(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 101707440 A
(43)申请公布日 2010.05.12

(21)申请号 200910221471.4

(22)申请日 2009.11.12

(71)申请人 中兴通讯股份有限公司
地址 518057 广东省深圳市南山区科技南路55号

(72)发明人 司徒琴 李俊凯 刘辉

(74)专利代理机构 北京康信知识产权代理有限责任公司 11240
代理人 余刚 吴孟秋

(51)Int.Cl.
H02M 3/335(2006.01)

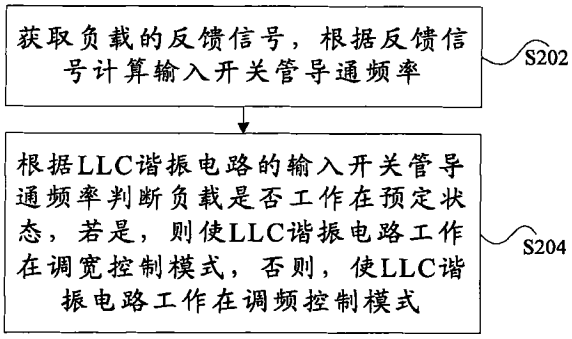
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 7 页

(54)发明名称

LLC谐振变换器控制方法、同步整流控制方法及装置

(57)摘要

本发明公开了一种LLC谐振变换器控制方法、同步整流控制方法及装置，该LLC谐振变换器控制方法包括：根据LLC谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使LLC谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使LLC谐振电路工作在调频控制模式，其中，预定状态包括轻载状态或空载状态。本发明在LLC谐振电路空载或轻载的情况下实现了稳压，降低了电路的损耗，有效简化了外围硬件电路，与现有技术方案相比更加使用可靠。



CN 101707440 A

1. 一种 LLC 谐振变换器控制方法，其特征在于，包括：

根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使所述 LLC 谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使所述 LLC 谐振电路工作在调频控制模式，其中，所述预定状态包括轻载状态或空载状态。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述 LLC 谐振电路的所述输入开关管导通频率判断所述负载是否工作在所述预定状态之前，所述方法还包括：

获取所述负载的反馈信号，根据所述反馈信号计算所述输入开关管导通频率。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述反馈信号包括以下之一：输出电压、输出电流。

4. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，根据所述反馈信号计算所述输入开关管导通频率包括：

对所述反馈信号与预定值的差的绝对值进行积分运算后乘以一定比例得到所述输入开关管导通频率。

5. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，根据所述 LLC 谐振电路的所述输入开关管导通频率判断所述负载是否工作在所述预定状态包括：

判断所述 LLC 谐振电路的所述输入开关管导通频率是否大于预定频率，若是，则判断所述负载工作在所述预定状态，否则，判断所述负载未工作在所述预定状态。

6. 一种同步整流控制方法，应用于使用权利要求 1 所述的方法的 LLC 谐振电路，其特征在于，包括：

根据所述 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则关闭同步管驱动；否则，在所述输入开关管导通频率大于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于与所述同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，所述同步管驱动信号的关闭同步于所述功率管驱动信号的关闭，其中，所述预定状态包括轻载状态或空载状态。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：在所述输入开关管导通频率小于或等于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于所述功率管驱动信号的开通，且所述同步管驱动信号的脉冲宽度为所述 LLC 谐振电路的谐振周期的一半。

8. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述同步管驱动信号的开通延迟于与所述同步管驱动信号对应的所述功率管驱动信号的开通包括：

在所述功率管驱动信号的开通时间上延迟预定时间后，开通所述同步管驱动信号，其中所述预定时间包括以下之一：固定时间、随所述 LLC 谐振电路的工作频率变化而变化的时间。

9. 一种 LLC 谐振变换器控制器，其特征在于，所述控制器包括：

判断模块，用于根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，所述预定状态包括：轻载状态或空载状态；

第一调整模块，用于在所述判断模块判断为是的情况下，使所述谐振电路工作在调宽控制模式；

第二调整模块，用于在所述判断模块判断为否的情况下，使所述谐振电路工作在调频

控制模式。

10. 根据权利要求 9 所述的 LLC 谐振变换器控制器，其特征在于，所述判断模块包括：

获取子模块，用于获取所述负载的反馈信号；

计算子模块，用于根据所述获取子模块获取的所述反馈信号计算所述输入开关管导通频率。

11. 一种同步整流控制装置，其特征在于，包括：

判断模块，用于根据所述 LLC 谐振电路的输入开关管导

通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，所述预定状态包括：轻载状态或空载状态；

驱动关闭模块，用于在所述判断模块判断为是的情况下，关闭同步管驱动；

第一驱动信号控制模块，用于在所述判断模块判断为否，且所述输入开关管导通频率大于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的开通延迟于与所述同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，所述同步管驱动信号的关闭同步于所述功率管驱动信号的关闭。

12. 根据权利要求 11 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：

第二驱动信号控制模块，用于在所述判断模块判断为否，且所述输入开关管导通频率小于或等于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的开通延迟于所述功率管驱动信号的开通，且所述同步管驱动信号的脉冲宽度为所述 LLC 谐振电路的谐振周期的一半。

LLC 谐振变换器控制方法、同步整流控制方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信领域，具体而言，涉及一种 LLC 谐振变换器控制方法、同步整流控制方法、LLC 谐振变换器控制器及同步整流控制装置。

背景技术

[0002] 随着开关电源技术的发展，高效率和高功率密度成为发展趋势。在这种情况下，LLC 谐振电路在业界的应用越来越广泛。与其它软开关技术相比，LLC 谐振电路具有一些明显的优势：在比较宽的频率范围内能够实现一次侧开关管的零电压开通，且具有较好的掉电维持时间特性；由于二次侧整流管零电流关断，因此减小了整流管的关断损耗；电路工作频率高可减小电源的体积。

[0003] 虽然 LLC 能够实现二次侧整流管的零电流关断，但是在大电流的应用场合，整流管的导通损耗比较大。因此，相关技术中提出了同步整流技术，并提出了几种 LLC 谐振电路的同步整流方案，主要包括以下几种：

[0004] 1. 基于二次侧控制器控制的带同步整流 LLC 谐振半桥变换器方案。其实现方法是：控制器置于二次侧，控制开关管和二次侧同步整流开关管的驱动信号同步，开通时先使一次侧开关管导通，经过固定延时后使二次侧开关管导通；关断时则先使二次侧开关管关断，再经过固定延时后关断一次侧开关管。该方案同步整流管的体内二极管导通时间过长，损耗比较大，对于大电流输出，采用该方案对效率改善有限。

[0005] 2. 基于电流检测电路的带同步整流 LLC 控制方案。其实现方法是：二次侧同步整流控制器通过对电源变换电路输出电流的过零检测，控制同步整流电路的通断，使同步整流电路在电流大于零时导通，其余时间关断。该方案存在的问题是需要额外的电流过零检测电路，增加了成本，检测精度要求很高，并且容易被干扰，导致同步整流管误动作。

[0006] 3. 基于一次侧控制器控制的带同步整流 LLC 谐振半桥变换器方案。其实现方法是：通过功率开关管的驱动信号得到二次侧同步整流开关管的同步驱动信号。在开关频率小于谐振频率时，同步管驱动信号为脉宽小于功率开关脉宽的恒定脉宽信号；在开关频率大于谐振频率时，同步管驱动信号与功率开关驱动信号完全一致。该方案不能保证在轻载、空载下可靠运行，可能造成短时间输出电压反灌，另外当开关频率大于谐振频率且工作在重载情况下，可能造成共通炸机问题。

[0007] 针对相关技术中存在的同步整流方案输出电压不稳定、损耗大、存在共通缺陷的问题，目前尚未提出有效的解决方案。

发明内容

[0008] 针对同步整流方案输出电压不稳定、损耗大、存在共通缺陷的问题而提出本发明，为此，本发明的主要目的在于提供一种 LLC 谐振变换器控制方法、同步整流控制方法、LLC 谐振变换器控制器及同步整流控制装置，以解决上述问题至少之一。

[0009] 为了实现上述目的，根据本发明的一个方面，提供了一种 LLC 谐振变换器控制方

法，该方法包括：根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使 LLC 谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使 LLC 谐振电路工作在调频控制模式，其中，预定状态包括轻载状态或空载状态。

[0010] 优选地，根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态之前，上述方法还包括：获取负载的反馈信号，根据反馈信号计算输入开关管导通频率。

[0011] 优选地，反馈信号包括以下之一：输出电压、输出电流。

[0012] 优选地，根据反馈信号计算输入开关管导通频率包括：对反馈信号与预定值的差的绝对值进行积分运算后乘以一定比例得到输入开关管导通频率。

[0013] 优选地，根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态包括：判断 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率是否大于预定频率，若是，则判断负载工作在预定状态，否则，判断负载未工作在预定状态。

[0014] 为了实现上述目的，根据本发明的另一个方面，提供了一种同步整流控制方法，应用于使用权利要求 1 的方法的 LLC 谐振电路，该方法包括：根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则关闭同步管驱动；否则，在输入开关管导通频率大于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于与同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，同步管驱动信号的关闭同步于功率管驱动信号的关闭，其中，预定状态包括轻载状态或空载状态。

[0015] 优选地，上述方法还包括：在输入开关管导通频率小于或等于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于功率管驱动信号的开通，且同步管驱动信号的脉冲宽度为 LLC 谐振电路的谐振周期的一半。

[0016] 优选地，同步管驱动信号的开通延迟于与同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通包括：在功率管驱动信号的开通时间上延迟预定时间后，开通同步管驱动信号，其中预定时间包括以下之一：固定时间、随 LLC 谐振电路的工作频率变化而变化的时间。

[0017] 为了实现上述目的，根据本发明的又一个方面，提供了一种 LLC 谐振变换器控制器，该控制器包括：判断模块，用于根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，预定状态包括：轻载状态或空载状态；第一调整模块，用于在判断模块判断为是的情况下，使谐振电路工作在调宽控制模式；第二调整模块，用于在判断模块判断为否的情况下，使谐振电路工作在调频控制模式。

[0018] 优选地，判断模块包括：获取子模块，用于获取负载的反馈信号；计算子模块，用于根据获取子模块获取的反馈信号计算输入开关管导通频率。

[0019] 为了实现上述目的，根据本发明的再一个方面，提供了一种同步整流控制装置，该装置包括：判断模块，用于根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，预定状态包括：轻载状态或空载状态；驱动关闭模块，用于在判断模块判断为是的情况下，关闭同步管驱动；第一驱动信号控制模块，用于在判断模块判断为否，且输入开关管导通频率大于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的开通延迟于与同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，同步管驱动信号的关闭同步于功率管驱动信号的关闭。

[0020] 优选地，上述装置还包括：第二驱动信号控制模块，用于在判断模块判断为否，且输入开关管导通频率小于或等于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的

开通延迟于功率管驱动信号的开通，且同步管驱动信号的脉冲宽度为 LLC 谐振电路的谐振周期的一半。

[0021] 通过本发明，采用通过改变 LLC 谐振电路工作的模式来调节输出电压，并根据输入功率开关管的频率、负载状况和电路的谐振频率来获取同步整流开关的驱动信号，解决了同步整流方案输出电压不稳定、损耗大、存在共通缺陷的问题，在 LLC 谐振电路空载或轻载的情况下实现了稳压，降低了电路的损耗，有效简化了外围硬件电路，与现有技术方案相比更加使用可靠。

附图说明

[0022] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解，构成本申请的一部分，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。在附图中：

[0023] 图 1 是根据相关技术的不包含同步整流的 LLC 谐振电路结构示意图；

[0024] 图 2 是根据本发明实施例的 LLC 谐振变换器控制方法的流程图；

[0025] 图 3 是根据实例 1 的 $f \geq f_s$ 时轻载信号时序图；

[0026] 图 4 是根据实例 1 的 $f \geq f_s$ 时重载信号时序图；

[0027] 图 5 是根据实例 1 的 $f_m < f < f_s$ 时轻载信号时序图；

[0028] 图 6 是根据实例 1 的 $f_m < f < f_s$ 时重载信号时序图；

[0029] 图 7 是根据实例 2 的 LLC 谐振变换器控制方法及其同步整流控制方法应用的控制装置结构示意图；

[0030] 图 8 是根据实例 2 的一次侧功率开关控制信号的产生流程图；

[0031] 图 9 是根据实例 2 的同步整流控制方法的算法流程图；

[0032] 图 10 是根据本发明实施例的 LLC 谐振变换器控制器的结构框图；

[0033] 图 11 是根据本发明实施例的同步整流控制装置的结构框图。

具体实施方式

[0034] 功能概述

[0035] 考虑到现有技术中存在的问题，本发明实施例提供了一种 LLC 谐振变换器控制方案，该方案的处理原则为：根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使所述 LLC 谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使所述 LLC 谐振电路工作在调频控制模式，其中，所述预定状态包括轻载状态或空载状态。该方案在 LLC 谐振电路空载或轻载的情况下实现了稳压，降低了电路的损耗，有效简化了外围硬件电路，与现有技术方案相比更加使用可靠。

[0036] 下文中将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。需要说明的是，在不冲突的情况下，本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0037] 方法实施例

[0038] 根据本发明的实施例，提供了一种 LLC 谐振变换器控制方法，图 2 是根据本发明实施例的 LLC 谐振变换器控制方法的流程图，如图 2 所示，该方法包括如下的步骤 S202 至步骤 S204：

[0039] 步骤 S202，获取负载的反馈信号，根据反馈信号计算输入开关管导通频率，其中，

反馈信号包括以下之一：输出电压、输出电流。根据反馈信号计算输入开关管导通频率包括：对反馈信号与预定值的差的绝对值进行积分运算后乘以一定比例得到输入开关管导通频率，在实际应用中，上述过程可以为：将输出电压或输出电流的检测数字值与给定值比较，对比较结果进行比例－积分运算得到频率信号。

[0040] 步骤 S204，根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使 LLC 谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使 LLC 谐振电路工作在调频控制模式，其中，预定状态包括轻载状态或空载状态。根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态包括：判断 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率是否大于预定频率，若是，则判断负载工作在预定状态，否则，判断负载未工作在预定状态。

[0041] 优选地，步骤 S204 中根据输入开关管导通频率判断电路是否工作在轻载或空载状态。如果步骤 S202 中得到的输入开关管导通频率大于最大频率（即，预定频率）则切换到调宽控制模式，此时电路以固定的最大频率工作，从而避免在轻载或空载情况下电路工作频率过高，否则以固定占空比工作在调频控制模式，上述的最大频率由电路的电气特性决定。

[0042] 步骤 S204 中的预定频率的确定与 LLC 谐振电路的电路参数有关，具体地，该预定频率根据 LLC 谐振电路的谐振电感、励磁电感、和谐振电容来确定，在实际应用中，技术人员可以根据以上参数设定预定频率，在得到 LLC 谐振电路的开关管导通频率后将其与预定频率进行比较，在开关管导通频率大于预定频率的情况下即可判断当前电路工作在轻载或空载状态，进而将电路切换到调宽控制模式。

[0043] 该方法是通过改变谐振电路输入开关管的导通频率来调节输出电压的，根据开关频率判断负载是否工作在轻载或空载状态，如工作在轻载或空载情况则使变换器由调频模式进入调宽控制方式。

[0044] 根据本发明的实施例，还提供了一种同步整流控制方法，应用于使用上述 LLC 谐振变换器控制方法的 LLC 谐振电路，该方法包括：

[0045] 根据所述 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则关闭同步管驱动；否则，在所述输入开关管导通频率大于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于与所述同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，所述同步管驱动信号的关闭同步于所述功率管驱动信号的关闭，其中，所述预定状态包括轻载状态或空载状态；在所述输入开关管导通频率小于或等于所述 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，同步管驱动信号的开通延迟于所述功率管驱动信号的开通，且所述同步管驱动信号的脉冲宽度为所述 LLC 谐振电路的谐振周期的一半，为一个固定的脉冲宽度。其中，所述同步管驱动信号的开通延迟于与所述同步管驱动信号对应的所述功率管驱动信号的开通包括：在所述功率管驱动信号的开通时间上延迟预定时间后，开通所述同步管驱动信号，其中所述预定时间包括以下之一：固定时间、随所述 LLC 谐振电路的工作频率变化而变化的时间。也就是说，开通延迟时间可以是固定的，也可以随着工作频率而改变，使得同步整流管体内二极管导通时间尽量少，从而降低损耗，有效地提高效率。

[0046] 上述同步整流控制方法是根据输入功率开关管的频率（即，输入开关管导通频率）、负载状况和电路的谐振频率（即，LLC 谐振电路的谐振频率）来获取同步整流开关的驱动信号。

[0047] 下面将结合实例对本发明实施例的实现过程进行详细描述。

[0048] 实例 1

[0049] 图 3 至图 6 是图 1 所示的 LLC 谐振电路在不同频率段和不同负载下一次侧功率管驱动、二次侧整流电流、谐振电流和励磁电流的波形。

[0050] 具体地，图 3 是根据实例 1 的 $f \geq f_s$ 时轻载信号时序图，图中波形由上至下分别是：初级谐振电流和励磁电流、次级整流电流、主开关管驱动；图 4 是根据实例 1 的 $f \geq f_s$ 时重载信号时序图，图中波形由上至下分别是：初级谐振电流和励磁电流、次级整流电流、主开关管驱动；图 5 是根据实例 1 的 $f_m < f < f_s$ 时轻载信号时序图，图中波形由上至下分别是：初级谐振电流和励磁电流、次级整流电流、主开关管驱动；图 6 是根据实例 1 的 $f_m < f < f_s$ 时重载信号时序图，图中波形由上至下分别是：初级谐振电流和励磁电流、次级整流电流、主开关管驱动。从以上波形可以得知：

[0051] 1. 当 $f \geq f_s$（f_s 为图 1 中 L_r 和 C_r 的谐振频率）时，副边整流电流 I_{sr} 滞后于主开关管的驱动波形 V_{gs}，特别是在轻载的情况下尤其明显，所以同步整流开关 SR1 和 SR2 的驱动应该比相应的主功率开关 Q1 和 Q2 的驱动延迟开通，否则会造成两个同步整流开关 SR1 和 SR2 同时开通，构成一个低阻抗回路，产生极大的电流，进而损害同步管。

[0052] 2. 当 $f_m < f < f_s$（f_m 为图 1 中 L_r、C_r 和 L_m 的谐振频率）轻载时，一次侧功率管开通时二次侧整流电流仍然为零，延迟一段时间后整流电流变成正电流。如果同步整流管驱动与一次侧开关管驱动一致，就会在导通起始阶段产生负电流，能量向初级传送。因此同步整流开关管的开通时间应该比一次侧功率开关管延迟。另外电路工作频率 $f_m < f < f_s$ 时，二次侧同步整流开关管的导通时间不变，为 L_r 和 C_r 串联谐振周期的一半。

[0053] 从以上结论可以看出，本发明实施例提供的同步整流控制方法是基于以上事实，根据输入功率开关管的频率（即，输入开关管导通频率）、负载状况和电路的谐振频率（即，LLC 谐振电路的谐振频率）来获取同步整流开关的驱动信号。在轻载或空载状态关断同步管驱动信号，以防止产生负的电流。另外在开关频率（即，输入开关管导通频率）大于谐振频率时，同步管驱动信号与其对应的功率管驱动信号相比，延迟一定的时间开通、同时关断（即，同步管驱动信号的关断时间与功率管驱动信号的关断时间相同），防止了重载情况下同步整流管共通的问题。

[0054] 实例 2

[0055] 图 7 是根据实例 2 的 LLC 谐振变换器控制方法及其同步整流控制方法应用的控制装置结构示意图，如图 7 所示，该控制装置由采样反馈电路 301、控制器 302、驱动电路 303 ～ 305 组成。其中控制器 302 采用数字信号处理器 (DSP)，输出一次侧功率开关和同步整流开关所需的控制信号，驱动电路 303 ～ 305 将控制信号转换成能够驱动功率开关的驱动信号。

[0056] 图 8 是根据实例 2 的一次侧功率开关控制信号的产生流程图，如图 8 所示，一次侧功率开关控制信号的产生过程包括以下步骤 801 至步骤 807：

[0057] 步骤 801，计算电压误差：LLC 谐振电路的输出电压经采样电路输入到 DSP，DSP 将反馈电压与给定值比较得到比较后的值。

[0058] 步骤 802，电压 PI 调节：将步骤 801 得到的比较后的值进行 PI 调节运算得到 DSP 的 PWM 信号周期值，改变 DSP 的 PWM 寄存器的周期值即可实现变频，从而调节输出电压。当

电路工作在轻载或空载状态下，输出电压难以稳定，特别是在输出电压比较低的情况下，开关频率很高，需要采用调宽控制，进入步骤 803。

[0059] 步骤 803，调宽控制和调频控制的切换在软件上的实现是设置一个电压 PI 运算输出阈值，该阈值对应电路的工作最高频率，即最小周期，因此需要判断输出周期值是否小于预设值，如果电压 PI 运算输出小于阈值，则电路负载过轻，进入步骤 804，否则进入步骤 805。

[0060] 步骤 804，启动调宽环路，固定最高频率，采用调宽环路的 PI 参数重新进行电压的 PI 运算，输出占空比。

[0061] 步骤 805，固定占空比，采用调频控制。

[0062] 步骤 806，周期和占空比限幅。

[0063] 步骤 807，重置 EPWM 的周期值与比较值。

[0064] 图 9 是根据实例 2 的同步整流控制方法的算法流程图，DSP 经过该同步整流处理算法产生同步整流开关的控制脉冲。如图 9 所示，主要包括以下步骤：

[0065] 步骤 901，主开关管逻辑控制电路获取 LLC 谐振电路主功率开关 Q1 和 Q2 的工作频率并输出主功率开关的控制脉冲。

[0066] 步骤 902，判断工作频率是否小于预设的一个频率值。设定该频率值是为了防止空载和轻载的时候同步管开通而产生负的电流。如果工作频率大于预设值，则判断工作在轻载或空载状态，进入步骤 503，否则进入步骤 504。

[0067] 步骤 903，关断同步整流开关的驱动。

[0068] 步骤 904，判断工作频率是否大于 Fs，其中 Fs 为图 1 中 Lr 和 Cr 的谐振频率。如果大于频率谐振频率则进入步骤 905，如果开关频率小于等于谐振频率，则进入步骤 906。

[0069] 步骤 905，同步管驱动信号与其对应的功率管驱动信号相比，延迟一个固定时间 1 开通，同时关断。

[0070] 步骤 906，同步管驱动信号与其对应的功率管驱动信号相比，延迟一个固定时间 2 开通，其驱动信号为一固定脉冲宽度，该脉冲宽度为谐振周期的一半。无论工作频率大于还是小于谐振频率，同步整流开关 SR1 和 SR2 驱动信号的频率与一次侧功率开关 Q1 和 Q2 的驱动信号频率一致。

[0071] 装置实施例

[0072] 根据本发明的实施例，提供了一种 LLC 谐振变换器控制器，该控制器用于实现上述方法实施例中描述的 LLC 谐振变换器控制方法。图 10 是根据本发明实施例的 LLC 谐振变换器控制器的结构框图，如图 10 所示，该控制器包括：判断模块 101，用于根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，预定状态包括：轻载状态或空载状态；第一调整模块 103，连接于判断模块 101，用于在判断模块 101 判断为是的情况下，使谐振电路工作在调宽控制模式；第二调整模块 105，连接于判断模块 101，用于在判断模块 101 判断为否的情况下，使谐振电路工作在调频控制模式。

[0073] 其中，判断模块 101 包括：获取子模块 107，用于获取负载的反馈信号；计算子模块 109，连接于获取子模块 107，用于根据获取子模块 107 获取的反馈信号计算输入开关管导通频率。

[0074] 根据本发明的实施例，提供了一种同步整流控制装置，该控制器用于实现上述方

法实施例中描述的同步整流控制方法。图 11 是根据本发明实施例的同步整流控制装置的结构框图，如图 11 所示，该装置包括：判断模块 111，用于根据 LLC 谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，其中，预定状态包括：轻载状态或空载状态；驱动关闭模块 113，连接于判断模块 111，用于在判断模块 111 判断为是的情况下，关闭同步管驱动；第一驱动信号控制模块 115，连接于判断模块 111，用于在判断模块 111 判断为否，且输入开关管导通频率大于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的开通延迟于与同步管驱动信号对应的功率管驱动信号的开通，同步管驱动信号的关闭同步于功率管驱动信号的关闭。

[0075] 优选地，上述装置还可以包括：第二驱动信号控制模块 117，连接于判断模块 111，用于在判断模块 111 判断为否，且输入开关管导通频率小于或等于 LLC 谐振电路的谐振频率的情况下，使同步管驱动信号的开通延迟于功率管驱动信号的开通，且同步管驱动信号的脉冲宽度为 LLC 谐振电路的谐振周期的一半。

[0076] 综上所述，本发明实施例提供的方案与现有技术相比，具有以下优点：在调频控制方式中引入调宽控制方式，使得在工作频率较低时采用调频控制方式，在工作频率较高时采用调宽控制方式，解决了 LLC 谐振电路空载或轻载难以稳压的难题；在轻载或空载状态下，关断同步管驱动，防止产生负的电流，在开关频率大于谐振频率时，同步管驱动信号与其对应的功率管驱动信号相比，延迟开通，防止了重载情况下同步整流管共通问题，更加实用可靠；开通延迟时间可以随着 LLC 谐振电路的工作频率而改变，从而使得同步整流管体内二极管导通时间尽量少，降低损耗，有效地提高了效率；在数字控制领域很容易实现，能够有效地简化外围硬件电路。

[0077] 需要说明的是，在附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行，并且，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

[0078] 显然，本领域的技术人员应该明白，上述的本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算装置来实现，它们可以集中在单个的计算装置上，或者分布在多个计算装置所组成的网络上，可选地，它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现，从而，可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行，或者将它们分别制作成各个集成电路模块，或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。这样，本发明不限制于任何特定的硬件和软件结合。

[0079] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

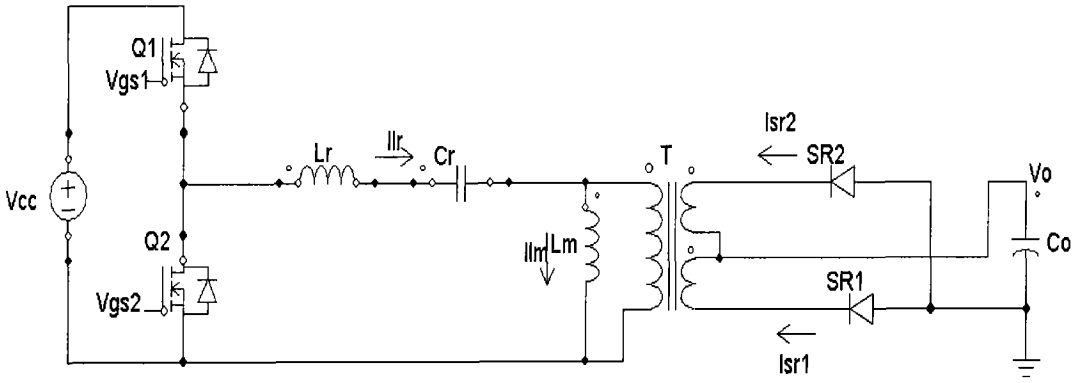

Q1
Vgs1
Vcc
Q2
Vgs2
Lr
Ilr
Cr
T
Ilm
Lm
Isr2
SR2
SR1
Isr1
Vo
Co

图 1

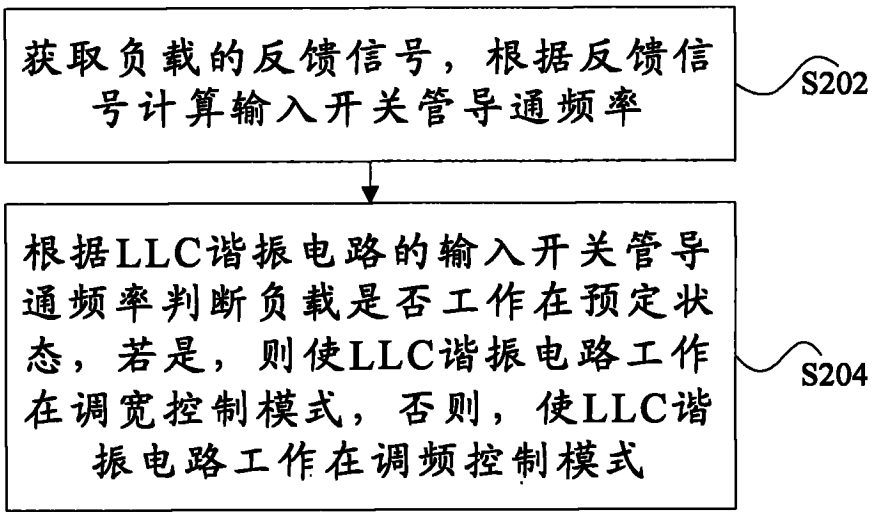

获取负载的反馈信号，根据反馈信号计算输入开关管导通频率
S202
根据LLC谐振电路的输入开关管导通频率判断负载是否工作在预定状态，若是，则使LLC谐振电路工作在调宽控制模式，否则，使LLC谐振电路工作在调频控制模式
S204

图 2

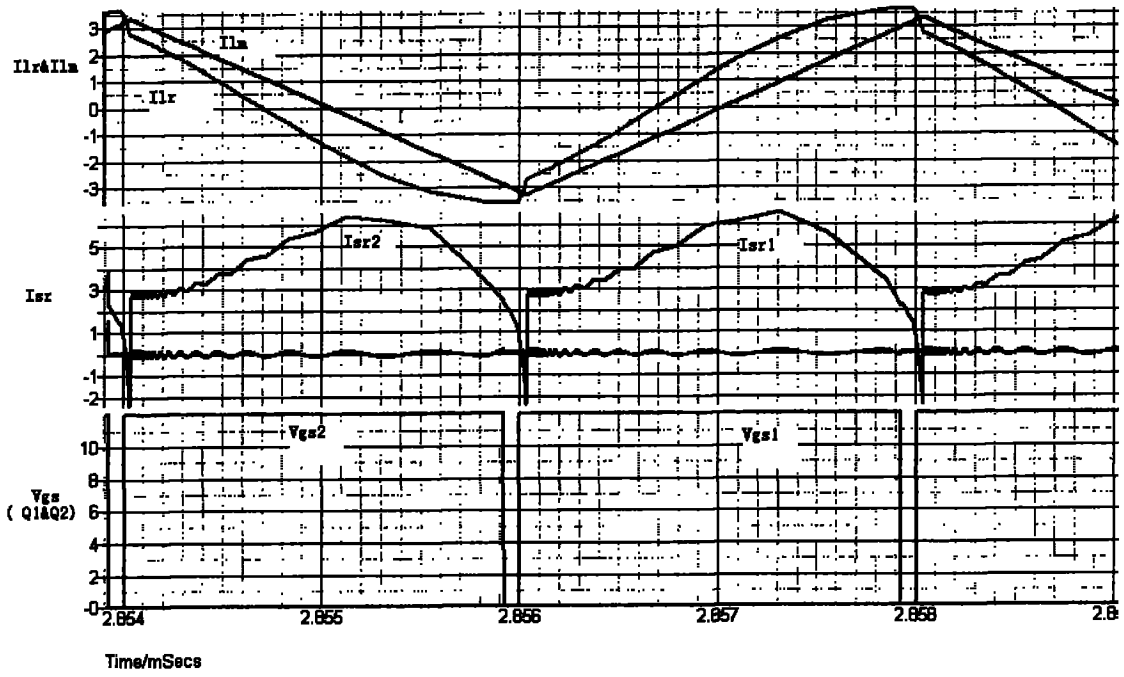

Ilr&Ila
Ila
Ilr
Isr
Isr2
Isr1
Vgs
(Q1&Q2)
Vgs2
Vgs1
Time/mSecs

图 3

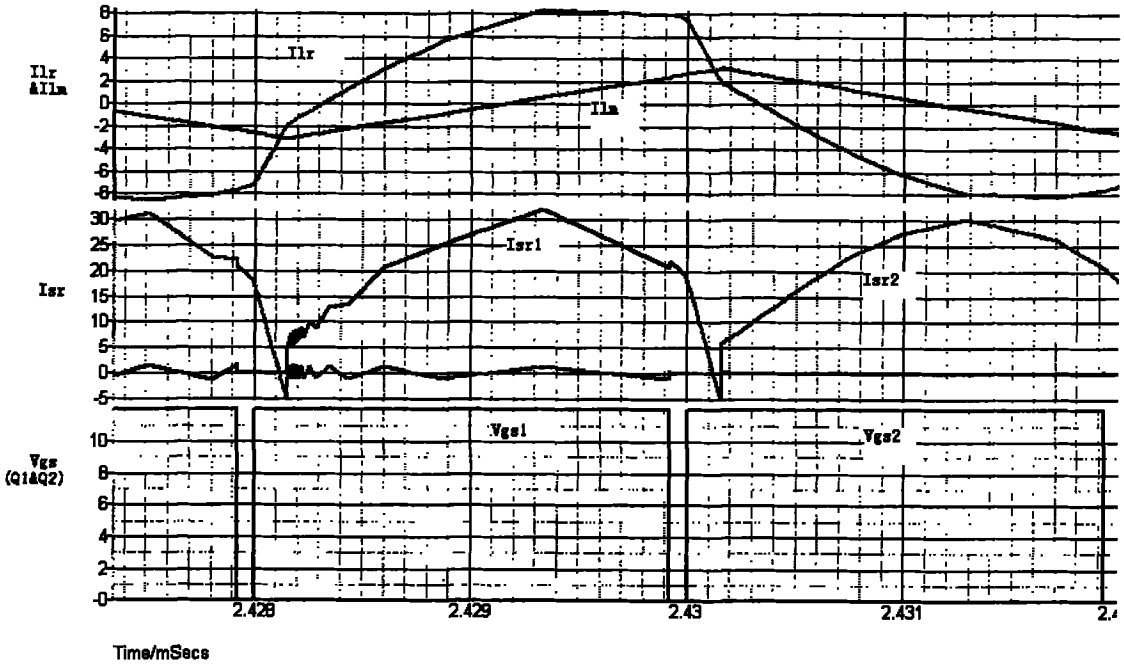

Ilr
&Ila
Ilr
Ila
Isr
Isr1
Isr2
Vgs
(Q1&Q2)
Vgs1
Vgs2
Time/mSecs

图 4

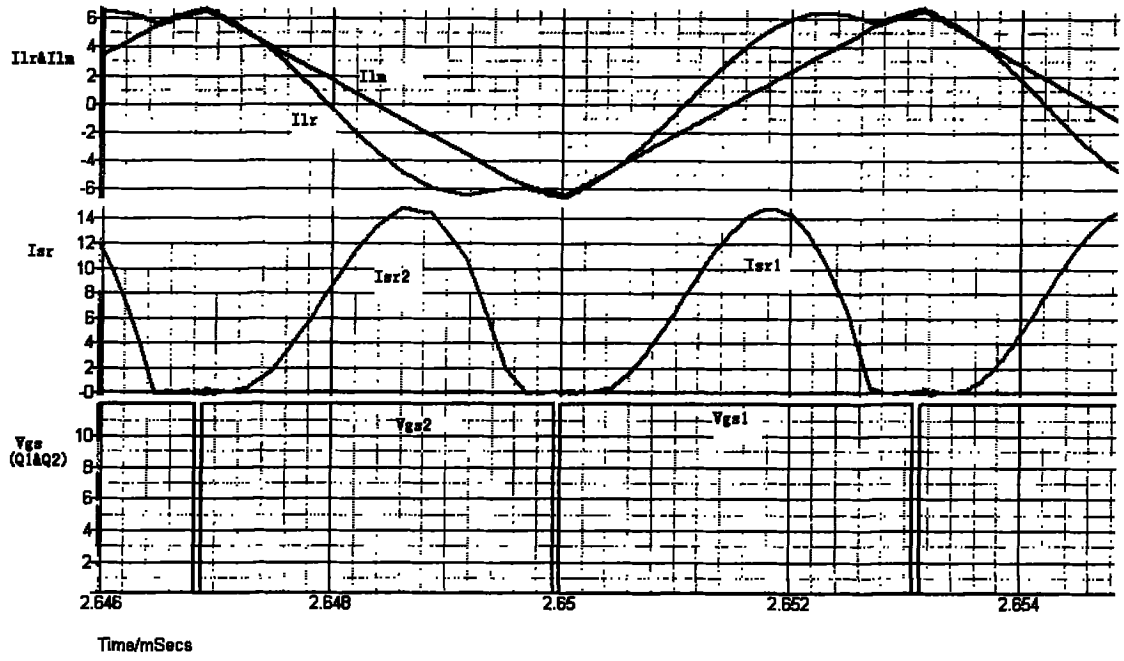

Ilr&Ilm
Ilm
Ilr
Isr
Isr2
Isr1
Vgs
(Q1&Q2)
Vgs2
Vgs1
2.646
2.648
2.65
2.652
2.654
Time/mSecs

图 5

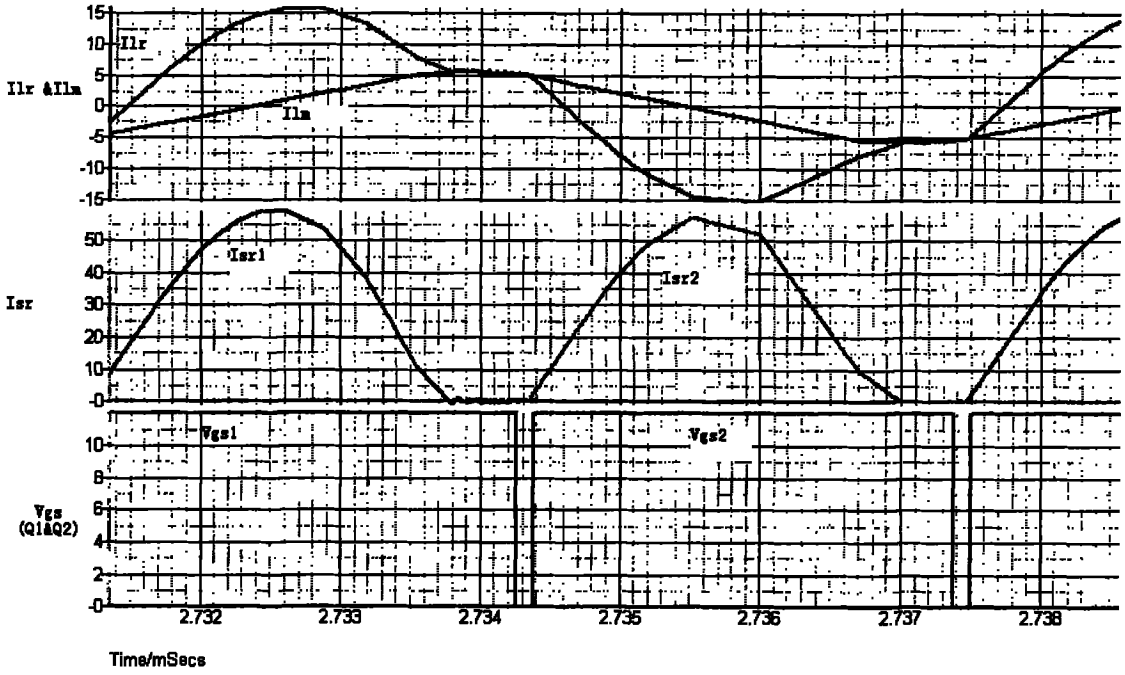

Ilr &Ilm
Ilr
Ilm
Isr
Isr1
Isr2
Vgs
(Q1&Q2)
Vgs1
Vgs2
2.732
2.733
2.734
2.735
2.736
2.737
2.738
Time/mSecs

图 6

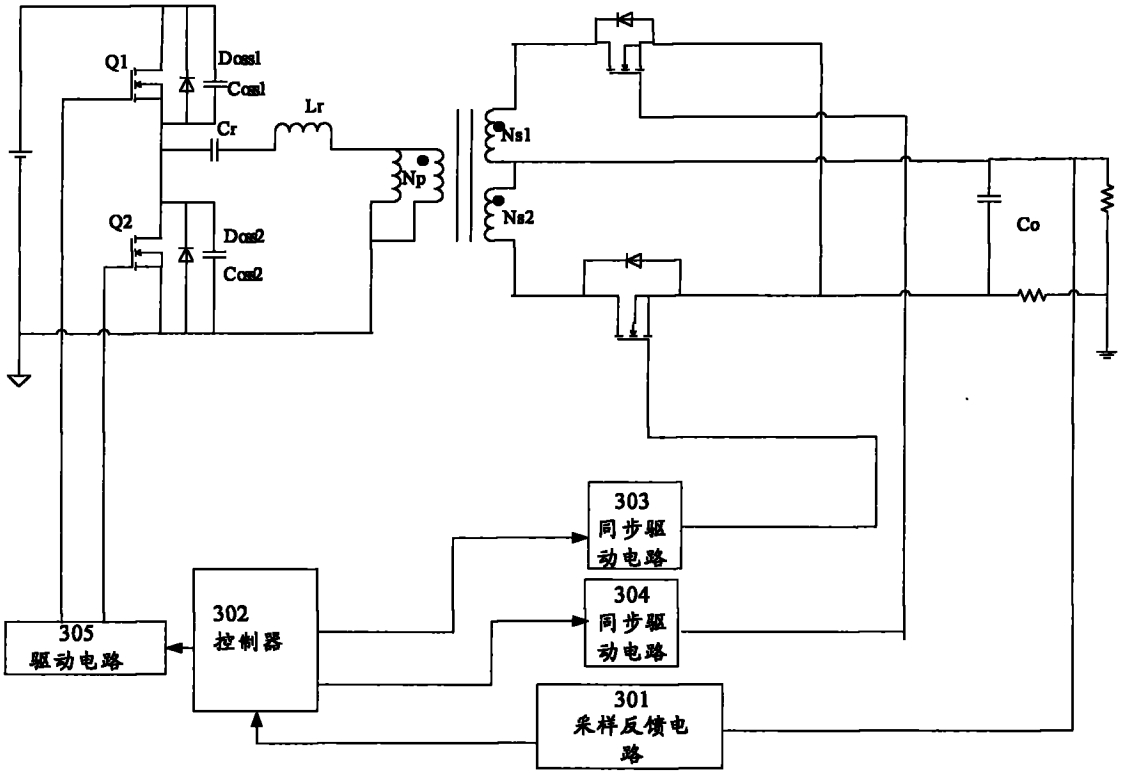

Q1
Doss1
Coss1
Lr
Cr
Np
Ns1
Ns2
Co
Q2
Doss2
Coss2
303
同步驱动电路
304
同步驱动电路
305
驱动电路
302
控制器
301
采样反馈电路

图 7

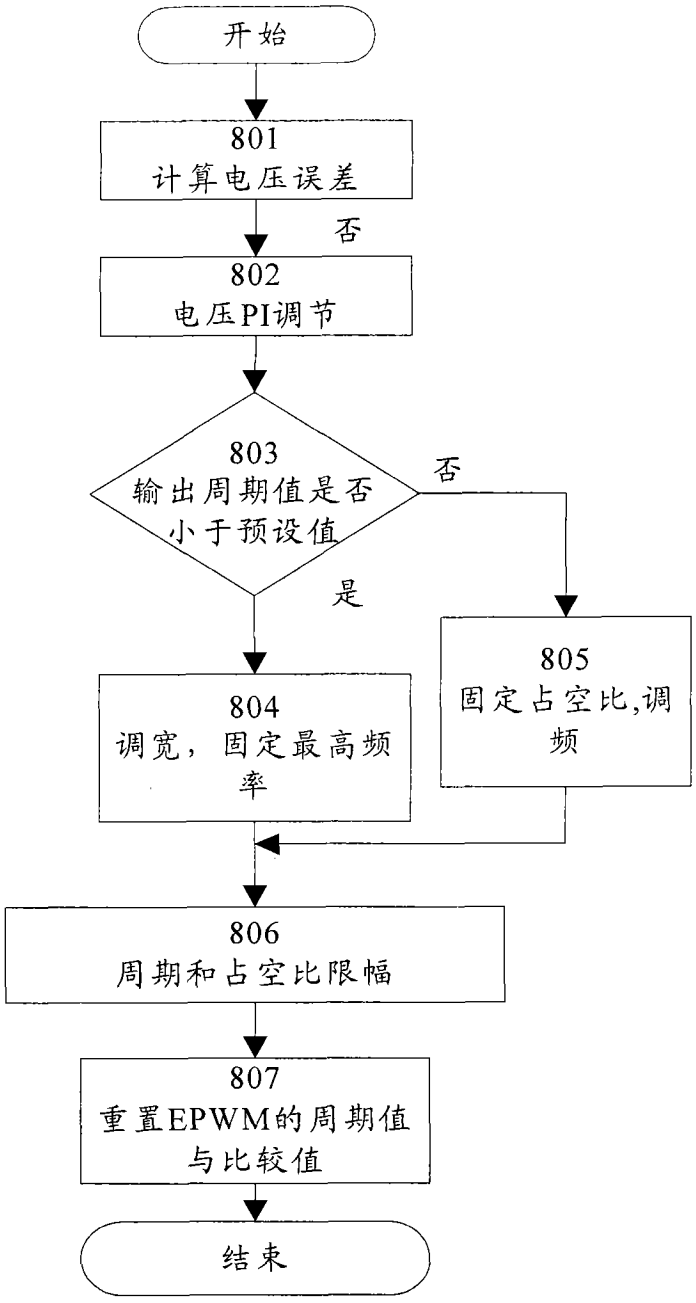

开始
801
计算电压误差
否
802
电压PI调节
803
输出周期值是否小于预设值
否
是
804
调宽，固定最高频率
805
固定占空比,调频
806
周期和占空比限幅
807
重置EPWM的周期值与比较值
结束

图 8

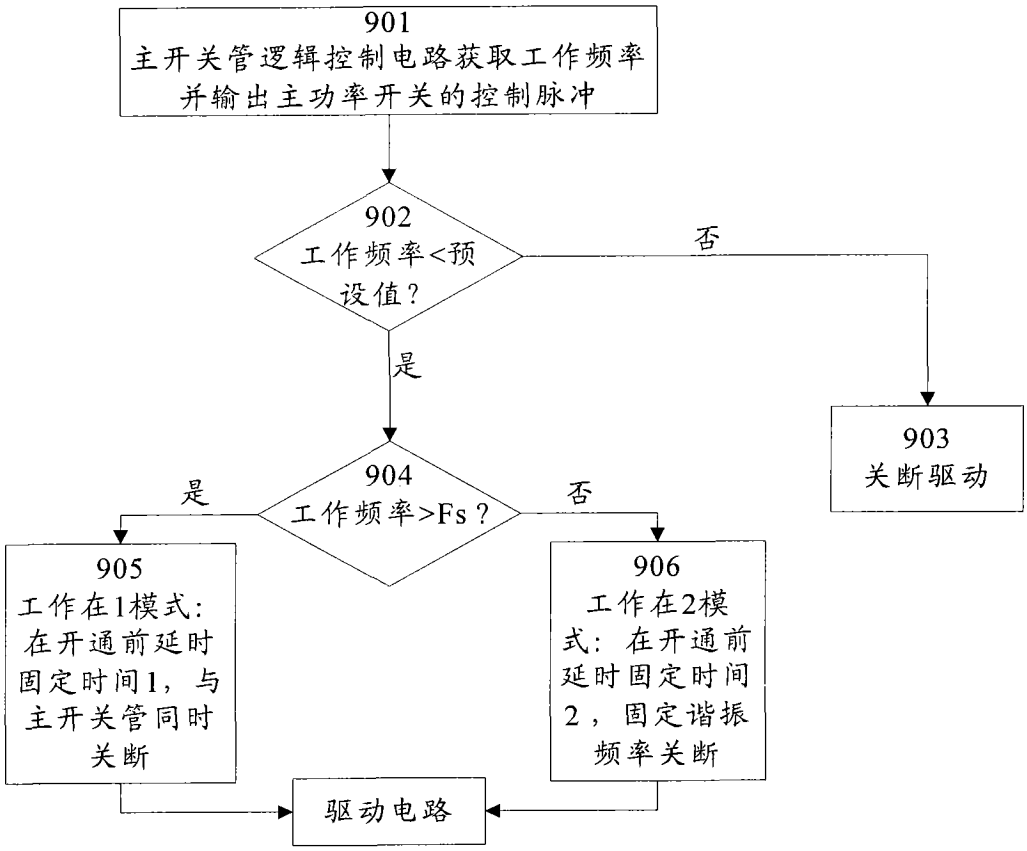

901
主开关管逻辑控制电路获取工作频率并输出主功率开关的控制脉冲
902
工作频率<预设值？
否
是
903
关断驱动
904
工作频率>Fs？
是
否
905
工作在1模式：在开通前延时固定时间1，与主开关管同时关断
906
工作在2模式：在开通前延时固定时间2，固定谐振频率关断
驱动电路

图 9

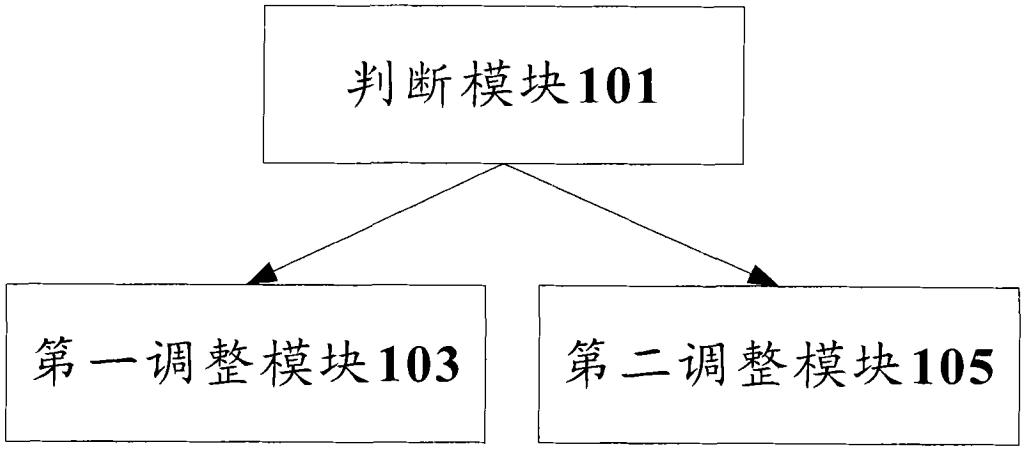

判断模块101
第一调整模块103
第二调整模块105

图 10

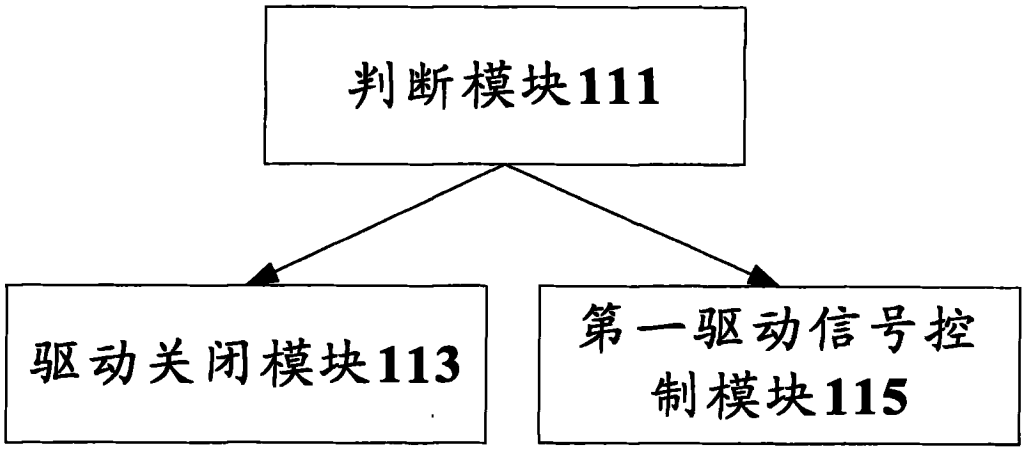


图 11