



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101931320 B

(45) 授权公告日 2013. 03. 06

(21) 申请号 201010106536. 3

CN 101505107 A, 2009. 08. 12, 全文.

(22) 申请日 2010. 01. 28

CN 101527520 A, 2009. 09. 09, 全文.

(73) 专利权人 艾默生网络能源有限公司

审查员 丁冉

地址 518057 广东省深圳市南山区科技工业园科发路一号

(72) 发明人 唐建华

(74) 专利代理机构 深圳新创友知识产权代理有限公司 44223

代理人 王震宇

(51) Int. Cl.

H02M 1/42 (2007. 01)

(56) 对比文件

US 6998732 B2, 2006. 02. 14, 说明书第 3 栏第 4 行至第 4 栏第 33 行、附图 4.

CN 101247072 A, 2008. 08. 20, 全文.

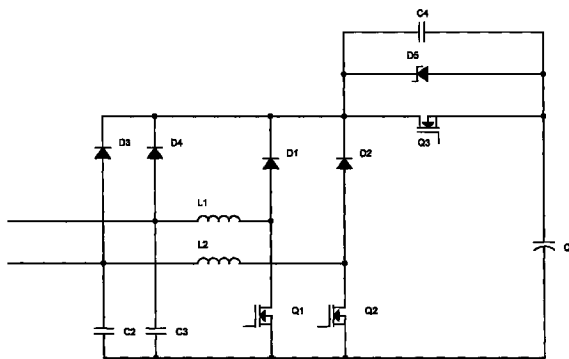
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 3 页

(54) 发明名称

PFC 降压调整电路和方法、开关整流器

(57) 摘要

一种 PFC 降压调整电路, 包括 PFC 模块, 所述 PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于 PFC 正、负母线上的 PFC 母线电容, 还包括设置在 PFC 正母线上的电压调整单元, 所述电压调整单元包括第三开关管, 所述第三开关管接于所述 PFC 模块的主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间, 控制所述第三开关管的开通时间以调整所述 PFC 母线电容的充电时间。本发明还公开了具有该 PFC 降压调整电路的开关整流器以及用于该 PFC 降压调整电路的降压调整方法。采用本发明, 通过有效调整 PFC 母线电压, 能大大缓解后级 LLC 电路的调频压力, 为优化 LLC 电路的设计提供有利条件。



1. 一种 PFC 降压调整电路,包括 PFC 模块,所述 PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于 PFC 正、负母线上的 PFC 母线电容,其特征在于,还包括设置在 PFC 正母线上的电压调整单元,所述电压调整单元包括第三开关管,所述第三开关管接于所述 PFC 模块的主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间,控制所述第三开关管的开通时间以调整所述 PFC 母线电容的充电时间。

2. 如权利要求 1 所述的 PFC 降压调整电路,其特征在于,所述电压调整单元还包括与所述第三开关管并联连接的第四电容和第一稳压二极管,所述第三开关管的漏极与所述第一稳压二极管的负极接所述 PFC 主电路的输出正端,所述第三开关管的源极与所述第一稳压二极管的正极接所述 PFC 母线电容的正极。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的 PFC 降压调整电路,其特征在于,所述第三开关管按照开通时两端的电压为零的自然开通方式来控制。

4. 如权利要求 1 或 2 所述的 PFC 降压调整电路,其特征在于,所述第三开关管按照开通时两端存在电压差的非自然开通方式来控制。

5. 一种开关整流器,包括整流电路、耦合在整流电路输出端的 PFC 模块和与所述 PFC 模块输出端相耦合的 LLC 谐振电路,所述 PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于正、负母线上的 PFC 母线电容,其特征在于,还包括设置在 PFC 正母线上的电压调整单元,所述电压调整单元包括第三开关管,所述第三开关管接于所述 PFC 主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间,控制所述第三开关管的开通时间以调整所述 PFC 母线电容的充电时间。

6. 一种采用权利要求 1 所述的 PFC 降压调整电路的 PFC 降压调整方法,其特征在于,包括以下步骤:

A. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

B. 控制设置在 PFC 正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整 PFC 母线电容的充电时间来调节 PFC 母线电压。

7. 如权利要求 6 所述的 PFC 降压调整电路,其特征在于,所述第三开关管按照开通时两端的电压为零的自然开通方式来控制。

8. 一种调整权利要求 5 所述的开关整流器中的 LLC 谐振电路调频范围的方法,其特征在于,包括以下步骤:

C. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

D. 控制设置在 PFC 正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整 PFC 母线电容的充电时间来调节 PFC 母线电压,所述 PFC 母线电压的可调范围对应 PFC 模块的输出电压的可调范围;所述 LLC 谐振电路在所述 PFC 模块的输出电压的可调范围之外调频。

## PFC 降压调整电路和方法、开关整流器

### 技术领域

[0001] 本发明涉及开关电路,特别是涉及一种 PFC(Power Factor Correction,功率因素校正)降压调整电路和方法、开关整流器。

### 背景技术

[0002] 当前,48V/50A 的高效开关整流器包括整流模块和 LLC 谐振电路,其中整流模块又包括整流电路和 PFC 模块,48V/50A 的开关整流器输出电压为 42V ~ 58V,则 LLC 谐振电路要在 42V ~ 58V 之间的电压范围下调频,LLC 谐振电路需要进行调频的电压范围大,这对于 LLC 参数设计要求高,使 LLC 谐振电路难以达到优化的设计,对提高 LLC 谐振电路的工作效能带来很大的压力。已知根据开关整流器的输出电压调整 PFC 母线电压可以缓解 LLC 谐振电路的压力,这是由于 PFC 母线电压的调节范围与 PFC 模块的输出电压的调节范围具有对应关系,而在 PFC 模块的输出电压的可调范围内,LLC 谐振电路均工作在谐振频率点上,无需调频,这样,增大 PFC 母线电压的调节范围也就缓解了 LLC 谐振电路需要大范围调频的压力。但是,由于 PFC 模块直接受整流模块输出电压限制(264VAC 的输入电压直接整流电压后就达到 375V),PFC 母线电压的可调范围很有限。

### 发明内容

[0003] 本发明主要要解决的技术问题就是针对现有技术的不足,提供一种 PFC 降压调整电路和方法,使得 PFC 母线电压获得有效调节,从而减小 LLC 谐振电路需要调频的范围,大大降低 LLC 的调频压力。

[0004] 本发明的另一目的在于提供采用该 PFC 降压调整电路的开关整流器,以及提供开关整流器中 LLC 谐振电路调频范围的方法,其具有前述优点。

[0005] 为实现上述目的,本发明采用以下技术方案:

[0006] 一种 PFC 降压调整电路,包括 PFC 模块,所述 PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于 PFC 正、负母线上的 PFC 母线电容,还包括设置在 PFC 正母线上的电压调整单元,所述电压调整单元包括第三开关管,所述第三开关管接于所述 PFC 模块的主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间,控制所述第三开关管的开通时间以调整所述 PFC 母线电容的充电时间。

[0007] 优选地,所述电压调整单元还包括与所述第三开关管并联连接的第四电容和第一稳压二极管,所述第三开关管为 MOS 管,所述第三开关管的漏极与所述第一稳压二极管的负极接所述 PFC 模块的主电路的输出正端,所述第三开关管的源极与所述第一稳压二极管的正极接所述 PFC 母线电容的正极。

[0008] 优选地,所述第三开关管按照开通时两端的电压为零的自然开通方式来控制。

[0009] 优选地,所述第三开关管按照开通时两端存在电压差的非自然开通方式来控制。

[0010] 一种开关整流器,包括整流电路、耦合在整流电路输出端的 PFC 模块和与所述 PFC 模块输出端相耦合的 LLC 谐振电路,所述 PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于

正、负母线上的 PFC 母线电容,还包括设置在 PFC 正母线上的电压调整单元,所述电压调整单元包括第三开关管,所述第三开关管接于所述 PFC 主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间,控制所述第三开关管的开通时间以调整所述 PFC 母线电容的充电时间。

[0011] 一种 PFC 降压调整方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0012] A. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

[0013] B. 控制设置在 PFC 正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整 PFC 母线电容的充电时间来调节 PFC 母线电压。

[0014] 优选地,所述第三开关管按照开通时两端的电压为零的自然开通方式来控制。

[0015] 一种调整开关整流器中 LLC 谐振电路调频范围的方法,其特征在于,包括以下步骤:

[0016] C. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

[0017] D. 控制设置在 PFC 正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整 PFC 母线电容的充电时间来调节 PFC 母线电压,所述 PFC 母线电压的可调范围对应 PFC 模块的输出电压的可调范围;所述 LLC 谐振电路在所述 PFC 模块的输出电压的可调范围之外调频。

[0018] 本发明有益的技术效果是:

[0019] 本发明的 PFC 降压调整电路包括 PFC 模块和设置在 PFC 正母线上的电压调整单元,所述电压调整单元包括第三开关管,所述第三开关管接于所述 PFC 模块的主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间,控制所述第三开关管的开通时间可以调整所述 PFC 母线电容的充电时间,由于 PFC 母线电容的充电时间只在第三开关管的开通期间充电,故能实现 PFC 母线电压的有效调节,进而实现 PFC 模块输出电压的对应调节,这样就减小 LLC 谐振电路需要调频的电压范围,大大缓解 LLC 谐振电路的调频压力。例如,对于 48V/50A 开关整流器时,开关整流器输出电压为 42V ~ 58V,LLC 谐振电路需在 42V ~ 58V 之间调整频率,通过控制电压调整单元的开通时间,PFC 母线电压将可以在 315V ~ 407V 之间调整,其中,315V 的 PFC 母线电压对应 42V 的 PFC 模块输出电压,401V 的 PFC 母线电压对应 53.5V 的 PFC 模块输出电压,而 407V 的 PFC 母线电压对应到了 54.3V 的 PFC 模块输出电压,也就是说,在 PFC 模块的输出调压范围为 42V ~ 54.3V 之间,LLC 谐振电路均工作在谐振频率点上,LLC 谐振电路只在 54.3V ~ 58V 之间调整频率,这就大大缩小了 LLC 谐振电路的调频范围,使 LLC 参数设计更为优化,得到更高的效率。

#### 附图说明

[0020] 图 1 为具有一种实施例 PFC 降压调整电路的整流模块的电路图;

[0021] 图 2 为具有另一种实施例 PFC 降压调整电路的整流模块的电路图;

[0022] 图 3 和 4 为本发明实施例的两种 PFC 母线电压工作波形图;

[0023] 图 5 为本发明一种实施例的开关整流器的结构框图;

[0024] 图 6 为本发明 PFC 降压调整方法的流程图;

[0025] 图 7 为本发明 LLC 谐振电路调频范围的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0026] 图 1 和图 2 展示了具有不同实施例的 PFC 降压调整电路的整流模块。整流模块包括整流电路和耦合在整流电路输出端的 PFC 降压调整电路，PFC 降压调整电路包括 PFC 模块和电压调整单元。其中，PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于 PFC 正、负母线上的 PFC 母线电容 C1。电压调整单元设置在 PFC 正母线上，电压调整单元包括第三开关管 Q3，第三开关管 Q3 接于 PFC 主电路的输出正端与 PFC 母线电容 C1 之间。控制第三开关管 Q3 的开通时间，即可以相应控制 PFC 母线电容 C1 的充电时间，达到对 PFC 母线电压的有效调节。

[0027] 其中，电压调整单元在 PFC 模块的输出电压整定值低于交流输入直接整流电压值时起作用，即此时第三开关管 Q3 支路在工作状态，PFC 母线电压可调。交流输入直接整流电压值可按照整流模块的交流输入电压值 $\times \sqrt{2}$ 换算得到。

[0028] 请参考图 1，在优选的实施例中，整流电路包括第二电容 C2、第三二极管 D3、第三电容 C3 和第四二极管 D4，PFC 模块的主电路采用无桥拓扑，包括第一 MOS 管 Q1、第一二极管 D1、第二 MOS 管 Q2 和第二二极管 D2，其中，第二电容 C2 和第三二极管 D3、第三电容 C3 和第四二极管 D4、第一 MOS 管 Q1 和第一二极管 D1 以及第二 MOS 管 Q2 和第二二极管 D2 分别相串联跨接在正、负母线之间。第一 MOS 管 Q1 和第一二极管 D1 的串接点通过第一电感 L1 连接至第三电容 C3 和第四二极管 D4 的串接点，第二 MOS 管 Q2 和第二二极管 D2 的串接点通过第二电感 L2 连接至第二电容 C2 和第三二极管 D3 的串接点。

[0029] 在优选的实施例中，电压调整单元包括第三开关管 Q3 和与第三开关管 Q3 并联连接的第四电容 C4 和第一稳压二极管 D7，第三开关管 Q3 可以为 MOS 管，第三开关管 Q3 的漏极与第一稳压二极管 D7 的负极接 PFC 模块的主电路的输出正端，PFC 模块的主电路的输出负端接母线电容 C1 的负极，第三开关管 Q3 的源极与第一稳压二极管 D7 的正极接母线电容 C1 的正极。母线电容 C1 为极性电容，例如电解电容。

[0030] PFC 降压调整电路的工作原理如下：

[0031] 本发明的 PFC 降压调整电路是在传统 PFC 模块上增加了电压调整单元后的电路，根据 PFC 模块的输出电压整定值与交流输入直接整流电压值的比较关系，PFC 模块存在以下两种工作模式：Boost（升压）工作模式和相控整流工作模式，电压调整单元时在 PFC 模块处于相控整流工作模式时起作用。

[0032] 当 PFC 输出电压整定值较高，不小于交流输入直接整流电压值时，PFC 模块工作在 Boost 模式下，此时由于第三、四二极管 D3、D4 的反向对顶，PFC 降压调整电路的第三开关管 Q3 支路不工作，电压调整单元不起作用。

[0033] 当 PFC 输出电压整定值低于交流输入直接整流电压值时，PFC 模块工作在相控整流工作模式下，此时第一、二开关管 Q1、Q2 停止工作，PFC 降压调整电路的第三开关管 Q3 支路工作，处于相控电源状态，控制第三开关管 Q3 的开通时间即可调整 PFC 母线电压。

[0034] 在一些优选实施例中，对第三开关管 Q3 的控制采用自然开通方式，PFC 母线电容上的电压  $V_{C1}$  工作波形如图 3 所示。调整第三开关管 Q3 的开通时间即可调整 PFC 输出电压，开通时间越小，电容电压  $V_{C1}$  有效值越低，PFC 输出电压跟着降低。自然开通方式的优点在于第三开关管 Q3 开通时，两端电压为零，关断时其两端均为电压源，且开通时压差比较小，不会超过 100V，第三开关管 Q3 工作压力很小，这有利于 MOS 管的选取和设计。

[0035] 在另一些优选实施例中,对第三开关管 Q3 的控制采用非自然开通方式,PFC 母线电容上的电压  $V_{C1}$  工作波形如图 4 所示。同样,调整第三开关管 Q3 的开通时间即可调整 PFC 输出电压,开通时间越小,电容电压  $V_{C1}$  有效值越低,PFC 输出电压跟着降低。非自然开通方式的优点是可以控制 PF 值。

[0036] 如图 2 所示,与前一实施例不同之处在于,此实施例中 PFC 模块的主电路采用普通的桥式拓扑,其中,第一二极管 D1 和第三二极管 D3 串联连接,第二二极管 D2 和第四二极管 D4 串联连接,第一二极管 D1 的阴极和第三二极管 D3 的阴极同接第三电感 L3 的一端和第六二极管 D6 的阳极,第三电感 L3 的另一端与第一 MOS 管 Q1 的漏极同接第五二极管的阳极,第一 MOS 管 Q1 的源极、第三二极管 D3 的阳极和第四二极管 D4 的阳极同接 PFC 母线电容 C1 的负极。电压调整单元与上一实施例的结构相同,包括第三开关管 Q3 以及与之并联连接的第四电容 C4 和第一稳压二极管 D7。

[0037] 电压调整单元的输入端即第三开关管 Q3 的漏极与第五二极管的阴极和第六二极管的阴极相接。

[0038] PFC 降压调整电路的工作原理与前述实施例类似,不再赘述。

[0039] 如图 5 所示,在本发明的另一方面,还公开了采用本发明的 PFC 降压调整电路的开关整流器,其包括整流电路、耦合在整流电路输出端的 PFC 模块和与 PFC 模块输出端相耦合的 LLC 谐振电路,PFC 模块包括 PFC 主电路、PFC 正、负母线和接于 PFC 正、负母线上的 PFC 母线电容,其中,在 PFC 正母线上设置有电压调整单元,电压调整单元包括接于 PFC 模块的主电路的输出正端与 PFC 母线电容之间第三开关管 Q3,控制第三开关管 Q3 的开通时间,即可以相应控制 PFC 母线电容 C1 的充电时间,达到对 PFC 母线电压的有效调节,从而减小 LLC 谐振电路需要进行频率调节的电压范围。

[0040] 在一个应用实例中,对于 48V/50A 开关整流器,整流器的输出电压 42V ~ 58V,LLC 谐振电路需在 42V ~ 58V 之间调整频率,通过电压调整单元,PFC 母线电压将可以在 315V ~ 407V 之间调整,其中,315V 的 PFC 母线电压对应 42V 的 PFC 模块的输出电压,401V 的 PFC 母线电压对应 53.5V 的 PFC 模块的输出电压,而 407V 的 PFC 母线电压对应到了 54.3V 的 PFC 模块的输出电压,也就是说,在 PFC 模块的输出电压的调节范围 42V ~ 54.3V 之间,后级 LLC 谐振电路均工作在谐振频率点上,而只在 54.3V ~ 58V 之间需要 LLC 谐振电路调整频率,这就大大缩小了 LLC 谐振电路的调频范围,使 LLC 参数设计更为优化,得到更高的效率。

[0041] 在本发明的另一方面,还公开了一种 PFC 降压调整方法,如图 6 所示,包括以下步骤:

[0042] 步骤 A. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

[0043] 步骤 B. 控制设置在 PFC 正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整 PFC 母线电容的充电时间来调节 PFC 母线电压。

[0044] 优选地,第三开关管按照开通时两端的电压为零的自然开通方式来控制。

[0045] 在本发明的又一方面,还公开了一种调整开关整流器中 LLC 谐振电路调频范围的方法,如图 7 所示,包括以下步骤:

[0046] 步骤 C. 判断 PFC 模块的输出电压整定值是否低于交流输入直接整流电压值,如果是则进入下一步;

[0047] 步骤D. 控制设置在PFC正母线上的第三开关管的开通时间,通过调整PFC母线电容的充电时间来调节PFC母线电压,所述PFC母线电压的可调范围对应PFC模块的输出电压的可调范围;所述LLC谐振电路在所述PFC模块的输出电压的可调范围之外调频。

[0048] 在实际应用中,根据谐波标准和PF测试标准,均只测试额定输入和额定输出电压全负载范围条件下的PF值和谐波,在其他条件下,非额定输入电压、非额定输出电压和限流条件下均不作要求。例如,对于整流器,额定输入条件欧洲为230VAC,中国为220VAC,对于美国,如果采用双火线输入,最高可能到240VAC,额定输出条件为53.5V。考虑到这种情况,在240VAC输入和53.5V输出条件下模块不允许进入到相控工作模式,从而整流器的LLC电路在53.5V输出对应的PFC母线电压要高于240VAC的交流输入直接整流电压336VDC,以工作在Boost模式。为了使其能够工作在相控模式,可以将对应额定LLC输出为53.5V的PFC母线电压取得更高,例如为375VDC,则有,当整流器输出调整电压42V~58V时,只需要对应地调整PFC母线电压(此时调整范围为294VDC~407VDC)就可以满足输出电压调整的要求,最优地,LLC电路将一直工作在额定频率条件下,LLC电路在额定频率下工作,其动态响应特性非常好,负载的变化将通过LLC电路的特性自动响应,而频率几乎不变,而进入恒流限流阶段后,仍可通过调整PFC输出电压的方式来达到限流的目的,从而可大大优化LLC的设计。

[0049] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

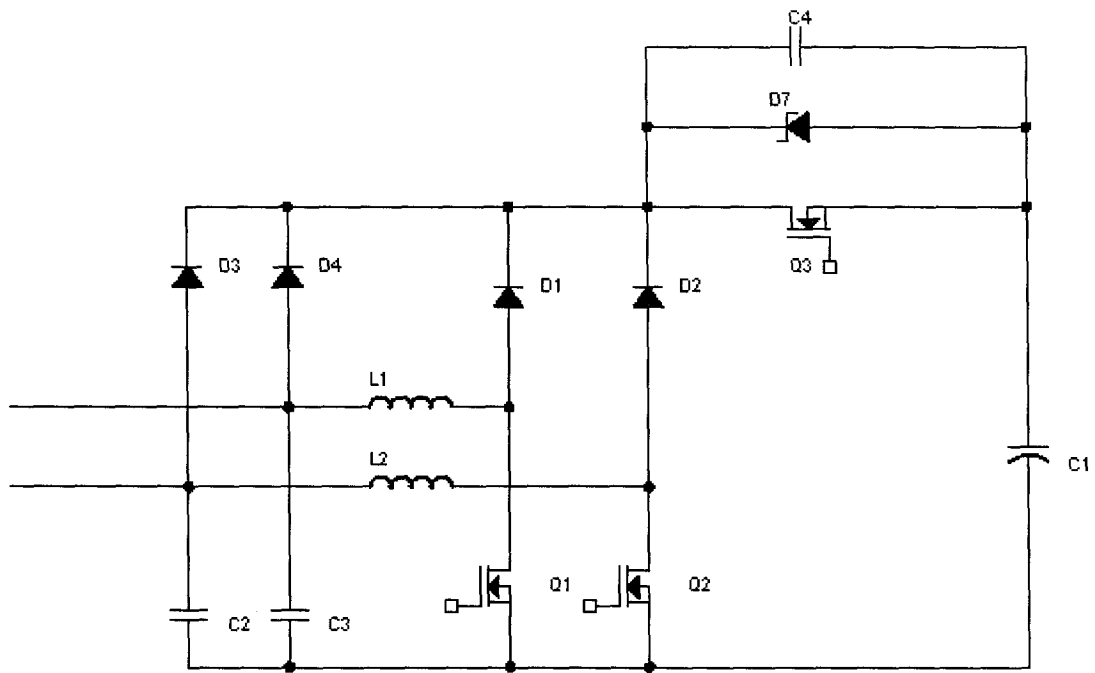


图 1

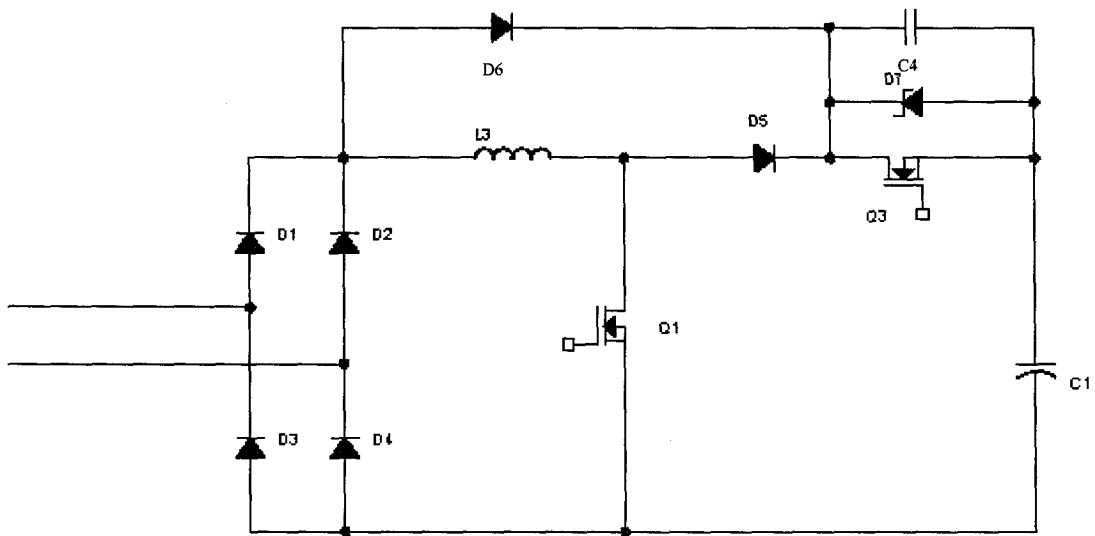


图 2



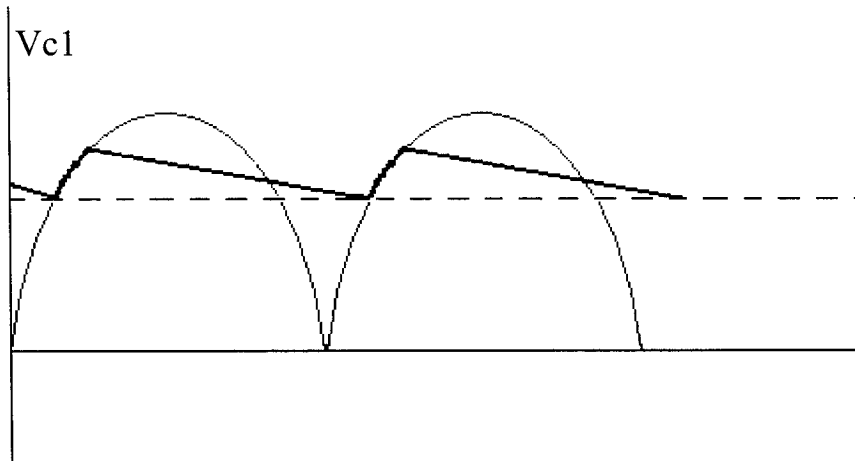


图 3

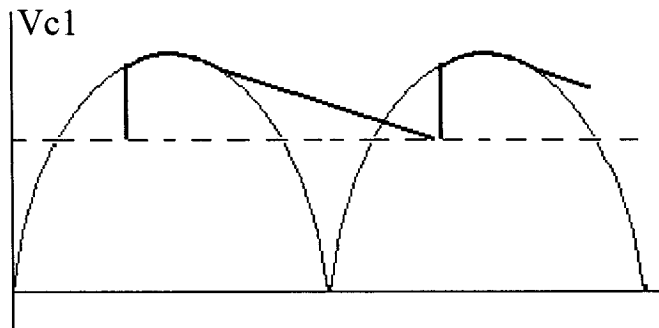


图 4

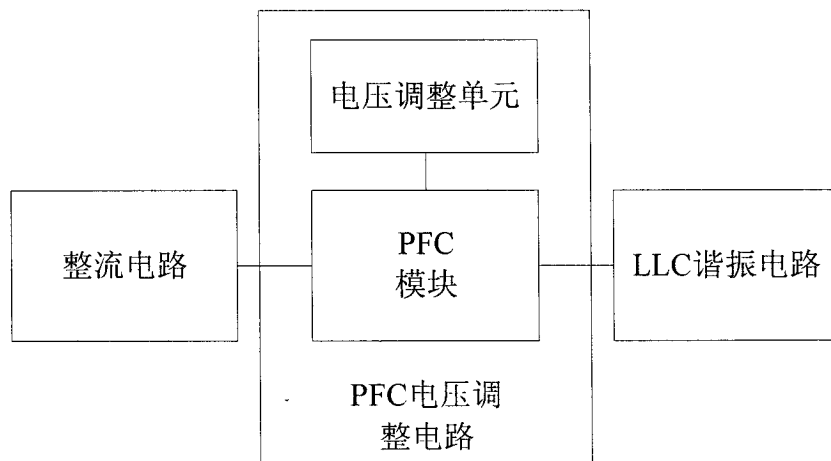


图 5

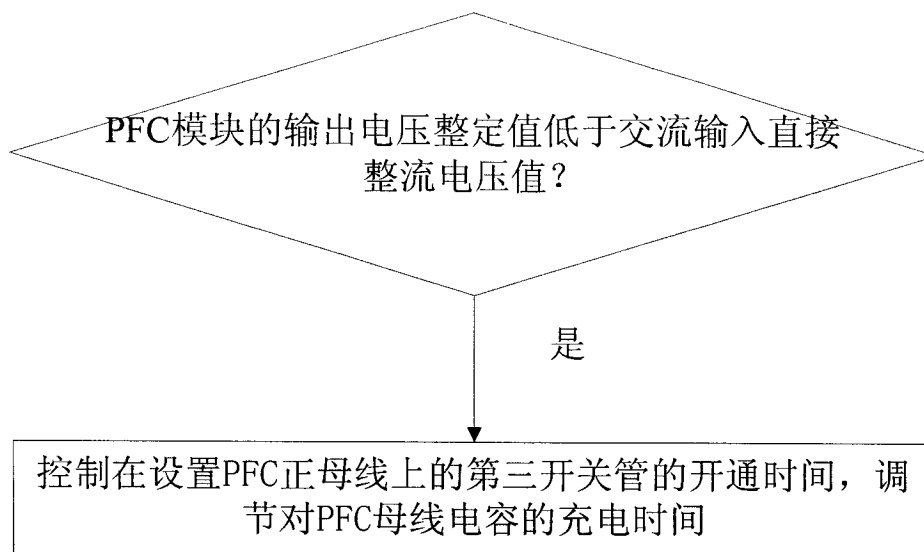


图 6

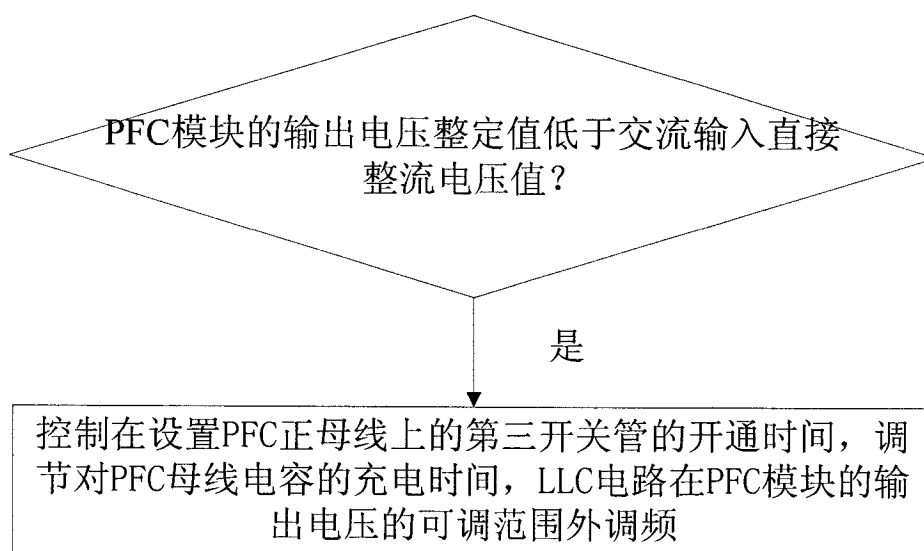


图 7