



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110011540 B

(45) 授权公告日 2021.04.13

(21) 申请号 201910296232.9

(22) 申请日 2019.04.13

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110011540 A

(43) 申请公布日 2019.07.12

(73) 专利权人 西华大学
地址 610039 四川省成都市金牛区土桥金
周路999号

(72) 发明人 董秀成 李浩然

(74) 专利代理机构 成都方圆聿联专利代理事务
所(普通合伙) 51241

代理人 曹少华

(51) Int. Cl.

H02M 3/335 (2006.01)

H02M 1/14 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 101741273 A, 2010.06.16

CN 103825451 A, 2014.05.28

CN 101741259 A, 2010.06.16

CN 202940729 U, 2013.05.15

CN 206533296 U, 2017.09.29

US 6252383 B1, 2001.06.26

CN 106655835 A, 2017.05.10

李浩然. 电感复用型变换器拓扑结构及其控制方法研究.《中国优秀硕士学位论文全文数据库 工程科技 II 辑》.2019,

审查员 周容

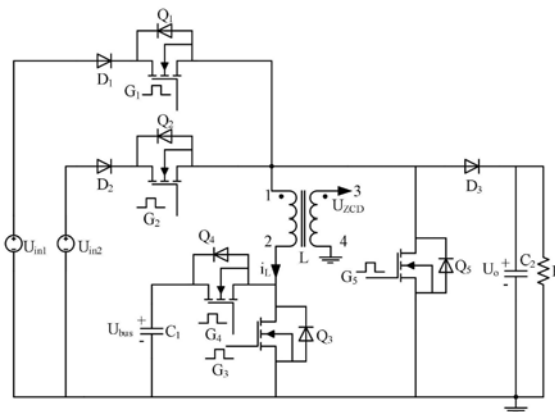
权利要求书3页 说明书8页 附图6页

(54) 发明名称

单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法

(57) 摘要

本发明公开了单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器,包括开关管、电感L为核心组成的桥式结构、直流输入源、电阻、电容和二极管;直流输入源 U_{in1} 的正极连接二极管D1的正极,二极管D1的负极连接开关管Q1的漏极,单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器的控制方法,包括两种模式,第一种为临界导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法;第二种为采用断续导通模式和采用电感L的采用电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法,解决了传统的多输入变换器有器件较多,体积较大,使用多套控制系统,系统复杂,输出端易受输入源影响,成本较高的缺点。



1. 一种单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器的控制方法,其特征在于,

其中,单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器:包括开关管、电感L为核心组成的桥式结构、直流输入源、电阻、电容和二极管;所述直流输入源包括直流输入源 U_{in1} 和直流输入源 U_{in2} ,所述直流输入源 U_{in1} 的正极连接二极管D1的正极,所述二极管D1的负极连接开关管Q1的漏极,所述开关管Q1的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的原边线圈同名端、开关管Q2的源极、开关管Q5的漏极和二极管D3的正极,所述开关管Q2的漏极连接二极管D2的负极,所述二极管D2正极连接直流输入源 U_{in2} 的正极,所述直流输入源 U_{in2} 的负极分别连接电容C1的负极、开关管Q3的源极、直流输入源 U_{in1} 的负极、开关管Q5的源极、电容C2的负极、电阻R的一端和参考地,所述电容C1的正极连接开关管Q4的漏极,所述开关管Q4的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的原边线圈的异名端和开关管Q3的漏极,所述二极管D3的负极分别连接电阻R的另一端和电容C2的正极,所述电感L为核心组成的桥式结构的副边线圈的异名端连接地;

所述电感L为核心组成的桥式结构的副边线圈的同名端和副边线圈的异名端两端的输出电压为采样电压 U_{zcd} ,所述电容C1两端的输出电压为母线电压源 U_{bus} ,所述电容C2两端的电压为输出电压源 U_o ;

所述单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器的控制方法包括两种模式,第一种为临界导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法;第二种为采用断续导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法;

所述临界导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法包括以下步骤:

S1:对电容C1的电压 U_{bus} 进行采样,将电压参考值 V_{ref1} 与 U_{bus} 之差通过PI调节为误差电压 U_{e1} ;以及对电容C1的电压 U_{bus} 进行采样,将电压参考值 V_{ref2} 与 U_{bus} 之差通过PI调节为误差电压 U_{e2} ;

S2:对电容C2的电压 U_o 进行采样,将电压参考值 V_{ref3} 与 U_o 之差通过PI调节为误差电压 U_{e3} ;

S3:对电感L的采样电压 U_{zcd} 进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号 $Z1, Z2, Z3$;

S4:过零信号 $Z1$ 或者初始开启信号使锯齿波SW1置零且开始上升,过零信号 $Z2$ 使锯齿波SW2置零且开始上升,过零信号 $Z3$ 使锯齿波SW3置零且开始上升;

S5:将得到的误差电压 U_{e1} 与锯齿波SW1进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P1$;

S6:将得到的误差电压 U_{e2} 与锯齿波SW2进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P2$;

S7:将得到的误差电压 U_{e3} 与锯齿波SW3进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P3$;

S8:过零信号 $Z1$ 或者初始开启信号产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q1的驱动信号 $G1=1$,开关管Q3的驱动信号 $G3=1$,开关管Q4的驱动信号 $G4=0$;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S9:峰值信号 $P1$ 产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q3的驱动信号 $G3=0$,开关管Q4的驱动信号 $G4=1$;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S10:过零信号Z2产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q1的驱动信号G1=0,开关管Q2的驱动信号G2=1,开关管Q3的驱动信号G3=1,开关管Q4的驱动信号G4=0;开关管Q5保持上一个状态;

S11:峰值信号P2产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q3的驱动信号G3=0,开关管Q4的驱动信号G4=1,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S12:过零信号Z3产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变,开关管Q2的驱动信号G2=0,开关管Q5的驱动信号G5=1;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

S13:峰值信号P3产生时,开关管Q5跳变,开关管Q5的驱动信号G5=0,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

S14:当过零信号Z1再次产生时,进入S8;

所述采用断续导通模式和采用电感L的采样电压Uzcd进行过零检测的方法包括如下步骤:

S21:对电容C1的电压Ubus进行采样,将电压参考值Vref1与Ubus之差通过PI调节为误差电压Ue21;以及对电容C1的电压Ubus进行采样,将电压参考值Vref2与Ubus之差通过PI调节为误差电压Ue22;

S22:对电容C1的电压Ubus进行采样,将电压参考值Vref3与Ubus之差通过PI调节为误差电压Ue23;

S23:对电感L的采样电压Uzcd进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号Z21,Z22;

S24:时钟信号CLK使锯齿波SW21置零且开始上升,过零信号Z21使锯齿波SW22置零且开始上升,过零信号Z22使锯齿波SW23置零且开始上升;

S25:将得到的误差电压Ue21与锯齿波SW21进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P21;

S26:将得到的误差电压Ue22与锯齿波SW22进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P22;

S27:将得到的误差电压Ue23与锯齿波SW23进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P23;

S28:时钟信号CLK产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q1的驱动信号G21=1,开关管Q3的驱动信号G23=1,开关管Q4的驱动信号G24=0;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S29:峰值信号P21产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q3的驱动信号G23=0,开关管Q4的驱动信号G24=1;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S210:过零信号Z21产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q1的驱动信号G21=0,开关管Q2的驱动信号G22=1,开关管Q3的驱动信号G23=1,开关管Q4的驱动信号G24=0;开关管Q5保持上一个状态;

S211:峰值信号P22产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,开关管Q3的驱动信号G23=0,开关管Q4的驱动信号G24=1,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

S212:过零信号Z22产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变,开关管Q2的驱动信号G22=0,开关管Q5的驱动信号G25=1;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

S213:峰值信号P23产生时,开关管Q5跳变,开关管Q5的驱动信号G25=0,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

S214:等待时钟信号CLK再次产生时,进入S28;

所述PI调节公式为

$$u(t) = k_{pi}e(t) + \frac{1}{\tau} \int e(t)dt$$

式中, k_{pi} 表示比例系数, $\frac{1}{\tau}$ 表示积分系数, $e(t)$ 表示被调节参数, $u(t)$ 表示控制输出。

单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及多输入变换器拓扑结构或控制方法领域,特别是单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法。

背景技术

[0002] 新能源的开发利用是解决能源危机及环境污染问题的有效措施,但新能源受到气候和天气条件限制,大多具有电力供应不稳定、不连续等缺点。将多种新能源联合起来组成新能源联合供电系统,利用各种新能源之间或新能源与其它能源之间的互补性,可得到较为稳定的电力输出。为了将多个输入源联合起来向单个负载供电,这样就允许多种能源输入,输入源的性质、幅值和特性可以相同,也可以不同;多输入源可以分别单独或同时向负载供电。

[0003] 传统的多输入变换电路是将多个变换器并联起来,向一个共同的负载进行供电。但是这样的电路器件较多需要采用多套控制系统。改进的多输入直流变换器(Multiple-Input Converter, MIC),是一种多个并联的变换器共用一个电感的结构,使电路的器件减少,仅使用一套控制系统,简化了系统结构,降低了系统成本。但是多输入的单电感并联结构变换器的输出端易受输入源的影响,当某一输入源出现较大的波动的时候,输出端亦会出现较大的波动。

[0004] 因此传统的多输入变换器有器件较多,体积较大,使用多套控制系统,系统复杂,输出端易受输入源影响,成本较高等缺点。

发明内容

[0005] 为解决现有技术中存在的问题,本发明提供了单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法,解决了传统的多输入变换器有器件较多,体积较大,使用多套控制系统,系统复杂,输出端易受输入源影响,成本较高的缺点。

[0006] 本发明采用的技术方案是,单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器,包括开关管、电感L为核心组成的桥式结构、直流输入源、电阻、电容和二极管;直流输入源 U_{in1} 的正极连接二极管D1的正极,二极管D1的负极连接开关管Q1的漏极,开关管Q1的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的第1引脚、开关管Q2的源极、开关管Q5的漏极和二极管D3的正极,开关管Q2的漏极连接二极管D2的负极,二极管D2正极连接直流输入源 U_{in2} 的正极,直流输入源 U_{in2} 的负极分别连接电容C1的负极、开关管Q3的源极、直流输入源 U_{in1} 的负极、开关管Q5的源极、电容C2的负极、电阻R的一端和参考地,电容C1的正极连接开关管Q4的漏极,开关管Q4的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的第2引脚和开关管Q3的漏极,二极管D3的负极分别连接电阻R的另一端和电容C2的正极,电感L为核心组成的桥式结构的第4引脚连接地。

[0007] 优选地,电感L为核心组成的桥式结构的第3引脚和第4引脚两端的输出电压为采样电压 U_{zcd} ,电容C1两端的输出电压为母线电压源 U_{bus} 、电容C2两端的电压为输出电压源

U_o。

[0008] 优选地,单电感两级式双输入Tri-B00ST变换器的控制方法,包括两种模式,第一种为临界导通模式和采用电感L的采样电压U_{zcd}进行过零检测的方法;第二种为采用断续导通模式和采用电感L的采用电压U_{zcd}进行过零检测的方法。

[0009] 优选地,临界导通模式和采用电感L的采样电压U_{zcd}进行过零检测的方法包括以下步骤:

[0010] S1:对电容C1的电压U_{bus}进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压U_{e1};

[0011] S2:对电容C2的电压U_o进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压U_{e2};

[0012] S3:对电感L的采样绕组的电压U_{zcd}进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号Z1,Z2,Z3;

[0013] S4:过零信号Z1或者初始开启信号使锯齿波SW1置零且开始上升,过零信号Z2使锯齿波SW2置零且开始上升,过零信号Z3使锯齿波SW3置零且开始上升;

[0014] S5:将得到的误差电压U_{e1}与锯齿波SW1进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P1;

[0015] S6:将得到的误差电压U_{e1}与锯齿波SW2进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P2;

[0016] S7:将得到的误差电压U_{e2}与锯齿波SW3进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P3;

[0017] S8:过零信号Z1或者初始开启信号产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变,G1=1,G3=1,G4=0;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0018] S9:峰值信号P1产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,G3=0,G4=1;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0019] S10:过零信号Z2产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变,G1=0,G2=1,G3=1,G4=0;开关管Q5保持上一个状态;

[0020] S11:峰值信号P2产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,G3=0,G4=1,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0021] S12:过零信号Z3产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变,G2=0,G5=1;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0022] S13:峰值信号P3产生时,开关管Q5跳变,G5=0,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0023] S14:当过零信号Z1再次产生时,进入S8。

[0024] 优选地,采用断续导通模式和采用电感L的采用电压U_{zcd}进行过零检测的方法包括如下步骤:

[0025] 采用断续导通模式和采用电感L的采用电压U_{zcd}进行过零检测的方法包括如下步骤:

[0026] S21:对电容C1的电压U_{bus}进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压U_{e21};

[0027] S22:对电容C2的电压U_o进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压

Ue22;

[0028] S23:对电感L的采样绕组的电压Uzcd进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号Z21,Z22;

[0029] S24:时钟信号CLK使锯齿波SW21置零且开始上升,过零信号Z21使锯齿波SW22置零且开始上升,过零信号Z22使锯齿波SW23置零且开始上升;

[0030] S25:将得到的误差电压Ue21与锯齿波SW21进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P21;

[0031] S26:将得到的误差电压Ue21与锯齿波SW22进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P22;

[0032] S27:将得到的误差电压Ue22与锯齿波SW23进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P23;

[0033] S28:时钟信号CLK产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变,G21=1,G23=1,G24=0;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0034] S29:峰值信号P21产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,G23=0,G24=1;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0035] S210:过零信号Z21产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变,G21=0,G22=1,G23=1,G24=0;开关管Q5保持上一个状态;

[0036] S211:峰值信号P2产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变,G23=0,G24=1,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0037] S212:过零信号Z22产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变,G22=0,G25=1;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0038] S213:峰值信号P23产生时,开关管Q5跳变,G5=0,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0039] S214:等待钟信号CLK再次产生时,进入S28。

[0040] 优选地,PI调节公式为

$$[0041] \quad u(t) = k_{pi} e(t) + \frac{1}{\tau} \int e(t) dt$$

[0042] 式中, k_{pi} 表示比例系数, $\frac{1}{\tau}$ 表示积分系数, $e(t)$ 表示被调节参数。

[0043] 本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的有益效果如下:

[0044] 1.本发明仅使用一个电感和一套控制电路降低了成本、减小了体积。

[0045] 2.本发明电路可以实现低输出纹波、快速动态响应。

附图说明

[0046] 图1为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的拓扑结构图。

[0047] 图2为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的校正变换器在CRM下电感电流,触发信号及开关驱动信号关系图。

[0048] 图3为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的校正变换器在CRM下电压模的控制框图。

[0049] 图4为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的校正变换器工作在CRM电压模控制下,其输出电压 U_o ,母线电压 U_{bus} ,输入电压源 U_{in1} ,输入电压源 U_{in2} 关系图。

[0050] 图5为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的校正变换器在DCM下电感电流,触发信号及开关驱动信号关系图。

[0051] 图6为本发明单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器及控制方法的校正变换器在DCM下电压模的控制框图。

具体实施方式

[0052] 下面对本发明的具体实施方式进行描述,以便于本技术领域的技术人员理解本发明,但应该清楚,本发明不限于具体实施方式的范围,对本技术领域的普通技术人员来讲,只要各种变化在所附的权利要求限定和确定的本发明的精神和范围内,这些变化是显而易见的,一切利用本发明构思的发明创造均在保护之列。

[0053] 如图1所示,单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器,包括开关管、电感L为核心组成的桥式结构、直流输入源、电阻、电容和二极管;直流输入源 U_{in1} 的正极连接二极管D1的正极,二极管D1的负极连接开关管Q1的漏极,开关管Q1的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的第1引脚、开关管Q2的源极、开关管Q5的漏极和二极管D3的正极,开关管Q2的漏极连接二极管D2的负极,二极管D2正极连接直流输入源 U_{in2} 的正极,直流输入源 U_{in2} 的负极分别连接电容C1的负极、开关管Q3的源极、直流输入源 U_{in1} 的负极、开关管Q5的源极、电容C2的负极、电阻R的一端和参考地,电容C1的正极连接开关管Q4的漏极,开关管Q4的源极分别连接电感L为核心组成的桥式结构的第2引脚和开关管Q3的漏极,二极管D3的负极分别连接电阻R的另一端和电容C2的正极,电感L为核心组成的桥式结构的第4引脚接地。

[0054] 本实施方案的电感L为核心组成的桥式结构的第3引脚和第4引脚两端的输出电压为采样电压 U_{zcd} ,电容C1两端的输出电压为母线电压源 U_{bus} ,电容C2两端的电压为输出电压源 U_o 。

[0055] 本实施方案在实施时,如图1所示,本发明的单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器,包括:两个直流输入源 U_{in1} 与 U_{in2} ;一个输出电压源 U_o ;一个母线电压源 U_{bus} ;以电感L为核心组成的桥式结构,电感L的一端分别通过开关管Q1,Q2,Q5,二极管D3与直流输入源 U_{in1} , U_{in2} ,参考地,输出电压源 U_o 相连,电感L的另一端分别通过开关管Q3,Q4与参考地,母线电压源 U_{bus} 相连;其中二极管D1,D2分别与输入源 U_{in1} , U_{in2} 串联,防止电流回流,该结构包括作为第一级的双BOOST变换器电路和作为第二级的BOOST变换器电路。其中,对于第一级的双BOOST变换器电路,输入源 U_{in1} ,开关管Q1,Q3,Q4,电感L及母线电压源 U_{bus} 组成第一个BOOST变换器电路,即BOOST1;输入源 U_{in2} ,开关管Q2,Q3,Q4,电感L及母线电压源 U_{bus} 组成第二个BOOST变换器电路,即BOOST2;对于第二级的BOOST变换器电路,输出电压源 U_o ,开关管Q4,Q5,二极管D3,电感L及母线电压源 U_{bus} 组成第三个BOOST变换器电路,即BOOST3。

[0056] 在电感L的采样绕组与采样电路相连,通过采样绕组两端的电压 U_{zcd} ,反映电感的电压状态,与相应的控制电路产生开关管Q1、Q2、Q3、Q4、Q5相应的驱动信号G1、G2、G3、G4、G5。

[0057] 本实施方案的单电感两级式双输入Tri-BOOST变换器的控制方法,包括两种模式,

第一种为临界导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法；第二种为采用断续导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法。

[0058] 如图2和图3所示,临界导通模式和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法包括以下步骤:

[0059] S1:对电容C1的电压 U_{bus} 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e1} ;

[0060] S2:对电容C2的电压 U_o 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e2} ;

[0061] S3:对电感L的采样绕组的电压 U_{zcd} 进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号 $Z1, Z2, Z3$;

[0062] S4:过零信号 $Z1$ 或者初始开启信号使锯齿波SW1置零且开始上升,过零信号 $Z2$ 使锯齿波SW2置零且开始上升,过零信号 $Z3$ 使锯齿波SW3置零且开始上升;

[0063] S5:将得到的误差电压 U_{e1} 与锯齿波SW1进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P1;

[0064] S6:将得到的误差电压 U_{e1} 与锯齿波SW2进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P2;

[0065] S7:将得到的误差电压 U_{e2} 与锯齿波SW3进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P3;

[0066] S8:过零信号 $Z1$ 或者初始开启信号产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G1=1, G3=1, G4=0$;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0067] S9:峰值信号P1产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G3=0, G4=1$;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0068] S10:过零信号 $Z2$ 产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G1=0, G2=1, G3=1, G4=0$;开关管Q5保持上一个状态;

[0069] S11:峰值信号P2产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G3=0, G4=1$ 。开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0070] S12:过零信号 $Z3$ 产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变, $G2=0, G5=1$;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0071] S13:峰值信号P3产生时,开关管Q5跳变, $G5=0$ 。开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0072] S14:当过零信号 $Z1$ 再次产生时,进入S8。

[0073] 本实施方案在实施时,采用临界导通模式(CRM)和采用电感L的采样电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法,采样电容C1和C2上进行电压电压模控制的方法如下:

[0074] 步骤1:对电容C1的电压 U_{bus} 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e1} ;

[0075] 步骤2:对电容C2的电压 U_o 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e2} ;

[0076] 步骤3:对电感L的采样绕组的电压 U_{zcd} 进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号 $Z1, Z2, Z3$;

[0077] 步骤4:过零信号 $Z1$ 或者初始开启信号使锯齿波SW1置零且开始上升,过零信号 $Z2$

使锯齿波SW2置零且开始上升,过零信号Z3使锯齿波SW3置零且开始上升;

[0078] 步骤5:将步骤1得到的误差电压 U_{e1} 与锯齿波SW1进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P1;

[0079] 步骤6:将步骤1得到的误差电压 U_{e1} 与锯齿波SW2进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P2;

[0080] 步骤7:将步骤2得到的误差电压 U_{e2} 与锯齿波SW3进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P3;

[0081] 步骤8:过零信号Z1或者初始开启信号产生时,开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G1=1, G3=1, G4=0$;开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0082] 步骤9:峰值信号P1产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G3=0, G4=1$;开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0083] 步骤10:过零信号Z2产生时,开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G1=0, G2=1, G3=1, G4=0$;开关管Q5保持上一个状态;

[0084] 步骤11:峰值信号P2产生时,开关管Q3,开关管Q4跳变, $G3=0, G4=1$ 。开关管Q1,开关管Q2,开关管Q5保持上一个状态;

[0085] 步骤12:过零信号Z3产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变, $G2=0, G5=1$;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0086] 步骤13:峰值信号P3产生时,开关管Q5跳变, $G5=0$ 。开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0087] 步骤14:当过零信号Z1再次产生时,进入步骤8。

[0088] 取输入电压源 U_{in1} 为48V,输入电压源 U_{in2} 为24V,并在两个输入电压源上加载峰值为2V频率为50Hz的交流电,输出电压 U_o 为400V,负载为16W时,变换器的输出电压 U_o ,母线电压 U_{bus} ,输入电压 U_{in1} 及输入电压 U_{in2} 的波形,如图4所示。

[0089] 如图5和图6所示,采用断续导通模式和采用电感L的采用电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法包括如下步骤:

[0090] 采用断续导通模式和采用电感L的采用电压 U_{zcd} 进行过零检测的方法包括如下步骤:

[0091] S21:对电容C1的电压 U_{bus} 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e21} ;

[0092] S22:对电容C2的电压 U_o 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e22} ;

[0093] S23:对电感L的采样绕组的电压 U_{zcd} 进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号Z21,Z22;

[0094] S24:时钟信号CLK使锯齿波SW21置零且开始上升,过零信号Z21使锯齿波SW22置零且开始上升,过零信号Z22使锯齿波SW23置零且开始上升;

[0095] S25:将得到的误差电压 U_{e21} 与锯齿波SW21进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P21;

[0096] S26:将得到的误差电压 U_{e21} 与锯齿波SW22进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号P22;

[0097] S27:将得到的误差电压 U_{e22} 与锯齿波 $SW23$ 进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P23$;

[0098] S28:时钟信号 CLK 产生时,开关管 $Q1$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G21=1$, $G23=1$, $G24=0$;开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0099] S29:峰值信号 $P21$ 产生时,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G23=0$, $G24=1$;开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0100] S210:过零信号 $Z21$ 产生时,开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G21=0$, $G22=1$, $G23=1$, $G24=0$;开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0101] S211:峰值信号 $P2$ 产生时,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G23=0$, $G24=1$ 。开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0102] S212:过零信号 $Z22$ 产生时,开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 跳变, $G22=0$, $G25=1$;开关管 $Q1$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 保持上一个状态;

[0103] S213:峰值信号 $P23$ 产生时,开关管 $Q5$ 跳变, $G25=0$ 。开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 保持上一个状态;

[0104] S214:等待钟信号 CLK 再次产生时,进入 $S28$ 。

[0105] 本实施方案在实施时,如图5与图6,在实施例1的电路结构基础上,断续导通模式(DCM)下电压模的控制方法,具体包括以下步骤:

[0106] 步骤1:对电容 $C1$ 的电压 U_{bus} 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e21} ;

[0107] 步骤2:对电容 $C2$ 的电压 U_o 进行采样,其值与参考值之差通过PI调节为误差电压 U_{e22} ;

[0108] 步骤3:对电感 L 的采样绕组的电压 U_{zcd} 进行采样,其值进行信号调理提取过零信号,分别产生过零信号 $Z21$, $Z22$;

[0109] 步骤4:时钟信号 CLK 使锯齿波 $SW21$ 置零且开始上升,过零信号 $Z21$ 使锯齿波 $SW2$ 置零且开始上升,过零信号 $Z22$ 使锯齿波 $SW23$ 置零且开始上升;

[0110] 步骤5:将步骤1得到的误差电压 U_{e21} 与锯齿波 $SW21$ 进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P21$;

[0111] 步骤6:将步骤1得到的误差电压 U_{e21} 与锯齿波 $SW22$ 进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P22$;

[0112] 步骤7:将步骤2得到的误差电压 U_{e22} 与锯齿波 $SW23$ 进行比较;当两者的值相等的时候,产生一个峰值信号 $P23$;

[0113] 步骤8:时钟信号 CLK 产生时,开关管 $Q1$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G1=1$, $G3=1$, $G4=0$;开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0114] 步骤9:峰值信号 $P21$ 产生时,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G3=0$, $G4=1$;开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0115] 步骤10:过零信号 $Z21$ 产生时,开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G21=0$, $G22=1$, $G23=1$, $G24=0$;开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0116] 步骤11:峰值信号 $P2$ 产生时,开关管 $Q3$,开关管 $Q4$ 跳变, $G23=0$, $G24=1$ 。开关管 $Q1$,开关管 $Q2$,开关管 $Q5$ 保持上一个状态;

[0117] 步骤12:过零信号Z22产生时,开关管Q2,开关管Q5跳变, $G_{22}=0$, $G_{25}=1$;开关管Q1,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0118] 步骤13:峰值信号P23产生时,开关管Q5跳变, $G_{25}=0$ 。开关管Q1,开关管Q2,开关管Q3,开关管Q4保持上一个状态;

[0119] 步骤14:等待钟信号CLK再次产生时,进入步骤8。

[0120] 本实施方案的PI调节公式为

$$[0121] \quad u(t) = k_{pi}e(t) + \frac{1}{\tau} \int e(t)dt$$

[0122] 式中, k_{pi} 表示比例系数, $\frac{1}{\tau}$ 表示积分系数, $e(t)$ 表示被调节参数。

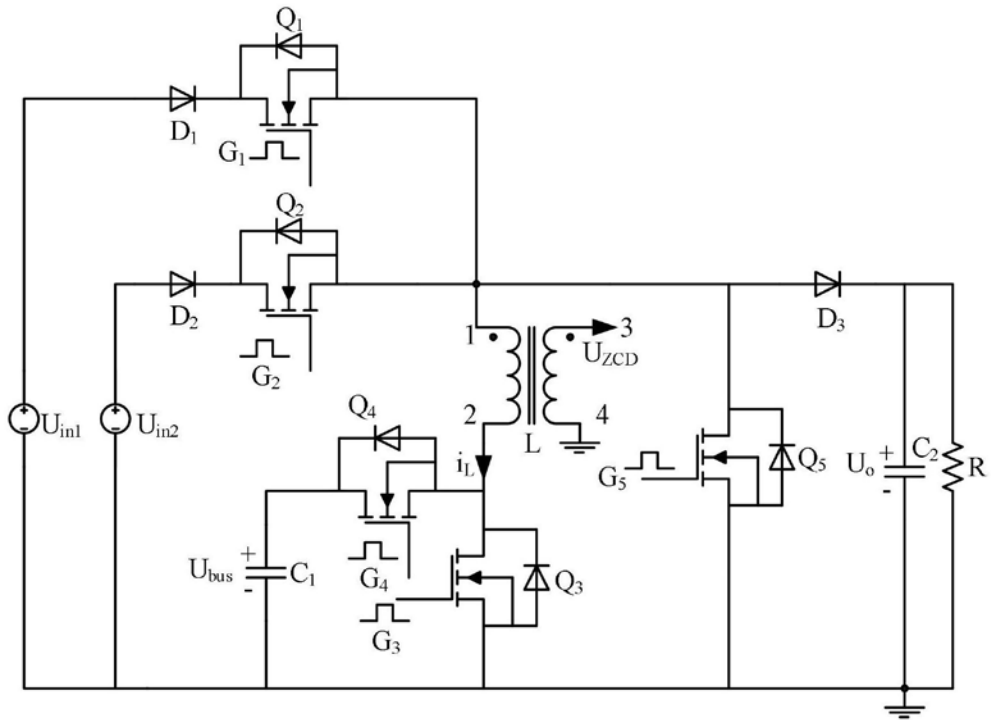


图1

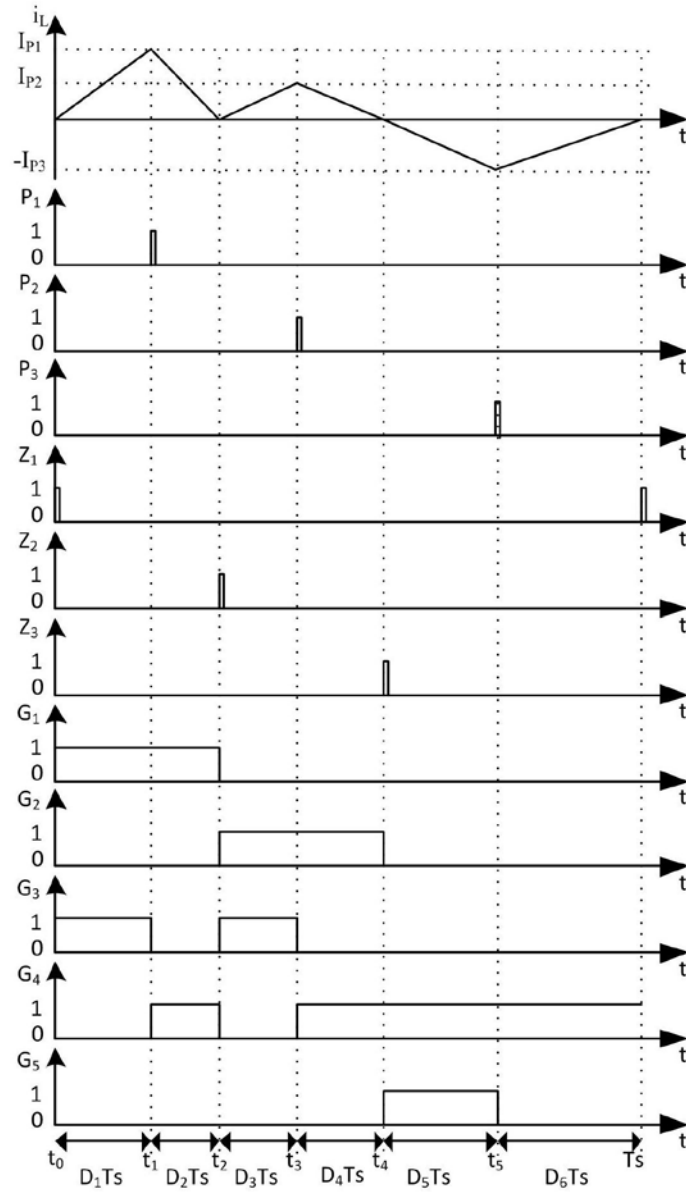


图2

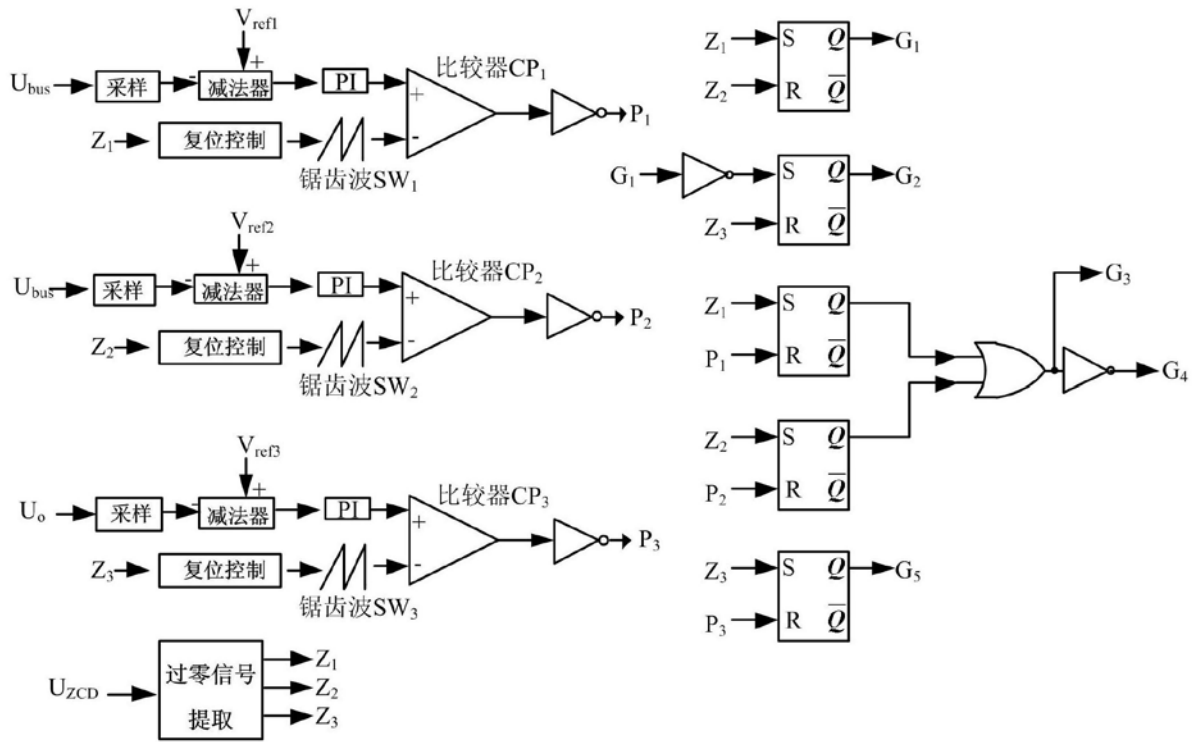


图3

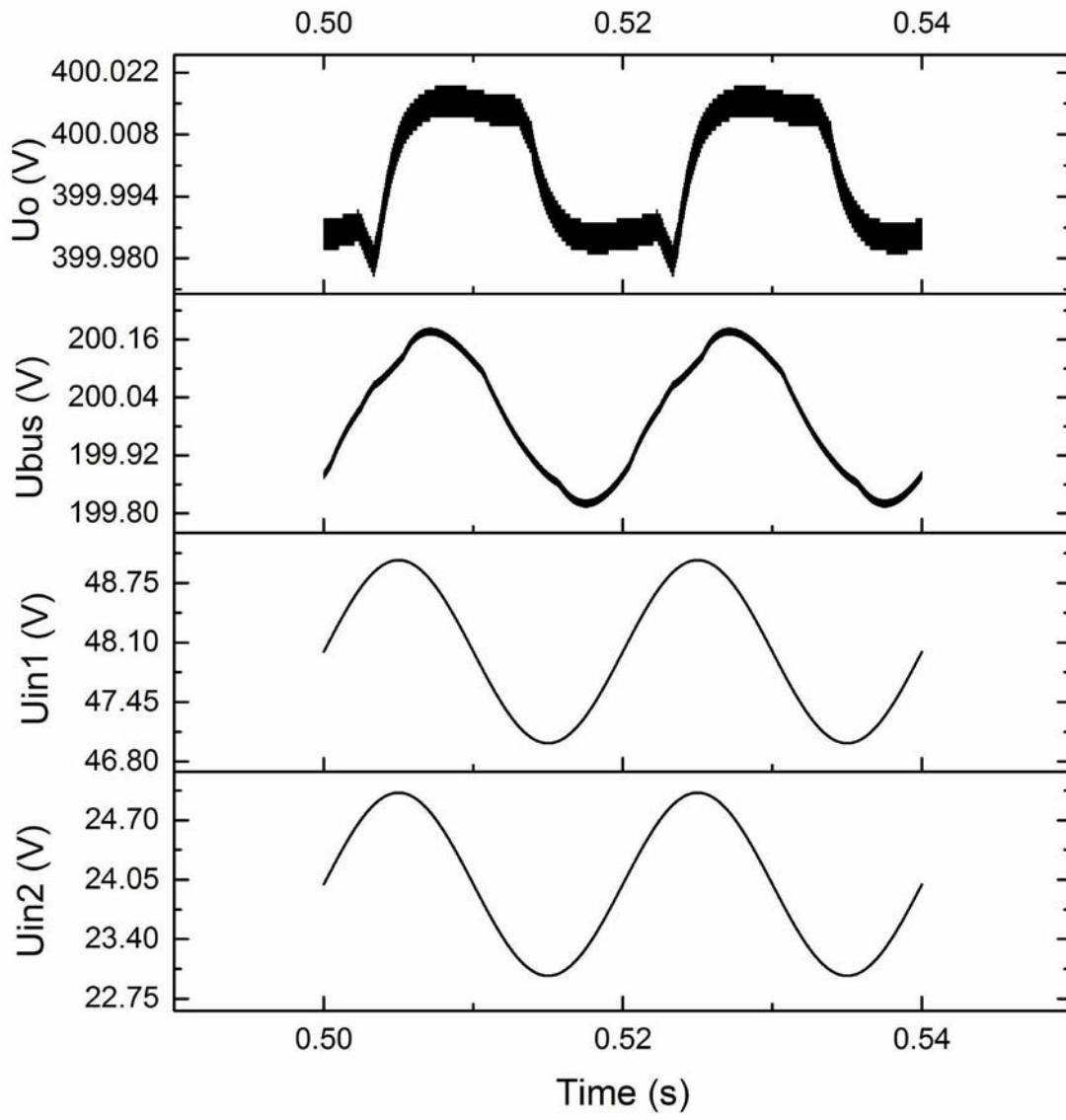


图4

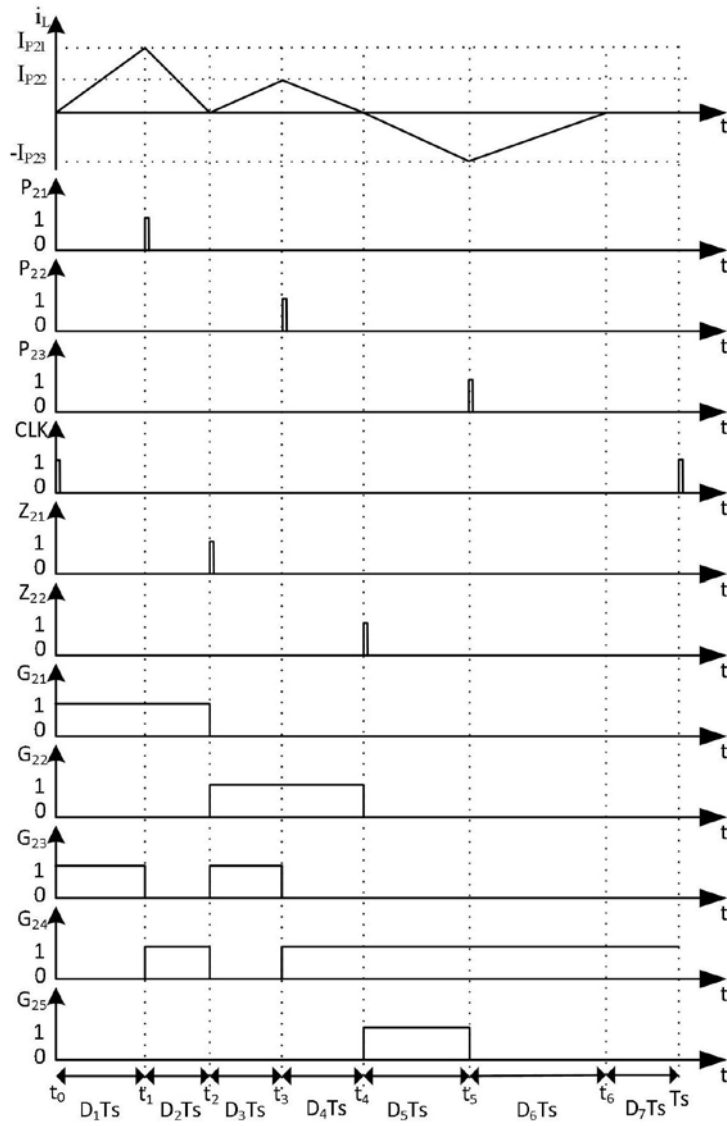


图5

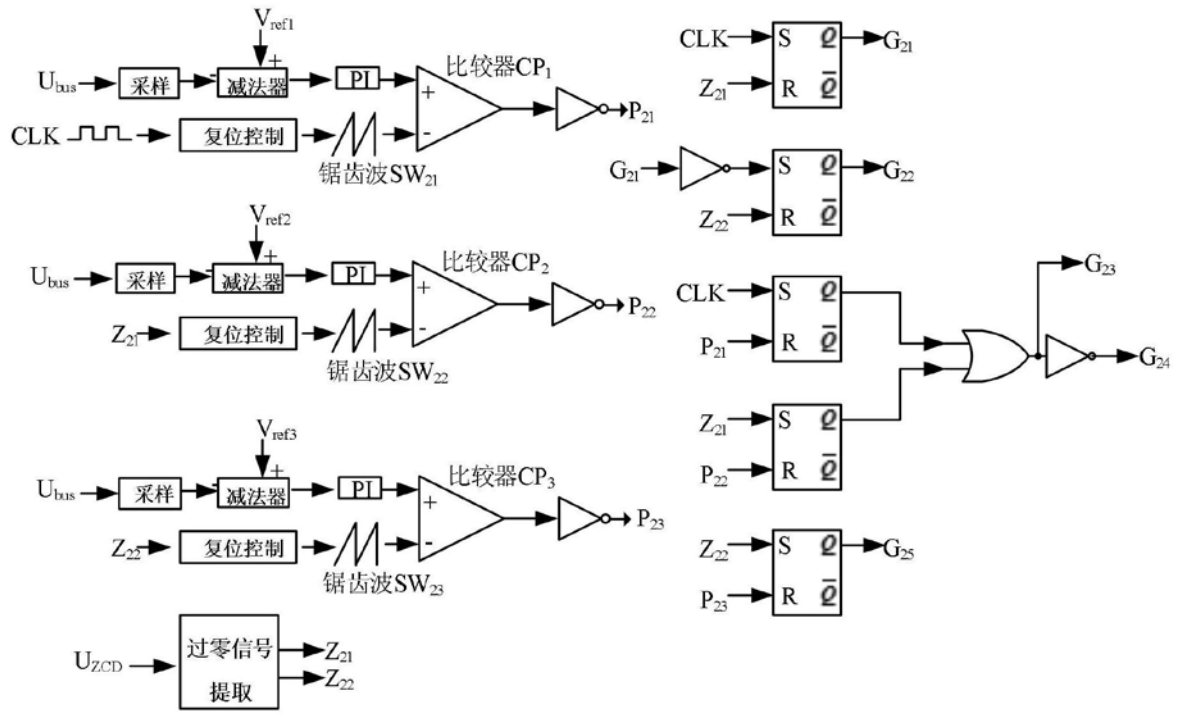


图6