



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 110311552 B

(45)授权公告日 2020.09.08

(21)申请号 201910482877.1

(22)申请日 2019.06.04

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 110311552 A

(43)申请公布日 2019.10.08

(73)专利权人 北京交通大学
地址 100044 北京市海淀区上园村3号

(72)发明人 李虹 曾洋斌 王文财 张波
郑琼林

(74)专利代理机构 北京清亦华知识产权代理事
务所(普通合伙) 11201

代理人 张润

(51)Int.Cl.
H02M 3/156(2006.01)

(56)对比文件

CN 107147291 A,2017.09.08

CN 101022244 A,2007.08.22

CN 105162319 A,2015.12.16

WO 2011009092 A2,2011.01.20

US 2006226816 A1,2006.10.12

刘先刚等.非谐振软开关PWM DC/AC变换器的研究.《空军雷达学院学报》.2004,第18卷(第1期),第68-70页.

审查员 刘姝晗

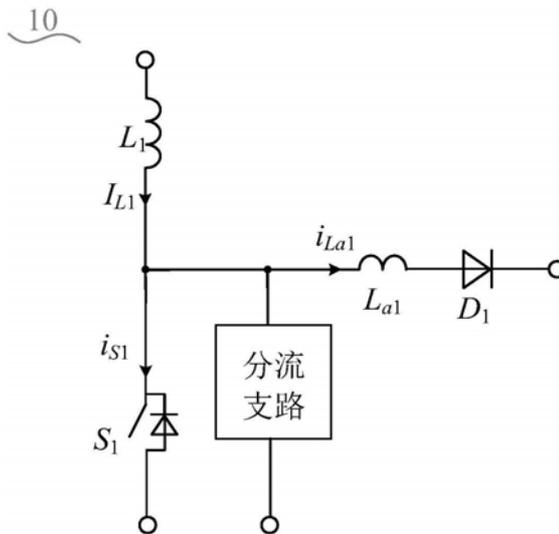
权利要求书1页 说明书4页 附图3页

(54)发明名称

基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路

(57)摘要

本发明公开了一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,包括:电感、辅助电感、开关管、二极管和分流支路,其中,电感的一端、开关管的第一电极、辅助电感的一端均与分流支路的一端相连,电感的另一端与第一外部电路相连,开关管的第二电极与第二外部电路相连,分流支路的另一端与第三外部电路相连,辅助电感的另一端与二极管的阳极相连,二极管的阴极与第四外部电路相连;在电感满足第一预设条件、二极管导通且与辅助电感串联的电容满足第二预设条件时,控制电力电子变换器中开关管的ZCS开通和二极管的ZCS关断。该软开关电路结构简单,可以广泛应用于各种高频、高功率密度、高效率的电力电子变换器。



1. 一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,其特征在于,包括:电感 L_1 、辅助电感 L_{a1} 、开关管 S_1 、二极管 D_1 和分流支路,其中,

所述电感 L_1 的一端、所述开关管 S_1 的第一电极、所述辅助电感 L_{a1} 的一端均与所述分流支路的一端相连,所述电感 L_1 的另一端与第一外部电路相连,所述开关管 S_1 的第二电极与第二外部电路相连,所述分流支路的另一端与第三外部电路相连,所述辅助电感 L_{a1} 的另一端与所述二极管 D_1 的阳极相连,所述二极管 D_1 的阴极与第四外部电路相连;

在所述电感 L_1 满足第一预设条件、所述二极管 D_1 导通且与所述辅助电感 L_{a1} 串联的电容满足第二预设条件时,控制电力电子变换器中开关管的ZCS开通和二极管的ZCS关断,其中,所述第一预设条件为电感 L_1 足够大,在所述电感 L_1 满足第一预设条件时,所述电感 L_1 视为恒流源;所述第二预设条件为所述二极管 D_1 导通且与所述辅助电感 L_{a1} 串联的电容足够大,在所述二极管 D_1 导通且与所述辅助电感 L_{a1} 串联的电容满足第二预设条件时,所述二极管 D_1 视为恒压源。

2. 根据权利要求1所述的软开关电路,其特征在于,在所述开关管 S_1 关断期间,所述分流支路与所述辅助电感 L_{a1} 共同承担流过所述电感 L_1 的电流 I_{L1} 。

3. 根据权利要求1所述的软开关电路,其特征在于,第一至第四外部电路为所述电力电子变换器中所述软开关电路以外的电路。

4. 根据权利要求1所述的软开关电路,其特征在于,所述开关管 S_1 为N型MOSFET或IGBT。

5. 根据权利要求4所述的软开关电路,其特征在于,所述开关管 S_1 为N型MOSFET时,所述第一电极为漏极,所述第二电极为源极。

6. 根据权利要求4所述的软开关电路,其特征在于,所述开关管 S_1 为IGBT时,所述第一电极为集电极,所述第二电极为发射极。

7. 根据权利要求1-6任一项所述的软开关电路,其特征在于,所述电力电子变换器为开关电容型高增益变换器、箝位电容型高增益变换器、基于倍压单元的高增益变换器、二次型高增益变换器或基于电压提升单元的高增益变换器。

基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路

技术领域

[0001] 本发明涉及电力电子技术领域,特别涉及一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路。

背景技术

[0002] 随着电力电子变换技术的发展,高频、高功率密度、高效率成为未来电力电子及技术方向。而传统电力电子变换器工作在硬开关状态,变换器的开关损耗较大,影响变换器的效率。同时由于开关损耗与开关频率成正比,因此也限制了变换器高频化、高功率密度化发展。软开关技术由于其能实现开关管的ZVS(Zero Voltage Switch,零电压开关)开通、ZCS(Zero Current Switch,零电流开关)关断以及二极管的ZCS关断,降低开关损耗,使变换器效率更高、开关频率更高、功率密度更高而备受关注。

[0003] 传统的软开关技术包括准谐振电路、零开关PWM(Pulse Width Modulation,脉冲宽度调制)电路以及零转换PWM电路。准谐振软开关电路使得变换器中电压、电流工作在谐振状态,因此使得变换器出现较高的电流峰值和电压峰值,增加器件应力。同时电路工作在调频状态,变换器不容易控制。零开关PWM电路、零转换PWM电路都能够实现软开关,但是由于谐振的存在,会使电压应力和电流应力增加。另外这两种电路需要增加较多的器件实现软开关,增加了电路的复杂程度和成本。

[0004] 因此应用于电力电子变换器的软开关变换电路仍需要进一步研究和开发。

发明内容

[0005] 本发明旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。

[0006] 为此,本发明的目的在于提出一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,该软开关电路结构简单,能够在无谐振情况下实现电力电子变换器中开关管ZCS开通和二极管ZCS关断,降低开关管开关损耗,抑制二极管的反向恢复电流,可以广泛应用于各种高频、高功率密度、高效率的电力电子变换器。

[0007] 为达到上述目的,本发明一方面实施例提出了一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,包括:电感 L_1 、辅助电感 L_{a1} 、开关管 S_1 、二极管 D_1 和分流支路,其中,所述电感 L_1 的一端、所述开关管 S_1 的第一电极、所述辅助电感 L_{a1} 的一端均与所述分流支路的一端相连,所述电感 L_1 的另一端与第一外部电路相连,所述开关管 S_1 的第二电极与第二外部电路相连,所述分流支路的另一端与第三外部电路相连,所述辅助电感 L_{a1} 的另一端与所述二极管 D_1 的阳极相连,所述二极管 D_1 的阴极与第四外部电路相连;在所述电感 L_1 满足第一预设条件、所述二极管 D_1 导通且与所述辅助电感 L_{a1} 串联的电容满足第二预设条件时,控制电力电子变换器中开关管的ZCS开通和二极管的ZCS关断。

[0008] 本发明实施例的基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,结构简单,能够在无谐振情况下实现电力电子变换器中开关管ZCS开通和二极管ZCS关断,降低开关管开关损耗,抑制二极管的反向恢复电流,同时不增加开关管和二极管的电压应力和电流应力,从

而可以广泛应用于各种高频、高功率密度、高效率的电力电子变换器中,为未来电力电子变换器软开关技术提供了一种新的方案。

[0009] 另外,根据本发明上述实施例的基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路还可以具有以下附加的技术特征:

[0010] 进一步地,在本发明的一个实施例中,在所述开关管 S_1 关断期间,所述分流支路与所述辅助电感 L_{a1} 共同承担流过所述电感 L_1 的电流 I_{L1} 。

[0011] 进一步地,在本发明的一个实施例中,第一至第四外部电路为所述电力电子变换器中所述软开关电路以外的电路。

[0012] 进一步地,在本发明的一个实施例中,所述开关管 S_1 为N型MOSFET或IGBT。

[0013] 进一步地,在本发明的一个实施例中,所述开关管 S_1 为N型MOSFET时,所述第一电极为漏极,所述第二电极为源极。

[0014] 进一步地,在本发明的一个实施例中,所述开关管 S_1 为IGBT时,所述第一电极为集电极,所述第二电极为发射极。

[0015] 进一步地,在本发明的一个实施例中,所述电力电子变换器为开关电容型高增益变换器、箝位电容型高增益变换器、基于倍压单元的高增益变换器、二次型高增益变换器或基于电压提升单元的高增益变换器。

[0016] 本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出,部分将从下面的描述中变得明显,或通过本发明的实践了解到。

附图说明

[0017] 本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解,其中:

[0018] 图1为根据本发明一个实施例的一种基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路的结构图;

[0019] 图2为根据本发明一个实施例的应用基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路的箝位电容型高增益直流变换器拓扑图;

[0020] 图3为根据本发明一个实施例的应用基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路的箝位电容型高增益直流变换器中开关管ZCS开通仿真结果;

[0021] 图4为根据本发明一个实施例的应用基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路的电容箝位型高增益直流变换器中二极管ZCS关断仿真结果。

具体实施方式

[0022] 下面详细描述本发明的实施例,所述实施例的示例在附图中示出,其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的,旨在用于解释本发明,而不能理解为对本发明的限制。

[0023] 下面参照附图描述根据本发明实施例提出的基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路。

[0024] 图1是本发明一个实施例的基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路的结构示意图。

[0025] 如图1所示,该基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路10包括:电感 L_1 、辅助电感 L_{a1} 、开关管 S_1 、二极管 D_1 和分流支路。

[0026] 其中,电感 L_1 的一端、开关管 S_1 的第一电极、辅助电感 L_{a1} 的一端均与分流支路的一端相连,电感 L_1 的另一端与第一外部电路相连,开关管 S_1 的第二电极与第二外部电路相连,分流支路的另一端与第三外部电路相连,辅助电感 L_{a1} 的另一端与二极管 D_1 的阳极相连,二极管 D_1 的阴极与第四外部电路相连;在电感 L_1 满足第一预设条件、二极管 D_1 导通且与辅助电感 L_{a1} 串联的电容满足第二预设条件时,控制电力电子变换器中开关管的ZCS开通和二极管的ZCS关断。本发明实施例的软开关电路10结构简单,能够在无谐振情况下实现电力电子变换器中开关管ZCS开通和二极管ZCS关断,降低开关管开关损耗,抑制二极管的反向恢复电流,可以广泛应用于各种高频、高功率密度、高效率的电力电子变换器。

[0027] 其中,第一预设条件可以理解为电感 L_1 足够大,可以视为恒流源,第二预设条件可以理解为在第一二极管 D_1 导通情况下,与第一辅助电感 L_{a1} 串联的电容足够大,可以视为恒压源。本发明实施例的软开关电路10在不发生谐振的情况下,可以实现变换器中开关管的ZCS开通和二极管的ZCS关断,能够降低变换器的开关管的开关损耗和抑制二极管的反向恢复电流,并可以广泛应用于电力电子变换器。

[0028] 进一步地,在本发明的一个实施例中,开关管 S_1 可以为N型MOSFET或IGBT,开关管 S_1 为N型MOSFET时,第一电极为漏极,第二电极为源极;开关管 S_1 为IGBT时,第一电极为集电极,第二电极为发射极。

[0029] 进一步地,在本发明的一个实施例中,第一至第四外部电路为电力电子变换器中除基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路外的其他电路。分流支路在开关管 S_1 关断期间、与辅助电感 L_{a1} 共同承担流过电感 L_1 的电流 I_{L1} 的支路。

[0030] 其中,电力电子变换器包含但不限于:(1) 开关电容型高增益变换器;(2) 箝位电容型高增益变换器;(3) 基于倍压单元的高增益变换器;(4) 二次型高增益变换器;(5) 基于电压提升单元的高增益变换器。

[0031] 下面结合一个具体的实施例对本发明实施例的软开关电路10进行功能验证和电路仿真验证。

[0032] 图2是根据本发明一个实施例的应用本发明实施例的软开关电路10的箝位电容型高增益直流变换器拓扑图,其中,加粗的部分为本发明实施例的软开关电路10,非加粗部分为本发明实施例中的外部电路,电容 C_1 所在的支路为本发明实施例中分流支路,电容 C_2 是本发明实施例在二极管 D_1 导通情况下与第一辅助电感 L_{a1} 串联的电容,电感 L_s 为线路寄生电感。

[0033] 为验证本发明实施例的软开关电路10,根据表1中的仿真参数搭建了仿真平台,图3、图4为仿真的结果。通过图3、图4的仿真结果可以发现,应用本发明实施例的软开关电路10,箝位电容型高增益中开关管 S_1 都实现了ZCS开通,二极管 D_1 、 D_2 都实现了ZCS关断,并且电路中没有发生谐振,没有增加开关管和二极管的电流应力。其中,表1为仿真参数表。

[0034] 表1

参数名称	参数值
输入源 V_{in}	40V
开关频率 f_s	200kHz

占空比D	0.643
电感 L_1	300 μ H
辅助电感 L_{a1}	2 μ H
线路寄生电感 L_s	70nH
电容 C_1	30 μ F
电容 C_2	30 μ F
电容 C_3	200 μ F
输出负载 R_L	500 Ω

[0036] 综上,根据表1和图2搭建的仿真验证了本发明实施例的软开关电路10能够应用于电力电子变换器中,实现开关管ZCS开通和二极管的ZCS关断,降低变换器的开关损耗,抑制二极管的反向电流。

[0037] 根据本发明实施例提出的基于二极管支路的电流线性无谐振软开关电路,结构简单,能够在无谐振情况下实现电力电子变换器中开关管ZCS开通和二极管ZCS关断,降低开关管开关损耗,抑制二极管的反向恢复电流,同时不增加开关管和二极管的电压应力和电流应力,从而可以广泛应用于各种高频、高功率密度、高效率的电力电子变换器中,为未来电力电子变换器软开关技术提供了一种新的方案。

[0038] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0039] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0040] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0041] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

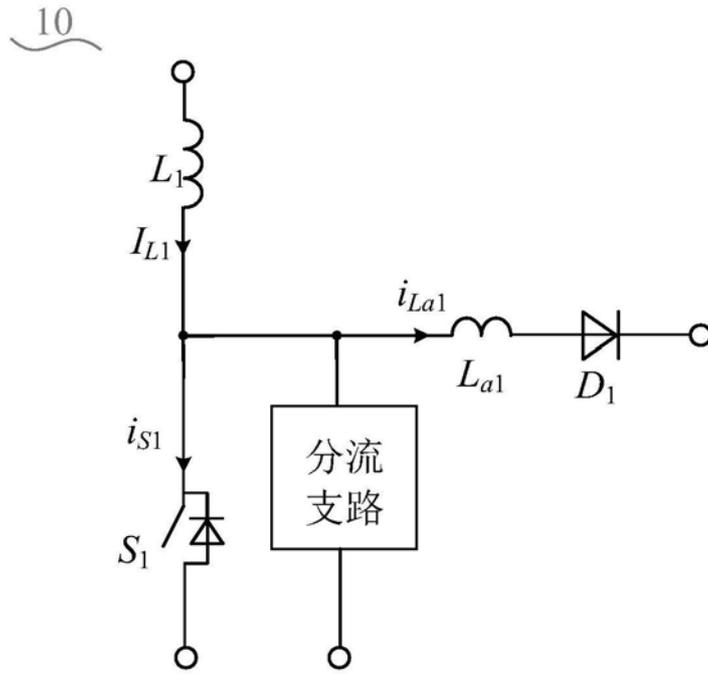


图1

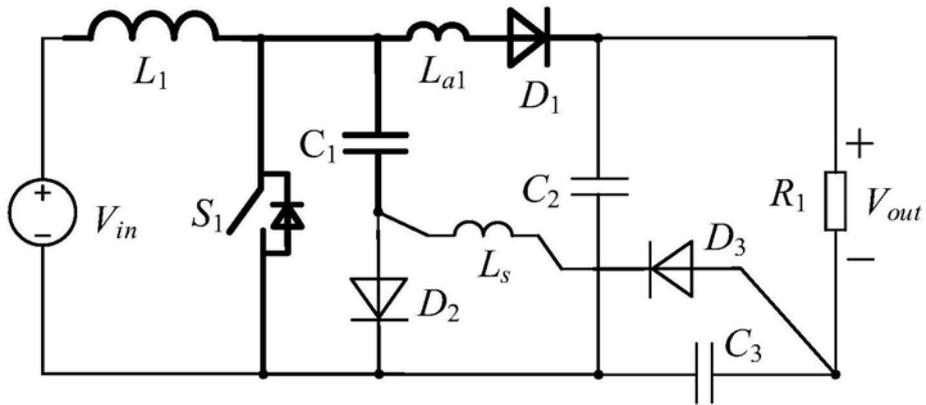


图2

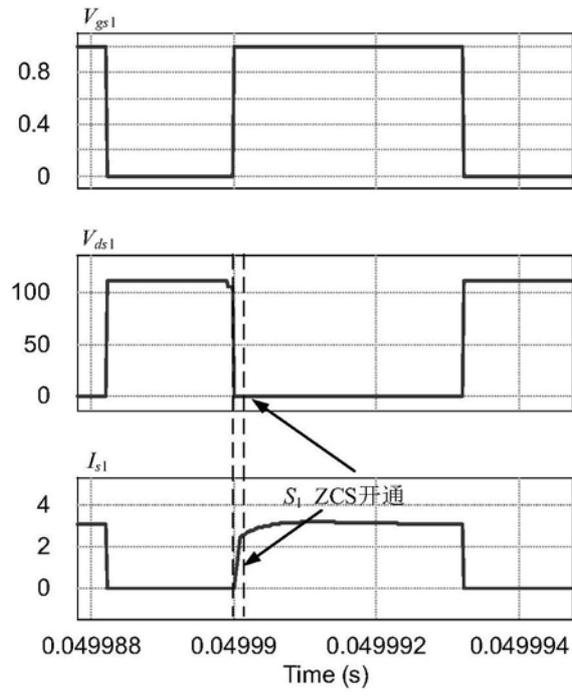


图3

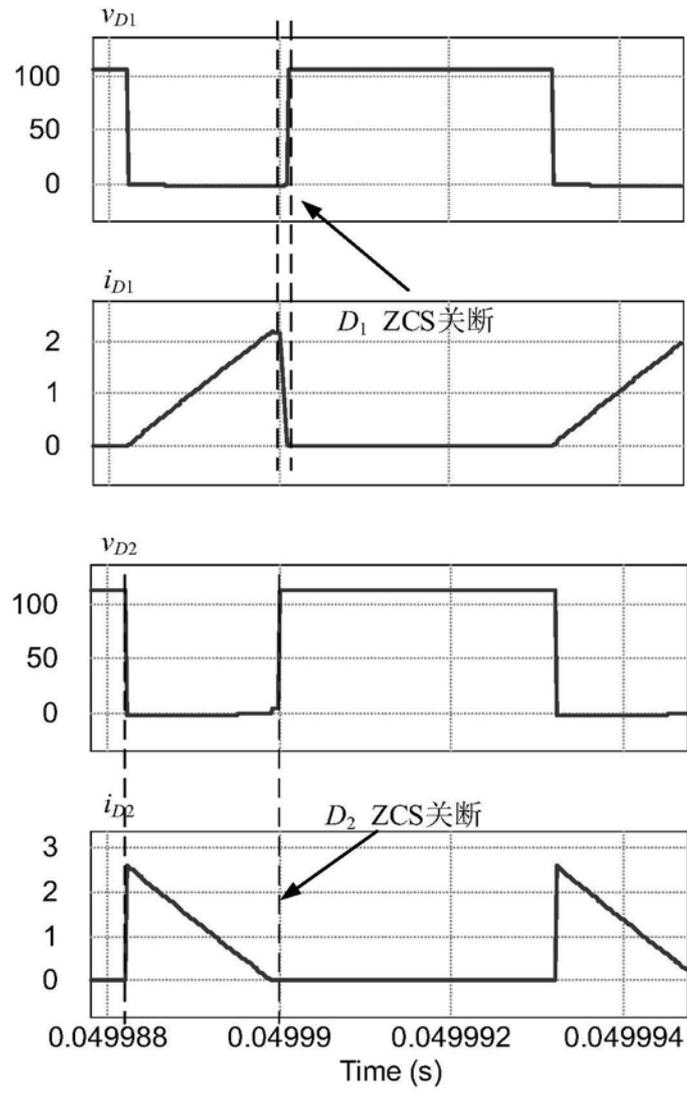


图4