



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104160578 B

(45)授权公告日 2017.03.08

(21)申请号 201280070929.0

斯特凡诺·德塞萨瑞斯

(22)申请日 2012.01.05

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(65)同一申请的已公布的文献号

代理人 陆建萍 郑霞

申请公布号 CN 104160578 A

(51)Int.Cl.

H02J 3/46(2006.01)

(43)申请公布日 2014.11.19

(56)对比文件

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

CN 101416368 A, 2009.04.22,

2014.08.29

US 5157269 A, 1992.10.20,

(86)PCT国际申请的申请数据

EP 1605571 A1, 2005.12.14,

PCT/IB2012/000165 2012.01.05

US 2008309300 A1, 2008.12.18,

(87)PCT国际申请的公布数据

GB 2293503 A, 1996.03.27,

W02013/102782 EN 2013.07.11

审查员 关侠

(73)专利权人 施耐德电气IT公司

地址 美国罗得岛州

(72)发明人 丹尼尔·罗赞德 帕特里克·尚邦

权利要求书2页 说明书7页 附图2页

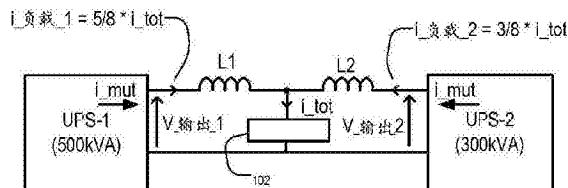
## (54)发明名称

用于控制并联连接的电力转换器的方法和装置

## (57)摘要

一种不间断电源(UPS)系统(100)，其包括多个并联连接的UPS单元(UPS-1、UPS-2)。每个UPS单元都包括用于提供总负载电流( $i_{tot}$ )的分担( $i_{负载\_1}$ 、 $i_{负载\_2}$ )的电力转换器(124)。总负载在额定功率的UPS单元之间以成比例的方式自动分担。每个转换器的控制器130被布置为建立电力转换器提供的电流的实时反馈控制。关于每个转换器的交换电流( $i_{exch}$ )表示讨论中的转换器的输出电流和并联转换器的输出电流之间的不平衡。并联连接的UPS单元的交换电流感测电路被连接在一起。控制器使每个转换器的交换电流选取是转换器内感测到的电流( $i_{mut}$ )的非零比例的值( $i_{exc\_c}$ )。计算所述非零比例，使得：在转换器具有高于平均标称额定功率的功率的情况下，交换电流将选取正值，并且在转换器具有低于平均额定功率的功率的情况下，交换电流将选取负值。

CN 104160578 B



1. 一种用于控制并联连接以向负载提供总电流的大量电力转换器的方法,所述方法包括:

在每个电力转换器内建立实时反馈控制,以便根据期望的供电条件控制由所述转换器提供的电流;

实时感测关于每个转换器的补偿电流,所述补偿电流被用于补偿所讨论中的转换器的输出电流,由此使得每个转换器达到总电流的预定比例分配;

响应于所感测的补偿电流,修改所述反馈控制,以便使每个转换器的所述补偿电流选取是所述转换器提供的电流的非零比例的值,对于所述转换器中的具有不同额定功率的转换器,所述非零比例是不同的,

从而每个转换器被控制为提供所述总电流的预定比例,并且对于所述转换器中的不同的转换器,所述预定比例是不同的。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述电力转换器中的每个电力转换器具有标称额定功率,并且其中,关于每个转换器的所述非零比例是通过将其标称额定功率与并联连接的所有转换器的平均额定功率进行比较来计算的,使得:在转换器具有比平均标称额定功率更高的功率的情况下,所述补偿电流将选取正值,并且在转换器具有比平均标称额定功率更低的功率的情况下,所述补偿电流将选取负值。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,在每个单独的转换器内基于其自身额定功率的信息和通过所述电力转换器之间的通信自动获得的额定功率的信息计算出所述非零比例。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中,在所述转换器中的一个转换器的运行状态变化的情况下,在每个单独的转换器内自动重新计算出所述非零比例。

5. 根据权利要求1到4中的任一项权利要求所述的方法,其中,所述补偿电流通过每个转换器内的补偿电流感测电路进行感测,所有模块的所述补偿电流感测电路直接进行互相连接,以共享模拟信号。

6. 根据权利要求1到4中的任一项权利要求所述的方法,其中,在通过所述转换器的输出处的电容器平滑之前,所述补偿电流在所述转换器内的开关引线的输出处被感测到。

7. 根据权利要求1到4中的任一项权利要求所述的方法,其中所述电力转换器中的每个电力转换器都是不间断电源UPS单元的一部分,每个UPS单元都被连接在干线供电和所述负载之间,并且所述每个UPS单元都包括用于在所述干线供电发生故障的情况下向所述电力转换器提供电力的电池。

8. 根据权利要求1到4中的任一项权利要求所述的方法,其中,所述电力转换器中的每个电力转换器都是多相电力转换器并且所提供的电流是多相供电中的一相,并且其中,针对所述多相供电中的每相,并联实施了所述补偿电流感测和反馈控制。

9. 一种适合用作并联连接以向负载提供总电流的大量电力转换器中的一个电力转换器的电力转换器装置,所述电力转换器包括:

多个开关和其它构件,所述开关和其它构件被连接以可作为电力转换器运行;

控制器,所述控制器被布置为建立所述开关的实时反馈控制,以便响应于一个或多个传感器输入并且根据期望的供电条件来控制由所述电力转换器提供的电流;以及

模块,所述模块用于实时感测关于每个转换器的补偿电流,所述补偿电流被用于补偿所讨论中的转换器的输出电流,由此使得每个转换器达到总电流的预定比例分配;

其中,所述控制器被布置为响应所感测到的补偿电流修改所述反馈控制,以便使每个转换器的所述补偿电流选取是所述转换器内感测到的电流的非零比例的值。

10.根据权利要求9所述的电力转换器,其中,所述电力转换器具有标称额定功率,并且其中,所述控制器被布置为通过将所述电力转换器的标称额定功率与并联连接的所有转换器的平均额定功率进行比较来计算所述非零比例,使得:在转换器具有比平均标称额定功率更高的功率的情况下,所述补偿电流将选取正值,并且在转换器具有比平均额定功率更低的功率的情况下,所述补偿电流将选取负值。

11.根据权利要求10所述的电力转换器,其中,所述控制器被布置为自动计算所述非零比例,并且为此目的,通过与其它电力转换器的通信自动交换额定功率的信息。

12.根据权利要求11所述的电力转换器,其中,所述控制器被布置为在所述转换器中的一个转换器的运行状态变化的情况下自动重新计算所述非零比例。

13.根据权利要求9到12中的任一项权利要求所述的电力转换器,其中,用于感测补偿电流的所述模块包括与所述转换器关联的补偿电流感测电路,所述电路具有用于连接到并联运行的其它电力转换器的补偿电流感测电路的端子。

14.根据权利要求9到12中的任一项权利要求所述的电力转换器,其中,所述转换器包括被连接在所述开关和所述电力转换器的输出之间的输出电容器,以便平滑所提供的电流,并且其中,在通过所述输出电容器平滑之前,在所述转换器内的所述开关的输出处感测到了所述补偿电流。

15.根据权利要求9到12中的任一项权利要求所述的电力转换器,其中,所述电力转换器是不间断电源UPS单元的一部分,所述UPS单元适合于干线供电和所述负载之间的连接,并且包括用于在所述干线供电发生故障的情况下向所述电力转换器提供电力的电池。

16.根据权利要求9到12中的任一项权利要求所述的电力转换器,其中,所述电力转换器是多相电力转换器并且所提供的电流是多相供电中的一相,并且其中,针对所述多相供电中的每相,并联实施了开关、所述补偿电流感测以及所述反馈控制。

17.一种不间断电源UPS系统,包括多个并联连接的UPS单元,其中,每个UPS单元都包括如权利要求9到16中的任一项权利要求所述的电力转换器。

18.一种不间断电源UPS系统,包括多个并联连接的UPS单元,其中,每个UPS单元都包括具有如权利要求13中所述的补偿电流感测电路的电力转换器,并且其中,所述并联连接的UPS单元的所述补偿电流感测电路通过所述端子连接在一起。

19.一种用于电力转换器控制器的计算机系统,所述计算机系统包括用于引起所述控制器根据如权利要求1到8中的任一项权利要求所述的方法来操作非零补偿电流的模块。

## 用于控制并联连接的电力转换器的方法和装置

### 技术领域

[0001] 本发明大体涉及用于控制电力转换器的方法和装置。这样的电力转换器可以例如在不间断电源(UPS)系统中运行。

### 背景技术

[0002] 电力转换器可以在对敏感或关键设备进行电力供应调节和维护的不间断电源(UPS)系统中使用。UPS系统通常在数据中心中使用。为了增加供电的容量和安全性,UPS单元可以并联连接,使得向负载提供的电流是由大量UPS单元提供的电流的总和。已知的适用于这种并联应用的UPS单元包括专用功能部件,以确保表示讨论中的转换器的输出电流和并联转换器的输出电流之间的不平衡的“交换电流”被感测并被控制为零。以这种方式,每个UPS自动调节其运行以便提供总负载电流的相等份额。专用功能部件可以包括附加感测电路以测量在每个单元中的交换,并且对控制器编程以除了响应于其它参数和感测的值之外,还响应于感测的交换电流。

[0003] UPS单元在一系列规格中可用,每个规格具有例如标称的诸如100kVA、300kVA、500kVA等的额定功率。为了增加UPS系统提供的灵活性,能够将具有不同额定功率的单元进行并联连接是有利的。然而,在这样的情况下,已知的控制器将仅仅驱动每个单元产生负载电流的相等份额。较弱的单元将过载,而较强的单元则未被充分利用。

### 发明内容

[0004] 提供了用于控制并联连接以向负载提供总电流的大量电力转换器的方法、装置和系统。

[0005] 根据本发明的第一方面,提供了用于控制并联连接以向负载提供总电流的大量电力转换器的方法。方法包括:在每个电力转换器内建立实时反馈控制,以便根据期望的供电条件控制由该转换器提供的电流;实时感测每个转换器的交换电流,该交换电流表示讨论中的转换器的输出电流和并联运行的其它转换器的输出电流之间的不平衡;响应于感测到的交换电流修改所述反馈控制,以便使每个转换器的交换电流选取是由转换器提供的电流的非零比例的值,对于所述转换器中的不同的转换器,该非零比例是不同的,从而每个转换器被控制为提供总电流的预定比例,并且对于所述转换器中的不同的转换器,该预定比例是不同的。

[0006] 根据本发明的第二方面,提供了适于用作并联连接以向负载提供总电流的大量电力转换器中的一个的电力转换器装置。电力转换器包括:多个开关和其它构件,所述开关和构件被连接以可作为电力转换器运行;控制器,其被布置为建立所述开关的实时反馈控制,以便响应于一个或多个传感器输入并且根据期望的供电条件来控制电力转换器提供的电流;以及模块,其用于实时感测每个转换器的交换电流,该交换电流表示讨论中的转换器的输出电流和并联运行的其它转换器的输出电流之间的不平衡;其中所述控制器被布置为响应于感测到的交换电流修改所述反馈控制,以便使每个转换器的交换电流选取是转换器内

感测到的电流的非零比例的值。

[0007] 根据本发明的第三方面，提供了UPS系统。UPS系统包括多个并联连接的UPS单元，并且每个UPS单元包括如上所述的电力转换器。

[0008] 根据本发明的第四方面，提供了用于电力转换器控制器的计算机程序产品。所述计算机程序产品包括用于引起控制器根据如上所述的方法在非零交换电流下运行的指令。

[0009] 本发明的另外的特征和优点、以及本发明的各个实施例的结构和运行在下文参考附图进行详细描述。值得注意的是，本发明不限于本文描述的具体实施例。本文呈现的这些实施例仅仅用于说明性的目的。基于本文包含的教导，对于本领域的技术人员来说，附加实施例将是明显的。

## 附图说明

[0010] 并入本文并且形成说明书一部分的附图，说明了本发明并且连同说明书一起，进一步用于解释本发明的原理并且使相关领域的技术人员能够实现和使用本发明。本发明的实施例仅仅通过示例的方式参考附图进行描述。

[0011] 图1是其中各个UPS单元并联连接以对共有负载供电的不间断电源(UPS)系统的示意性框图；

[0012] 图2示出了在已知系统中的两个并联连接的UPS之间的负载电流的相等分担。

[0013] 图3是用于调节并联UPS系统中的负载分担的用途的交换电流测量模块的框图；

[0014] 图4是在已知UPS系统中的包括使用图3的模块的交换电流补偿的电流控制回路的实例；

[0015] 图5示出了在根据本发明的实施例的并联UPS系统中的不相等负载分担的原理；以及

[0016] 图6示出了在体现本发明的系统中实施的改进的电流控制回路。

## 具体实施方式

[0017] 图1示出了用于向负载102传送可靠的和连续的供电的不间断电源(UPS)系统100。负载102可以例如包括诸如可以在现代数据中心中找到的服务器计算机、通信单元等的IT系统，但是本发明不限于这些应用。UPS系统通过通常被示为输入总线LIN(通电输入)的供电接收干线电力。大量的UPS单元UPS-1、UPS-2等被连接以接收输入的干线供电，并且产生各个输出供电L0-1、L0-2等(通电输出)。来自各个UPS单元的通电输出连接通过开关网络104并联连接以驱动系统通电输出L0-SYS。通电输入连接和通电输出连接在示意图中以单根线条示出，但是在现实中每个可以包括两根线或多于两根线。在单相装置中，通电输出连接可以包括火线和零线。在三相系统中，每个输出供电L0-1等连接可以是三根火线和可选的接零连接。技术人员对于这些细节非常熟悉并且不需要在本文进行解释。

[0018] 在第一UPS单元UPS-1之内，示出了典型UPS的主要构件的一些示意性细节。其它的UPS单元可以具有相似的形式，并且为了简单起见没有示出它们的内部细节。如通常已知的，典型的UPS单元包括AC-DC转换器120、DC电池122以及DC-AC转换器124。转换器120从通电输入接收电力并且将其转换以用于对电池122充电的用途。电池122存储能量以便在输入侧电力中断的情况下使用，并且转换器124转换和调节来自电池的能量以驱动通电输出L0-

1.电池122和转换器124可以被控制为仅仅在输入侧电力发生故障的情况下运行,或者它们可以被连续使用以提供比输入供电进行更高度调节的输出供电。提供了具有开关126、128的各种互连并且整个单元在控制器130的控制之下。

[0019] 控制器130通常将包括数字信号处理(DSP)电路、一个或多个微控制器和/或例如通过FPGA设备实施的数字电路。每个转换器120、124实际上包括大量的快速顺序运行以将电压转换到不同的电平并且从DC转换为AC或从AC转换为DC的电源开关。所有这些都是本领域中的众所周知的功能。为了执行该操作,控制器130也被连接到大量的感测电路,以便测量整个系统的电流、电压、温度等。一些实例用虚线示出。通过示例的方式,电流可以通过电流互感器来感测,并且用于UPS-1的输出电流的感测电路以132表示。流出UPS-1的电流可以被测量并被标记为*i\_负载\_1*,并且通过传感器132进行测量。系统内的其它电流和电压可以被同样测量。第二UPS,即UPS-2的输出电流可以被类似地标记为*i\_负载\_2*。在各个UPS单元的控制器之间提供了众所周知的可以用于监控目的的通信总线COM。

[0020] 对于并联操作,在各个UPS单元的控制器之间需要一些合作,以确保它们均匀分担负载,并且没有不必要地最终变得互相驱动。根据本发明的实施例,布置了UPS单元,即UPS-1、UPS-2等中的控制器130,以便向负载1和2提供与其各自的额定功率成比例的电流份额。也就是说,如果系统100中的所有UPS单元具有相同的额定功率,则每个UPS单元将提供总电流*i\_tot*的相等份额。另一方面,如果不同的UPS单元具有不同的额定功率,那么每个UPS单元将提供与其额定功率成比例的总电流的份额。即使在UPS单元被设计为并联连接时,这也不是已知的UPS单元的特征。在描述怎样实施成比例的分担布置之前,我们将描述现有单元的操作。

[0021] 为了控制负载电流的分担,没有必要直接测量流向负载的总电流*i\_tot*,尽管当然这可以通过整体系统控制器(未示出)进行测量和监测。而在实际上,在本实例中,每个UPS单元都包括测量单元之内的电流并且通过导线138与并联采集的UPS设备中的每一个UPS设备中的相似的模块136互连的专用模块136。模块136的目的是向控制器130提供关于“交换电流”*i\_exch*的值,其可以被每个单元中的控制器使用以协助负载分担。这些模块和互连的更多细节将在随后提供。交换电流,正如其名称所暗示的,是没有被传送到整个系统负载102、但是却在并联UPS单元之间进行有效交换的输出电流*i\_负载*的一部分。

[0022] 图2示出了在已知的商业实施例中的两个UPS单元UPS-1和UPS-2之间的负载分担的原理。每个UPS单元提供电流*i\_负载\_1*、*i\_负载\_2*到并联连接中,以便向负载102提供总电流*i\_tot*。输出供电线具有用电感L1、L2表示的一定的电感。每个UPS单元具有其自身的输出电压*v\_输出\_1*、*v\_输出\_2*。换流器(mutator)是用于DA-AC、AC-DC或DC-DC转换器的一条“臂”或“支路”的术语,其中在输出线的高压侧和低压侧处设置了电源开关。这些开关将输出线交替连接到高压侧的DC供电和低压侧的DC供电,以便产生期望的AC输出波形。换流器输出通常通过输出电感馈入输出电容器。UPS输出电流*i\_负载*然后从输出电容器获得,并且是换流器输出的平滑形式。在三相转换器中,可以提供附加的换流器以便驱动内部零线,各个输出电容器以星型拓扑结构连接到内部零线。UPS的确切结构与本发明是不相关的,但是对于识别该“输出电流”的测量是有用的,这是因为可以不在最终的输出*i\_负载*处、而是在电路的某个之前的部分进行测量。还应该记住的是,对于多相输出中的每相而言,可以独立实施该测量和控制功能。

[0023] 图3是每个UPS单元中设置的交换电流监测模块136的示意图,其中UPS将被连接到并联系统100中。在已知的商业实施例中,模块136是可以被添加到单个UPS单元以使其适应并联操作的插件板。不同的实施方式当然是可能的。在模块136之内,设置了电流互感器300以用于感测UPS单元的输入线和输出线中的电流。如已经提到的,原则上这可能是UPS单元的最终输出电流*i\_负载*。然而,在优选实施例中,其正好是在平滑之前被感测到的换流器电流*i\_mut*。在电流互感器300的二次回路中,电阻器302被连接为分压器。瞬时电压抑制器304也被示出。如示出的,电压互感器306、308横跨电阻分压器进行连接,并且其在端子310、312处提供了电压输出,所述电压输出携带了所谓的“交换电流”*i\_exch*的量度。在该实例中,互感器306、308的电压比是相同的。为了使得该交换电流被测量,该模块136的端子314和316被连接到当前并联连接的所有其它的UPS单元的对应的端子314、316。设置了开关318并且其由UPS单元中的控制器130控制,以便在有时本UPS单元当前没有运行时将模块136与其它的UPS单元中的那些模块136隔离。

[0024] 在已知的商业系统中,模块136和互联314、316被用来测量交换电流,并且在每个UPS单元中的控制器130对测量到的交换电流做记录并且调整UPS输出电流以驱动交换电流变为零。以这种方式,如图2中所示,总电流*i\_tot*被UPS单元划分为相等的两半,使得*i\_负载\_1*=*i\_负载\_2*=*i\_tot*/2。

[0025] 图4仅通过示例的方式示出了在已知的系统中的UPS单元的控制器130中实施的电流控制回路。关于控制回路的某些输入变量如下进行测量或规定:*v\_output*是UPS单元的输出电压的测量结果;*v\_ref*是内部产生的参考电压,其表示输出电压应该被控制到的目标;*i\_load*是UPS单元的输出电流;*i\_mut*是先前提到的测量到的换流器电流;*i\_cap*是建模先前提到的输出电容器的平滑效果的内部产生的理论电容器电流波形;*i\_exch*是从模块136获得的测量到的交换电流(图3)。这些变量中的每一个变量都通过各自的传递函数*H\_vo*、*H\_iload*等进行接收和处理,并且如示出的通过逻辑功能410-440结合,以产生组合值*i\_ref*。根据图4中示出的“+”和“-”符号,逻辑功能410-440中的每一个逻辑功能都可以包括一个或多个加法器和减法器。该值*i\_ref*与测量到的换流器电流*i\_mut*进行比较并且用于产生关于转换器124的控制值*eps\_i*。控制值*eps\_i*是指示系统的电流误差以及组合值*i\_ref*和测量到的换流器电流*i\_mut*之间的差的值。

[0026] 通过适当的设计并且执行该控制回路,UPS的输出电流*i\_负载*被实时控制以实现期望的输出电压*v\_output*=*v\_ref*,并且驱动交换电流*i\_exch*变为零。与每个变量和中间结果相关联的传递函数*H*当然根据它们的增益和频率响应来仔细设计,以便获得期望的控制特性。其它的控制回路,例如电压控制回路也可以被实施。根据控制器130硬件的具体实施方式,可以在硬件电路、FPGA编程、微处理器编程、DSP编程或这些的组合中实施。根据实施方式,控制回路体系结构和/或响应特性中的变化可以仅受到控制器130内的软件模块和/或寄存器的重新编程的影响。这样的重新编程可以在工厂和/或现场例如通过连接到通信总线COM的计算机完成(图1)。

[0027] 现在,通过运行每个UPS单元中的模块136和图4的已知控制回路,模块136为UPS-1给出下述交换电流测量结果:

$$[0028] i_{exch\_1} = k_{exch}[i_{mut\_1} - (i_{mut\_1} + i_{mut\_2})/2]$$

$$[0029] = (i_{mut\_1} - i_{mut\_2})/2$$

[0030] 其中,  $k_{exch}$  是常数并且可以通过电阻器 302 的电阻与互感器 306、308 的电压比的乘积进行定义。

[0031] 对于标记为 UPS-1 到 UPS-N 的任意数量的 N 个并联的 UPS 单元, 每个 UPS 单元 UPS-x 都具有由下述公式定义的交换电流  $i_{exch\_x}$ :

$$[0032] i_{exch\_x} = k_{exch} [i_{mut\_x} - (i_{mut\_1} + \dots + i_{mut\_N}) / N]$$

[0033] 以这种方式, 关于每个 UPS 的  $i_{exch}$  被控制为零。因此, 对于两个并联的 UPS,  $i_{负载\_1} = i_{负载\_2} = i_{tot}/2$ 。技术人员将理解: 在常规的 UPS 系统中,  $i_{exch\_1}$  和  $i_{exch\_2}$  大约为零。

[0034] 尽管负载电流的这种平均分配适合于两个相同的 UPS 单元, 然而有时需要将具有不同额定功率的 UPS 单元互相并联连接。假设 UPS-1 具有 500kVA 的标称额定功率并且 UPS-2 具有 300kVA 的标称额定功率。使用已知的控制回路来将交换电流设置为零, 300kVA 单元和 500kVA 单元将仍然各自向负载提供相同的电流水平。这对于最大化整个系统的容量和避免在较弱单元上的过度压力是不可取的。

[0035] 图 5 是和图 2 类似的图, 但是示出了根据本发明的实施例运行的系统 100 中的不相同的 UPS 单元之间的电流比例分配。将看到, UPS-1 具有 500kVA 的额定功率而 UPS-2 具有仅仅 300kVA 的额定功率。无论到负载 102 的总电流  $i_{tot}$  是多少, 来自第一 UPS 单元的电流  $i_{负载\_1}$  应当是总电流的  $5/8$ , 并且第二 UPS 单元上的电流  $i_{负载\_2}$  应当是总电流的  $3/8$ 。本发明人已经认识到: 这种理想的结果可以通过对图 6 中示出的控制回路的简单改进来实现。

[0036] 图 6 示出了关于系统 100 的 UPS 单元中的电流的改进的控制回路。在整个计算中除了计算了附加的交换补偿量  $i_{exc\_c}$ , 并在合适的点将其减除之外, 这和图 4 中示出的已知控制回路是相同的。交换补偿量考虑了实际输出电流(换流器电流、最终输出电流或其它合适的量度), 但是也考虑了和当前并联运行的单元的总容量成比例的表示单个 UPS 单元功率容量的存储值。

[0037] 采用基本的实施方式, 通过添加交换补偿量:

$$[0038] i_{exc\_c} = i_{负载} * (P_{nom} - P_{nom\_av}) / P_{nom}$$

$$[0039] = i_{负载} * k_{exc\_c}$$

[0040] 每个 UPS 将提供期望的功率。我们可以将  $k_{exc\_c}$  称为由单个 UPS 的标称功率  $P_{nom}$  和系统中的所有并联 UPS 的平均标称功率  $P_{nom\_av}$  确定的交换补偿因子。注意到: 如果一个或多个单元退出并联操作或被添加到并联操作, 那么  $i_{exc\_c}$  将需要重新计算。如果需要, 这可以自动实现, 例如通过经由通信总线 COM 交换的状态信息自动实现。

[0041] 在前面的实例中, 使用额定 500kVA 的 UPS-1 与额定 300kVA 的 UPS-2 并联:

$$[0042] P_{nom\_av} = (500k + 300k) / 2 = 400k \text{ 以及}$$

$$[0043] P_{tot} = 800k.$$

[0044] 使用后缀 500kVA 和 300kVA 直接标示 UPS-1 和 UPS-2 中的值, 关于每个 UPS 的交换补偿因子  $k_{exc\_c}$  为:

$$[0045] k_{exc\_c\_500kVA} = (500k - 400k) / 500k = 1/5$$

$$[0046] k_{exc\_c\_300kVA} = (300k - 400k) / 300k = -1/3$$

[0047] 在图 6 中示出的具体实例中, 换流器电流  $i_{mut}$  而非最终输出电流  $i_{负载}$  被用作每个 UPS 单元内的输出电流的具体量度, 以优化同步和效率。因此控制回路中的附加电流补偿

是：

- [0048]  $i_{exc\_c\_500kVA} = i_{mut\_500kVA} * 1/5.$
- [0049]  $i_{exc\_c\_300kVA} = i_{mut\_300kVA} * (-1/3)$
- [0050] 我们可以计算关于两个UPS的交换电流：
- [0051]  $i_{exch\_500kVA} = i_{负载\_500kVA} - (i_{负载\_300kVA} + i_{负载\_500kVA})/2$
- [0052]  $= i_{tot} * (5/8 - 4/8)$
- [0053]  $= i_{tot}/8$
- [0054]  $i_{exch\_300kVA} = i_{负载\_300kVA} - (i_{负载\_300kVA} + i_{负载\_500kVA})/2$
- [0055]  $= i_{tot} * (3/8 - 4/8)$
- [0056]  $= -i_{tot}/8$
- [0057] 我们可以同样如下计算每个UPS控制器中的附加电流补偿*i\_exc\_c*：
- [0058]  $i_{exc\_c\_500kVA} = i_{负载\_500kVA} * (500 - 400) / 500$
- [0059]  $= i_{负载\_500kVA} / 5$
- [0060]  $= (i_{tot} * 5/8) / 5$
- [0061]  $= i_{tot}/8$
- [0062]  $i_{exc\_c\_300kVA} = i_{负载\_300kVA} * (300 - 400) / 300$
- [0063]  $= i_{负载\_300kVA} * (-1/3)$
- [0064]  $= -(i_{tot} * 3/8) / 3$
- [0065]  $= -i_{tot}/8$

[0066] 这最后两组方程确认：当补偿量被添加到现有的控制回路中时，引起交换电流被调节为不为零，而是被调节为适当的确保300kVA UPS和500kVA UPS将分别提供电流负载的3/8和5/8的量。应当理解：在转换器具有比平均标称额定功率更高的功率的情况下，交换电流将选取正值，而在转换器具有比平均额定功率更低的功率的情况下，交换电流选取负值。还应注意：这种控制主要通过单独的UPS单元内的过程(算法)和传感器完成，并且不需要明确测量总电流*i\_tot*。在理论上，交换电流的控制可以因此根据电流反馈回路和/或电压反馈回路的具体设计的性能进行连续管理。技术读者将理解：当设计传递函数时，反馈回路可以被设计为允许来自电流传感器的延迟。

[0067] 尽管本发明的具体实施例已经在上面进行了描述，应当理解：在不脱离所附权利要求中限定的本发明的精神和范围的情况下，大量的变化和修改是可能的。尽管已经示出了产生经调整的AC供电的UPS单元，但这些仅仅是电力转换器的一个实例，本发明在其中可能是有用的。产生的供电不必是AC，也可以是DC。

[0068] 本文描述的控制回路可以以硬件、软件、固件、中间件、微码或其任意组合的形式实施。例如，本发明可以采取包含一个或多个机器可读的指令序列的计算机程序的形式，当所述机器可读的指令序列被计算机执行时，引起计算机执行以上描述的一种或多种方法。

[0069] 当实施例以软件、固件、中间件或微码、程序代码或代码段形式实施时，它们可以被储存在机器可读介质中，例如储存在储存构件中。术语“机器可读介质”可以包括不限于：无线信道和能够储存、包含和/或携带指令和/或数据的各种其它介质。代码段可以表示流程、函数、子程序、程序、例程、子例程、模块、软件包、类，或指令、数据结构或程序语句的任何组合。代码段可以通过传递和/或接收信息、数据、变量输入、参数或存储内容耦合到另一

个代码段或硬件电路。信息、变量输入、参数、数据等可以使用包括存储器共享、消息传递、令牌传递、网络传输等的任何合适的方法进行传递、转发或传输。

[0070] 对于软件实施方式,本文描述的技术可以用执行本文描述的功能的模块(例如流程、函数等)来实现。软件代码可以被储存在存储器单元中并且通过处理器执行。存储器单元在处理器内部或处理器外部进行实施,在这种情况下其可以通过如本领域已知的各种方式通信耦合到处理器。

[0071] 对于硬件实施方式,处理单元可以在一个或多个专用集成电路(ASIC)、数字信号处理器(DSP)、数字信号处理设备(DSPD)、可编程逻辑设备(PLD)、现场可编程门阵列(FPGA)、处理器、控制器、微控制器、微处理器、被设计为执行本文描述的功能的其它电子单元或其组合中进行实施。所有以上描述的过程可以通过由一个或多个通用电子设备或处理器执行的功能代码模块中具体实现并且其是完全自动化的。代码模块可以被储存在任意类型的非暂时性机器可读介质或其它的储存设备中。本方法中的一些或所有可以可选地用专用硬件具体实现。根据实施例,非暂时性机器可读介质可以是硬盘驱动器、压缩盘、数字视频盘、磁带驱动器或其它合适的储存介质。

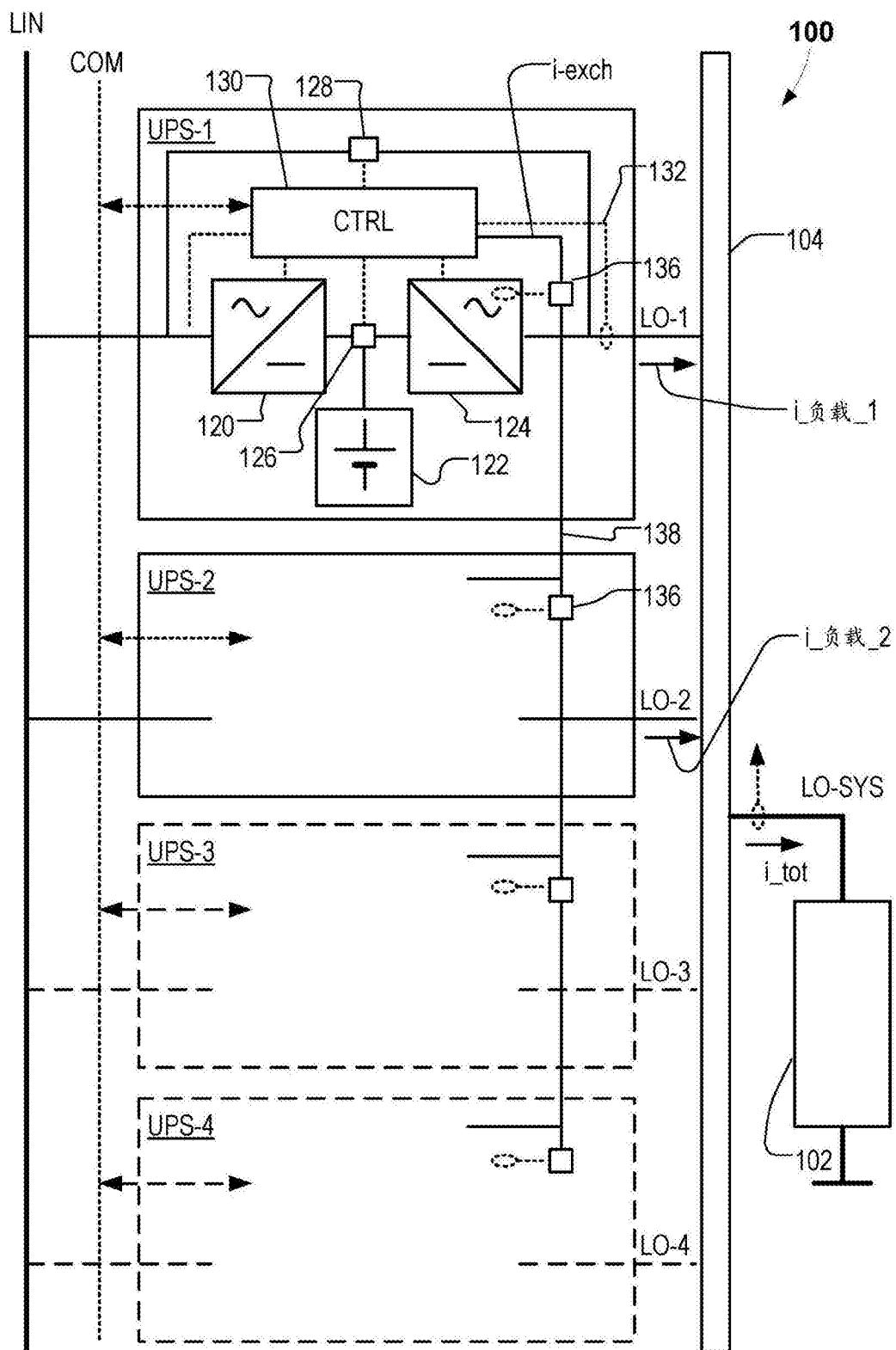


图1

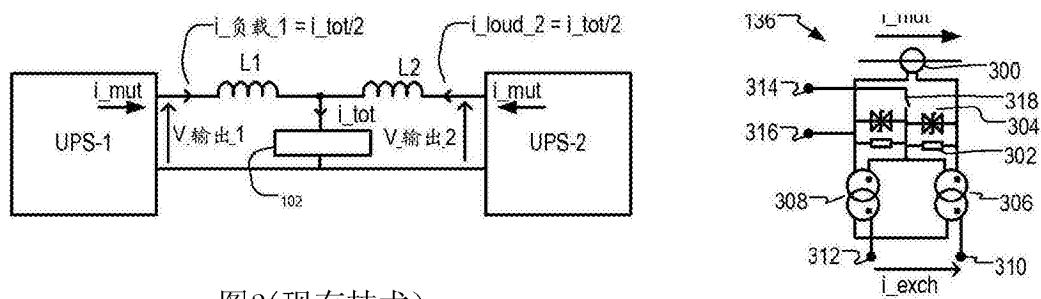


图2(现有技术)

图3(现有技术)

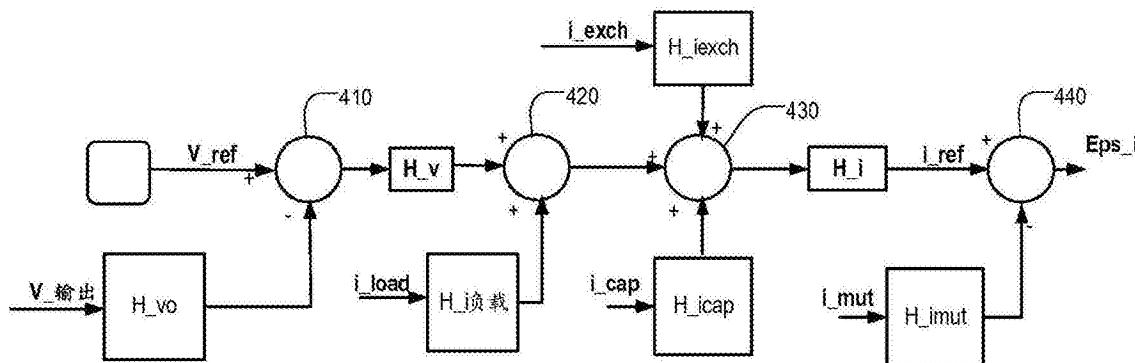


图4(现有技术)

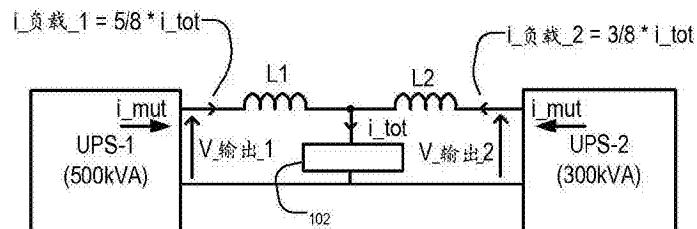


图5

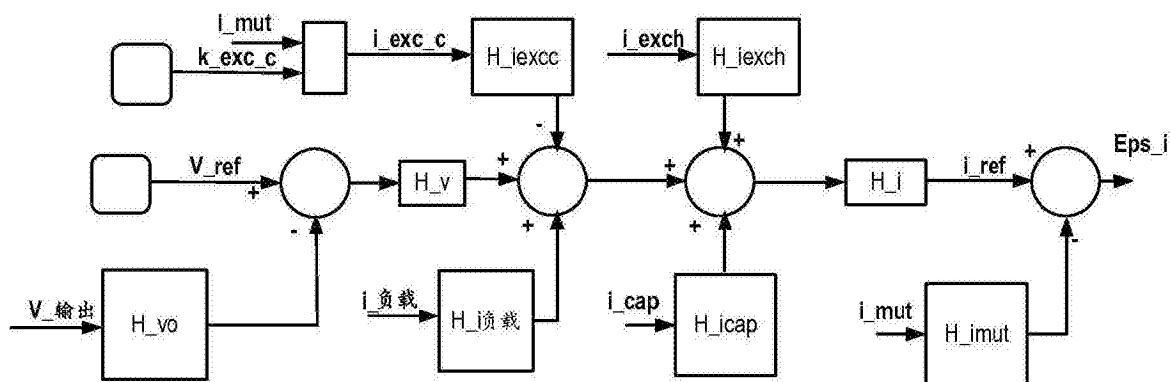


图6