



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104868741 B

(45)授权公告日 2017.07.18

(21)申请号 201510246621.2

(22)申请日 2015.05.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 104868741 A

(43)申请公布日 2015.08.26

(73)专利权人 西交利物浦大学

地址 215123 江苏省苏州市工业园区独墅湖高等教育区仁爱路111号

(72)发明人 文辉清

(74)专利代理机构 苏州创元专利商标事务有限公司 32103

代理人 范晴

(51)Int.Cl.

H02M 3/335(2006.01)

H02M 1/42(2007.01)

(56)对比文件

CN 103986331 A,2014.08.13,

US 2013/0234669 A1,2013.09.12,

CN 101194412 A,2008.06.04,

TW I397250 B1,2013.05.21,

CN 103199707 A,2013.07.10,

WO 2015/004825 A1,2015.01.15,

审查员 张少绵

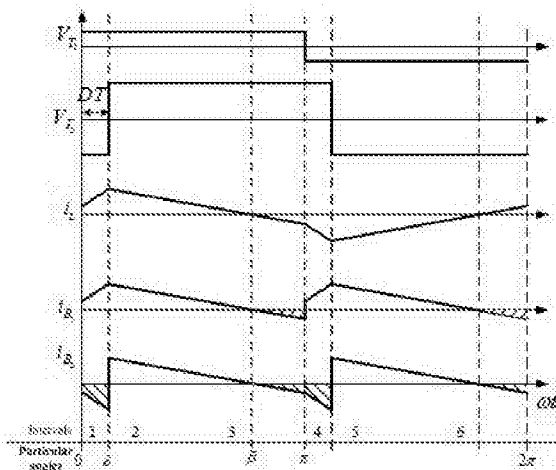
权利要求书1页 说明书4页 附图4页

(54)发明名称

一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法

(57)摘要

本发明公开了基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法,设置副边侧器件相对于原边侧对应器件的移相相对半个周期的比例为D,根据移相角度D内电感电流的过零点确定不同的工作模式;本发明基于移相调制下双向直流变换器的无功电流在不同工作模式下的分布,定义了无功功率损耗,它不同于传统的无功功率和器件通态损耗,具体定义为无功电流流经功率器件时产生的导通损耗,同时本发明提出的基于最小无功功率损耗的效率优化方法能自然兼容其他优化方法如最宽零电压软开关范围、最小无功功率及最小电流应力等,而且由于模型内在地包括非理想因素如功率器件管压降等,因此优化过程大大简化。



1. 一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法,所述直流变换器为双向全桥直流变换器,其特征在于,包括步骤:

1) 将双向全桥直流变换器的八个开关器件Q11、Q12、Q13、Q14、Q21、Q22、Q23、Q24的驱动脉冲均设置为频率相同、占空比为50%的方波;设置变压器原边连接的第一全桥变换器B1中的开关器件Q11和开关器件Q13的驱动脉冲分别对应与开关器件Q12和开关器件Q14的驱动脉冲互补,变压器副边连接的第二全桥变换器B2的开关器件Q21和开关器件Q23的驱动脉冲分别对应与开关器件Q22和开关器件Q24的驱动脉冲互补;

2) 设置变压器副边侧器件相对于原边侧器件的移相与半个周期的比例为D,D的取值范围为[-1,1];

3) 根据移相角度D内电感 L_s 电流的过零点确定不同的工作模式,若过零点在移相范围内定义为模式I,若过零点在移相范围外则定义为模式II;

4) 定义输出功率的标么参考表达式为: $P_b = dV_{s1}^2 / (4L_s f_s)$, $d = V_{T2} / (NV_{T1})$,定义变压器原副边侧器件的管压降分别为 V_{CE1} 和 V_{CE2} ; V_{S1} 表示第一全桥变换器B1连接电源的电压, V_{T1} 表示变压器原边电压, V_{T2} 表示折算到原边的变压器副边电压; f_s 表示开关频率;

5) 分析两种模式下无功电流的分布,定义变换器无功功率损耗为原副边侧无功电流流过功率器件时引起的导通损耗,两种模式下标么值表达式分别为;

$$P_{Mode_I} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d-1)d} + \frac{V_{CE2}(8dD^2-4D^2-4dD+4D+d^2-2d+1)}{2NV_{S1}(d-1)d}$$

$$P_{Mode_II} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d+1)d} + \frac{V_{CE2}(2D+d-1)^2}{2NV_{S1}(d+1)d}$$

所得无功功率损耗模型将作为优化目标方程;

6) 确定移相控制下双向全桥直流变换器的输出功率为优化的约束条件:输出功率为 P_o , $P_o = 2D(1-D)$ 。

一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法

技术领域

[0001] 本发明涉及直流变换器,特别涉及一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法。

背景技术

[0002] 双向直流变换器是在保持变换器两端的直流电压极性不变的前提下,通过改变电流的方向实现能量的双向流动的变换器,在分布式发电、电能质量调节、可再生能源发电、电动汽车以及储能系统等领域应用广泛。其中,图1所示的双主动全桥直流变换器具有功率器件的电流和电压应力小,传输功率能力大,开关器件和变压器的利用率高,是大功率应用的首选拓扑结构。其具体电路结构包括两个全桥变换器B1和B2、二个直流滤波电容C1和C2,高频电感 L_s 和变压器 Tr 。

[0003] 为提高双主动全桥直流变换器在全输入电压和功率范围内的效率,需要抑制电路无功功率。图2表示采用传统移相调制的对称全桥变换器变压器原副边电压和电感电流,其中 ϕ 表示移相角, V_{T1} 表示变压器原边电压, V_{T2} 表示折算到原边的变压器副边电压, i_L 表示电感电流, T_s 表示开关周期。如图2所示,在开关周期中,电感电流 i_L 和变压器远原边电压 V_{T1} 的极性并不完全一致,电感电流 i_L 和变压器副边电压 V_{T2} 的极性也并不完全一致,其中 i_{B1} 阴影部分表示输入侧的无功电流, i_{B2} 阴影部分表示输出侧的无功电流。在轻载以及等效输入输出电压比远偏离1时,无功部分的比重将加大,导致功率器件的电流应力增加,全桥变换器的效率显著下降。

[0004] 采用移相控制策略时确定最优移相变量组合的基本思路是在明确变换器功率约束条件及变量区间范围时,列出变换器优化目标方程。其具体实现方法包括直接优化法和间接优化法。直接优化法是指根据最小电感峰值电流,最小电感有效值电流及最小无功功率等确定移相变量组合,但这种方法只关注变流器某一方面的关键特征,只能孤立地分析各个关键设计要素如软开关、无功功率及电流应力等,其理论分析结果与实际测量表现差别较大。而间接优化法是综合考虑各部分损耗包括功率器件导通损耗、开关损耗及磁性元件损耗等来获取最优变量组合,缺点是计算量大,分析复杂。

发明内容

[0005] 为克服上述现有技术的缺陷与不足,本发明提供一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法。

[0006] 本发明的技术方案是:

[0007] 一种基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法,所述直流变换器为双主动全桥直流变换器,包括步骤:

[0008] 1) 将双向全桥直流变换器的八个开关器件Q11、Q12、Q13、Q14、Q21、Q22、Q23、Q24的驱动脉冲均设置为频率相同、占空比为50%的方波;设置变压器原边连接的第一全桥变换器B1中的开关器件Q11和开关器件Q13的驱动脉冲分别对应与开关器件Q12和开关器件Q14

的驱动脉冲互补,变压器副边连接的第二全桥变换器B2的开关器件Q21和开关器件Q23的驱动脉冲分别对应与开关器件Q22和开关器件Q24的驱动脉冲互补;

[0009] 2) 设置变压器副边侧器件相对于原边侧器件的移相与半个周期的比例为D,D的取值范围为[-1,1];

[0010] 3) 根据移相角度D内电感 L_s 电流的过零点确定不同的工作模式,若过零点在移相范围内定义为模式I,若过零点在移相范围外则定义为模式II;

[0011] 4) 定义输出功率的标么参考表达式为: $P_b = dV_{s1}^2 / (4L_s f_s)$, $d = V_{T2} / (NV_{T1})$, 定义变压器原副边侧器件的管压降分别为 V_{CE1} 和 V_{CE2} ;

[0012] 5) 分析两种模式下无功电流的分布,定义变换器无功功率损耗为原副边侧无功电流流过功率器件时引起的导通损耗,两种模式下标么值表达式分别为:

$$[0013] \quad P_{Mode_I} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d-1)d} + \frac{V_{CE2}(8dD^2-4D^2-4dD+4D+d^2-2d+1)}{2NV_{S1}(d-1)d}$$

$$[0014] \quad P_{Mode_II} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d+1)d} + \frac{V_{CE2}(2D+d-1)^2}{2NV_{S1}(d+1)d}$$

[0015] 所得无功功率损耗模型将作为优化目标方程;

[0016] 6) 确定移相控制下双向直流变换器的输出功率为优化的约束条件: $P_o = 2D(1-D)$ 。

[0017] 本发明的优点是:

[0018] 本发明所提供的基于最小功率损耗的变换器效率优化方法,基于移相调制下双向直流变换器的无功电流在不同工作模式下的分布,定义了无功功率损耗,它不同于传统的无功功率和器件通态损耗,具体定义为无功电流流经功率器件时产生的导通损耗,同时本发明提出的基于最小无功功率损耗的效率优化方法能自然兼容其他优化方法如最宽零电压软开关范围、最小无功功率及最小电流应力等,而且由于模型内在地包括非理想因素如功率器件管压降等,因此优化过程大大简化。

附图说明

[0019] 下面结合附图及实施例对本发明作进一步描述:

[0020] 图1为本发明方法控制的双向全桥直流变换器的拓扑结构示意图;

[0021] 图2是本发明所述模式I时采用传统移相调制策略的开关驱动时序图及无功电流分布。

[0022] 图3是本发明所述模式II时采用传统移相调制策略的开关驱动时序图及无功电流分布。

[0023] 图4是本发明实施例所述的采用传统移相调制策略时无功电流占空比(DB1, DB2)和无功功率损耗的分布。

[0024] 图5是本发明实施例中采用最小无功功率损耗优化方法(P_{RL_min})与最小电感电流有效值优化方法(I_{rms_min})比较曲线。

[0025] 图6是本发明实施例中变压器原边侧器件的管压降 V_{CE1} 对变换器无功功率损耗的影响曲线。

具体实施方式

[0026] 本发明所控制的的双向全桥直流变换器的拓扑结构如图1所示,该变换器主要由两个全桥变换器B1和B2,两个直流滤波电容C1和C2,一个高频电感Ls和一个高频隔离变压器Tr组成;其中,第一全桥变换器B1由4个开关器件Q11、Q12、Q13、Q14组成,第一全桥变换器B2由4个开关器件Q21、Q22、Q23、Q24组成。第一全桥变换器B1连接电源Vs1,第二全桥变换器B2连接电源Vs2。

[0027] 本发明所揭示的基于最小无功功率损耗的直流变换器效率优化方法,所述直流变换器为双主动全桥直流变换器,包括步骤:

[0028] 1) 将双向全桥直流变换器的八个开关器件Q11、Q12、Q13、Q14、Q21、Q22、Q23、Q24的驱动脉冲均设置为频率相同、占空比为50%的方波;设置变压器原边连接的第一全桥变换器B1中的开关器件Q11和开关器件Q13的驱动脉冲分别与开关器件Q12和开关器件Q14的驱动脉冲互补,变压器副边连接的第二全桥变换器B2的开关器件Q21和开关器件Q22的驱动脉冲分别与开关器件Q24和开关器件Q23的驱动脉冲互补;

[0029] 2) 设置变压器副边侧器件相对于原边侧器件的移相与半个周期的比例为D,D的取值范围为[-1,1];

[0030] 3) 根据移相角度D内电感Ls电流的过零点确定不同的工作模式,若过零点在移相范围内定义为模式I,如图2所示,为模式I时采用传统移相调制策略的开关驱动时序图及无功电流分布;若过零点在移相范围外则定义为模式II,如图3所示,模式II时采用传统移相调制策略的开关驱动时序图及无功电流分布;图2和图3中,其中 ϕ 表示移相角, V_{T1} 表示变压器原边电压, V_{T2} 表示折算到原边的变压器副边电压, i_L 表示电感电流, T_s 表示开关周期。在一个开关周期中,电感电流 i_L 和变压器原边电压 V_{T1} 的极性并不完全一致,电感电流 i_L 和变压器副边电压 V_{T2} 的极性也并不完全一致,其中 i_{B1} 阴影部分表示输入侧的无功电流, i_{B2} 阴影部分表示输出侧的无功电流。

[0031] 4) 定义输出功率的标么参考表达式为: $P_b = dV_s^2 / (4L_s f_s)$, $d = V_{T2} / (NV_{T1})$,定义变压器原副边侧器件的管压降分别为 V_{CE1} 和 V_{CE2} ;

[0032] 5) 分析两种模式下无功电流的分布,定义变换器无功功率损耗为原副边侧无功电流流过功率器件时引起的导通损耗,两种模式下标么值表达式分别为:

$$[0033] \quad P_{Mode_I} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d-1)d} + \frac{V_{CE2}(8dD^2-4D^2-4dD+4D+d^2-2d+1)}{2NV_{S1}(d-1)d}$$

$$[0034] \quad P_{Mode_II} = \frac{V_{CE1}(2dD-d+1)^2}{2V_{S1}(d+1)d} + \frac{V_{CE2}(2D+d-1)^2}{2NV_{S1}(d+1)d}$$

[0035] 所得无功功率损耗模型将作为优化目标方程;

[0036] 6) 确定移相控制下双向直流变换器的输出功率为优化的约束条件: $P_o = 2D(1-D)$ 。

[0037] 图4是本发明专利采用传统移相调制策略无功电流占空比(DB1,DB2)和无功功率损耗的分布。

[0038] 图5是本发明专利采用最小无功功率损耗优化方法(PRL_min)与最小电感电流有效值优化方法(Irms_min)比较,发现两种方法效果相同。

[0039] 图6是变压器原边侧器件的管压降 V_{CE1} 对变换器无功功率损耗的影响曲线,从图中看出,管压降 V_{CE1} 越大,相同条件下无功功率损耗越大。

[0040] 上述实施例只为说明本发明的技术构思及特点,其目的在于让熟悉此项技术的人能够了解本发明的内容并据以实施,并不能以此限制本发明的保护范围。凡根据本发明主要技术方案的精神实质所做的修饰,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

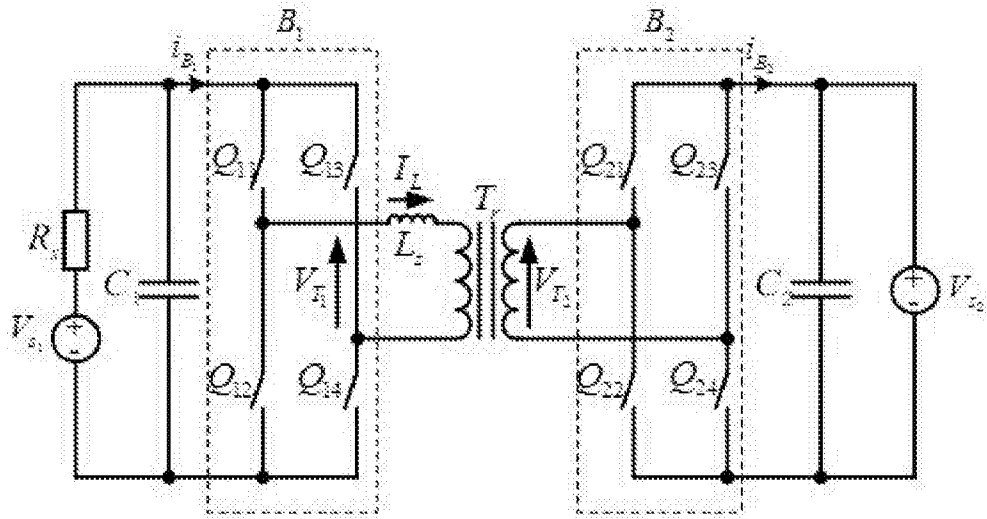


图1

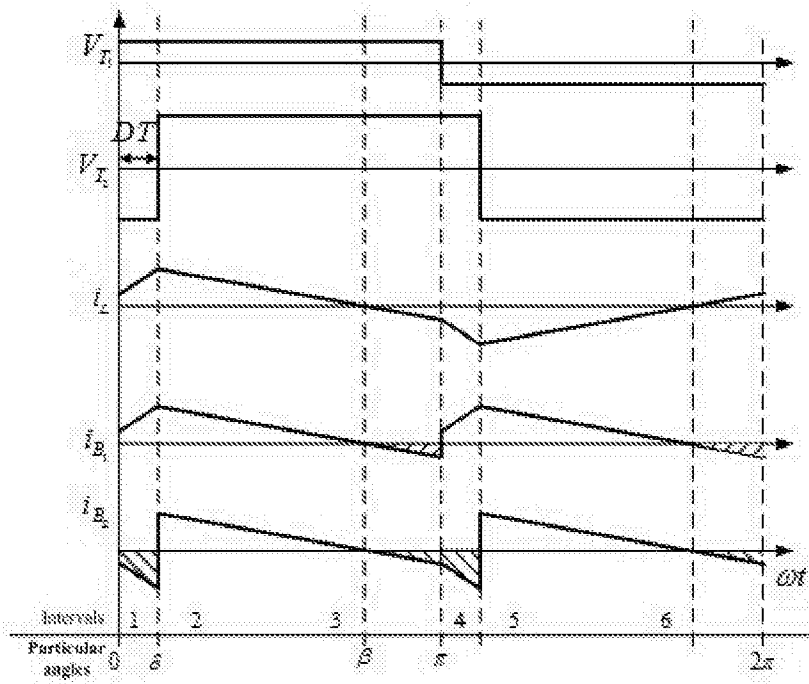


图2

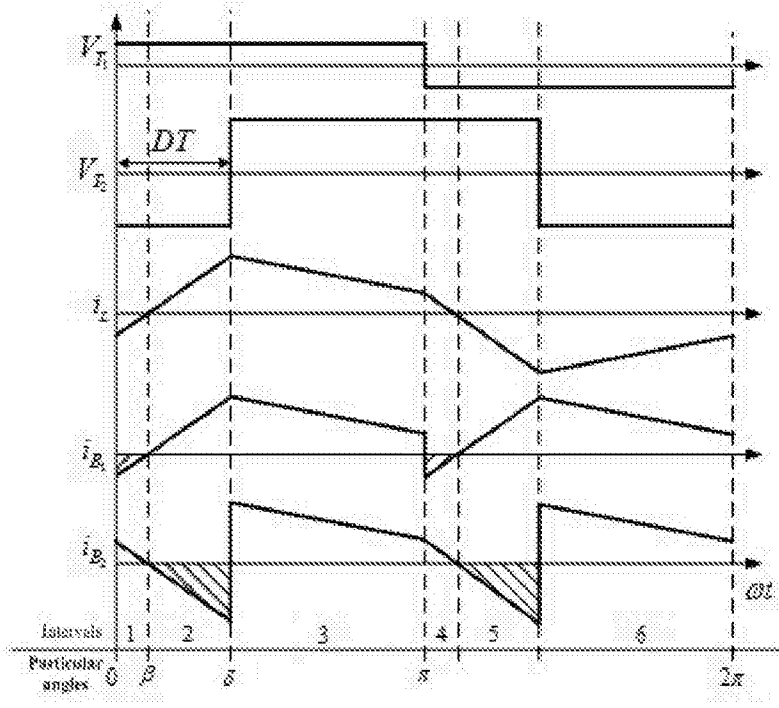


图3

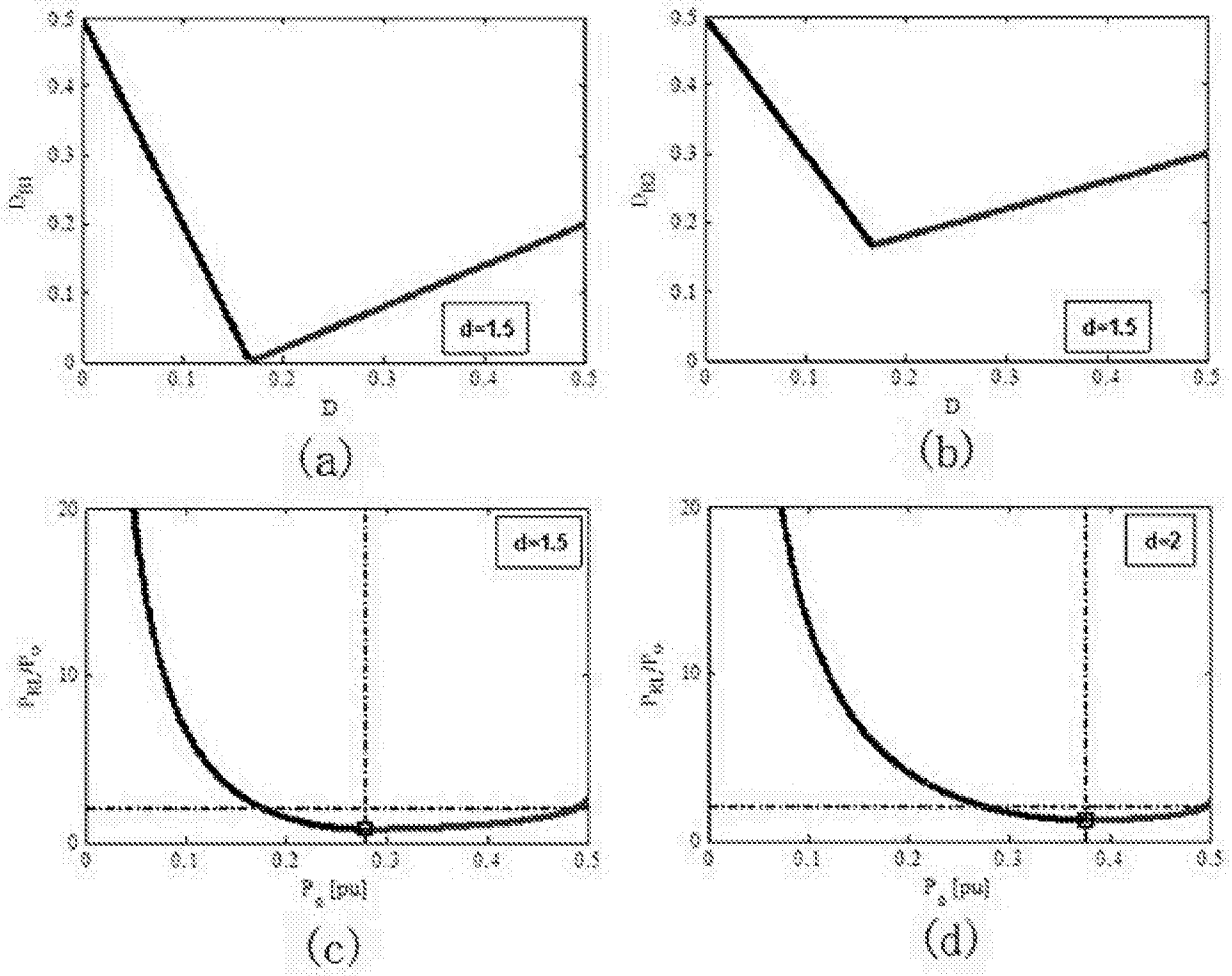


图4

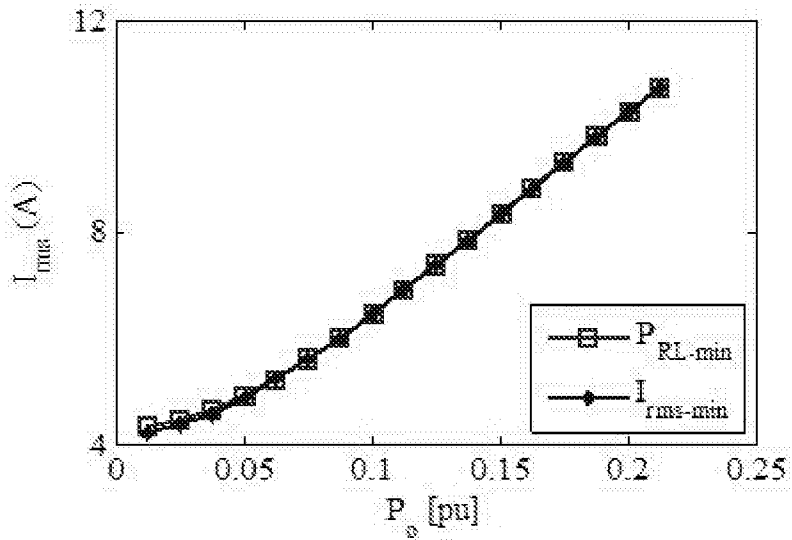


图5

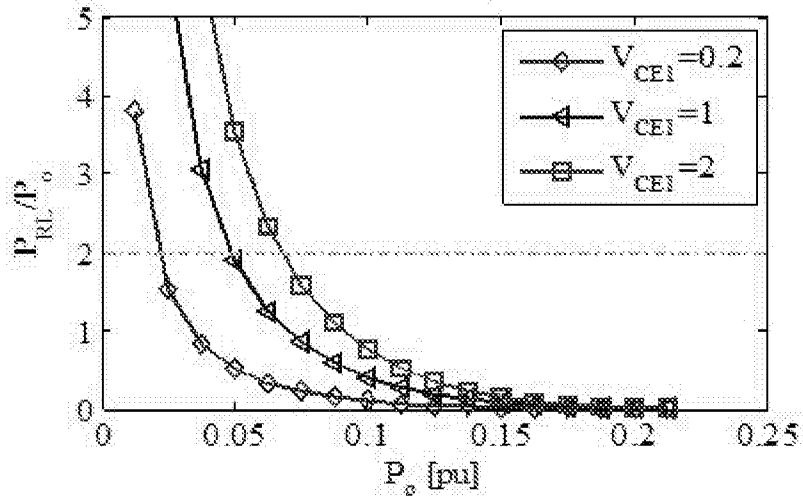


图6