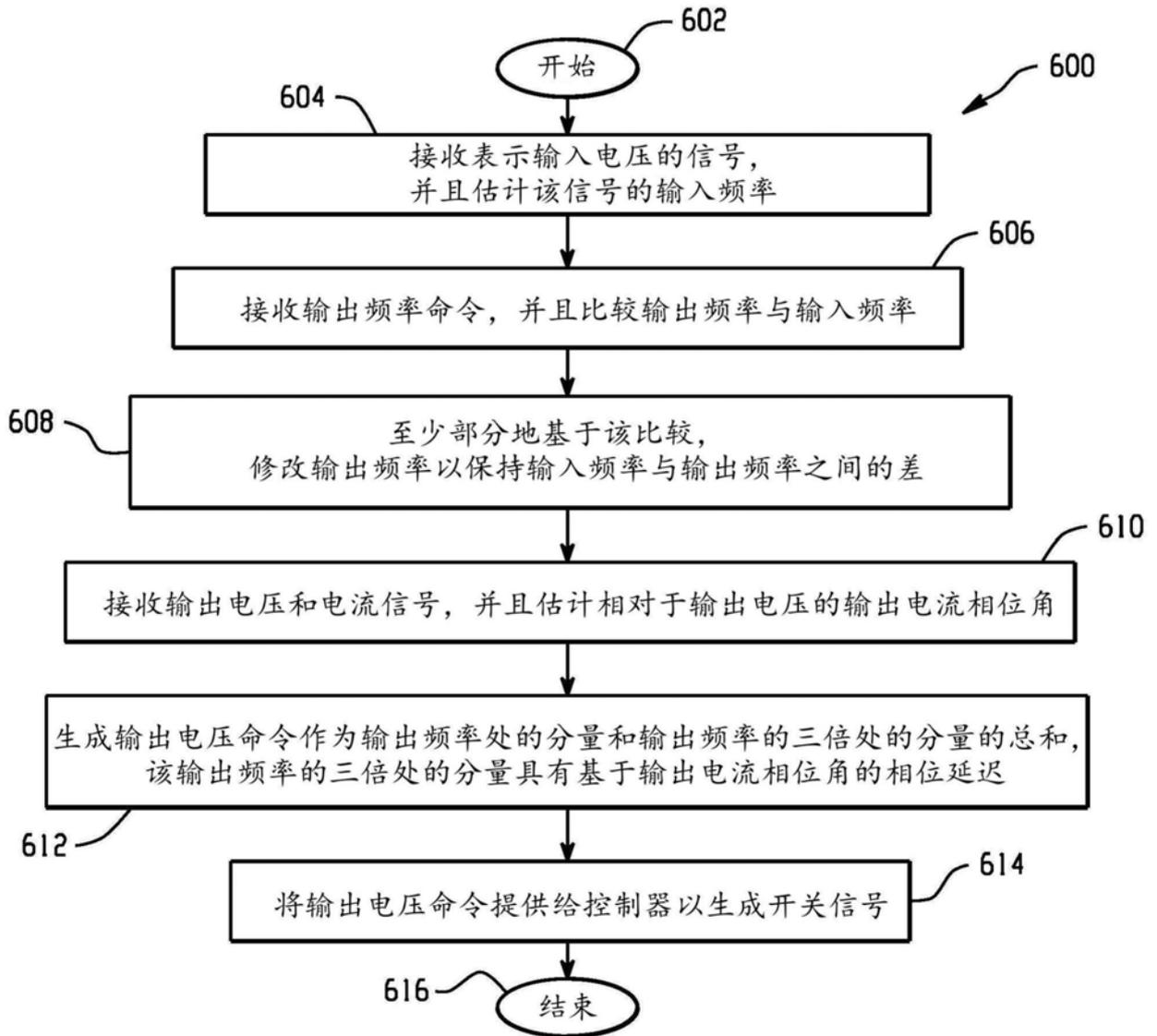


图6