



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103636109 B

(45) 授权公告日 2016. 08. 17

(21) 申请号 201280027057. X

(22) 申请日 2012. 06. 01

(30) 优先权数据

61/492, 871 2011. 06. 03 US

13/486, 625 2012. 06. 01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2013. 12. 02

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/040522 2012. 06. 01

(87) PCT国际申请的公布数据

W02012/167127 EN 2012. 12. 06

(73) 专利权人 塞瑞斯逻辑公司

地址 美国德克萨斯

(72) 发明人 罗伯特·T·格丽桑莫 何朝辉

(74) 专利代理机构 北京康信知识产权代理有限公司  
11240

代理人 余刚 吴孟秋

(51) Int. Cl.

H02M 3/335(2006. 01)

H05B 33/08(2006. 01)

(56) 对比文件

US 7342812 B2, 2008. 03. 11,

US 2010/0213859 A1, 2010. 08. 26,

CN 101730972 A, 2010. 06. 09,

US 2004/0037094 A1, 2004. 02. 26,

CN 101490938 A, 2009. 07. 22,

US 2010/0238689 A1, 2010. 09. 23,

审查员 王宁

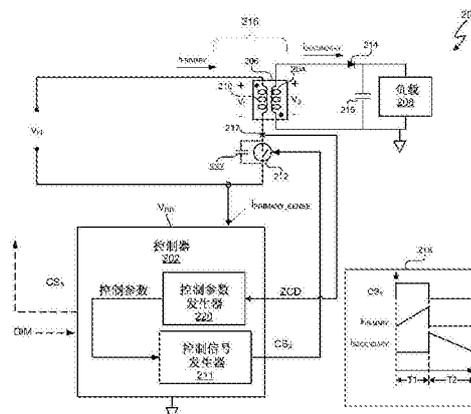
权利要求书4页 说明书9页 附图8页

(54) 发明名称

用于操作开关电力转换器的方法和装置以及电力分配系统

(57) 摘要

一种配电系统包含开关电力转换器的控制器,所述控制器控制开关电力转换器并确定一个或多个开关电力转换器控制参数。在至少一个实施方式中,控制器利用来自反射次级侧电压的谐振周期因子和次级侧电压的谐振周期期间次级侧电压的接近零电压交叉的存在来确定一个或多个开关电力转换器控制参数。在至少一个实施方式中,开关电力转换器控制参数包含(i)谐振周期期间的次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)变压器的次级侧中的电流衰减到接近于零的估计时间。



1. 一种用于操作开关电力转换器的方法,所述方法包括:

当施加至开关电力转换器的输入电压小于阈值电压时,以断续导电模式操作所述开关电力转换器;

当所述输入电压大于所述阈值电压时,以临界导电模式操作所述开关电力转换器;

接收初级侧感测信号,其中,所述初级侧感测信号来自开关电力转换器的包括变压器的初级侧的部分,并且所述初级侧感测信号表示所述变压器的次级侧上的次级侧电压;

当所述开关电力转换器以临界导电模式运行时:

在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间,其中,每个谐振周期出现在所述次级侧电压降低至零之后且所述变压器的所述初级侧中的电流从接近零开始增加之前;

利用所述次级侧电压的接近零交叉之间的所述一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子;

利用(i)所述一个或多个谐振周期因子和(ii)在所述次级侧电压的谐振周期期间的所述次级侧电压的接近零电压交叉的出现,来确定指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值;并且

根据所确定的指示所述次级侧电压出现最小值的所述时间值生成开关控制信号脉冲,以便控制开关的导通,所述开关控制所述开关电力转换器的所述变压器的所述初级侧中的电流。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值包括所述变压器的所述次级侧中的电流衰减至接近零的估计时间。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中,所述一个或多个谐振周期因子包含接近等于所述谐振周期的四分之一的的时间,以及确定一个或多个开关电力转换器控制参数进一步包括:

在控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的循环期间,从所述谐振周期的第一接近零电压交叉的时间减去所述谐振周期因子,以确定所述变压器的所述次级侧中的电流衰减至接近于零的估计时间。

4. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值包括所述谐振周期期间所述次级侧电压的最小值的估计时间。

5. 根据权利要求4所述的方法,其中,所述一个或多个谐振周期因子包含接近等于所述谐振周期的四分之一的的时间,以及确定所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值进一步包括:

在控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的循环期间,将所述谐振周期因子加到所述谐振周期的第一接近零电压交叉的时间,以确定所述谐振周期期间的所述次级侧电压的最小值的估计时间。

6. 根据权利要求4所述的方法,进一步包括:

在所述次级侧电压的检测的零电压交叉之后,使得控制所述变压器的所述初级侧中的所述电流的所述开关导通四分之一周期。

7. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级

侧电压何时出现最小值的时间值包含:(i)所述谐振周期期间的所述次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)所述变压器的所述次级侧中的电流衰减到接近零的估计时间。

8.根据权利要求1所述的方法,其中,表示所述变压器的次级侧上的所述次级侧电压的信号是耦接至所述变压器的所述次级侧的所述变压器的辅助线圈上的反射的次级侧电压。

9.根据权利要求1所述的方法,其中:

在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的每一个时间包括:

允许所述次级侧电压在邻近的零交叉之间的至少一半周期内谐振;以及

根据所述次级侧电压的接近零交叉之间的所述一个或多个时间确定所述一个或多个谐振周期因子包括:

平均化多个至少一半谐振周期的所述次级侧电压的多个邻近的接近零交叉之间的时间,以确定所述谐振周期因子的平均值。

10.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

当所述变压器的所述初级侧的输入电压足够反向偏置控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的体二极管时,在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间。

11.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

检测所述次级侧电压的所述接近零交叉。

12.根据权利要求1所述的方法,进一步包括:

产生控制信号以控制提供给负载的功率。

13.根据权利要求12所述的方法,其中,所述负载包括一个或多个发光二极管。

14.一种用于操作开关电力转换器的装置,包括:

控制器,其中,所述控制器包括接收初级侧感测信号的输入,其中,所述初级侧感测信号来自开关电力转换器的包括变压器的初级侧的部分,并且所述感测信号表示所述变压器的次级侧上的次级侧电压,且在操作期间,所述控制器配置为:

在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间,其中,每个谐振周期出现在所述次级侧电压降低至零之后且所述变压器的所述初级侧中的电流从接近零开始增加之前;

利用所述次级侧电压的接近零交叉之间的所述一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子;

利用(i)所述一个或多个谐振周期因子和(ii)在所述次级侧电压的谐振周期期间的所述次级侧电压的接近零电压交叉的出现,来确定指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值;并且

根据所确定的指示所述次级侧电压出现最小值的所述时间值生成开关控制信号脉冲,以便控制开关的导通,所述开关控制所述开关电力转换器的所述变压器的所述初级侧中的电流。

15.根据权利要求14所述的装置,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值包括所述变压器的所述次级侧中的电流衰减至接近零的估计时间。

16. 根据权利要求15所述的装置,其中,所述一个或多个谐振周期因子包含接近等于所述谐振周期的四分之一的的时间,以及为确定所述一个或多个开关电力转换器控制参数,所述控制器进一步能够:

在控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的循环期间,从所述谐振周期的第一接近零电压交叉的时间减去所述谐振周期因子,以确定所述变压器的所述次级侧中的电流衰减至接近零的估计时间。

17. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值包括所述谐振周期期间所述次级侧电压的最小值的估计时间。

18. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述一个或多个谐振周期因子包含接近等于所述谐振周期的四分之一的的时间,以及为确定所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值,所述控制器进一步能够:

在控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的循环期间,将所述谐振周期因子加到所述谐振周期的第一接近零电压交叉的时间,以确定所述谐振周期期间的所述次级侧电压的最小值的估计时间。

19. 根据权利要求18所述的装置,所述控制器进一步能够:

在所述次级侧电压的检测的零电压交叉之后,使得控制所述变压器的所述初级侧中的所述电流的所述开关导通四分之一周期。

20. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值包含:(i)所述谐振周期期间的所述次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)所述变压器的所述次级侧中的电流衰减到接近零的估计时间。

21. 根据权利要求14所述的装置,其中,表示所述变压器的次级侧上的所述次级侧电压的信号是耦接至所述变压器的所述次级侧的所述变压器的辅助线圈上的反射的次级侧电压。

22. 根据权利要求14所述的装置,其中:

为了在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的每一个时间,所述控制器进一步能够:

允许所述次级侧电压在邻近的零交叉之间的至少一半周期内谐振;以及

为了根据所述次级侧电压的接近零交叉之间的所述一个或多个时间确定所述一个或多个谐振周期因子,所述控制器进一步能够:

平均化多个至少一半谐振周期的所述次级侧电压的多个邻近的接近零交叉之间的时间,以确定所述谐振周期因子的平均值。

23. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述控制器进一步能够:

当所述变压器的所述初级侧的输入电压足够反向偏置控制所述变压器的所述初级侧中的电流的开关的体二极管时,在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间。

24. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述控制器进一步能够:

检测所述次级侧电压的所述接近零交叉。

25. 根据权利要求14所述的装置,其中,所述控制器进一步能够:

产生控制信号以控制提供给负载的功率。

26. 根据权利要求25所述的装置,其中,所述负载包括一个或多个发光二极管。

27. 一种电力分配系统,包括:

开关电力转换器,其中,所述开关电力转换器包括具有初级侧和次级侧的变压器;

控制器,其中,所述控制器包括输入以便接收初级侧感测信号,其中,所述初级侧感测信号来自开关电力转换器的包括变压器的初级侧的部分,并且所述感测信号表示所述变压器的所述次级侧上的次级侧电压,以及在操作期间,所述控制器配置为:

在所述次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定所述次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间,其中,每个谐振周期出现在所述次级侧电压降低至零之后且所述变压器的所述初级侧中的电流从接近零开始增加之前;

利用所述次级侧电压的接近零交叉之间的所述一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子;

利用(i)所述一个或多个谐振周期因子和(ii)所述次级侧电压的谐振周期期间的所述次级侧电压的接近零电压交叉的出现,来确定指示在至少一个所述谐振周期期间所述次级侧电压何时出现最小值的时间值;并且

根据所确定的指示所述次级侧电压出现最小值的所述时间值生成开关控制信号脉冲,以便控制开关的导通,所述开关控制所述开关电力转换器的所述变压器的所述初级侧中的电流,以及

耦接至所述开关电力转换器的所述变压器的所述次级侧的负载。

28. 根据权利要求27所述的系统,其中,所述负载包括一个或多个发光二极管。

## 用于操作开关电力转换器的方法和装置以及电力分配系统

[0001] 相关申请的交叉参考

[0002] 在35U.S.C. §119(e)和37C.F.R. §1.78之下,本申请要求于2011年6月3日提交的,且标题为“Resonant Period Extractor for Switching Mode Power Supply”的美国临时申请No.61/492,871的优先权,其内容包括在此以供参考。在35U.S.C. §119(e)和37C.F.R. §1.78之下,本申请还要求2012年6月1日提交的,且标题为“Control Data Determination From Primary-Side Sensing Of A Secondary-Side Voltage In A Switching Power Converter”的美国专利申请No.13/486,625的优先权,其内容包括在此以供参考。

### 技术领域

[0003] 本发明主要涉及电子领域,且更具体地,涉及用于根据开关电力转换器的次级侧电压的初级侧感测确定控制数据的方法和系统。

### 背景技术

[0004] 很多电子系统利用开关电力转换器有效地将来自一个源的电力转换成设备可使用的电力(本文称为“负载”)。例如,电力公司经常在特定的频率范围内以特定的电压提供交流电(AC)电源。然而,很多负载利用与供应的电源不同的电压和/或频率的电源。例如,一些负载,如基于发光二极管(LED)的灯根据直流电(DC)而工作。“DC电流”也被称为“恒定电流”。“恒定”电流不意味着电流不随着时间而改变。恒定电流的DC值可变成另一个DC值。另外,恒定电流可具有引起电流的DC值波动的噪音或其他较小的波动。“恒定电流设备”具有取决于供应给设备的电流的DC值的稳态输出。

[0005] 由于节能(通过高效率光输出)、长寿命以及环境诱因如汞的减少,LED作为局部的主流光源变得特别吸引人。LED是半导体设备且最好由直流电驱动。LED的亮度与供应给LED的DC电流成正比例地变化。因而,增加供应给LED的电流增加LED的亮度和减少供应给LED的电流减弱LED。

[0006] 图1描述将来自电压源102的电力转变成负载104可使用的电力的配电系统100。负载104是恒定电流负载,其包含,例如,一个或多个LED。控制器106控制电源变换过程。电压源102将交流(AC)输入电压 $V_{IN}$ 供应给全桥式二极管整流器108。例如,电压源102是公共设施,且例如,AC电压 $V_{IN}$ 为美国的60Hz/110V线电压或欧洲的50Hz/220V线电压。整流器108将整流的AC电压 $V_x$ 供应给开关电力转换器110。开关电力转换器110用作将AC电压 $V_x$ 转换成DC链路电压 $V_{LINK}$ 的电源。

[0007] 控制器106将控制信号 $CS_0$ 提供给开关电力转换器110,以控制整流的输入电压 $V_x$ 向链路电压 $V_{LINK}$ 的转换。开关电力转换器110可以是任何类型的开关电力转换器,如升压、降压、升降压、或Cuk类型开关电力转换器。链路电压 $V_{LINK}$ 通常是通过开关电力转换器110维持在接近于恒定电平上的DC电压。控制器106还生成控制负载驱动开关112的控制信号 $CS_1$ 。当控制信号 $CS_1$ 使得开关112导通时,初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ 流向变压器116的初级线圈114,以磁化初级线圈114。当控制信号 $CS_1$ 断开开关112时,初级线圈114去磁。初级线圈114的磁化和去

磁感应变压器116的次级线圈118的次级侧电压 $V_s$ 。初级电压 $V_p$ 是次级侧电压 $V_s$ 的 $N$ 倍,也就是, $V_p=N \cdot V_s$ ,而“ $N$ ”是初级线圈114的线圈匝数与次级线圈118的线圈匝数的比。次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 是次级侧电压 $V_s$ 和二极管120、电容器122以及负载104的阻抗的正函数(direct function)。二极管120允许次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 在一个方向上流动。次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 使电容器122充电,且电容器122维持负载104上接近于DC电压 $V_{LOAD}$ 。因而,次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 是DC电流。

[0008] 因为由控制器106产生的控制信号 $CS_1$ 控制初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ ,而初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ 控制初级线圈114上的电压 $V_p$ ,所以通过控制器106控制从初级线圈114至次级线圈118的能量转移。因而,控制器106控制次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 。

[0009] 控制器106以某种模式操作开关电力转换器110,如准谐振模式。在准谐振模式中,控制信号 $CS_1$ 在尝试最小化开关112上的电压的时间点上导通开关112,且因此,最小化通过开关112的电流。控制器106根据经由链路电流检测路径126获得的感测的初级侧电流 $i_{PRIMARY-SENSE}$ 产生控制信号 $CS_1$ 。

[0010] 为了将已知的功率值传送给负载104,控制器106可通过已知次级侧电压 $V_s$ 和次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 的值确定传送给负载104的功率的量。控制器106可根据如先前讨论的 $V_p=N \cdot V_s$ 从初级侧电压 $V_p$ 得到次级侧电压 $V_s$ 。控制器106通过监控 $i_{SECONDARY-SENSE}$ 的值确定次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 的值,所述 $i_{SECONDARY-SENSE}$ 比例因子为 $M$ 的的次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 的缩放版本。“ $M$ ”是表示次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 与次级侧感测电流 $i_{SECONDARY-SENSE}$ 的分数比例的数。因而,传送给负载104的功率 $P_{LOAD}$ 是 $P_{LOAD}=V_p/N \cdot M \cdot i_{SECONDARY\_SENSE}$ 。

[0011] 然而,直接检测次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 通常需要光耦合器或一些其他相对昂贵的组件以提供至变压器116的次级侧的连接。

## 发明内容

[0012] 在本发明的一个实施方式中,一种方法包括从开关电力转换器的变压器的初级侧接收感测信号。感测信号表示变压器的次级侧上的次级侧电压。所述方法进一步包括在次级侧电压的一个或多个谐振周期期间,确定次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间。每个谐振周期出现在次级侧电压降低至零之后和在变压器的初级侧中的电流从接近于零开始增加之前。所述方法还包括根据次级侧电压的接近于零交叉之间的一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子。所述方法还包括利用(i)一个或多个谐振周期因子和(ii)在次级侧电压的谐振周期期间的次级侧电压的接近零电压交叉的出现确定一个或多个开关电力转换器控制参数。

[0013] 在本发明的另一个实施方式中,一种装置包括控制器。所述控制器包括从开关电力转换器的变压器的初级侧接收感测信号的输入。感测信号表示变压器的次级侧上的次级侧电压,且所述控制器能够在次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间。每个谐振周期出现在次级侧电压减少至零之后和在变压器的初级侧的电流从接近于零开始增加之前。控制器进一步能够从次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子。控制器进一步能够利用(i)一个或多个谐振周期因子和(ii)次级侧电压的谐振周期期间的次级侧电压的接近零电压交叉的出现确定一个或多个开关电力转换器控制参数。

[0014] 在本发明的另一个实施方式中,一种装置包括开关电力转换器。开关电力转换器包括具有初级侧和次级侧的变压器。装置进一步包括控制器。控制器包括从开关电力转换器的变压器的初级侧接收感测信号的输入。感测信号表示变压器的次级侧上的次级侧电压,以及控制器能够在次级侧电压的一个或多个谐振周期期间确定次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间。每个谐振周期出现在次级侧电压减少至零之后和在变压器的初级侧的电流从接近于零开始增加之前。控制器进一步能够根据次级侧电压的接近零交叉之间的一个或多个时间确定一个或多个谐振周期因子。控制器进一步能够利用(i)一个或多个谐振周期因子和(ii)次级侧电压的谐振周期期间的次级侧电压的接近零电压交叉的出现确定一个或多个开关电力转换器控制参数。装置还包括耦合至开关电力转换器的变压器的次级侧的负载。

### 附图说明

[0015] 通过参考附图,可以更好地理解本发明,且其多个目标、特征和有点对本领域的技术人员来说是显而易见的。全文几个附图中的相同的参考标号的使用表示相同或相似的元件。

[0016] 图1(称为现有技术)描述了配电系统。

[0017] 图2描述了利用反射的次级侧电压零交叉和谐振周期因子确定控制参数的配电系统。

[0018] 图3描述了图2的配电系统的实施方式。

[0019] 图4描述了示例性的开关电力转换器控制参数确定过程。

[0020] 图5和图6描述了与图3的系统和图4的过程相关的示例性波形。

[0021] 图7描述了图3的电源系统的输入电压的示例性探测时间。

[0022] 图8和图9描述了示例性控制参数发生器。

### 具体实施方式

[0023] 一种配电系统包括开关电力转换器的控制器,以控制开关电力转换器并确定一个或多个开关电力转换器控制参数。在至少一个实施方式中,开关电力转换器利用变压器将能量从变压器的初级侧转移到次级侧。将输入电压源连接至初级侧,而将负载连接至次级侧。控制器利用开关电力转换器控制参数控制开关电力转换器的初级侧上的电流控制开关,其控制能量转移过程。

[0024] 在至少一个实施方式中,控制器利用来自反射的次级侧电压的谐振周期因子和次级侧电压的谐振周期期间的次级侧电压的接近零电压交叉的存在确定一个或多个开关电力转换器控制参数。在至少一个实施方式中,开关电力转换器控制参数包括(i)谐振周期期间次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)变压器的次级侧中的电流衰减到接近于零的估计时间。在至少一个实施方式中,在谐振周期期间的次级侧电压的最小值的估计时间处,使得电流控制开关导通并允许电流流过变压器的初级侧,减少了能量损耗并因此具有更高的能效。在至少一个实施方式中,确定变压器的次级侧的电流衰减为接近于零的估计时间允许控制器确定转移给负载的能量的量,并因此控制开关电力转换器,以满足负载的功率需要。本文中使用的术语“接近于”意味着精确地或充分地接近精确,以允许组件、系统或过程

实现它的预定功能。

[0025] 次级侧电压在次级侧线圈中的电流衰减为零之后进入衰减谐振期。如先前提到的,在次级侧电压的最小值的估计时间处,使得电流控制开关导通是有效的;然而,确定最小值何时出现是一个挑战。在至少一个实施方式中,次级侧电压的谐振周期从初级侧开关的循环到循环相对稳定。通过间接地感测次级侧电压,如感测辅助线圈中的反射的次级侧电压,控制器可感测次级侧电压的零交叉。通过感测至少两个零交叉之间的时间,控制器可确定谐振周期因子。因为零交叉和次级侧谐振电压的最小值之间的时间等于谐振周期除以4(称为“ $T_{RES}/4$ ”),在至少一个实施方式中,控制器可通过将谐振周期因子 $T_{RES}/4$ 加到检测的零交叉的时间来确定最小值的定时。

[0026] 在至少一个实施方式中,控制器通常以断续导电模式、临界导电模式、或准谐振模式操作开关电力转换器。然而,在至少一个实施方式中,控制器探测反射的,次级侧电压,以通过延长电流控制开关循环的持续时间以包括一个或多个连续谐振周期来确定谐振周期。在至少一个实施方式中,探测谐振周期出现在多个连续的和/或非连续的开关循环期间,以便确定多个谐振周期的持续时间。在至少一个实施方式中,控制器包括数字滤波器,以处理多谐振周期,从而获得谐振周期的单一估计。例如,在至少一个实施方式中,数字滤波器均分多谐振周期,以获得平均谐振周期。另外,在至少一个实施方式中,电流控制开关是场效应晶体管(FET)。在至少一个实施方式中,当变压器的初级侧的输入电压足够反向偏置电流控制开关的体二极管时,控制器探测反射的,次级侧电压以更精确地确定谐振周期因子。

[0027] 另外,次级侧电流在相位上比次级侧电压超前九十度( $90^\circ$ )。因而,在至少一个实施方式中,在次级侧电压的零交叉的开关导通循环期间,控制器可以通过从初始出现中减去谐振周期因子 $T_{RES}/4$ ,来确定次级侧电流何时衰减为接近于零。另外,在至少一个实施方式中,利用从反射的次级侧电压感测的数据,而没有利用对次级侧的物理连接来进行开关电力转换器控制参数的确定。

[0028] 图2描述了配电系统200,其包含控制器202,所述控制器利用(i)谐振周期因子和(ii)次级侧电压的谐振周期期间的次级侧电压的接近零电压交叉的存在确定一个或多个开关电力转换器控制参数。特定的开关电力转换器控制参数是设计选择的事情,在至少一个实施方式中,是至少一个(i)谐振周期期间次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)变压器的次级侧电流衰减到接近于零的估计时间。谐振周期因子表示与变压器(如变压器206)的次级线圈204上的次级侧电压 $V_s$ 的谐振周期相关的值。配电系统200接收输入电压 $V_{IN}$ 。例如,输入电压 $V_{IN}$ 可以是由图1中的电池或链路电压 $V_{LINK}$ 提供的DC电压,或是AC电压,如AC输入电压102。使用术语“接近于”,因为,来自开关电力转换器的DC电压例如可变化标称值的5-10%,且可含有波纹和噪音。

[0029] 控制器202通过调节由初级侧线圈210导通的初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ 来调整传送给负载208的电源。负载208可以是任何类型负载,如一个或多个发光二极管(LED)。在至少一个实施方式中,控制器202,开关电力转换器216和负载208被包含为作为灯的部分(没有示出)。控制器202包括控制信号发生器211,以产生控制信号 $CS_2$ 从而控制开关电力转换器216。控制信号发生器211通过调节控制信号 $CS_2$ 的占空因数来调节初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ , $CS_2$ 调节示例性的电流控制开关212的占空因数。电流控制开关212可能是任何类型的开关,且在至少一个实施方式中,是场效应晶体管(FET)。如示例性的波形218示出的,当控制信号 $CS_2$

在周期T1期间使得开关212导通时,初级侧电流 $i_{\text{PRIMARY}}$ 激励(energize)初级侧线圈210。如由变压器206的点式配置指示的,当初级侧电流 $i_{\text{PRIMARY}}$ 从初级侧线圈210流向开关212时,感应的次级侧电压 $V_s$ 反向偏置二极管214。当二极管214被反向偏置时,次级侧电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 是零,且电容器215将能量供应给负载208。当在周期T1的结束处开关212停止导通时,周期T2开始,且初级侧电压 $V_p$ 和次级侧电压的极性颠倒,这通常被称为回扫周期。次级侧电压 $V_s$ 的反向正向偏置二极管214。当正向偏置二极管214时,次级侧电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 实际上瞬间地上升,且然后当开关电力转换器216以断续导电模式或临界导电模式操作时斜降至零。

[0030] 控制器202通过初级侧感测电流 $i_{\text{PRIMARY-SENSE}}$ 感测初级侧电流,所述初级侧感测电流 $i_{\text{PRIMARY-SENSE}}$ 例如为初级侧电流 $i_{\text{PRIMARY}}$ 的缩放版本。控制器202确定控制信号 $CS_2$ 的脉冲宽度 $T_1$ ,以便将初级侧电流 $i_{\text{PRIMARY}}$ 维持在预定范围内。在至少一个实施方式中,通过变压器206、二极管214、电容器215的构成值以及负载208的功率需要来指示预定范围。产生控制信号 $CS_2$ 的具体方式是设计选择的事情。例如,在受让人为Cirrus Logic, Inc.和发明人为John L. Melanson, Rahul Singh,和Siddharth Maru,标题为“Constant Current Controller With Selectable Gain”的美国专利No. 13/174,404中和受让人为Cirrus Logic, Inc.,发明人为Zhaohui He, Robert T. Grisamore和Michael A. Kost,标题为“PRIMARY-SIDE CONTROL OF A SWITCHING POWER CONVERTER WITH FEED FORWARD DELAY COMPENSATION”,2012年6月1日提交的美国专利申请No. \_\_\_\_\_中描述了用于产生开关控制信号 $CS_2$ 的示例性系统和方法,两者的全部内容都包括在此以供参考。可以许多方法确定负载208的功率需要。例如,可在控制器202的存储器(未示出)中存储负载208的功率需要,作为可选的DIM信号的减弱水平提供,或通过参考电阻器(未示出)设定。

[0031] 传送给变压器206的次级侧的能量的量部分取决于已知周期T2的结束时间,这对应于次级侧电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 衰减为零的时间。控制器202利用次级侧电压的初级侧感测确定周期T2的结束。初级侧感测的具体位置、组件和方法是设计选择的事情。在至少一个实施方式中,控制器202从节点217执行初级侧感测。当利用初级侧感测时,不可直接地通过控制器202观察次级电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 。然而,控制参数发生器220能够通过确定次级侧电压的谐振周期因子和已知次级侧电压和次级电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 之间的大致的时间关系确定一个或多个开关电力转换器控制参数,如(i)谐振周期期间的次级侧电压的最小值的估计时间和(ii)变压器的次级侧的电流衰减为接近于零的估计时间。

[0032] 产生控制信号 $CS_2$ ,以在谐振周期期间的次级侧电压 $V_s$ 的最小值的估计时间处使得开关202开始导通,提高了配电系统200的能效。开关202包括寄生阻抗,如寄生电容器222。例如,因为当次级侧电压 $V_s$ 为最小值时,寄生电容器222被放电,所以提高了能效。因而,当控制信号 $CS_2$ 在次级侧电压的最小值的估计时间处使得开关导通时,寄生电容器222不充电,或当导通开关202时,至少放电被最小化。

[0033] 为了确定谐振周期期间的次级侧电压 $V_s$ 的最小值的估计时间,控制器202在次级侧电压 $V_s$ 的谐振周期期间检测信号ZCD的零交叉。如随后详细地描述的,如果在次级侧电压 $V_s$ 在控制信号 $CS_2$ 的周期期间降至零之后,开关212仍然不导通,次级侧电压 $V_s$ 将谐振。通过检测谐振的次级侧电压 $V_s$ 的至少两个零交叉并确定检测的零交叉之间所过去的时间,控制参数发生器220可确定谐振周期因子。谐振次级侧电压 $V_s$ 的最小值出现在每个零交叉之后的 $90^\circ$ ,  $90^\circ$ 表示谐振周期 $T_{\text{RES}}$ 的 $1/4$ 。因而,在检测的零交叉加上 $T_{\text{RES}}/4$ 的时间处出现谐振次

级侧电压 $V_s$ 的最小值。谐振周期 $T_{RES}$ 的范围通常是 $0.667\mu\text{sec}$ 至 $2\mu\text{sec}$ 。例如,如果谐振次级侧电压 $V_s$ 的两个邻近零交叉之间的时间是 $0.5\mu\text{sec}$ 至 $2\mu\text{sec}$ ,那么谐振周期 $T_{RES}$ 是 $(0.5\mu\text{sec}) \cdot (2) = 1.0\mu\text{sec}$ 且谐振周期因子 $T_{RES}/4 = 0.25\mu\text{sec}$ 。因而,当控制参数发生器220在时间 $t_0$ 处检测到次级侧电压 $V_s$ 的零交叉时,控制参数发生器220然后确定,将在 $t_0$ 加上 $0.25\mu\text{sec}$ 时间处出现谐振次级侧电压 $V_s$ 的最小值。

[0034] 当次级侧电压 $V_s$ 谐振时,次级侧电压 $V_s$ 通过滞后次级侧电流 $i_{SECONDARY}$  $X$ 度,其中, $X$ 是数字。通过 $T_{RES} \cdot X/360^\circ$ 表示用于确定次级侧电流衰减为接近于零的估计时间的谐振周期因子。在至少一个实施方式中, $X$ 是 $90^\circ$ ,其等于 $T_{RES}/4$ 的谐振周期因子。在次级侧电压 $V_s$ 的谐振期间和在次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 衰减至零之后,次级侧电压 $V_s$ 在次级侧电流衰减至零之后达到接近于 $0V$   $X$ 度。通过检测次级侧电压 $V_s$ 的随后的零交叉,控制参数发生器220确定谐振周期因子 $T_{RES} \cdot X/360^\circ$ 。例如,如果谐振次级侧电压 $V_s$ 的两个邻近零交叉之间的时间是 $0.5\mu\text{sec}$ ,那么谐振周期 $T_{RES}$ 是 $(0.5\mu\text{sec}) \cdot (2) = 1.0\mu\text{sec}$ 。如果 $X$ 等于 $90^\circ$ ,那么谐振周期因子 $T_{RES}/4$ 确定次级侧电流衰减为接近于零的估计时间 $= 1.0\mu\text{sec}/4 = 0.25\mu\text{sec}$ 。因而,当控制参数发生器220在时间 $t_0$ 处检测到次级侧电压 $V_s$ 的零交叉时,控制参数发生器220然后确定在 $t_0$ 减去 $0.25\mu\text{sec}$ 时间处发生的次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 衰减至接近于零的估计时间。次级侧电压 $V_s$ 等于初级侧电压 $V_p/N$ ,而 $N$ 是表示初级侧线圈210和次级侧线圈204之间的匝数比的数字。控制信号发生器211可利用次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 衰减至接近于零的估计时间确定传送给负载208的功率,因为传送给次级侧208的功率大约等于次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 乘以次级侧电压 $V_s$ 的积分。

[0035] 确定一个或多个谐振周期因子的频率和时序是设计选择的事情。在至少一个实施方式中,控制信号发生器211产生控制信号 $CS_2$ ,以延长当开关212非导通时的时间,从而允许控制参考发声器220检测谐振次级侧电压 $V_s$ ,从而检测谐振次级侧电压 $V_s$ 的至少两个零交叉。在至少一个实施方式中,控制参数发声器220检测多个零交叉,以确定输入电压 $V_{IN}$ 的AC形式的单一循环期间的控制信号 $CS_2$ 的多循环的谐振周期因子。在至少一个实施方式中,控制参数发声器220确定输入电压 $V_{IN}$ 的AC形式的单一循环期间的至少三个时间的谐振周期因子。在至少一个实施方式中,控制参数发生器220探测输入电压 $V_{IN}$ 足够反向偏置电流控制开关212的体二极管时的次级侧电压 $V_s$ ,从而更精确地确定谐振周期因子。在至少一个实施方式中,控制器202还产生控制另一个开关电力转换器的控制信号 $CS_3$ ,例如,在受让给Cirrus Logic, Inc.且发明认为John L. Melanson,标题为“Power Control System Using a Nonlinear Delta-Sigma Modulator with Nonlinear Power Conversion Process Modeling”的美国专利No. 7,719,246中描述另一个开关电力转换器,其全部内容包括在此以供参考。在至少一个实施方式中,根据由DIM信号指示的调整器电平,控制器202还响应由调光器(未示出)产生的DIM信号来改变传送给负载208的功率。例如,受让给Cirrus Logic, Inc.且发明人为William A. Draper和Robert Grisamore的标题为“Phase Control Dimming Compatible Lighting Systems”的美国专利申请No. 12/570,550中描述了与调光器信号连接的示例性系统和方法,其全部内容包括在此以供参考。

[0036] 图3描述了配电系统300,其表示配电系统200的一个实施方式。图4描述了确定(i)次级侧电压 $V_s$ 的谐振期期间的次级侧电压 $V_s$ 的最小值的估计时间和(ii)次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 衰减为接近于零的估计时间的示例性开关电力转换器控制参数确定过程400。图5

描述了表示当确定示例性开关电力转换器控制参数时配电系统300中出现的波形的示例性的一组波形500。

[0037] 参考图3、图4和图5, 配电系统300接收来自AC电压源302的输入电压 $V_{IN}$ , 在一个实施方式中, 其与电压源102相同(图1)。控制器306控制开关电力转换器307。在时间 $t_0$ 处, 控制器306的控制信号发生器304产生控制信号 $CS_2$ 的逻辑1值, 其使得FET308导通。控制信号发生器304表示控制信号发生器211的一个实施方式。在周期 $T_1$ 期间使得FET308导通, 且初级侧电流 $i_{PRIMARY}$ 在周期 $T_1$ 期间激励变压器312的初级侧线圈310。次级侧线圈314上的次级侧电压 $V_s$ 在周期 $T_1$ 期间是负的, 其反向偏置二极管316且阻止次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 的流动。

[0038] 在时间 $t_1$ 处, 控制发生器304断开FET308(即, 非导电的), 初级侧电压 $V_p$ 和次级侧电压 $V_s$ 颠倒, 且次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 迅速地上升。在周期 $T_{2OBSERVED}$ 和 $T_{2ACTUAL}$ 的开始处, 次级侧电压 $V_s$ 经历短暂的振荡, 之后是一段时间的接近于恒定的值。次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 经过目前正向偏置的二极管316流动并给电容器317充电, 以产生LED 319上的电压 $V_{LOAD}$ 。次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 在时间 $t_2$ 处衰减为零。时间 $t_2$ 标记实际周期 $T_{2ACTUAL}$ 的结束。在是实际周期 $T_{2ACTUAL}$ 的结束的时间 $t_2$ 处, 次级侧电压 $V_s$ 开始谐振且在时间 $t_3$ 处在控制信号 $CS_2$ 的循环期间达到第一零交叉。在至少一个实施方式中, 难以检测精确的时间 $t_2$ , 和, 因而, 难于确定周期 $T_{2ACTUAL}$ 的精确的结束。

[0039] 变压器312在变压器310的初级侧上包括感测反射的次级侧电压 $V_s$ 的辅助线圈318。辅助线圈318上的辅助电压 $V_{AUX}$ 表示感测的次级侧电压 $V_s$ 。电阻器320和322提供分压器, 从而使得零交叉探测ACD表示辅助电压 $V_{AUX}$ 的缩放版本, 并因此也表示次级侧电压 $V_s$ 的感测版本。除了感测次级侧电压 $V_s$ 之外, 辅助电压 $V_{AUX}$ 也通过电阻器324和二极管326产生电流 $i_{AUX}$ , 以产生电容器328上的控制器电源电压 $V_{DD}$ 。

[0040] 零交叉检测信号ZCD的值跟踪次级侧电压 $V_s$ 且在时间 $t_3$ 处指示次级侧电压 $V_s$ 的零交叉。时间 $t_1$ 和时间 $t_2$ 之间所过去的时间表示观察的周期 $T_{2OBSERVED}$ 。在次级侧电压 $V_s$ 的谐振周期期间的操作402中, 控制参数发生器330感测零交叉检测信号ZCD在电流控制开关周期 $T_{TSWITCH}$ 期间何时达到接近于0V的至少两个事件。例如, 在至少一个实施方式中, 控制参数发生器330在时间 $t_3$ 处感测次级侧电压 $V_s$ 的第一零交叉且在时间 $t_5$ 处感测第二零交叉。在操作404中, 控制参数发生器330确定至少一个谐振周期因子。时间 $t_5$ 和 $t_3$ 之间所过去的时间等于谐振周期 $T_{RES}$ 的 $1/2$ 。在至少一个实施方式中, 控制参数发生器330还检测另外的零交叉, 如时间 $t_6$ 处的零交叉并产生谐振周期 $T_{RES}$ 的平均值和/或谐振周期 $T_{RES}$ 的分数, 如 $T_{RES}/4$ 。检测零交叉检测信号ZCD的0V值的方式是设计选择的事情。在至少一个实施方式中, 控制参数发生器330包括连接至存储器(未出)的数字微处理器(未示出), 其中所述存储器存储可由处理器执行, 以确定控制参数的代码。在图8中更详细地讨论其他示例性实施方式。

[0041] 在谐振周期 $T_{RES}$ 期间, 在次级侧电压的最低谷上出现次级侧电压 $V_s$ 的最小值。如图5中明显的, 在时间 $t_4$ 处出现次级侧电压 $V_s$ 的最小值, 且时间 $t_4$ 等于从时间 $t_3$ 处的第一零交叉加上谐振周期因子 $T_{RES}/4$ 的时间。在开关控制信号 $CS_2$ 的电流控制开关周期 $T_{TSWITCH}$ 期间, 次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 衰减为接近于零的估计时间 $t_2$ 先于在时间 $t_4$ 处的第一零交叉 $X$ 度而发生, 同时次级侧电压 $V_s$ 谐振。在至少一个实施方式中,  $X$ 是 $90^\circ$ , 其等于 $T_{RES}/4$ 的谐振周期因子。因而, 时间 $t_3$ 处衰减至接近零的次级侧电流 $i_{SECONDARY}$ 减去谐振因子 $T_{RES}/4$ 。因为 $X$ 等于 $90^\circ$ , 操作404确定一个谐振周期因子 $T_{RES}/4$ , 以便确定两个控制参数:(i) 谐振周期 $T_{RES}$ 期间

的次级侧电压 $V_s$ 的最小值的估计时间,其等于时间 $t_4$ 和(ii)次级侧电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 衰减至接近于零的估计时间,其等于时间 $t_2$ 。如果 $X$ 不接近于 $90^\circ$ ,在至少一个实施方式中,控制参数发生器330确定用于确定时间 $t_4$ 和时间 $t_2$ 的单独的谐振周期因子。在时间 $t_7$ 处,电流控制开关周期 $T_{\text{SWITCH}}$ 结束,且控制信号发生器304开始新的脉冲,并因此开始控制信号 $CS_2$ 的新的循环。

[0042] 图6描述了表示正常的操作期间配电系统300中出现的波形的示例性一组波形600。参考图3、图4和图6,在正常的操作期间,基于操作402和404的结果,控制参数发生器330执行操作406、408和410,以确定由控制信号发生器304使用的控制参数,从而产生开关控制信号 $CS_2$ 。在操作406中,在图5描述的周期之后的随后的电流控制开关周期 $T_{\text{SWITCH}}$ 期间,控制参数发生器330在时间 $t_{zc}$ 处检测第一零交叉。操作408通过将操作404上确定的谐振周期因子 $T_{\text{RES}}/4$ 加上零交叉时间 $t_{zc}$ 来确定初级侧电流控制开关时间 $t_{\text{VSMIN}}$ ,即, $t_{\text{VSMIN}} = t_{zc} + T_{\text{RES}}/4$ 。控制参数发生器330将产生的开关时间 $t_{\text{VSMIN}}$ 提供给控制信号发生器304。在时间 $t_{\text{VSMIN}}$ 处,控制信号发生器304产生控制信号 $CS_2$ 的逻辑1值,其使得FET308导通。如先前讨论的,在谐振周期 $T_{\text{RES}}$ 期间,在次级侧电压 $V_s$ 的最小值处使得FET308导通提高了配电系统300的能效。

[0043] 操作410确定时间 $t_{\text{IS-END}}$ ,其是在目前的周期 $T_{\text{ACTUAL}}$ 的结束处衰减至接近于零的次级侧电流 $i_{\text{SECONDARY}}$ 的估计时间。操作410通过从零交叉时间 $t_{zc}$ 减去谐振周期因子 $T_{\text{RES}}/4$ 来确定时间 $T_{\text{IS-END}}$ ,即, $t_{\text{IS-END}} = T_{zc} - T_{\text{RES}}/4$ 。控制参数发生器330将时间 $t_{\text{IS-END}}$ 提供给控制信号发生器304,例如,以允许控制信号发生器确定将多少电流提供给变压器312的次级侧,并根据LED 319的功率需要产生控制信号周期 $T_1$ 。操作412确定是否和何时为下一个电流控制开关周期从操作420或操作406重复开关电力转换器控制参数确定过程400。

[0044] 确定每隔多久从操作402重复开关电力转换器控制参数确定过程400是设计选择的事情。图7描述了具有示例性探测时间 $T_{p1}$ 、 $T_{p2}$ 、 $T_{p3}$ 和 $T_{p4}$ 的示例性控制信号和输入电压信号700。参考图3和图7,输入电压 $V_{\text{IN}}$ 的该实施方式是整流正弦波。为了更有效地操作,在该实施方式中,当输入电压 $V_{\text{IN}}$ 小于阈值电压 $V_{\text{TH}}$ 时控制器信号发生器304(图3)以断续导电模式操作开关电力转换器307,且当输入电压 $V_{\text{IN}}$ 大于或等于阈值电压 $V_{\text{TH}}$ 时以临界导电模式(CRM)操作开关电力转换器。特定的阈值电压 $V_{\text{TH}}$ 是设计选择的事情,且例如,对应于 $30^\circ$ 和 $150^\circ$ 处的输入电压 $V_{\text{IN}}$ 。当输入电压 $V_{\text{IN}}$ 大于阈值电压 $V_{\text{TH}}$ 且以CRM操作开关电力转换器时,次级侧电压 $V_s$ 谐振时的FET308的最小漏电压 $V_{\text{DRAIN}}$ 足够保持反向偏置的FET308的寄生体二极管(未示出)。然而,当输入电压 $V_{\text{IN}}$ 小于阈值电压 $V_{\text{TH}}$ 且以DCM操作开关电力转换器时,最小的漏电压 $V_{\text{DRAIN}}$ 不足以保持利用次级侧电压 $V_s$ 谐振反向偏置的寄生体二极管。

[0045] 因而,在至少一个实施方式中,在当在CRM区域中操作开关电力转换器307时的时间期间,操作412使得控制参数发生器330从操作402重复(对应于图5)。在至少一个实施方式中,控制参数发生器330执行操作420和404,以在输入电压 $V_{\text{IN}}$ 的每一个循环期间确定多个探测时间处的谐振周期因子。探测时间 $T_{p1}$ 、 $T_{p2}$ 、 $T_{p3}$ 、和 $T_{p4}$ 是示例性的。在至少一个实施方式中,控制参数发生器330利用多探测时间更新谐振周期因子,因为谐振周期可随着时间而改变。在至少一个实施方式中,控制参数发生器330也均化多个确定的谐振周期因子,以获得更高可信度的谐振周期因子。在输入电压 $V_{\text{IN}}$ 的循环期间获得的确定的谐振周期因子的具体数字是设计选择的事情。特定的探测时间也是设计选择的事情。在至少一个实施方式中,

控制参数发生器330每输入电压 $V_{IN}$ 的50-60Hz循环至少三次执行操作402和404。总体来说,在至少一个实施方式中,控制信号 $CS_2$ 是至少25kHz。因而,在至少一个实施方式中,大部分时间,操作412从操作406重复开关电力转换器控制参数确定过程400。在至少一个实施方式中,输入电压 $V_{IN}$ 的循环702表示随后的循环。

[0046] 图8描述了表示控制参数发生器330的数字实施方式的控制参数发生器800。控制参数发生器800表示控制参数发生器330的数字版本。控制参数发生器800包括接收且将零交叉检测信号ZCD转变成数字值ZCD(n)的模数转换器(ADC)802。逻辑比较器804将ZCD(n)与接近于0比较,以确定ZCD(n)的值是否接近等于0。使用“接近于0”,因为当反射的次级侧电压 $V_s$ 等于零时,电阻器320和322的分压器产生稍微的ZCD偏移。在至少一个实施方式中,由偏移修正ZCD,且ADC802将修正的ZCD与0比较。

[0047] 逻辑比较器804在接近于零的时间ZCD(n)处形成输出信号 $t_{zc}(n)$ 且提供 $t_{zc}(n)$ ,以控制参数确定阶段806。计算器808接收 $t_{zc}(n)$ 且确定 $t_{zc}(n)$ 和 $t_{zc}(n+1)$ 之间的时间,其等于 $T_{RES}/2$ 。谐振周期因子发生器810根据 $t_{zc}(n)$ 和 $t_{zc}(n+1)$ 之间的时间确定谐振周期因子。过滤器812均化由谐振周期因子810产生的谐振周期因子的M数。M是大于或等于2的整数。控制参数处理器执行操作406-412,以确定次级电流衰减为零的时间 $t_{iS-END}$ ,以及谐振期间的次级侧电压 $V_s$ 的最小值的时间 $t_{VSMIN}$ 。

[0048] 图9描述了表示控制参数发生器330的混合的模拟/数字版本的控制参数发生器900。控制参数发生器900包括模拟比较器902,以将零交叉检测信号ZCD与接近于0V比较,从而解释电阻器320和322分压器的偏移电压。当零交叉检测信号ZCD小于 $\sim 0V$ 时,比较器902产生零交叉时间 $t_{zc}(n)$ 作为逻辑0。结合图8,如先前讨论的,控制参数确定阶段806处理零交叉时间 $t_{zc}(n)$ 。

[0049] 因而,配电系统包含控制器,其利用来自反射的次级侧电压的谐振周期因子和次级侧电压的谐振周期期间次级侧电压的接近于零电压交叉的存在确定一个或多个开关电力转换器控制参数。

[0050] 尽管已经详细地描述了实施方式,应该理解,在没有脱离由附加的权利要求定义的本发明的精神和范畴的情况下,可以做出各种改变、替换和修改。

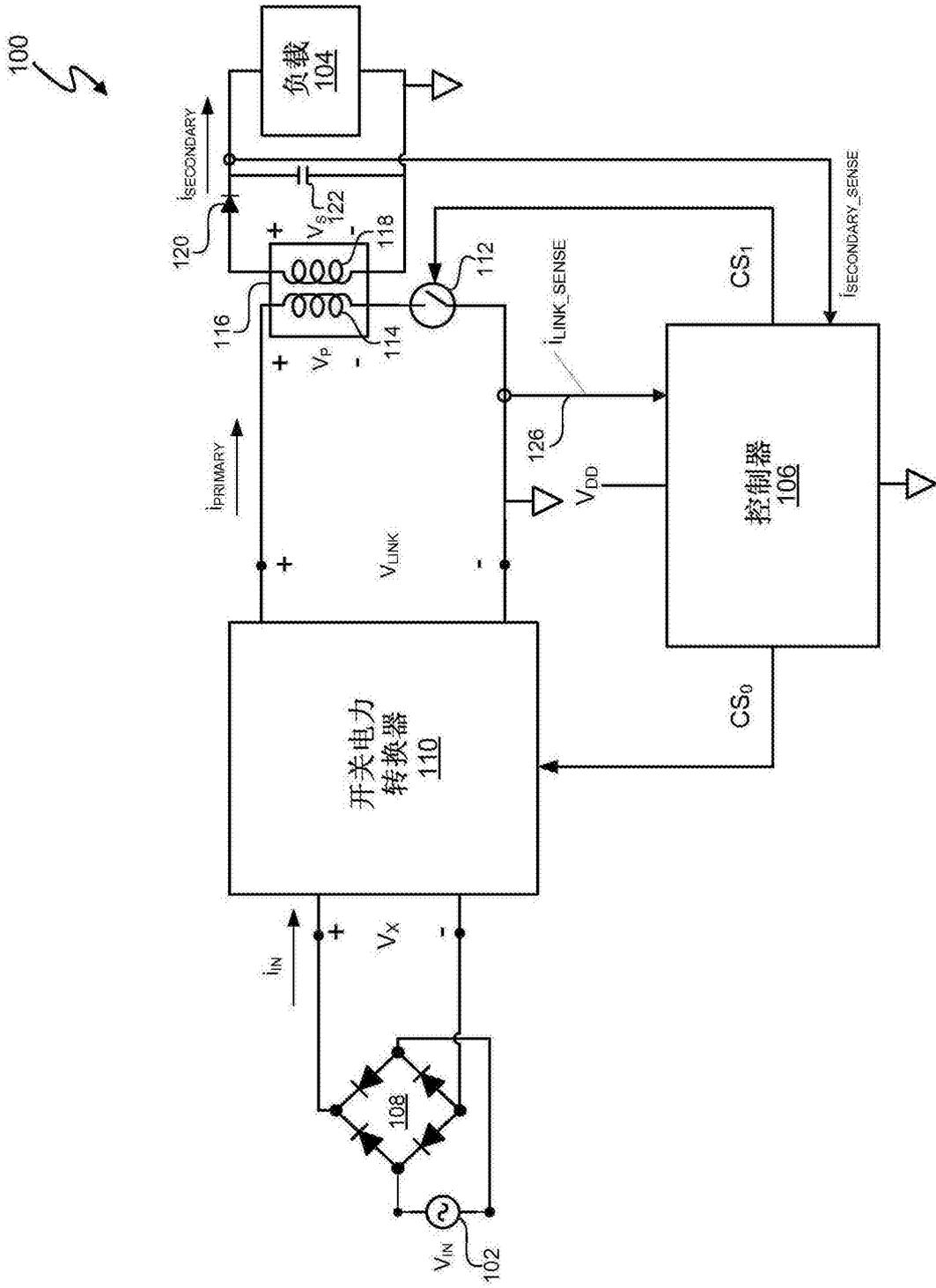


图1(现有技术)

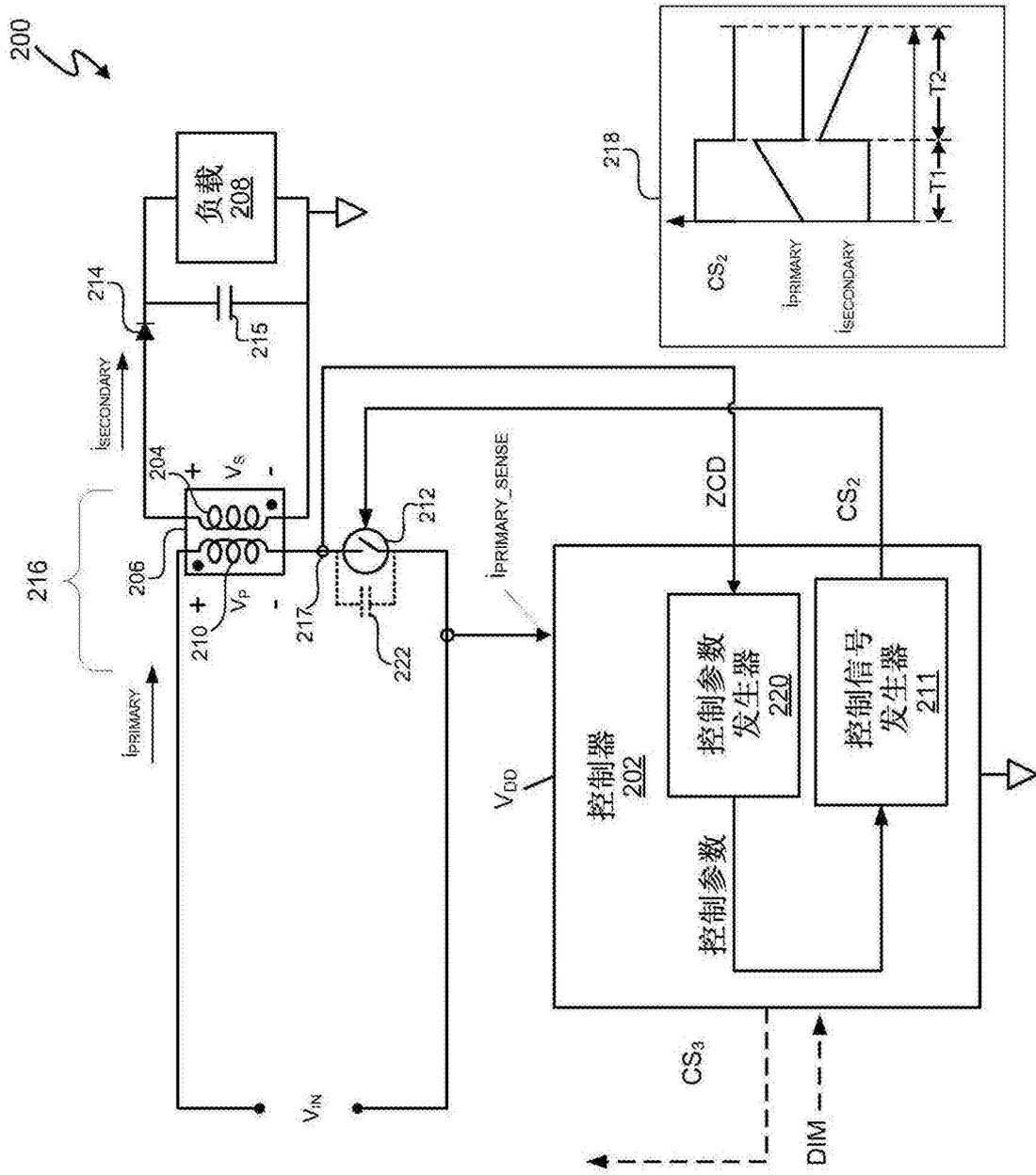


图2



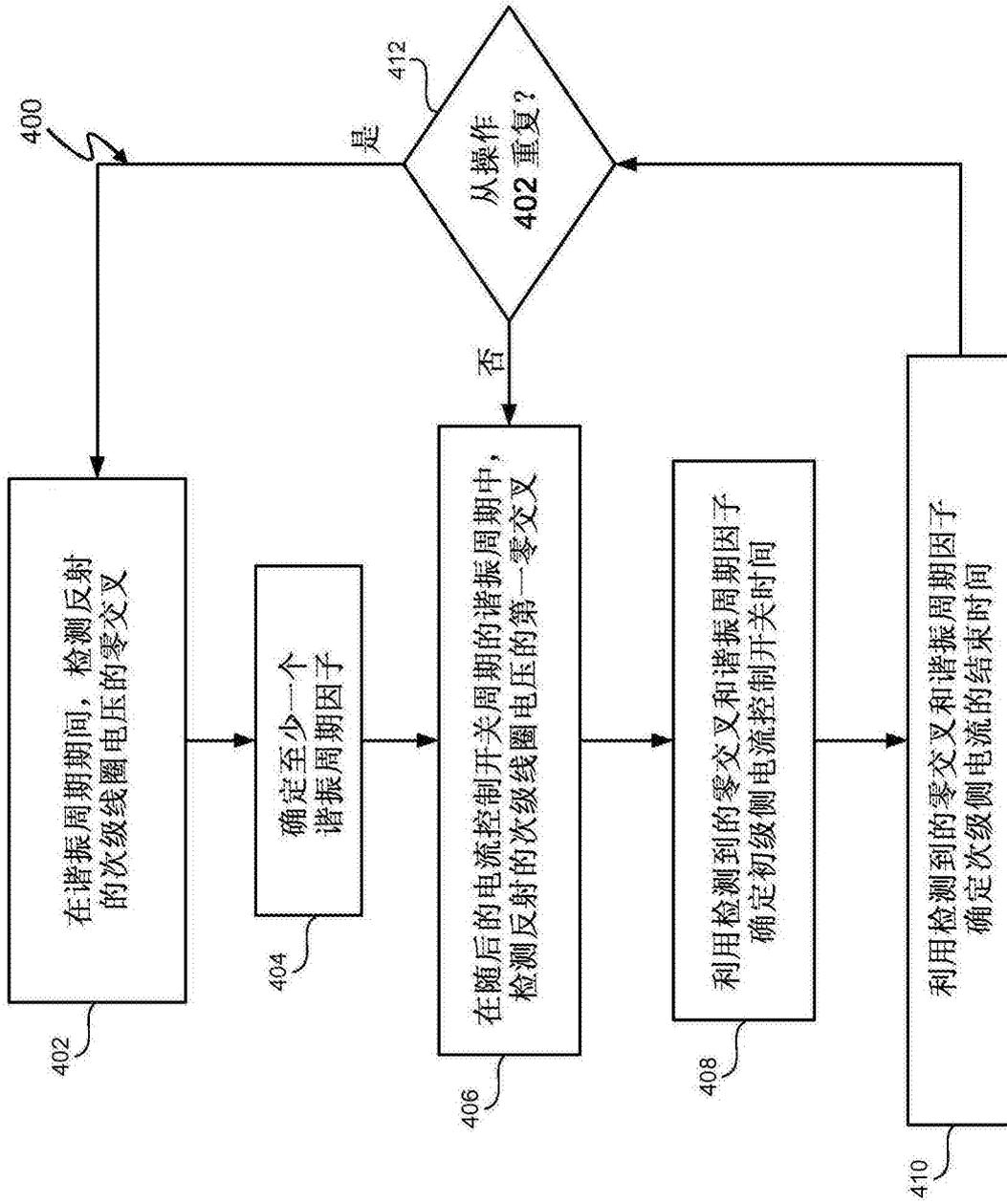


图4





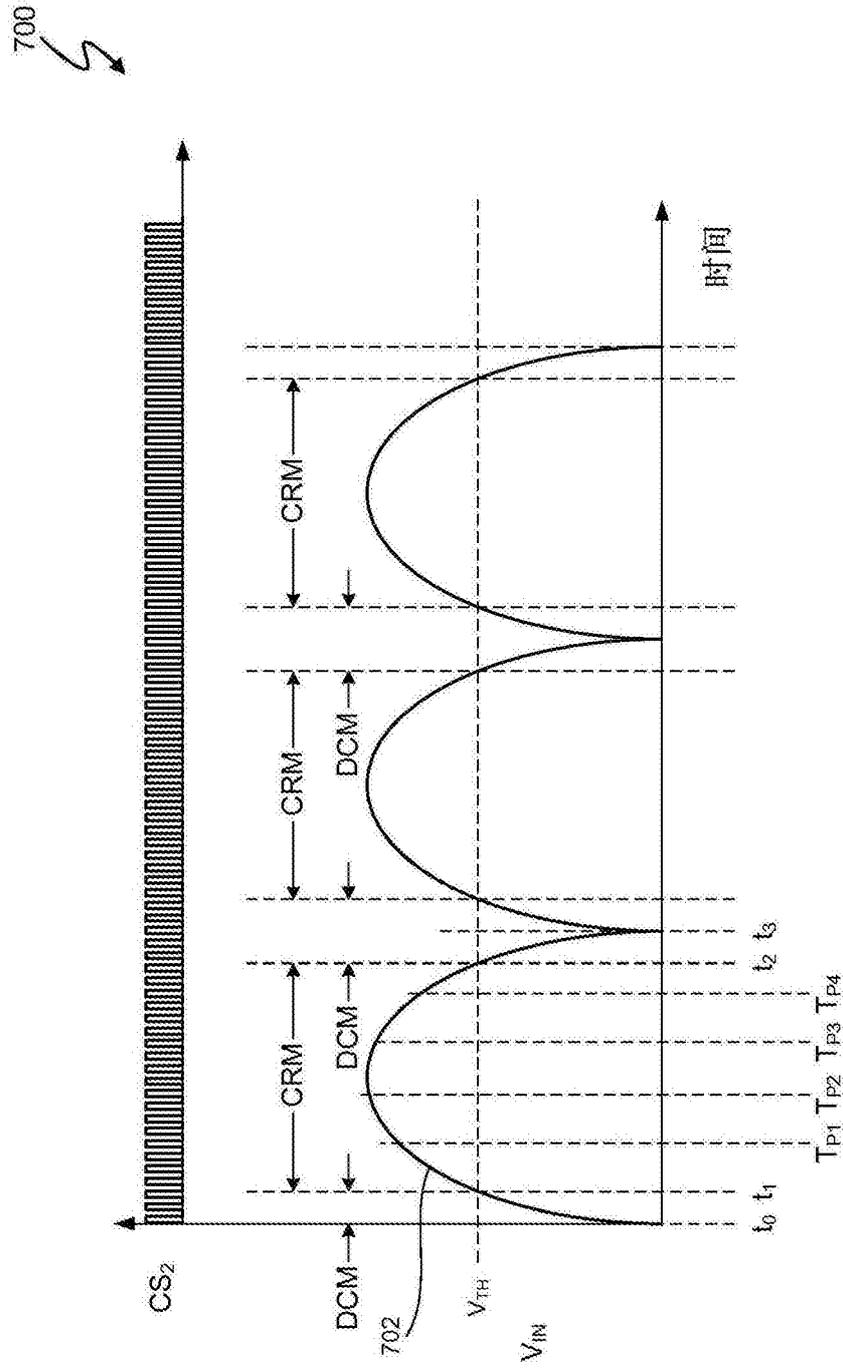


图7

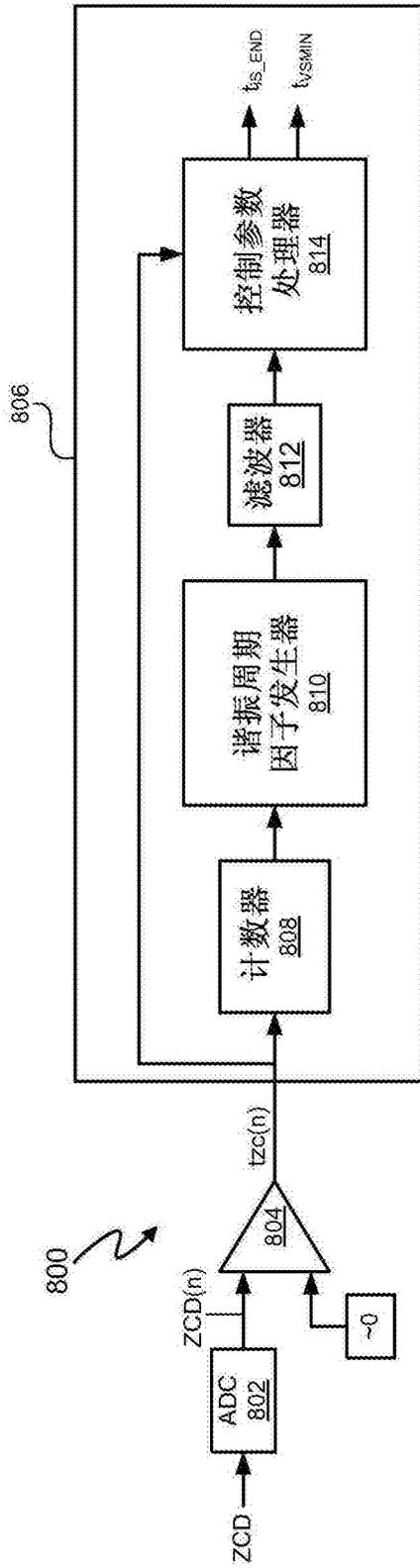


图 8

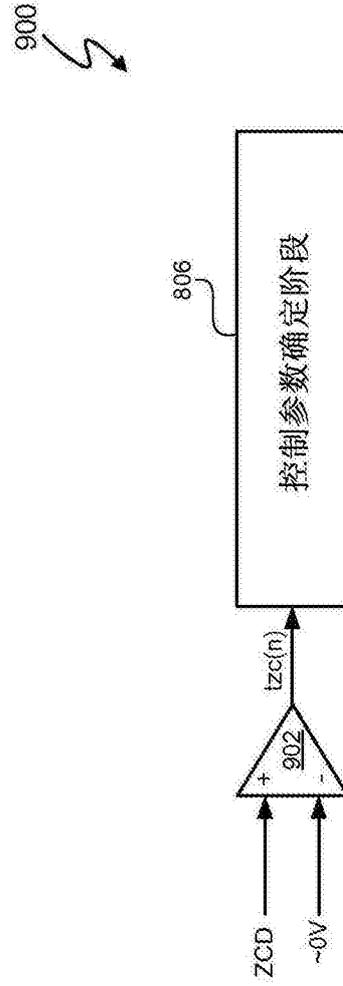


图 9