



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107112891 B

(45)授权公告日 2019.07.26

(21)申请号 201580061186.4

(22)申请日 2015.11.09

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107112891 A

(43)申请公布日 2017.08.29

(30)优先权数据

62/077,639 2014.11.10 US

14/881,527 2015.10.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.05.10

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2015/059697 2015.11.09

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/077209 EN 2016.05.19

(73)专利权人 电力集成公司
地址 美国加利福尼亚州

(72)发明人 罗兰·希尔维尔·圣-皮耶尔
G·M·帕姆 兰斯·王
戴维·迈克尔·休·马修斯

(74)专利代理机构 北京汇知杰知识产权代理事务
所(普通合伙) 11587
代理人 李洁 董江虹

(51)Int.Cl.

H02M 1/44(2007.01)

H02M 3/335(2006.01)

(56)对比文件

US 2011110126 A1,2011.05.12,

EP 2259418 A1,2010.12.08,

CN 102647087 A,2012.08.22,

US 8368370 B2,2013.02.05,

CN 101944849 A,2011.01.12,

US 2011110126 A1,2011.05.12,

审查员 於堃

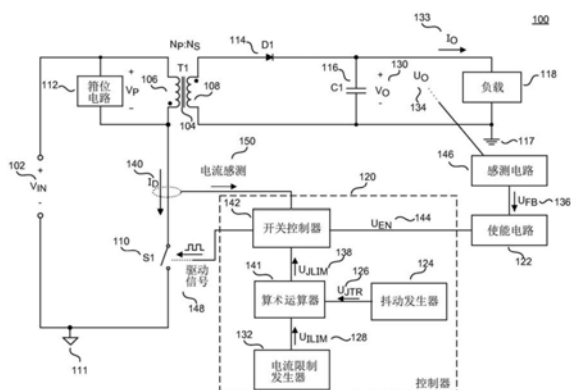
权利要求书2页 说明书5页 附图5页

(54)发明名称

通过对电流限制进行调制的方式向开关频率引入抖动

(57)摘要

一种用于功率转换器的控制器,包括耦合至功率开关的开关控制器,该功率开关耦合至能量传递元件。所述开关控制器被耦合以接收代表通过功率开关的漏极电流的电流感测信号。所述开关控制器被耦合以响应于电流感测信号和已调制的电流限制信号产生驱动信号,以控制功率开关的开关,从而控制从功率转换器的输入到输出的能量传递。电流限制发生器被耦合以产生电流限制信号。抖动发生器被耦合以产生抖动信号。算术运算器电路被耦合以响应于电流限制信号和抖动信号产生已调制的电流限制信号。



1. 一种用于功率转换器的控制器,包括:
电流限制发生器,所述电流限制发生器被耦合以产生电流限制信号;
抖动发生器,所述抖动发生器被耦合以产生抖动信号;以及
算术运算器电路,所述算术运算器电路被耦合以接收所述电流限制信号和所述抖动信号,其中,所述算术运算器电路被耦合以响应于所述电流限制信号和所述抖动信号产生已调制的电流限制信号;
能够耦合至功率开关的开关控制器,所述功率开关耦合至能量传递元件,其中,所述开关控制器被耦合以接收:
代表通过所述功率开关的漏极电流的电流感测信号,
来自使能电路的使能信号,所述使能电路能够耦合以接收代表所述功率转换器的输出量的反馈信号并且产生所述使能信号,以及
来自所述算术运算器电路的已调制的电流限制信号,其中,开关控制器被耦合以响应于所述电流感测信号、所述已调制的电流限制信号和所述使能信号产生驱动信号,来控制所述功率开关的开关,其中,所述功率开关的开关用于控制从所述功率转换器的输入到所述功率转换器的输出的能量传递。
2. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述算术运算器电路是乘法器,以及所述已调制的电流限制信号是所述电流限制信号和所述抖动信号的乘积。
3. 根据权利要求1所述的控制器,其中,代表所述功率转换器的输出量的所述反馈信号通过一个感测电路产生,所述感测电路被耦合用于感测所述功率转换器的所述输出量。
4. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述驱动信号能够耦合以响应于所述电流感测信号与所述已调制的电流限制信号的比较而关断所述功率开关,并且其中,所述驱动信号能够耦合以响应于所述使能信号而使所述功率开关导通。
5. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述开关控制器包括被耦合用于产生所述驱动信号的触发器电路,其中,所述触发器电路被耦合以响应于所述电流感测信号与所述已调制的电流限制信号的比较进行复位,并且其中,所述触发器电路被耦合以响应于所述使能信号被置位。
6. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述使能电路被耦合以产生所述使能信号,以使得所述功率开关的关断时间的持续时间基本上恒定。
7. 根据权利要求6所述的控制器,其中,所述功率开关的导通时间的持续时间是可变的,使得所述功率开关(110)的开关时段可变。
8. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述抖动信号是一种周期性信号,该周期性信号具有的调制时间段大于所述驱动信号的开关时段。
9. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述抖动信号是一种锯齿波形信号,该锯齿波形信号具有的调制时间段大于所述驱动信号的开关时段。
10. 根据权利要求9所述的控制器,其中,所述锯齿波形信号被耦合以在峰值和底值之间振荡。
11. 根据权利要求10所述的控制器,其中,所述已调制的电流限制信号(238)是所述电流限制信号和所述抖动信号的乘积,其中,所述峰值和所述底值的平均值基本上等于当确定所述电流限制信号和所述抖动信号的乘积时用于所述抖动信号的统一乘数。

12. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述抖动信号是一种阶梯式波形信号,该阶梯式波形信号具有的调制时间段大于所述驱动信号的开关时段。

13. 根据权利要求12所述的控制器,其中,所述阶梯式波形信号被耦合以在峰值和底值之间振荡。

14. 根据权利要求13所述的控制器,其中,所述算术运算器电路是乘法器,以及所述已调制的电流限制信号是所述电流限制信号和所述抖动信号的乘积,其中,所述峰值和所述底值的平均值基本上等于当确定所述电流限制信号和所述抖动信号的乘积时用于所述抖动信号的单位乘数。

15. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述电流限制信号是恒定信号。

16. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述电流限制信号在所述功率开关的导通时间期间是可变信号。

17. 根据权利要求16所述的控制器,其中,所述电流限制信号被耦合以在所述功率开关的导通时间期间减小。

18. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述驱动信号的导通时间被耦合以响应于所述已调制的电流限制信号而变化。

19. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述驱动信号的关断时间被耦合以响应于所述已调制的电流限制信号而变化。

20. 根据权利要求1所述的控制器,其中,所述开关控制器被耦合以响应于所述已调制的电流限制信号而减少由所述功率开关的开关产生的音频噪声。

通过对电流限制进行调制的方式向开关频率引入抖动

[0001] 对相关申请的交叉引用

[0002] 本申请根据专利合作条约 (PCT) 第8条要求于2015年10月13日提交的美国非临时申请No.14/881,527的优先权,该美国非临时申请要求于2014年11月10日提交的美国临时申请No.62/077,639的优先权,该两个美国申请的内容通过引用方式纳入本文。

[0003] 背景

技术领域

[0004] 本发明总体上涉及对功率转换器进行控制。更具体地,本发明的实施例涉及对电流限制信号进行调制以在变化的负载条件下向开关式功率转换器的开关频率引入抖动。

背景技术

[0005] 电子设备(诸如手机、平板电脑、笔记本电脑等)使用电力运行。由于开关式功率转换器效率高、尺寸小而且重量轻,通常使用开关式功率转换器用于给现在的电子设备供电。常规的壁式插座提供高压交流电。在开关功率转换器中,通过能量传递元件对高压交流(ac)输入进行转换,以向负载提供良好调节的直流(dc)输出。在操作中,将开关导通和关断,以通过改变占空比(通常是开关的导通时间与总开关时段的比率)、改变开关频率或改变开关式功率转换器中开关每单位时间的导通/关断脉冲的数量来提供期望的输出。

[0006] 为了满足安全规范标准,开关式电源可能发出过多EMI。尤其是对于以恒定频率开关的电源,基波/谐波以及相关杂散信号上出现的大量干扰可能会超过EMI屏蔽(mask)允许的水平。

附图说明

[0007] 参考以下附图描述本发明的非限制性和非穷尽性实施方案,其中,除非另有说明,否则相同的附图标记表示各个视图中的相同部件。

[0008] 图1A是示出了根据本公开内容的教导的具有已调制的电流限制信号以向开关频率引入抖动的一个示例功率转换器的框图。

[0009] 图1B是示出了根据本公开内容的教导的对电流限制信号进行调制以向开关频率引入抖动的一个示例控制器的框图。

[0010] 图2是示出了根据本发明的教导的示出了通过已调制的电流限制信号被调节的开关频率的示例波形的示例时序图。

[0011] 图3是示出了根据本发明的教导的示出了通过已调制的电流限制信号被调节的开关频率的示例波形的示例时序图。

[0012] 图4是示出了根据本发明的教导的示出了通过已调制的电流限制信号被调节的开关频率的示例波形的示例时序图。

[0013] 在附图的若干视图中,对应的附图标记表示对应的部件。本领域技术人员将理解,附图中的元件为了简单和清楚而示出并且不一定按比例绘制。例如,为了帮助提高对本发

明的各种实施方案的理解,附图中一些元件的尺寸可能相对于其他元件被夸大。另外,为了便于较少妨碍观察本发明的各种实施方案,通常未描绘在商业可行的实施方案中 useful 或必要的常见但众所周知的元件。

具体实施方式

[0014] 在下面的描述中,为了提供对本发明的透彻理解,阐述了许多具体细节。然而,对于本领域普通技术人员来说明了的是,不必采用所述具体细节来实践本发明。在其他情况下,为了避免模糊本发明,未详细描述公知的材料或方法。

[0015] 在整个说明书中提及“一个实施方案”、“实施方案”、“一个实施例”或“实施例”意味着结合该实施方案或实施例描述的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施方案中。因此,本说明书通篇在各个地方出现的“在一个实施方案中”、“在实施方案中”、“一个实施例”或“实施例”的短语不一定都指相同的实施方案或实施例。此外,在一个或多个实施方案或实施例中可以以任何适当的组合和/或子组合对特定特征、结构或特性进行组合。特定的特征、结构或特性可以被包括在提供所描述的功能的集成电路、电子电路、组合逻辑电路或其他合适的部件中。另外,要理解的是,本文提供的附图是为了向本领域普通技术人员解释之目的,并且附图不一定按照比例绘制。

[0016] 减少开关式电源中出现在基波/谐波上的EMI干扰的一种方法是通过改变开关频率(也称为频率抖动)将能量扩展到其他频率。根据本发明的教导的实施例描述了如何通过扰乱每个开关周期中的电流限制来使开关频率抖动。所公开的实施例的另一好处是通过扰乱每个开关周期中的电流限制来减少音频噪声。

[0017] 为了解释频率抖动,方程式 $P=k*f*LI^2$ (k 是常数, L 是固定电感, I 是固定电流限制,以及 f 是固定开关频率)描述了如何使功率转换器的输出功率保持恒定。然而,如果电流限制变化,但是通过反馈回路使功率维持恒定,则将迫使 f 变化以补偿 I 的变化。因此,根据本发明的教导可以不使用变频振荡器实现开关频率的抖动。

[0018] 图1A是示出了根据本发明教导的具有已调制的电流限制信号以向开关频率引入抖动的一个示例功率转换器的框图。所示的功率转换器100的实施例包括能量传递元件T1 104、能量传递元件T1 104的初级绕组106、能量传递元件T1 104的次级绕组108、功率开关S1 110、输入返回111、箝位电路112、整流器D1 114(也称为输出二极管D1)、输出电容器C1 116、输出返回117、感测电路146、使能电路122和控制器120。

[0019] 图1A中还示出了输入电压 V_{IN} 102、输出量 U_o 134、输出电压 V_o 130、输出电流 I_o 133、反馈信号 U_{FB} 136、电流感测信号150、驱动信号148和开关电流 I_D 140。在所示实施例中,为了解释的目的,功率转换器100被示为具有反激拓扑。要理解的是,功率转换器的其他已知拓扑结构和配置也可以从本发明的教导中受益。

[0020] 功率转换器100从一个未调节的输入 V_{IN} 102向负载118提供输出功率。输入 V_{IN} 102耦合至能量传递元件T1 104。功率转换器100使用能量传递元件T1 104将能量从初级绕组106传递到次级绕组108。 N_P 和 N_S 分别表示初级绕组106和次级绕组108的匝数。在图1A的实施例中,初级绕组106可以被视为输入绕组,次级绕组108可以被视为输出绕组。初级绕组106还耦合至功率开关S1 110,该功率开关又耦合至输入返回111。另外,箝位电路112耦合在能量传递元件T1 104的初级绕组106的两端。

[0021] 能量传递元件T1 104的次级绕组108耦合至整流器D1 114。在图1A所示的实施例中,整流器D1 114被例示为二极管,次级绕组108耦合至二极管的阳极。输出电容器C1 116和负载118都耦合至整流器D1 114。在图1A的实施例中,输出电容器C1 116和负载118都耦合至二极管的阴极。向负载118提供输出,并且该输出可以作为输出电压 V_o 130、输出电流 I_o 133或两者的组合来提供。

[0022] 在图1A的实施例中,输入电压 V_{IN} 102相对于输入返回111为正,并且输出电压 V_o 130相对于输出返回117为正。图1A的实施例示出了输入返回111与输出返回117之间的电流隔离。换句话说,施加在输入返回111与输出返回117之间的直流电压将产生大致零电流。因此,电耦合至初级绕组106的电路与电耦合至次级绕组108的电路电流隔离。

[0023] 功率转换器100还包括用于调节输出的电路,该输出被例示为输出量 U_o 134。感测电路146耦合至使能电路122。感测电路146输出反馈信号 U_{FB} 136,其代表输出量 U_o 134。在输入侧,电流感测信号150可以代表功率开关S1 110中的漏极电流 I_D 140。

[0024] 另外,开关控制器142向功率开关S1 110提供驱动信号148以控制各种开关参数。这些参数的示例可以包括功率开关S1 110的开关频率、开关时段、占空比或相应的导通时间和关断时间。

[0025] 箝位电路112耦合至能量传递元件T1 104的初级绕组106,以限制功率开关S1 110上的最大电压。功率开关S1 110响应于从控制器120接收的驱动信号148而关断和闭合。通常理解的是,闭合的开关可以传导电流并被认为是导通的(ON),而关断的开关不能传导电流并被认为是断开的(OFF)。在图1A的实施例中,功率开关S1 110响应于控制器120控制漏极电流 I_D 140,以满足功率转换器100的指定性能。在一些实施方案中,功率开关S1 110可以为晶体管。

[0026] 如图1A所示,控制器120包括开关控制器142、算术运算器141、抖动发生器124和电流限制发生器132。开关控制器142被耦合以从使能电路122接收使能信号 U_{EN} 144。驱动信号148响应于使能信号 U_{EN} 144导通功率开关S1 110。抖动发生器124被耦合以向算术运算器提供抖动信号 U_{JTR} 126。抖动发生器124也可以称为抖动调制器。电流限制发生器132产生电流限制信号 U_{ILIM} 128。电流限制发生器132可以被称为控制调制器。算术运算器141被耦合以接收抖动信号 U_{JTR} 126和电流限制信号 U_{ILIM} 128,并将已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 138输出到开关控制器142。

[0027] 控制器120还接收电流感测信号150,该电流感测信号传送感测到的功率开关S1 110的漏极电流 I_D 140。

[0028] 图1B为进一步示出了图1A的示例控制器的框图。控制器120包括开关控制器142、算术运算器141、抖动发生器124和电流限制发生器132。

[0029] 开关控制器142包括锁存器166和比较器168。锁存器166被耦合以接收使能信号 U_{EN} 144。使能信号 U_{EN} 144在导通时段 T_{ON} 158内设置用于功率开关S1 110的驱动信号148。比较器168被耦合以在非反相输入端接收电流感测信号150,并在反相输入端接收已调制的电流信号 U_{JLIM} 138。电流感测信号代表功率开关S1 110的漏极电流 I_D 140。如果电流感测信号大于已调制的电流限制,则锁存器166复位,从而在断开时段 T_{OFF} 156内关断功率开关S1 110。开关时段 T_S 154包括导通时段 T_{ON} 158和断开时段 T_{OFF} 156。图1A中的功率开关S1的开关时段可以由下列等式定义:

[0030] $T_S = T_{ON} + T_{OFF}$ 。(1)

[0031] 所述开关时段 T_S 154在每个开关周期都被调整,使得能量在不同的频率散开,这又降低了音频噪声。

[0032] 抖动发生器124产生抖动信号 U_{JTR} 126。在一个实施例中,抖动 U_{JTR} 126信号可以是锯齿波形。在另一实施例中,抖动信号 U_{JTR} 126可以是三角形波形。在另一实施例中,抖动信号 U_{JTR} 126可以是台阶式或阶梯式波形。在其他实施例中,抖动信号 U_{JTR} 126可以是任何波形。在该实施例中,抖动信号 U_{JTR} 126可以具有调制时段 T_M 152。抖动信号 U_{JTR} 126的调制时段 T_M 152可以大于开关时段 T_S 154。算术运算器141被耦合以接收电流限制信号 U_{ILIM} 128和抖动信号 U_{JTR} 126。在一个实施例中,算术运算器141是乘法器143。在其他实施方式中,算术运算器141可以是另一数学运算器或多个数学运算器。

[0033] 图2是示出了抖动发生器和电流限制发生器的过程的示例时序图。第一时序图示出了由图1A和图1B所示的电流限制发生器产生的电流限制信号228。在该实施例中,电流限制信号 U_{ILIM} 228是恒定值A。第二时序图示出了由图1A和图1B所示的抖动发生器产生的抖动信号 U_{JTR} 226。在该实施例中,抖动信号是具有峰值为 $(1+x)$ 、底值为 $(1-x)$ 的三角形波形。 x 的值在0与1之间。可以使用分数值作为 x 的值。虽然在该实施例中抖动信号 U_{JTR} 226是三角形波形,但抖动信号 U_{JTR} 226可以通过前述波形的任何变化来表示。

[0034] 图2还示出了基于电流限制信号 U_{ILIM} 228和抖动信号 U_{JTR} 226的由图1A和图1B中的算术运算器生成的已调制的电流信号 U_{JLIM} 238的输出波形。已调制的电流信号 U_{JLIM} 238的值从 $(1+x)A$ 的峰值到 $(1-x)A$ 的底值变化。已调制的电流信号 U_{JLIM} 238设置最大漏极电流 I_D 240,该最大漏极电流通过针对开关周期的波形238表示。一旦达到电流限制,则在关断时段 T_{OFF} 270内将功率开关断开。

[0035] 第四时序图示出了通过三角形波形表示的漏极电流240。叠加在漏极电流 I_D 240顶部的虚线波形238设置按照第三时序图产生的电流限制。第四时序图示出了第一导通时段 T_{ON1} 272和第二导通时段 T_{ON2} 273。第四时序图还示出了开关时段 T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 和 T_{S4} ,其中这些开关时段的价值可以变化。在该实施例中, T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 和 T_{S4} 的值不相等且可以变化。导通时段 T_{ON1} 272和导通时段 T_{ON2} 273的值在该实施例中可以变化,但是应当理解的是,导通时段 T_{ON1} 272和导通时段 T_{ON2} 273也可以是相等的。在其他实施方式中,关断时段 T_{OFF} 270的值也可以变化,而导通时段 T_{ON} 270的值可以保持不变。

[0036] 虽然图2示出了已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 238在抖动发生器时段内增大然后减小,但是应当理解的是,已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 238可以在抖动发生器的时段内增大和减小若干次,然后在抖动发生器的下一时段内重复。

[0037] 图3是示出了抖动发生器和电流限制发生器的过程的另一示例时序图。电流限制发生器产生具有恒定值A的电流限制信号 U_{ILIM} 328。抖动发生器产生具有峰值为 $(1+x)$ 和底值为 $(1-x)$ 的阶梯式波形的抖动信号 U_{JTR} 326。在一个实施例中,要理解的是,阶梯式波形可以是数字实施的三角形波形的一个实施例。 x 的值在0与1之间。对于 x 可以使用小数值。

[0038] 算术运算器基于电流限制信号 U_{ILIM} 328和抖动信号 U_{JTR} 326输出信号已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 338。已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 338通过设置最大漏极电流来影响漏极电流 I_D 340,该最大漏极电流由漏极电流 I_D 340上方的虚线338表示。漏极电流 I_D 340由三角形波形表示。一旦达到漏极电流限制,则功率开关在一个时间段 T_{OFF} 370内关断。

[0039] 在该实施例中, T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 和 T_{S4} 的值不相等并且可以变化。导通时段 T_{ON1} 372和导通时段 T_{ON2} 373的值在该实施例中可以变化,但是应当理解的是,导通时段 T_{ON1} 372和导通时段 T_{ON2} 373也可以相等。在其他实施方式中,关断时段 T_{OFF} 370的值也可以变化,而导通时段 T_{ON} 370的值可以保持不变。虽然图3示出了已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 338在抖动发生器时段内增大然后减小,但是应当理解的是,已调制的电流限制信号 U_{JLIM} 338可以在抖动发生器时段内增大和减小若干次,然后在抖动发生器的下一时段内重复。

[0040] 图4是示出了抖动发生器和电流限制发生器的过程的另一示例时序图。在该实施例中,电流限制发生器产生电流限制信号 U_{ILIM} 428,该电流限制信号通过变化的值A表示。电流限制信号 U_{ILIM} 428可以以第一值开始每个周期,并且在每个开关周期内的导通时间期间减小。抖动发生器产生一个信号 U_{JTR} 426,其为具有峰值为 $(1+x)$ 和底值为 $(1-x)$ 的三角形波形。 x 的值在0与1之间。对于 x 可以使用小数。

[0041] 算术运算器创建包括信号 U_{ILIM} 428和 U_{JTR} 426的已调制的电流信号 U_{JLIM} 438。如前所述,算术运算器可以包括单个数学运算器或多个数学运算器,以实现期望的波形。

[0042] 已调制的电流信号 U_{JLIM} 438设置最大漏极电流 I_D 440。一旦达到漏极电流限制,功率开关在一个时间段 T_{OFF} 470内关断。

[0043] 在该实施例中, T_{S1} 、 T_{S2} 、 T_{S3} 和 T_{S4} 的值不相等并且可以变化。导通时段 T_{ON1} 472和导通时段 T_{ON2} 473的值在该实施例中可以变化,但是应当理解的是,导通时段 T_{ON1} 472和导通时段 T_{ON2} 473也可以相等。在其他实施方式中,关断时段 T_{OFF} 470的值也可以变化,而导通时段 T_{ON} 470的值可以保持不变。

[0044] 虽然图4示出了信号 U_{JLIM} 在抖动发生器时段内增大然后减小,但是应当理解的是,信号 U_{JLIM} 可以在抖动发生器时段内增大和减小若干次,然后在抖动调制器的下一时段内重复。

[0045] 上述对本发明的所示实施例的描述,包括摘要中所描述的内容,并不旨在是穷举的,也不限于所公开的确切形式。虽然为了说明之目的在本文中描述了本发明的具体实施方案和实施例,但是在不脱离本发明的较广泛的精神和范围的情况下,可以进行各种等同修改。实际上,要理解的是,提供具体的电压、电流、频率、功率范围值、时间等是为了解释的目的,并且根据本发明的教导,还可以在其他实施方案和实施例中采用其他值。根据上文详细描述,可以对本发明的实施例进行这些修改。所附权利要求中使用的术语不应理解为将本发明限制于说明书和权利要求书中公开的具体实施方案。而是,范围将完全由所附权利要求确定,权利要求将根据既定的权利要求解释的原则来理解。因此,本说明书和附图被视为是说明性的而不是限制性的。

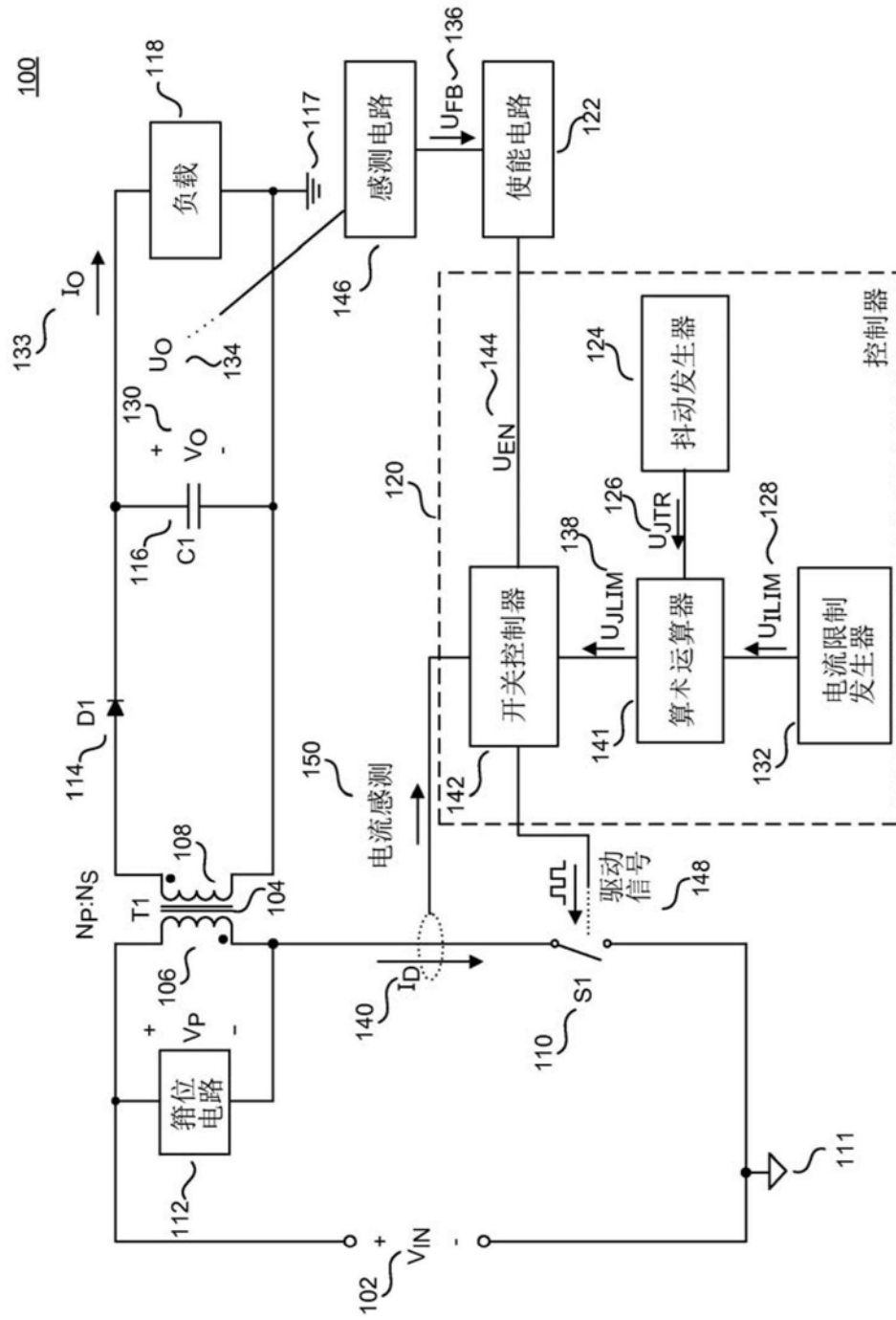


图1A

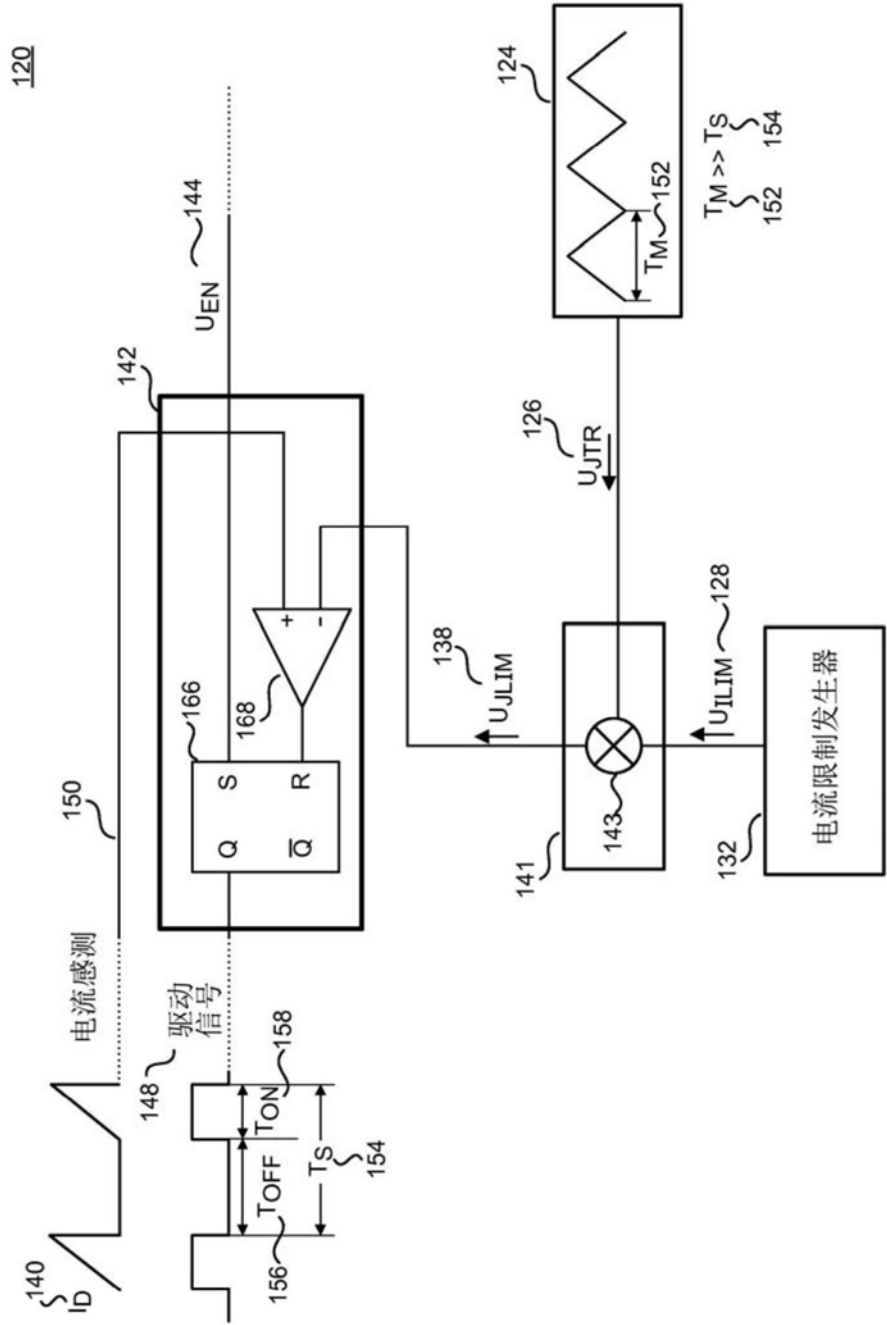


图1B

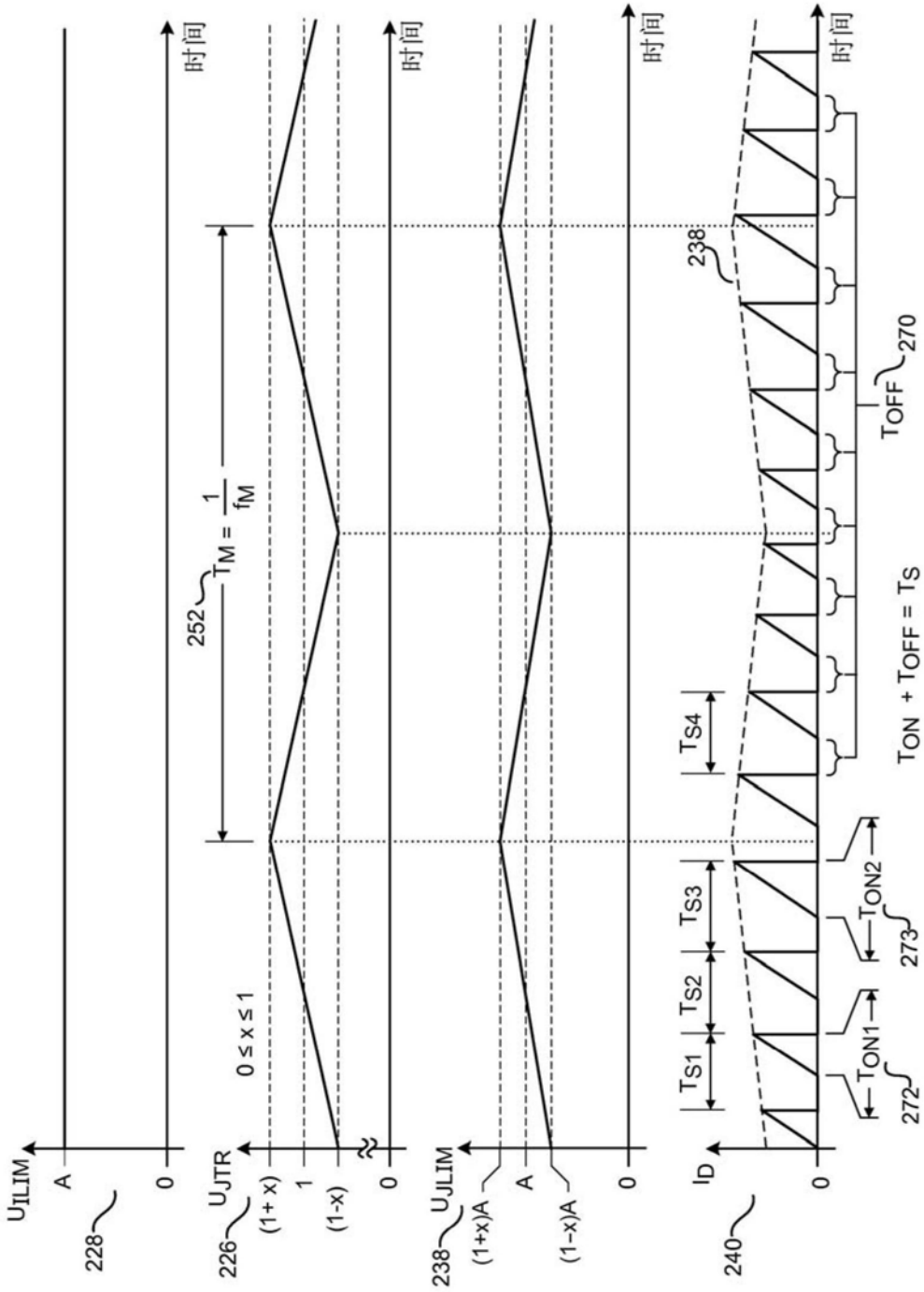


图2

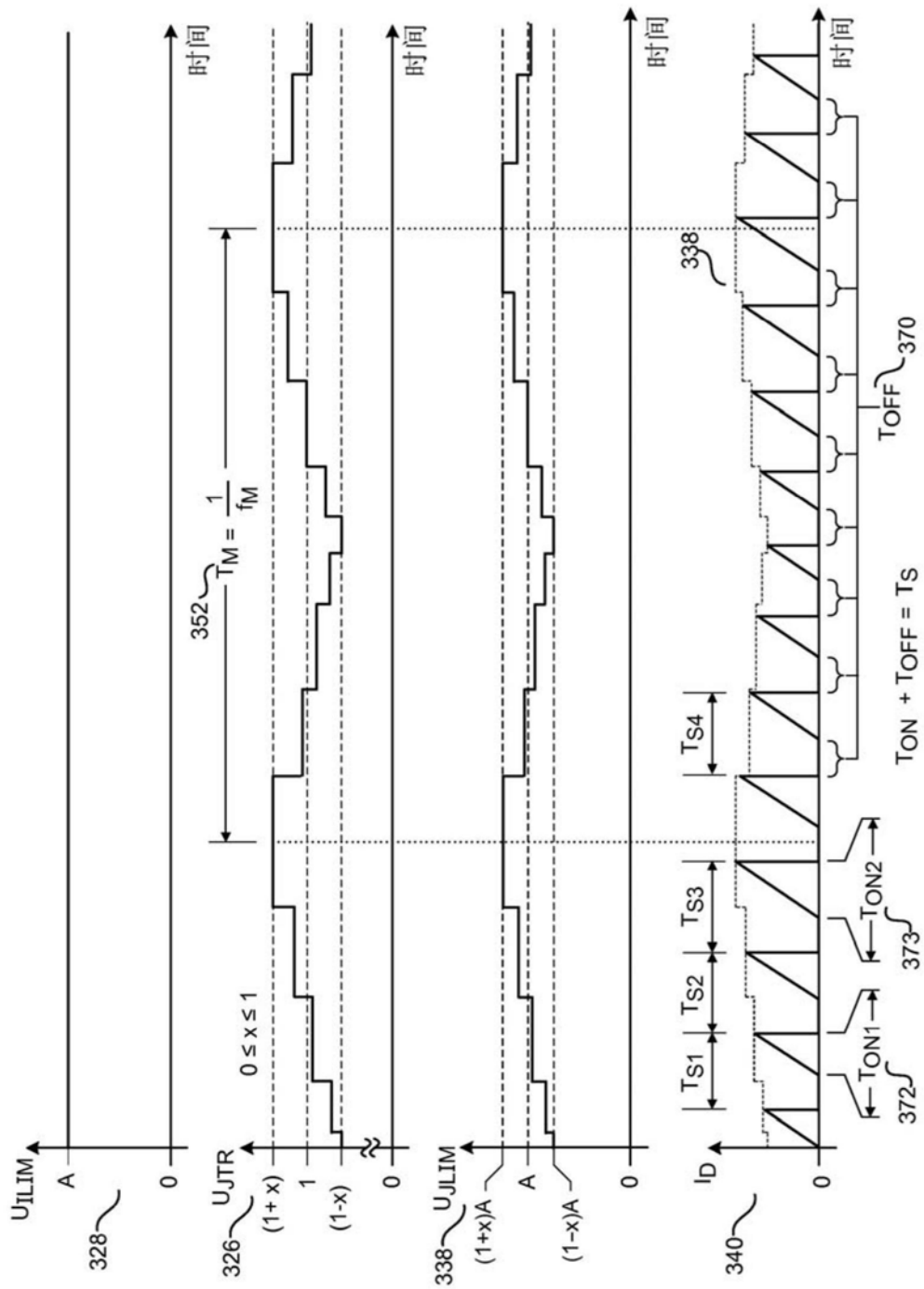


图3

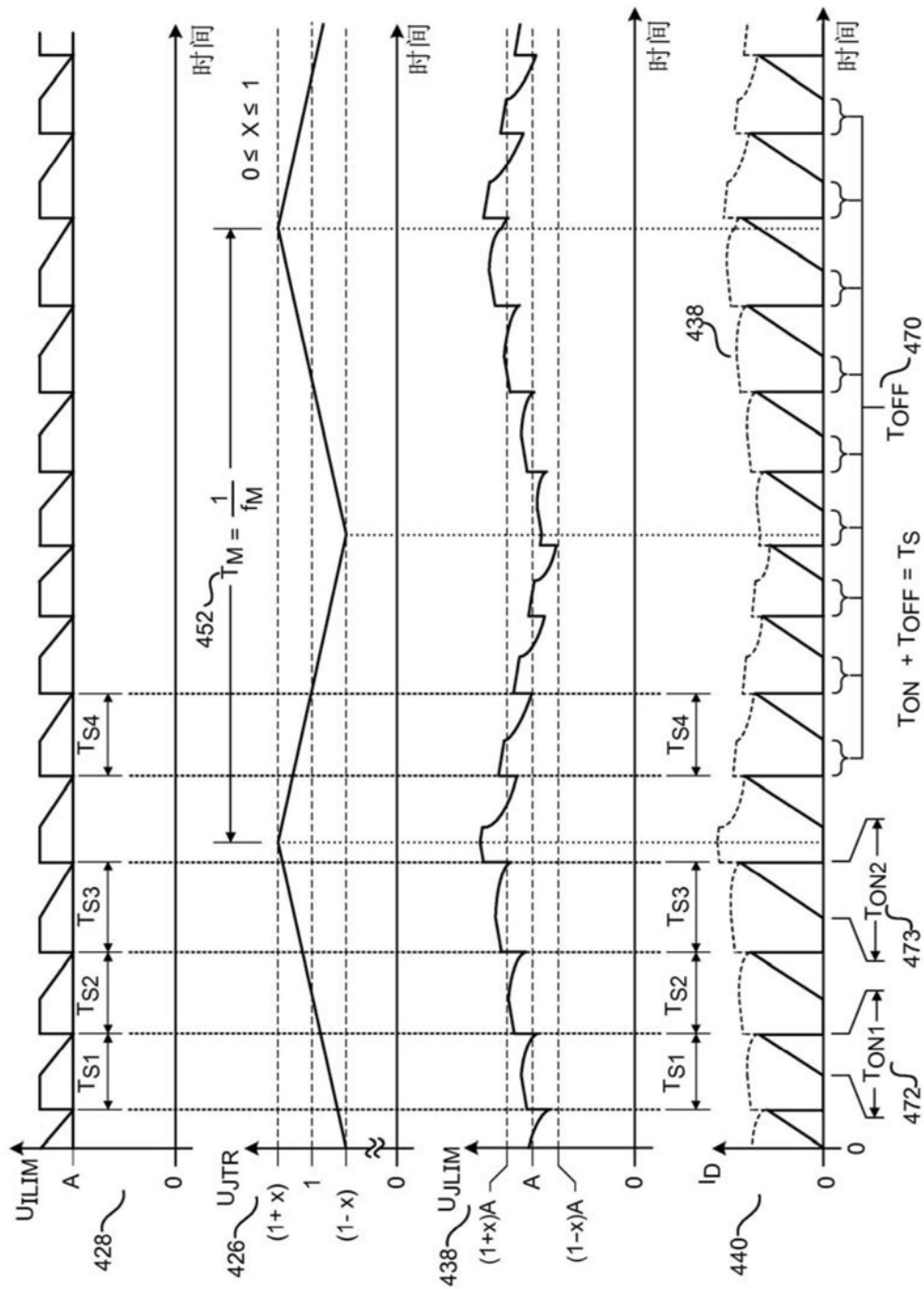


图4