



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810178245.8

[43] 公开日 2009年7月15日

[11] 公开号 CN 101482065A

[22] 申请日 2008.11.17

[21] 申请号 200810178245.8

[30] 优先权

[32] 2008.1.7 [33] JP [31] 2008-000803

[71] 申请人 株式会社日立制作所

地址 日本东京都

[72] 发明人 丰原正裕 三宅威生 佐佐木正浩
黛拓也

[74] 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任公
司

代理人 李贵亮

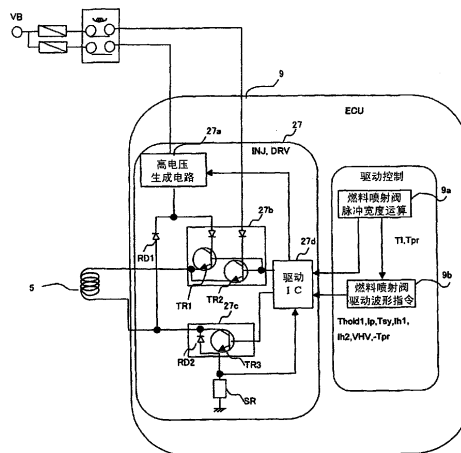
权利要求书 3 页 说明书 26 页 附图 11 页

[54] 发明名称

内燃机的燃料喷射控制装置

[57] 摘要

提供一种内燃机的燃料喷射控制装置，其即使要求喷射量少、且对燃料喷射阀的脉冲宽度短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。燃料喷射阀脉冲宽度运算部(9a)根据内燃机的运转状态和由燃料压力传感器检测出的燃料的压力，算出开阀驱动燃料喷射阀的驱动脉冲宽度。燃料喷射阀驱动波形指令部(9b)使开阀指令接通，从高压源将用于使燃料喷射阀开阀的高的开阀电流供给向燃料喷射阀，之后进行放电，并从低电压源供给燃料喷射阀能够维持开阀状态的的小的保持电流(Ih2)，并且在供给了开阀电流之后，在达到保持电流(Ih2)的值之前的期间，使开阀指令接通，经过了预先设定的急速放电开始时间(Tsy)后，急速放电至保持电流(Ih2)。



1. 一种燃料喷射阀的控制装置，其用于具有燃料喷射阀和燃料压力传感器的内燃机，所述燃料喷射阀向内燃机的燃烧室内直接进行燃料喷射，所述燃料压力传感器对供给向所述燃料喷射阀的燃料的压力进行检测，所述燃料喷射阀的控制装置根据内燃机的运转状态和通过所述燃料压力传感器检测出的燃料压力，算出对所述燃料喷射阀进行开阀驱动的驱动脉冲宽度，从而对所述燃料喷射阀进行驱动控制，

其特征在于，

所述燃料喷射阀的控制装置具有驱动波形指令部，该驱动波形指令部接通开阀指令，从高电压源将用于使燃料喷射阀开阀的高的开阀电流供给向所述燃料喷射阀，之后进行放电，且从低电压源供给所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的小的保持电流 I_{h2} ，

并且在供给了所述开阀电流之后，在达到所述保持电流 I_{h2} 的值之前的期间，使所述开阀指令接通，然后在经过了预先设定的急速放电开始时间 T_{sy} 后，进行急速放电直到所述保持电流 I_{h2} 。

2. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，

所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料的压力中的至少一个，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 可变，所述驱动脉冲宽度越短，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 越短，所述燃料的压力越低，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 越短。

3. 如权利要求 2 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，

所述驱动波形指令部使所述急速放电开始时间 T_{sy} 的最小值比所述开阀指令接通且到所述开阀电流达到规定的峰值电流为止的时间长。

4. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，

所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使将用于使燃料喷射阀开阀的高开阀电流供给向所述燃料喷射阀之后放电开始时的峰值电流 I_{pa} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述峰值电流 I_{pa} 越大，

所述燃料的压力越低，使所述峰值电流 I_{pa} 越小。

5. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，
所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料的压力中的至少一个，使所述高电压源的电压 V_{boost} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越高，
所述燃料的压力越低，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越低。

6. 如权利要求 1 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，
所述驱动波形指令部在所述开阀指令接通之前，将比使所述燃料喷射阀的阀体动作小的励磁电流 I_{pr} 预充电给所述燃料喷射阀。

7. 一种燃料喷射阀的控制装置，其用于具有燃料喷射阀和燃料压力传感器的内燃机，所述燃料喷射阀向内燃机的燃烧室内直接进行燃料喷射，所述燃料压力传感器对供给向所述燃料喷射阀的燃料的压力进行检测，所述燃料喷射阀的控制装置根据内燃机的运转状态和通过所述燃料压力传感器检测出的燃料压力，算出对所述燃料喷射阀进行开阀驱动的驱动脉冲宽度，从而对所述燃料喷射阀进行驱动控制，

其特征在于，

所述燃料喷射阀的控制装置具有驱动波形指令部，该驱动波形指令部接通开阀指令，从高电压源将用于使燃料喷射阀开阀的高的开阀电流供给向所述燃料喷射阀，之后进行放电，且从低电压源供给所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的小的第一保持电流 I_{h1} ，之后从低电压源供给小于所述第一保持电流 I_{h1} 、且所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的第二保持电流 I_{h2} ，

并且在所述开阀指令接通之后，使供给所述第一保持电流 I_{h1} 的保持时间 T_{hold1} 可变。

8. 如权利要求 7 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于，
所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使所述保持时间 T_{hold1} 可变，
所述驱动脉冲宽度越短，使所述保持时间 T_{hold1} 越短，
所述燃料的压力越低，使所述保持时间 T_{hold1} 越短。

9. 如权利要求 7 所述的燃料喷射阀的控制装置，其特征在于

所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使所述高电压源的电压 V_{boost} 可变，所述驱动脉冲宽度越短，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越高，所述燃料的压力越低，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越低。

内燃机的燃料喷射控制装置

技术领域

本发明涉及一种内燃机的燃料喷射控制装置，尤其涉及一种能够改善最小燃料喷射量的内燃机的燃料喷射控制装置。

背景技术

在内燃机中，具备根据运转状态进行适当的燃料喷射量的演算，且使供应燃料的燃料喷射阀驱动的燃料喷射控制装置。通过使喷射阀开阀及能够保持开阀状态的电流通过内置在燃料喷射阀中的线圈，产生磁力，燃料喷射阀利用该磁力进行构成燃料喷射阀的阀体的开闭，并进行与该开阀期间对应的燃料的喷射。被喷射的燃料量主要由燃料的压力和燃料喷射阀的喷口部的环境气体压力的压差，以及将阀体维持为打开状态并喷射燃料的时间来决定。因此，为了进行适当的量的燃料喷射，需要对应于燃料的压力设定维持燃料喷射阀开阀的时间，并且迅速且精度良好地进行阀体的开闭动作。

但是，从对燃料喷射阀通电结束至实际上阀体闭阀之前，由于电流电路的响应滞后等，在阀体的关闭动作上伴随滞后。一直以来，一般考虑这些响应滞后，进行对燃料喷射阀的通电时间的设定（作为无效脉冲宽度，预先对喷射脉冲运算施加补正）。

或者，在将供给电流从用于将燃料喷射阀开阀的高电流（以下，称为“开阀电流”）切换为用于保持开阀状态的低电流（以下，称为“保持电流”）时，公知有一种通过对开阀电流进行急速放电，将电流电路的响应滞后限制为最小限度的方法（例如，参照专利文献1）。

此外，为了对应于燃料压力强化燃料喷射阀的开阀力，公知有如下方法：在达到开阀电流的峰值，并对供应该峰值电流的时间进行可变设定，且在燃料喷射阀的脉冲宽度短的情况下，通过缩短开阀电流的峰值电流保持时间，在对燃料喷射阀的通电结束时，通过使保持电流在燃料喷射阀中

通过，使电流电路的响应滞后稳定（例如，参照专利文献 2、3）。

[专利文献 1] 日本特许第 3562125 号公报

[专利文献 2] 日本特开 2003-65129 号公报

[专利文献 3] 日本特许第 3768723 号公报

近年，从燃料消费率降低的观点出发，谋求内燃机的怠速转速的降低，且对于可以从燃料喷射阀喷射的最小量的要求有降低的倾向。同样，为了降低燃料消费率，在不需要内燃机的输出的情况下，施行不进行燃料的喷射的燃料切断的机会增加，并且再进行燃料喷射的频率也增加。在再次进行燃料喷射时需要喷射相当于无负荷的少的燃料量。此外，以增加输出或提高排气性能为目的，进行分割喷射。就是将原来喷射一次所需要的燃料分割为多次，并通过在适当的时期喷射来使内燃机的性能提高，从而有时要求减少每一次的燃料喷射量。

这样伴随于内燃机的性能提高的要求，要求可以进行少量的燃料喷射的燃料喷射阀、燃料喷射装置。在进行少量的燃料喷射的情况下，需要减小维持燃料喷射阀开阀的时间，此时对应于燃料喷射阀的开阀维持时间，阀体从开阀状态至闭阀状态所占用的时间（以下，称为“闭阀滞后”）的比例变大。由此，该闭阀滞后的误差对喷射量的精度直接施加大的影响。此外，该开阀滞后根据电流电路的响应滞后而变化。因此，在结束对燃料喷射阀的通电的时刻，在燃料喷射阀中流动的电流值的状态成为燃料喷射阀的闭阀滞后的偏差要因，妨碍了内燃机的性能提高。

专利文献 1、2、3 所述的方法，都对开阀滞后或闭阀滞后的解决有效，但在想要使最小燃料喷射量变少的情况下显得不充分。

发明内容

本发明的目的在于提供一种内燃机的燃料喷射控制装置，即使在要求喷射量少，且对燃料喷射阀的通电时间（脉冲宽度）短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

(1) 为了达到上述目的，本发明提供一种燃料喷射阀的控制装置，其用于具有燃料喷射阀和燃料压力传感器的内燃机，所述燃料喷射阀向内燃机的燃烧室内直接进行燃料喷射，所述燃料压力传感器对供给向所述燃

料喷射阀的燃料的压力进行检测，所述燃料喷射阀的控制装置根据内燃机的运转状态和通过所述燃料压力传感器检测出的燃料压力，算出对所述燃料喷射阀进行开阀驱动的驱动脉冲宽度，从而对所述燃料喷射阀进行驱动控制，其中，所述燃料喷射阀的控制装置具有驱动波形指令部，该驱动波形指令部接通开阀指令，从高电压源将用于使燃料喷射阀开阀的高的开阀电流供给向所述燃料喷射阀，之后进行放电，且从低电压源供给所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的小的保持电流 I_{h2} ，并且在供给了所述开阀电流之后，在达到所述保持电流 I_{h2} 的值之前的期间，使所述开阀指令接通，然后在经过了预先设定的急速放电开始时间 T_{sy} 后，进行急速放电直到所述保持电流 I_{h2} 。

根据所述构成，即使要求喷射量少、且对燃料喷射阀的通电时间（脉冲宽度）短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

(2) 在上述(1)中，优选为，所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料的压力中的至少一个，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 越短，

所述燃料的压力越低，使所述急速放电开始时间 T_{sy} 越短。

(3) 在上述(2)中，优选为，所述驱动波形指令部使所述急速放电开始时间 T_{sy} 的最小值比所述开阀指令接通且到所述开阀电流达到规定的峰值电流为止的时间长。

(4) 在上述(1)中，优选为，所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使将用于使燃料喷射阀开阀的高开阀电流供给向所述燃料喷射阀之后放电开始时的峰值电流 I_{pa} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述峰值电流 I_{pa} 越大，

所述燃料的压力越低，使所述峰值电流 I_{pa} 越小。

(5) 在上述(1)中，优选为，所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料的压力中的至少一个，使所述高电压源的电压 V_{boost} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越高，

所述燃料的压力越低，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越低。

(6) 在上述(1)中，优选为，所述驱动波形指令部在所述开阀指令接通之前，将比使所述燃料喷射阀的阀体动作小的励磁电流 I_{pr} 预充电给所述燃料喷射阀。

(7) 为了达到上述目的，本发明提供一种燃料喷射阀的控制装置，其用于具有燃料喷射阀和燃料压力传感器的内燃机，所述燃料喷射阀向内燃机的燃烧室内直接进行燃料喷射，所述燃料压力传感器对供给向所述燃料喷射阀的燃料的压力进行检测，所述燃料喷射阀的控制装置根据内燃机的运转状态和通过所述燃料压力传感器检测出的燃料压力，算出对所述燃料喷射阀进行开阀驱动的驱动脉冲宽度，从而对所述燃料喷射阀进行驱动控制，其中，所述燃料喷射阀的控制装置具有驱动波形指令部，该驱动波形指令部接通开阀指令，从高电压源将用于使燃料喷射阀开阀的高的开阀电流供给向所述燃料喷射阀，之后进行放电，且从低电压源供给所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的的第一保持电流 I_{h1} ，之后从低电压源供给小于所述第一保持电流 I_{h1} 、且所述燃料喷射阀能够维持开阀状态的的第二保持电流 I_{h2} ，并且在所述开阀指令接通之后，使供给所述第一保持电流 I_{h1} 的保持时间 T_{hold1} 可变。

根据所述构成，即使要求喷射量少、且对燃料喷射阀的通电时间（脉冲宽度）短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

(8) 在上述(7)中，优选为，所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使所述保持时间 T_{hold1} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述保持时间 T_{hold1} 越短，

所述燃料的压力越低，使所述保持时间 T_{hold1} 越短

(9) 在上述(7)中，优选为，所述驱动波形指令部基于所述驱动脉冲宽度及由所述燃料压力传感器检测出的燃料压力中的至少一个，使所述高电压源的电压 V_{boost} 可变，

所述驱动脉冲宽度越短，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越高，

所述燃料的压力越低，使所述高电压源的电压 V_{boost} 越低。

(发明效果)

根据本发明，即使要求喷射量少、且对燃料喷射阀的脉冲宽度短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

附图说明

图1是搭载本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的构成图；

图2是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成的电路框图；

图3是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图；

图4是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图；

图5是在本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的急速放电开始时间的说明图；

图6是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容的流程图；

图7是本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的燃料喷射阀的流量特性图；

图8是表示本发明的第二实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图；

图9是表示本发明的第三实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图；

图10是在本发明的第三实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的可变高电压的说明图；

图11是表示本发明的第四实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图。

图中

1—发动机；2—活塞；3—吸气阀；4—排气阀；5—燃料喷射阀；6—火花塞；7—点火线圈；8—水温传感器；9—ECU（发动机控制单元 Engine Control Unit）；9a—燃料喷射阀脉冲宽度运算部；9b—燃料喷射阀驱动波

形指令部；10—吸气管；11—排气管；12—三元催化剂；13—氧传感器；14—EGR 阀；15—收集器（collector）；16—曲柄角度传感器；18—EGR 通路；19—节流阀；20—AFM；21—燃烧室；22—油门开度传感器；23—燃料箱；24—低压燃料泵；25—高压燃料泵；26—燃料压力传感器；27—燃料喷射控制装置；27a—高电压生成电路；27b—高压侧燃料喷射阀驱动电路；27c—低压侧燃料喷射阀驱动电路；27d—驱动电路。

具体实施方式

以下，使用图 1～图 7，对本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的结构及动作进行说明。

首先，使用图 1 对搭载本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的结构进行说明。

图 1 是搭载本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的构成图。

发动机 1 具有活塞 2、吸气阀 3 以及排气阀 4。吸气通过空气流量计（AFM）20 并进入节流阀 19，且由作为分支部的收集器 15 经由吸气管 10、吸气阀 3 被供应给发动机 1 的燃烧室 21。燃料从燃料箱 23 通过低压燃料泵 24 被供应给内燃机，进而通过高压燃料泵 25 被提高到燃料喷射所需要的压力。通过高压燃料泵 25 升压了的燃料从燃料喷射阀 5 被喷射供应给发动机 1 的燃烧室 21，且由点火线圈 7、火花塞 6 点火。燃料喷射阀 5 通过对燃料喷射阀的线圈供给励磁电流而使阀体动作，直接在内燃机的燃烧室内进行燃料喷射。燃料的压力由燃料压力传感器 26 测量。

燃烧后的废气经由排气阀 4 被排出到排气管 11。在排气管 11 上具有用于净化废气的三元催化剂 12。在 ECU（Engine Control Unit）9 中内置有燃料喷射控制装置 27，且向 ECU9 输入发动机 1 的曲柄角度传感器 16 的信号、AFM20 的空气量信号、检测出废气中的氧浓度的氧传感器 13 的信号、油门开度传感器 22 的油门开度以及燃料压力传感器 26 等的信号。ECU9 根据油门开度传感器 22 的信号算出对发动机的要求转矩，并且进行怠速状态的判定。ECU9 具有根据曲柄角度传感器 16 的信号对发动机转速进行运算的转速检测机构以及根据由水温传感器 8 得到的内燃机的水温和

发动机起动后的经过时间等来判断三元催化剂 12 是否处于被暖机状态的暖气判定机构。

此外, ECU9 算出发动机 1 需要的吸入空气量, 并将与其相称的开度信号输出到节流阀 19。此外, ECU9 算出与燃料喷射控制装置 27 的吸入空气量相应的燃料量, 将燃料喷射信号输出到燃料喷射阀 5, 将点火信号输出到火花塞 6。

排气管 11 和收集器 15 之间通过 EGR 通路 18 连接。在 EGR 通路 19 的中途具有 EGR 阀 14。EGR 阀 14 的开度通过 ECU9 来控制, 且根据需要, 排气管 11 中的废气被回流到吸气管 10。

其次, 使用图 2, 对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成进行说明。

图 2 是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成的电路框图。并且, 与图 1 相同的符号, 表示相同部分。

燃料喷射控制装置 27 具有高电压生成电路 27a、高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b、低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 以及驱动电路 27d。

高电压生成电路 27a 根据内燃机的蓄电池的电源的电压 VB 生成燃料喷射阀的开阀所需要的高电源电压。作为高电压生成电路 27a 能够使用 DC/DC 转换器。高电源电压通过驱动电路 27d, 且通过用于生成高电源电压的指令, 生成所希望的电源电压。当蓄电池电压 VB 为 14V 时, 高电压生成电路 27a 生成的高电压, 例如为 60V。并且, 也能够生成这以上的高电压。

高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 具有高压侧开关元件 TR1, 和低压侧开关元件 TR2。高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 根据来自驱动电路 27d 的指令, 选择高电源电压和蓄电池电源即低电源电压中的任一个, 并且对燃料喷射阀 5 进行供电。在燃料喷射阀 5 从闭阀到开阀时, 通过供给高电源电压, 流通开阀所需要的开阀电流, 在维持燃料喷射阀的开阀状态的情况下, 将电源电压切换为蓄电池电压, 从而流通保持电流。并且, 在高电压生成电路 27a 和高压侧开关元件 TR1 之间, 及蓄电池电压 VB 和低压侧开关元件 TR2 之间, 分别连接有逆流防止用二极管。

低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 具有下游侧开关元件 TR3 和分流电阻

SR。低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 与高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 同样，是根据来自驱动电路 27d 的指令，对燃料喷射阀 5 流通驱动电流用的在燃料喷射阀的下游设置的驱动电路。下游侧开关元件 TR3 具有电流回流用的寄生二极管 RD2。设置分流电阻 SR 是为了检测在燃料喷射阀 5 流通的电流 I_{inj} 。分流电阻 SR 的两端电压被输入驱动电路 27d。

此外，在高压侧开关元件 TR1 和下游侧开关元件 TR3 之间具有回流二极管 RD2。

高电压生成电路 27a、高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b、低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 由驱动电路 27d 来驱动控制，且在燃料喷射阀 5 内流通所希望的驱动电源及驱动电流。驱动电路 27d 的驱动期间（对燃料喷射阀的通电时间）及驱动电源电压值、驱动电流值通过在燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 及燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 算出的指令控制。

燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 将燃料喷射阀脉冲宽度 TI 的信号输出到驱动电路 27d 及燃料喷射阀驱动波形指令部 9b。燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 基于燃料喷射阀脉冲宽度 TI 的信号，输出第一保持时间 $Thold1$ 、第二保持时间 $Thold2$ 、第一保持电流 $Ih1$ 、第二保持电流、峰值电流 I_p 、急速放电开始时间 T_{sy} 及高电压指令 VHV 等。关于这些各时间、各电流，使用图 3 以后的图后述。并且，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 也输出预充电期间的信息 T_{pr} 。在该情况下，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出负预充电期间 $-T_{pr}$ 。

其次，使用图 3 及图 4，对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作进行说明。

图 3 及图 4 是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图。图 3 表示在燃料喷射脉冲宽度长的情况下的动作。图 4 表示在燃料喷射脉冲宽度短的情况下的动作。在图 4 中，横轴的时间与图 3 相比被放大表示。

首先，使用图 3，对燃料喷射脉冲宽度长的情况下的动作进行说明。并且，图 3 (A) ~ 图 3 (G) 的横轴表示时间。图 3 (A) 的纵轴表示通过图 2 的燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 算出，并基于该运算值输出到驱动电路 27d 的脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 。图 3 (B) 的纵轴表

示通过图 2 的燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 算出, 并基于该运算值输出到驱动电路 27d 的第一保持时间 $Thold1$ 的脉冲信号 $Pexc$ 。图 3 (C) 的纵轴表示通过图 2 的分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 。图 3 (D) 的纵轴表示图 2 的燃料喷射阀 5 的阀升程 (valve lift) 量 Vlv 。图 3 (E) 的纵轴表示从图 2 的驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲 (boost pulse) 信号 $H-Vbst$ 。图 3 (F) 的纵轴表示从图 2 的驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 $H-Vb$ 。图 3 (G) 的纵轴表示从图 2 的驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 。

如图 3 (A) 所示, 在时刻 t_0 , 燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 通过输出脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$, 开阀指令接通 (ON)。在此, 在本实施方式中, 燃料喷射脉冲信号的脉冲宽度 TI , 例如在从 $0.6ms$ 至 $5ms$ 的范围内可变。所谓燃料喷射脉冲宽度长的情况, 是指脉冲宽度 TI 例如为从 $0.8ms$ 至 $5ms$ 的范围的情况。

此外, 在时刻 t_0 , 如图 3 (B) 所示, 燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出第一保持时间 $Thold1$ 的脉冲信号 $Pexc$ 。并且, 第一保持时间 $Thold1$ 例如在 $0.6ms$ 以上, 对应于燃料喷射脉冲宽度 TI 可变。即, 燃料喷射脉冲宽度 TI 越短, 第一保持时间 $Thold1$ 越短。

在时刻 t_0 , 当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 接通时, 如图 3 (E) 所示, 驱动电路 27d 将向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 $H-Vbst$ 接通, 此外, 如图 3 (G) 所示, 驱动电路 27d 将向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开闭元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 接通。由此, 来自高电压生成电路 27a 的高电压被供给向燃料喷射阀 5, 如图 3 (C) 所示, 流通燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 。

燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 增加, 当达到将燃料喷射阀 5 开阀所需的电流时, 如图 3 (D) 所示, 燃料喷射阀 5 的阀升程量 Vlv 增加, 开始打开燃料喷射阀 5。

在时刻 t_1 , 当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 达到预先设定的开阀所需的高峰值电流 I_p 时, 如图 3 (E)

所示,切断向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 H-Vbst。由此,如图 3 (C) 所示,燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 减少。并且,峰值电流 I_p 例如为 10A。

在时刻 t_2 ,当驱动电路 27d 检测出由分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的第一保持电流 I_{h1} 时,如图 3 (F) 所示,进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb,燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第一保持电流 I_{h1} 。

第一保持电流 I_{h1} 为燃料喷射阀 5 能够充分地维持开阀状态的比较高的励磁电流(保持电流),其比后述的第二保持电流 I_{h2} 大,例如为 4A。

通过使燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 流通至峰值电流 I_p ,即使在施加于燃料喷射阀的燃压高的环境下,燃料喷射阀内的阀也能够可靠地开阀,此外,通过将燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持为比较高的第一保持电流 I_{h1} ,即使在施加于燃料喷射阀的燃压高的环境下,燃料喷射阀内的阀也被保持为开阀状态。

其次,在时刻 t_3 ,当图 3 (B) 所示的第一保持时间 $Thold1$ 的脉冲信号 P_{exc} 关闭时,驱动电路 27d,如图 3 (F) 所示,进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb,燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第二保持电流 I_{h2} 。

第二保持电流 I_{h2} 为燃料喷射阀 5 能够勉强维持开阀状态的小励磁电流(保持电流),例如为 2.5A。

并且,在时刻 t_4 ,如图 3 (A) 所示,当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 切断时,如图 3 (F) 所示,从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb 切断,同时,如图 3 (G) 所示,从驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 切断。由此,如图 3 (C) 所示,燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被断开,如图 3 (D) 所示,燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 减少,燃料喷射阀 5 关闭。

在此,所述的燃料喷射阀驱动电流切换信号 $Thold1$ 为基于通过图 2

的燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 算出的运算值而产生的脉冲信号，且是控制对在燃料喷射阀内流通的电流值进行切换的时间的信号。通过燃料喷射阀驱动脉冲 TI 及 Thold1，在燃料喷射阀 5 中流通电流直到燃料喷射阀开阀所需的高电流 I_p ，其后，在使电流值衰减且达到燃料喷射阀驱动电流切换信号 Thold1 的期间，对比较高的第一保持电流 I_{h1} 进行电流控制，从而可靠地维持开阀，并且燃料喷射阀驱动电流切换信号 Thold1 切断，燃料喷射阀驱动脉冲 TI 接通的期间中，对燃料喷射阀由比较小的第二保持电流 I_{h2} 进行控制，在燃料喷射阀驱动脉冲 TI 脉冲信号切断的时刻，快速断开在燃料喷射阀流通的电流。

其次，使用图 4 对燃料喷射脉冲宽度短的情况下的动作进行说明。并且，图 4 (A) ~ 图 4 (G) 的纵轴与图 3 (A) ~ 图 3 (G) 的纵轴相同。

如图 4 (A) 所示，在时刻 t_0 ，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 输出脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 。在此，在本实施方式中，燃料喷射脉冲信号的脉冲宽度 TI，例如在 0.6ms 至 5ms 的范围内可变。所谓燃料喷射脉冲宽度短的情况，是指脉冲宽度 TI 例如为 0.6ms 至 0.8ms 的范围的情况。在此，脉冲宽度 TI 例如例示 0.6ms 的情况。

此外，在时刻 t_0 ，如图 4 (B) 所示，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出第一保持时间 Thold1 的脉冲信号 P_{exc} 。并且，第一保持时间 Thold1，例如为 0.6ms，为固定的值。

并且，在时刻 t_p ~ 时刻 t_0 期间，如图 4 (A) 所示，输出预充电脉冲 T_{pr} ，但关于这点后述。

在时刻 t_0 ，当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 接通时，如图 4 (E) 所示，驱动电路 27d 接通向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 H-Vbst，此外，如图 4 (G) 所示，驱动电路 27d 接通向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L。由此，来自高电压生成电路 27a 的高电压被供给到燃料喷射阀 5 上，如图 4 (C) 所示，流通燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 。

当燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 增加，达到对燃料喷射阀 5 进行开阀所需的电流时，如图 4 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 增加，从而燃料喷射阀 5 开始打开。

在时刻 t_{11} ，驱动电路 27d 当检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的开阀所需的高峰值电流 I_p 时，如图 4(E) 所示，切断向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 H-Vbst。由此，如图 4 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 减少。并且，峰值电流 I_p 例如为 10A。

通过使燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 流通至峰值电流 I_p ，即使在施加于燃料喷射阀的燃压高的环境下，燃料喷射阀内的阀也能够可靠地开阀。

在时刻 t_{12} ，当经过由图 2 的燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 设定的急速放电开始时间 T_{sy} 时，驱动电路 27d，如图 4 (G) 所示，切断向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L。由此，燃料喷射阀 5 的电流在图 2 的回流二极管 RD1 的作用下，以返回向高电压生成电路 27a 侧的方式进行回流，由此与时刻 t_{11} ~时刻 t_{12} 的期间相比，通过急速放电而急速减少。作为急速放电开始时间 T_{sy} ，例如为 0.5~0.55ms。此外，急速放电开始时间 T_{sy} 使用图 5 后述，对应于燃料喷射脉冲宽度 TI 及燃料压力（燃压）可变。

接着，在时刻 t_{13} ，驱动电路 27d 当检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的能够维持开阀的第二保持电流 I_{h2} 时，如图 4 (G) 所示，接通向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L，并且如图 4 (F) 所示，进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第二保持电流 I_{h2} 。第二保持电流 I_{h2} 为燃料喷射阀 5 能够勉强维持开阀状态的小的励磁电流（保持电流），例如为 2.5A。

并且，在时刻 t_{14} ，如图 4 (A) 所示，当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 切断时，如图 4 (F) 所示，从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb 切断，同时，如图 4 (G) 所示，从驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 切断。由此，如图 4 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被断开，如图 4 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 减少，从而燃料喷射阀 5 关闭。

并且，在图 4 (C) 及图 4 (D) 中，虚线表示不进行时刻 t_{12} 的急速放电的情况下的、燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 及燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 。

在本例中，在燃料喷射阀驱动脉冲信号比规定值小的情况下，在从时刻 t_0 表示的高电压供应时刻起算的急速放电开始时间 T_{sy} 的时间后，将供给燃料喷射阀的电流急剧放电。此时，不进行由图 3 说明的第一保持电流 I_{h1} 的供给，而控制为第二保持电流 I_{h2} 。由此，与在图 4 (C) 及图 4 (D) 中由虚线表示的情况相比，在由实线表示的情况下，在时刻 t_{14} 燃料喷射阀驱动脉冲信号为切断的时刻，由于为第二保持电流 I_{h2} 的供给状态，所以如图 4 (D) 所示，从切断时刻起算的燃料喷射阀的闭阀动作变快。即，阀的打开期间，能够从时间 Top_2 缩短至时间 Top_1 。由此，即使在燃料喷射阀驱动脉冲比规定值短的情况下，也可以控制稳定的燃料喷射阀的闭阀动作。

其次，关于设置预充电期间 T_{pr} 的理由进行说明。关于燃料喷射阀的闭阀控制，即使在燃料喷射阀驱动脉冲短的情况下，为了进行稳定的燃料喷射阀的闭阀动作，在急速放电开始时间 T_{sy} 的时间后，也通过将供给燃料喷射阀的电流急剧放电来实现。预充电期间 T_{pr} 用于使燃料喷射阀的开阀动作稳定化。

通过急速放电开始时间 T_{sy} 的计时，抑制燃料喷射阀的开阀所需的电流，由此在施加于燃料喷射阀的燃压高的情况下，产生无法进行稳定的燃料喷射阀的开阀动作控制的情况。为了改善这种情况，在如图 4 (A) 所示的预充电期间 T_{pr} 的期间，驱动电路 27d 进行控制，如图 4 (G) 所示，驱动电路 27d 接通被供给向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 的低压脉冲信号 L，同时如图 4 (F) 所示，接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持预充电电流 I_{pr} 。预充电电流 I_{pr} 为燃料喷射阀 5 不开阀程度的小励磁电流，例如为 2.0A。

其结果如图 4 (C) 所示，在时刻 t_p ~时刻 t_0 之间，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被保持为预充电电流 I_{pr} 。预充电电流 I_{pr} 被用于弥补急速放电开始时间 T_{sy} 引起的燃料喷射阀驱动电流的放电部分，或者弥补因取消第一

保持电流 I_{h1} 的供给而引起的燃料喷射阀驱动电流下降部分。

并且，在时刻 t_0 ，当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 接通时，如图 4 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 急速流通，如图 4 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 Vlv 增加，从而燃料喷射阀 5 开始打开。并且，在图 4 (D) 中，实线表示流通预充电电流的情况下的燃料喷射阀 5 的阀的升程量，虚线表示没有流通预充电电流的情况下的燃料喷射阀 5 的阀的升程量。

这样，实际上在燃料喷射开始之前，通过供给燃料喷射阀不开阀的程度的预充电电流，能进行稳定的燃料喷射阀开阀控制。

在此，是否供给预充电，基于驱动燃料喷射阀的驱动脉冲宽度决定。例如，在驱动脉冲宽度 TI 为 $0.8ms$ 以下的情况下进行预充电。是否供给预充电基于燃料压力决定。例如，在燃料压力为高压的 $12MPa$ 以上的情况下进行预充电。

此外，为了实现稳定的燃料喷射阀的开阀控制，基于燃料喷射阀驱动脉冲宽度或者燃压来设定供给预充电电流的时间或者预充电电流值。燃料喷射脉冲宽度越短，预充电的时间越长，或者预充电电流越高。燃压值越高，预充电时间越长，或者预充电电流越高。

在此，预充电的时间和电流只要对二者或者其中一个进行最降低控制即可，如果在满足内燃机需要的燃料喷射量要求的情况下，也可以为一定的时间或者一定的电流值。

其次，使用图 5 对在本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的急速放电开始时间 Tsy 进行说明。

图 5 是在本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的急速放电开始时间的说明图。

图 5 的横轴表示燃料喷射脉冲宽度 TI ，纵轴表示急速放电开始时间 Tsy 。图中的虚线是急速放电开始时间 Tsy 与燃料喷射脉冲宽度 TI 相等的情况下的假想的线。

在图 5 中，实线 $Tsy-H$ 表示急速放电开始时间 Tsy 相对于燃压高的情况下的燃料喷射脉冲宽度 TI 的关系。实线 $Tsy-L$ 表示急速放电开始时间 Tsy 相对于燃压低的情况下的燃料喷射脉冲宽度 TI 的关系。这里，虽然表

示与两种燃压相对的燃料喷射脉冲宽度 TI —急速放电开始时间 T_{sy} 的关系，但实际上，对应于燃压，更细地改变燃料喷射脉冲宽度 TI —急速放电开始时间 T_{sy} 的关系。

如实线 T_{sy-H} 、 T_{sy-L} 所示，急速放电开始时间 T_{sy} 比燃料喷射脉冲宽度 TI 短。此外，与如图 4 所示的（时间 $t_{11}-t_0$ ），即燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 接通而流通燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} ，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 到达峰值电流 I_p 为止的时间（ I_p 到达时间）相比，急速放电开始时间 T_{sy} 长。由此，如图 4 所示，在燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 到达峰值电流 I_p 之后，即，燃料喷射阀的阀完全打开后，能够进行急速放电。

此外，如实线 T_{sy-H} 、 T_{sy-L} 所示，燃料喷射脉冲宽度 TI 越长则急速放电开始时间 T_{sy} 越长，燃料喷射脉冲宽度 TI 越短则急速放电开始时间 T_{sy} 越短。此外，如实线 T_{sy-H} 、 T_{sy-L} 所示，燃压越高，则急速放电开始时间 T_{sy} 越长。由此，能够得到稳定的燃料喷射阀的开阀动作和其后的闭阀动作。

并且，基于燃料喷射脉冲宽度和燃压中的最低一个的参数的计算式或者位图，算出急速放电开始时间 T_{sy} 。并且，只要满足内燃机的要求的喷射量性能范围内，则急速放电开始时间 T_{sy} 也可以为一定值。

其次，使用图 6 对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容进行说明。

图 6 是表示本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容的流程图。

在步骤 S10 中，ECU9 判定内燃机的运转状态。

其次，在步骤 S15 中，ECU9 检测内燃机的燃料压力。

其次，在步骤 S20 中，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 基于步骤 S10 和 S15 中判定检测出的信息，算出燃料喷射阀的驱动脉冲宽度 TI ，使得成为所希望的空燃比。

其次，在步骤 S30 中，ECU9 判定是否设定对图 4 说明的燃料喷射阀供给预充电电流 I_{pr} 的预充电。在设定预充电的情况下，在步骤 S35 中，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 对预充电电流及预充电时间进行设定。图 4 所示的预充电电流 I_{pr} 及预充电时间 T_{pr} 通过该步骤 S35 的处理来设定。

其次，在步骤 S40 中，ECU9 判定是否对供给到图 4 说明的燃料喷射阀的电流进行急速放电。在进行电流的急速放电的情况下，在步骤 S45 中，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 对急速放电开始时间 T_{sy} 进行设定。如图 4 所示的急速放电开始时间 T_{sy} 通过该步骤 S45 的处理来设定。

接着，在步骤 S50 中，ECU9 判定有无对图 3 说明的燃料喷射阀供给第一保持电流 I_{h1} 和是否需要进行供给时间的可变设定。在有必要的情况下，在步骤 S55 中，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 对第一保持电流 I_{h1} 的电流值 I_{h1} 和供给时间 T_{hold1} 进行设定。图 3 所示的第一保持电流 I_{h1} 的电流值 I_{h1} 和供给时间 T_{hold1} 通过该步骤 S55 的处理进行设定。并且，在图 4 的例中，第一保持电流 I_{h1} 不设定。

在此，保持电流供给时间 T_{hold1} 上限被限制成设定得比燃料喷射驱动脉冲宽度短，下限被限制成设定得比直到开阀电流 I_p 为止的到达时间长。此外，第一保持电流的电流值 I_{h1} 使用燃料喷射阀驱动脉冲宽度 T_I （步骤 S20）和燃压值（步骤 S15）的参数这两者或者至少一者来算出。在此，运算方法可以由运算式来算出，也可以使用基于位图的预先设定的值。

其次，在步骤 S60 中，ECU9 判定是否对供给到燃料喷射阀的开阀电流 I_p 进行可变设定。关于开阀电流 I_p 的可变设定，使用图 10 进行后述。在必要的情况下，在步骤 S65 中，对可变设定的开阀电流 I_p 的电流值进行设定。并且，在图 4 的例中，不进行开阀电流 I_p 的可变设定。

在此，开阀电流 I_p 上限限制设定为能够最快速地驱动燃料喷射阀，下限限制设定为能够充分地使燃料喷射阀开阀。开阀电流 I_p 的电流值使用燃料喷射阀驱动脉冲宽度 T_I （步骤 S20）和燃压值（步骤 S15）的参数这两者或者至少一者来算出。

其次，在步骤 S70 中，ECU9 判定是否对供给到燃料喷射阀的高电压（ V_{boost} ）的设定电压进行变更。关于供给向燃料喷射阀的高电压（ V_{boost} ）的可变设定，使用图 9 进行后述。在必要的情况下，在步骤 S75 中，对可变设定的高电压（ V_{boost} ）的电压值进行设定。并且，在图 4 的例中，不进行高电压的可变设定。

并且，在步骤 S80 中，驱动电路 27d 设置燃料喷射阀的驱动波形（如

图3或图4所示), 在步骤S85中, 驱动电路27d对燃料喷射脉冲输出进行控制。

其次, 使用图7对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的燃料喷射阀的流量特性进行说明。

图7是本发明的第一实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的燃料喷射阀的流量特性图。在图7中, 横轴表示燃料喷射脉冲宽度TI, 纵轴表示燃料喷射流量Qf。

图中的虚线是现有的燃料喷射阀的流量特性图。即, 在燃料喷射脉冲宽度TI比最小脉冲宽度TI-m1大的范围, 相对于燃料喷射脉冲宽度TI的增加, 燃料喷射流量Qf成比例增加。但是, 当燃料喷射脉冲宽度TI比最小脉冲宽度TI-m1小时, 变成即使燃料喷射脉冲宽度TI减少, 燃料喷射流量Qf也增加的特性。例如, 最小脉冲宽度TI-m1为0.8ms, 此时的燃料喷射流量Qf-m1为 $7\text{mm}^3/\text{行程}$ 。

一方面, 在本实施方式中, 燃料喷射阀闭阀时的动作不受燃料喷射阀驱动脉冲宽度的影响而从一定的驱动电流值进行, 所以燃料喷射阀的动作稳定。即, 通过进行如图4所示的燃料喷射控制, 在现有的燃料喷射脉冲宽度TI比最小脉冲宽度TI-m1小且比最小脉冲宽度TI-m2大的范围, 相对于燃料喷射脉冲宽度TI的增加, 燃料喷射流量Qf成比例增加。因此, 即使在从最小脉冲宽度TI-m1至最小脉冲宽度TI-m2的范围, 也可以进行燃料流量的控制。例如, 最小脉冲宽度TI-m2为0.6ms, 此时的燃料喷射流量Qf-m1为 $5\text{mm}^3/\text{行程}$ 。

如以上说明, 根据本实施方式, 即使要求喷射量少, 且对燃料喷射阀的通电时间短, 也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

接着, 使用图8, 对本发明的第二实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成及动作进行说明。搭载本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的构成, 与图1所示的相同。此外, 本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成, 与图2所示的相同。此外, 燃料喷射脉冲宽度长的情况下的本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作, 与图3所示的相同。此外, 本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容, 与图6所示的相同。

以下，使用图 8，对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的、燃料喷射脉冲宽度短的情况下的动作进行说明。

图 8 是表示本发明的第二实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图。并且，图 8 (A) ~ 图 8 (D) 的纵轴与图 3 (A) ~ 图 3 (D) 的纵轴相同。

如图 8 (A) 所示，在时刻 t_0 ，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 输出脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 。在此，在本实施方式中，燃料喷射脉冲信号的脉冲宽度 TI，例如在 0.6ms 至 5ms 的范围内可变。本例表示燃料喷射脉冲宽度短的情况，脉冲宽度 TI，例如为 0.6ms 至 0.8ms 的范围的情况。这里，脉冲宽度 TI 例如例示了 0.6ms 的情况。

此外，在时刻 t_0 ，如图 8 (B) 所示，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出第一保持时间 T_{hold1} 的脉冲信号 P_{exc} 。并且，第一保持时间 T_{hold1} 在图 4 所示的例中，例如固定在 0.6ms，但在本实施方式中，对应于脉冲宽度 TI，在 0.45ms~0.55ms 的范围可变。

其他的动作，与图 3 所示的脉冲宽度 TI 长的情况相同。即，在时刻 t_0 ，当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 接通时，与图 3 (E) 同样，驱动电路 27d 接通向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 H-Vbst，此外，如图 3 (G) 所示，驱动电路 27d 接通向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L。由此，来自高电压生成电路 27a 的高电压被供给向燃料喷射阀 5，如图 8 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 流通。

燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 增加，当达到使燃料喷射阀 5 开阀所需的电流时，如图 8 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 增加，燃料喷射阀 5 开始打开。

在时刻 t_{21} ，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的开阀所需的高峰值电流 I_p 时，如图 3 (E) 所示，切断对高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 H-Vbst。由此，如图 8 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 减少。并且，峰值电流 I_p 例如为 10A。

在时刻 t_{22} ，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷

射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的第一保持电流 I_{h1} 时, 如图 3 (F) 所示, 进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 对高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第一保持电流 I_{h1} 。

第一保持电流 I_{h1} 为燃料喷射阀 5 能够充分地维持开阀状态的比较高的励磁电流 (保持电流), 比后述的第二保持电流 I_{h2} 大, 例如为 4A。在此, 第一保持电流 I_{h1} 的电流值 I_{h1} 和供应时间 $Thold1$ 通过图 6 的步骤 S55 的处理来设定。

其次, 在时刻 t_{23} , 当图 8 (B) 所示的第一保持时间 $Thold1$ 的脉冲信号 P_{exc} 切断时, 驱动电路 27d 如图 3 (F) 所示, 进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第二保持电流 I_{h2} 。

并且, 第一保持时间 $Thold1$ 对应于燃料喷射脉冲宽度 TI 可变。即, 燃料喷射脉冲宽度 TI 越短, 第一保持时间 $Thold1$ 越短。此外, 通过燃料压力传感器检测出的燃料压力越低, 第一保持时间 $Thold1$ 越短。此外, 对第一保持时间 $Thold1$ 设置下限值 (例如, 0.45ms)。并且, 在驱动脉冲宽度 TI 比规定值 (0.6ms) 短的情况下, 不供给第一保持电流 I_{hold1} , 在供给开阀电流之后, 由第二保持电流 I_{hold2} 驱动燃料喷射阀。

第二保持电流 I_{h2} 为燃料喷射阀 5 能够勉强维持开阀状态的的小的励磁电流 (保持电流), 例如为 2.5A。

并且, 在时刻 t_{24} , 如图 8 (A) 所示, 当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 切断时, 如图 3 (F) 所示, 从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb 切断, 同时如图 3 (G) 所示, 从驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 切断。由此, 如图 8 (C) 所示, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被断开, 如图 8 (D) 所示, 燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 减少, 燃料喷射阀 5 关闭。

图 8 (B) 中虚线所示的波形是脉冲宽度 TI 例如相对于 0.6ms, 将第一保持时间 $Thold1$ 固定在 0.6ms 的情况。在此情况下, 如图 8 (A) 所示,

当脉冲宽度 T_I 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 切断时, 燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 如图 8 (C) 中虚线的三角波所示, 由于被保持为第二保持电流 $Ih2$, 所以当从该电流切断时, 如图 8 (D) 中虚线所示, 闭阀的时间滞后。

这样, 通过缩短第一保持时间 $Thold1$ 的时间, 在燃料喷射阀驱动脉冲切断的时刻, 可以不在第一保持电流 $Ih1$ 的电流的状态下, 而在第二保持电流 $Ih2$ 的电流的状态下进行燃料喷射阀的闭阀控制, 从而可以进行稳定的燃料喷射阀的闭阀控制。即使在该情况下, 与图 4 同样, 也可以供应预充电电流。

如以上说明, 根据本实施方式, 即使要求喷射量少、对燃料喷射阀的通电时间短, 也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

其次, 使用图 9, 对本发明的第三实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成及动作进行说明。搭载本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的构成, 与图 1 所示的相同。此外, 本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成, 与图 2 所示的相同。此外, 燃料喷射脉冲宽度长的情况下的本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作, 与图 3 所示的相同。此外, 本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容, 与图 6 所示的相同。

以下, 使用图 9 及图 10, 对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的、燃料喷射脉冲宽度短的情况下的动作进行说明。

图 9 是表示本发明的第三实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图。并且, 图 9 (A) ~ 图 9 (D) 的纵轴与图 3 (A) ~ 图 3 (D) 的纵轴相同。

在图 9 中, 实线表示本实施方式的动作波形。虚线表示用于与图 8 中实线所示的动作波形进行比较。

如图 9 (A) 所示, 在时刻 t_0 , 燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 输出脉冲宽度 T_I 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 。在此, 在本实施方式中, 燃料喷射脉冲信号的脉冲宽度 T_I 例如在 $0.5ms$ 至 $5ms$ 的范围可变。本例表示燃料喷射脉冲宽度短的情况, 脉冲宽度 T_I 例如为 $0.5ms$ 至 $0.8ms$ 的范围的情况。这里, 脉冲宽度 T_I 例如举例 $0.55ms$ 的情况。由虚线表示的脉冲宽度例如为 $0.6ms$ 。

此外，在时刻 t_0 ，如图 9 (B) 所示，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出第一保持时间 T_{hold1} 的脉冲信号 P_{exc} 。并且，第一保持时间 T_{hold1} 在图 4 所示的例中，例如固定在 0.6ms，但在本实施方式中，对应于脉冲宽度 T_I ，在 0.35ms~0.55ms 的范围可变。

此外，在本实施方式中，设图 2 所示的高电压生成电路 27a 输出的高电压为图 2 说明了的例如比 60V 高的 90V。在此，高电压生成电路 27a 输出的高电压 V_{boost} 的值，通过图 6 的步骤 S75 的处理来设定。

在时刻 t_0 ，当脉冲宽度 T_I 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 接通时，与图 3 (E) 同样，驱动电路 27d 接通向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 $H-V_{bst}$ ，此外，如图 3 (G) 所示，驱动电路 27d 接通向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 。由此，来自高电压生成电路 27a 的高电压被供给向燃料喷射阀 5，如图 9 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 流通。此时，由于高电压生成电路 27a 输出的高电压 V_{boost} 的值例如为 90V，所以与图 9 (C) 所示的高电压 V_{boost} 的值例如为 60V 时相比，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 的上升的倾斜变大。因此，达到峰值电流 I_p 的时间（时刻 t_{31} -时刻 t_0 ），比达到由虚线表示的情况下的峰值电流 I_p 的时间（时刻 t_{21} -时刻 t_0 ）短。并且，高电压 V_{boost} 的值使用图 10 进行后述，对应于燃压而可变。即，燃压越高，高电压 V_{boost} 的值越高。但是，对该高电压 V_{boost} 的值设有上限，例如上限为 120V。即使施加该上限值以上的电压，由于燃料喷射阀的响应滞后，也无法使开阀电流的上升比这更早。

燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 增加，当达到使燃料喷射阀 5 开阀所需的电流时，如图 9 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 增加，燃料喷射阀 5 开始打开。

在时刻 t_{31} ，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的开阀所需的高峰值电流 I_p 时，如图 3 (E) 所示，切断向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 $H-V_{bst}$ 。由此，如图 9 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 减少。并且，峰值电流 I_p 例如为 10A。

在时刻 t_{32} ，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷

射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的第一保持电流 I_{h1} 时, 如图 3 (F) 所示, 进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第一保持电流 I_{h1} 。

第一保持电流 I_{h1} 为燃料喷射阀 5 能够充分地维持开阀状态的比较高的励磁电流 (保持电流), 其比后述的第二保持电流 I_{h2} 大, 例如为 4A。在此, 第一保持电流 I_{h1} 的电流值 I_{h1} 和供给时间 T_{hold1} 通过图 6 的步骤 S55 的处理来设定。

其次, 在时刻 t_{33} , 当图 9 (B) 所示的第一保持时间 T_{hold1} 的脉冲信号 P_{exc} 关闭时, 驱动电路 27d, 如图 3 (F) 所示, 进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持第二保持电流 I_{h2} 。

第二保持电流 I_{h2} 为燃料喷射阀 5 能够勉强维持开阀状态的的小的励磁电流 (保持电流), 例如为 2.5A。

并且, 在时刻 t_{34} , 如图 9 (A) 所示, 当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 切断时, 如图 3 (F) 所示, 从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 H-Vb 切断, 同时, 如图 3 (G) 所示, 从驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L 切断。由此, 如图 9 (C) 所示, 燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被断开, 如图 9 (D) 所示, 燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 减少, 燃料喷射阀 5 关闭。

接着, 使用图 10 对在本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的可变高电压 V_{boost} 进行说明。

图 10 是在本发明的第三实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置中使用的可变高电压的说明图。

在图 8 所示的例中, 由于第一保持时间 T_{hold1} 被缩短, 所以可能有出现燃料喷射阀的开阀动作的延迟等影响的顾虑。因此, 在本实施方式中, 缩短燃料喷射阀的开阀电流达到峰值电流 I_p 的时间。因此, 使供给向燃料喷射阀的电流的上升倾向变大, 使稳定的燃料喷射阀的开阀动作稳定。

在燃料喷射阀流通的电流的动作由供给的电压和燃料喷射阀内的线圈的电阻（此外，含有结线的电阻）以及电感来决定。这里，电阻和电感由于不能进行可变控制，所以在本实施方式中，通过使高电压的电源的设定可变，从而控制到达峰值电流 I_p 的时间。

图 10 的横轴表示燃料喷射脉冲宽度 TI ，纵轴表示高电压 V_{boost} 。

在图 10 中，实线 $V_{boost-H}$ 表示高电压 V_{boost} 相对于燃压高的情况下的燃料喷射脉冲宽度 TI 的关系。实线 $V_{boost-L}$ 表示高电压 V_{boost} 相对于燃压低的情况下的燃料喷射脉冲宽度 TI 的关系。这里，表示与两种燃压相对的燃料喷射脉冲宽度 TI —高电压 V_{boost} 的关系，但实际上，对应于燃压，对燃料喷射脉冲宽度 TI —高电压 V_{boost} 的关系进行更细地改变。

如实线 $V_{boost-H}$ 、 TV_{boost} 所示，燃料喷射脉冲宽度 TI 越长，高电压 V_{boost} 越低，燃料喷射脉冲宽度 TI 越短，高电压 V_{boost} 越高。此外，如实线 $V_{boost-H}$ 、 $V_{boost-L}$ 所示，燃压越高，高电压 V_{boost} 越高。由此，可以提供稳定的燃料喷射阀的开阀动作。这里，基于燃料喷射脉冲宽度和燃压中的任意最低一个的参数的计算式或者位图，来算出高电压值。但是，对高电压 V_{boost} 的值设置上限，例如上限为 120V。即使施加该上限值以上的电压，由于燃料喷射阀的响应滞后，也无法使开阀电流的上升比这更早。并且，只要满足内燃机的要求的喷射量性能范围内，高电压值也可以为一定值。

这样，通过提高供给到燃料喷射阀的高电压，能够缩短到达峰值电流 I_p 的时间，从而在对燃料喷射阀的通电时间短时，也可以进行稳定的燃料喷射阀的闭阀控制。即使在该情况下，与图 4 同样，也可以供给预充电电流。

如以上说明，根据本实施方式，即使要求喷射量少、对燃料喷射阀的通电时间短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

接着，使用图 11 对本发明的第四实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成及动作进行说明。搭载本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的内燃机系统的构成，与图 1 所示的相同。此外，本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的构成，与图 2 所示的相同。此外，燃料喷射脉冲宽度长的情况下的本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作，与图 3

所示的相同。此外，本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的控制内容，与图 6 所示的相同。

以下，使用图 11 对本实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的、燃料喷射脉冲宽度短的情况下的动作进行说明。

图 11 是表示本发明的第四实施方式的内燃机的燃料喷射控制装置的动作的时间图。并且，图 11 (A) ~ 图 11 (D) 的纵轴与图 3 (A) ~ 图 3 (D) 的纵轴相同。

在图 11 中，实线表示本实施方式的动作波形。虚线表示用于与图 4 中实线所示的动作波形进行比较。

如图 11 (A) 所示，在时刻 t_0 ，燃料喷射阀脉冲宽度运算部 9a 输出脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 。在此，在本实施方式中，燃料喷射脉冲信号的脉冲宽度 TI 例如为在 0.5ms 至 5ms 的范围可变。本例表示燃料喷射脉冲宽度短的情况，脉冲宽度 TI 例如为 0.5ms 至 0.8ms 的范围的情况。这里，脉冲宽度 TI 例如举例 0.55ms 的情况。由虚线表示的脉冲宽度例如为 0.6ms。

此外，在时刻 t_0 ，如图 11 (B) 所示，燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 输出第一保持时间 $Thold1$ 的脉冲信号 $Pexc$ 。并且，第一保持时间 $Thold1$ 在图 4 所示的例中，例如，固定在 0.6ms，但在本实施方式中，对应于脉冲宽度 TI，在 0.35ms~0.55ms 的范围可变。

此外，在本实施方式中，设图 2 所示的高电压生成电路 27a 输出的高电压设为图 2 中已说明了的例如比 60V 高的 90V。在此，高电压生成电路 27a 输出的高电压 $Vboost$ 的值通过图 6 的步骤 S75 的处理来设定。

在时刻 t_0 ，当脉冲宽度 TI 的燃料喷射脉冲信号 $Pinj$ 接通时，与图 3 (E) 同样，驱动电路 27d 接通向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 $H-Vbst$ ，此外，如图 3 (G) 所示，驱动电路 27d 接通向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L。由此，来自高电压生成电路 27a 的高电压被供给向燃料喷射阀 5，如图 11 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 $Iinj$ 流通。此时，由于高电压生成电路 27a 输出的高电压 $Vboost$ 的值例如为 90V，所以与图 11 (C) 所示的高电压 $Vboost$ 的值例如为 60V 时相比，燃料喷射阀

驱动电流 I_{inj} 的上升的倾斜变大。并且，高电压 V_{boost} 的值如在图 11 中说明的那样，对应于燃压而可变。即，燃压越高，高电压 V_{boost} 的值越高。

当燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 增加，达到使燃料喷射阀 5 开阀所需的电流时，如图 11 (D) 所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 增加，燃料喷射阀 5 开始打开。

在时刻 t_{41} ，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的开阀所需的高峰值电流 I_{pa} 时，如图 3 (E) 所示，切断对高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的高压侧开关元件 TR1 供给的高压侧升压脉冲信号 $H-V_{bst}$ 。由此，如图 11 (C) 所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 减少。在此，峰值电流 I_{pa} 为 13A，比在图 4 中说明的峰值电流 I_p (例如，为 10A) 高。这里，峰值电流 I_{pa} 的值通过图 6 的步骤 S65 的处理来设定。设定了的峰值电流 I_{pa} 的值基于驱动燃料喷射阀的驱动脉冲宽度 T_I 而可变。具体地说，驱动脉冲宽度 T_I 越短，设定了的峰值电流 I_{pa} 的值越大。此外，设定了的峰值电流 I_{pa} 的值可变，燃料的压力越低，设定了的峰值电流 I_{pa} 的值越小。

在时刻 t_{42} ，当经过由图 2 的燃料喷射阀驱动波形指令部 9b 设定的急速放电开始时间 T_{sy} 时，驱动电路 27d，如图 4 (G) 所示，切断对低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L。由此，燃料喷射阀 5 的电流在图 2 的回流二极管 RD1 的作用下，以返回到高电压生成电路 27a 侧的方式进行回流，由此，与时刻 t_{11} ~时刻 t_{12} 的期间相比，通过急速放电，燃料喷射阀 5 的电流急速减少。作为急速放电开始时间 T_{sy} ，例如为 0.4~0.55ms。此外，急速放电开始时间 T_{sy} 如图 5 说明的那样，对应于燃料喷射脉冲宽度 T_I 及燃料压力 (燃压) 而可变。

其次，当驱动电路 27d 检测出通过分流电阻 SR 检测出的燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 达到预先设定的能够维持开阀的第二保持电流 I_{h2} 时，如图 4 (G) 所示，接通对低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 TR3 供给的低压脉冲信号 L，并且，如图 4 (F) 所示，进行控制使得接通切断从驱动电路 27d 对高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 TR2 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 $H-V_b$ ，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 维持

第二保持电流 I_{h2} 。第二保持电流 I_{h2} 为燃料喷射阀 5 能够勉强维持开阀状态的小的励磁电流（保持电流），例如为 2.5A。

并且，在时刻 t_{44} ，如图 11（A）所示，当脉冲宽度 T_I 的燃料喷射脉冲信号 P_{inj} 切断时，如图 4（F）所示，从驱动电路 27d 向高压侧燃料喷射阀驱动电路 27b 的低压侧开关元件 $TR2$ 供给的高压侧蓄电池电压脉冲信号 $H-V_b$ 切断，同时，如图 4（G）所示，从驱动电路 27d 向低压侧燃料喷射阀驱动电路 27c 的开关元件 $TR3$ 供给的低压脉冲信号 L 切断。由此，如图 11（C）所示，燃料喷射阀驱动电流 I_{inj} 被断开，如图 11（D）所示，燃料喷射阀 5 的阀升程量 V_{lv} 减少，燃料喷射阀 5 关闭。

这样，通过使供给到燃料喷射阀的高电压变高，能够缩短达到峰值电流 I_p 的时间，且，通过较高设定峰值电流 I_p ，即使在燃料喷射驱动脉冲宽度短的情况下，也可以进行稳定的燃料喷射阀的开阀动作及控制。

如以上说明，根据本实施方式，即使要求喷射量少、对燃料喷射阀的通电时间短，也能够精度良好地开闭燃料喷射阀的阀体。

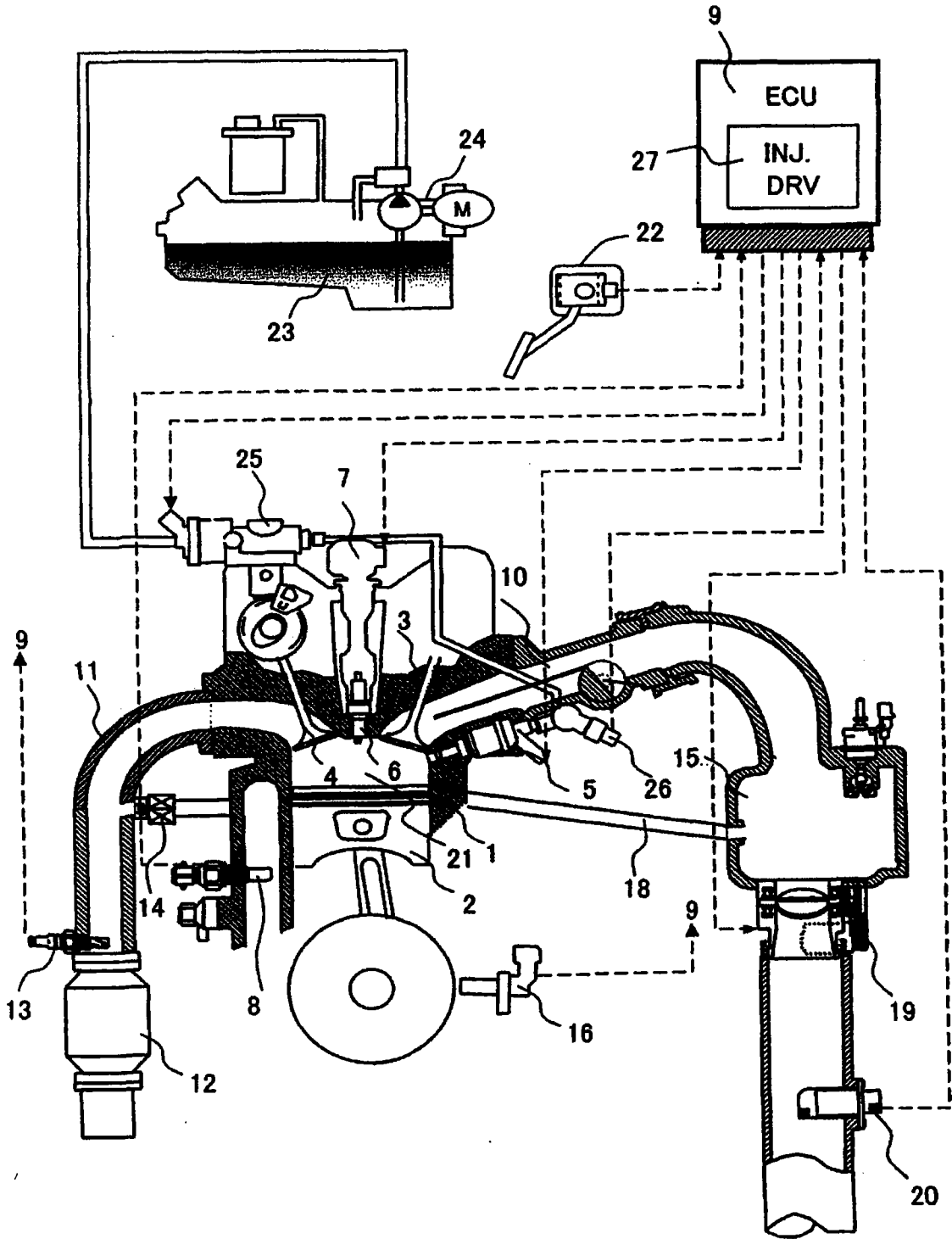


图 1

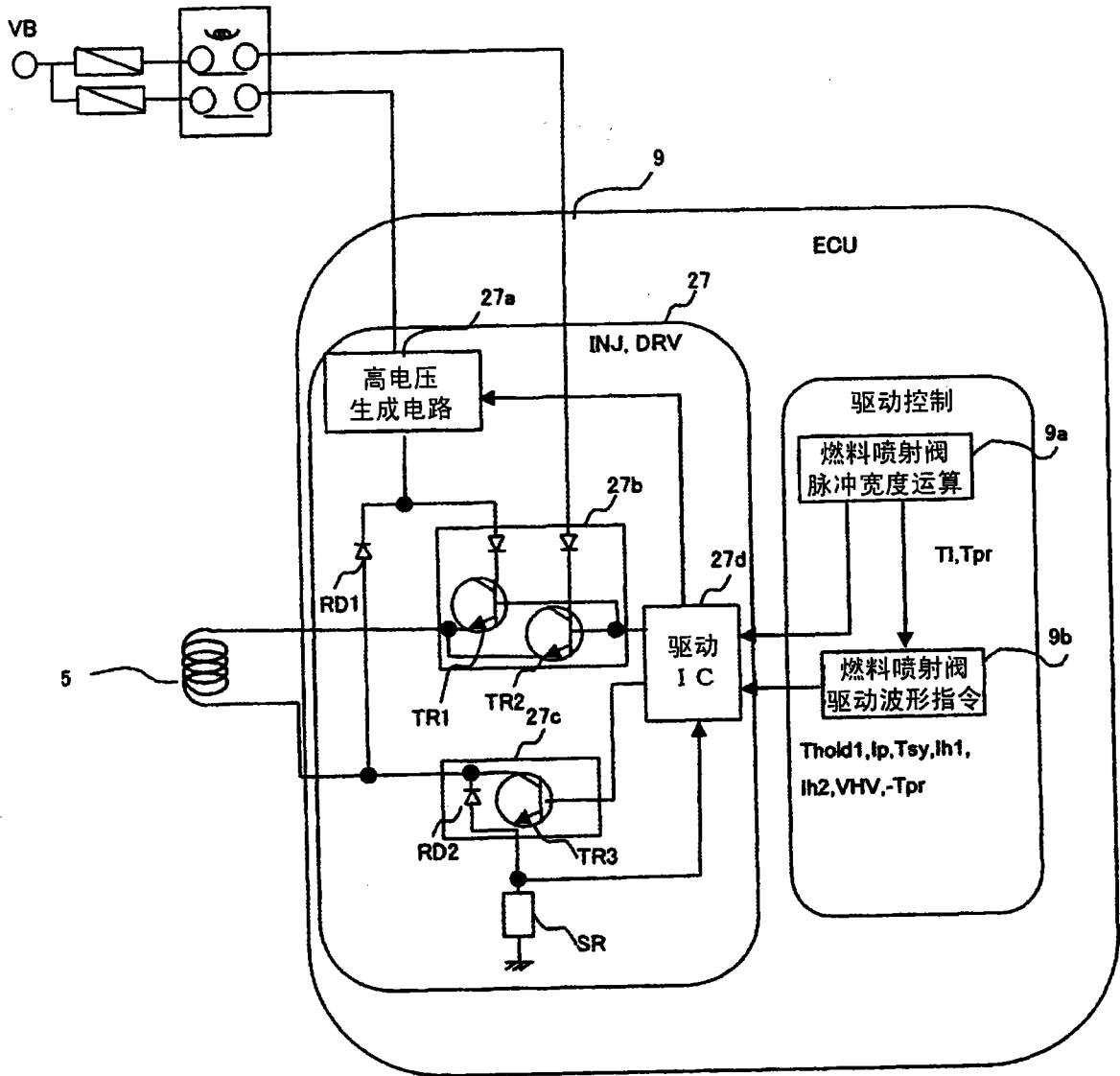


图 2

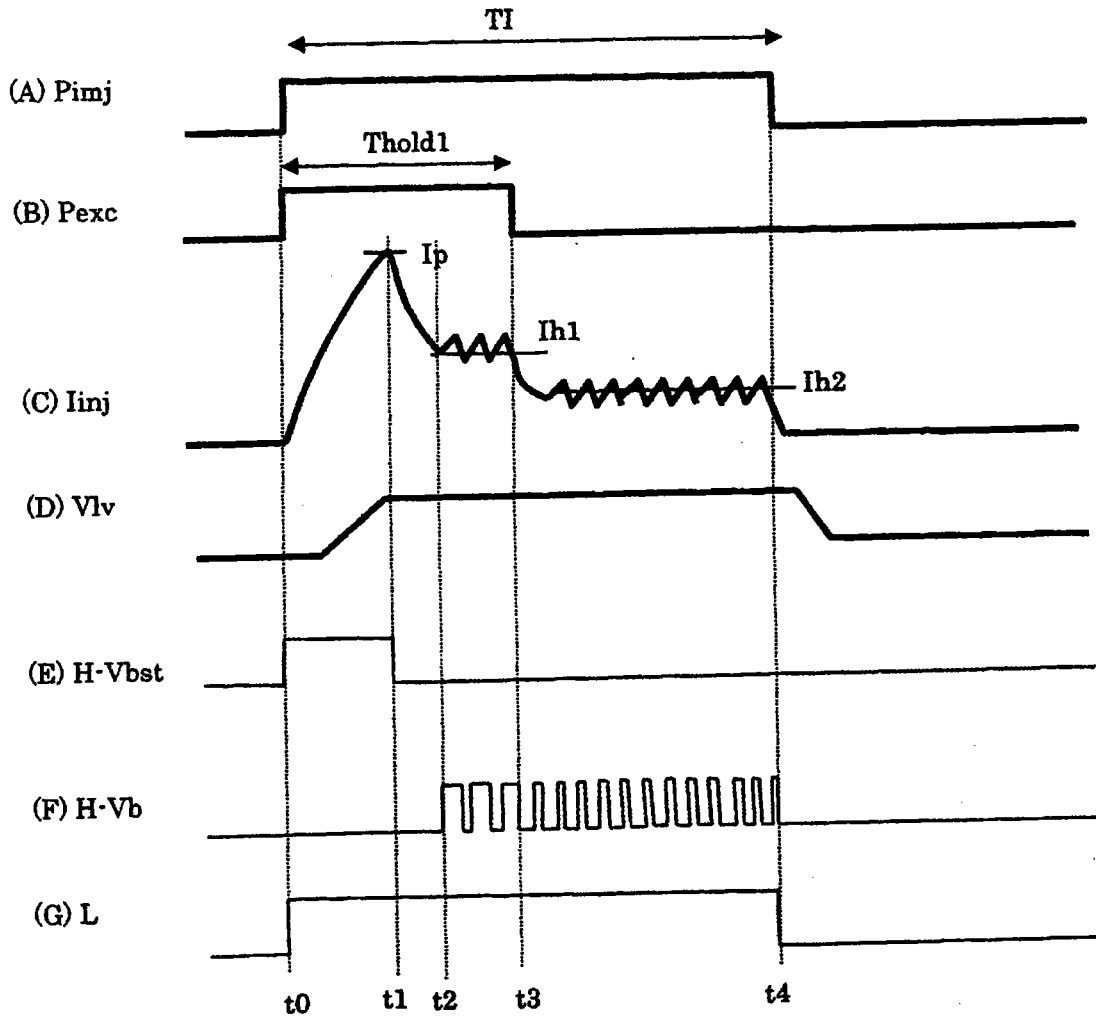


图 3

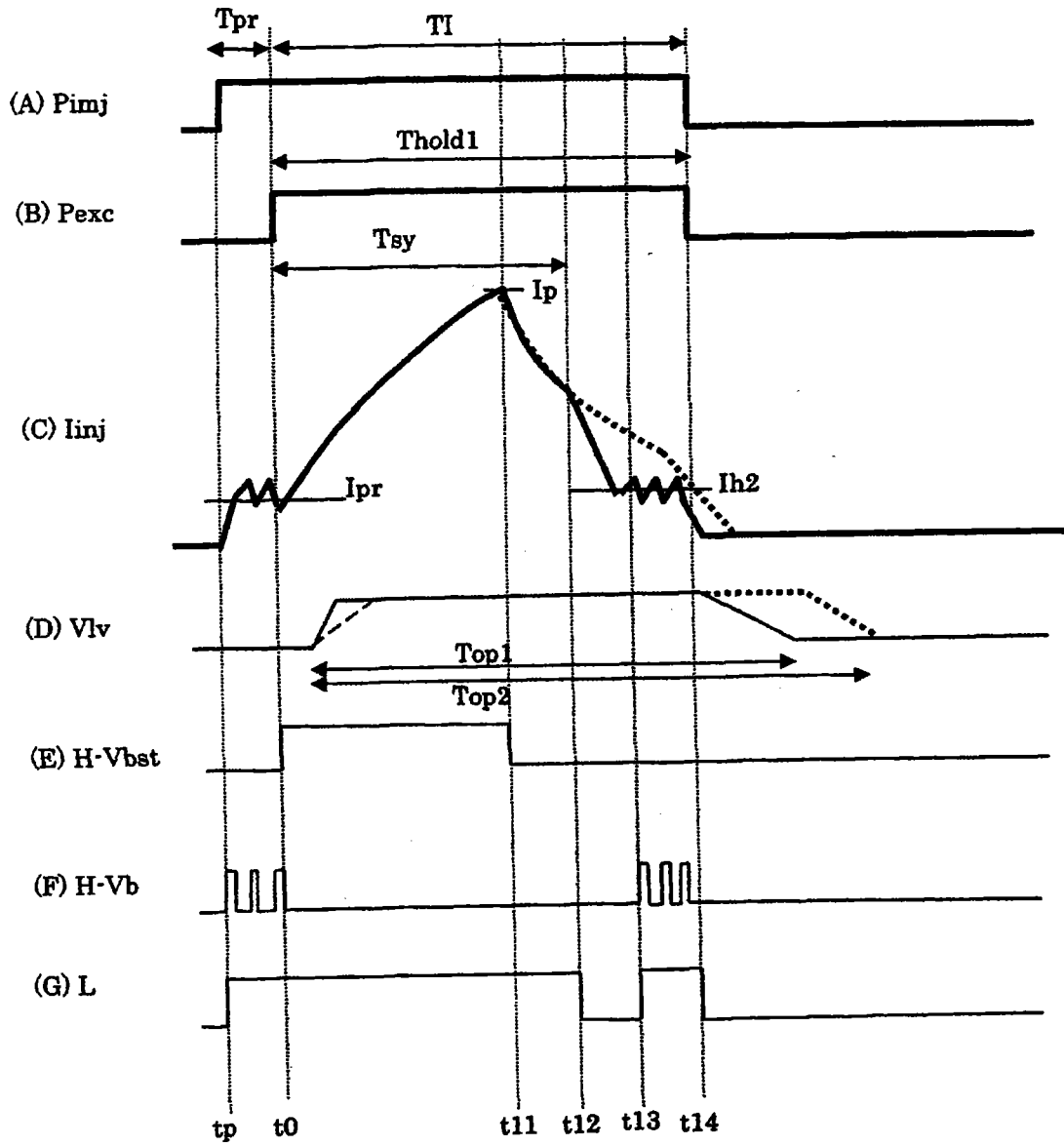


图 4

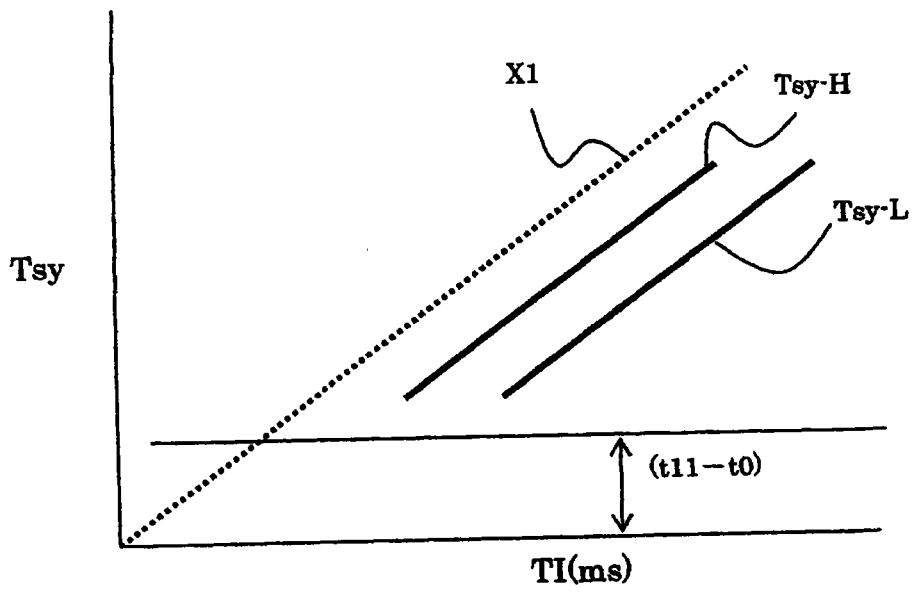


图 5

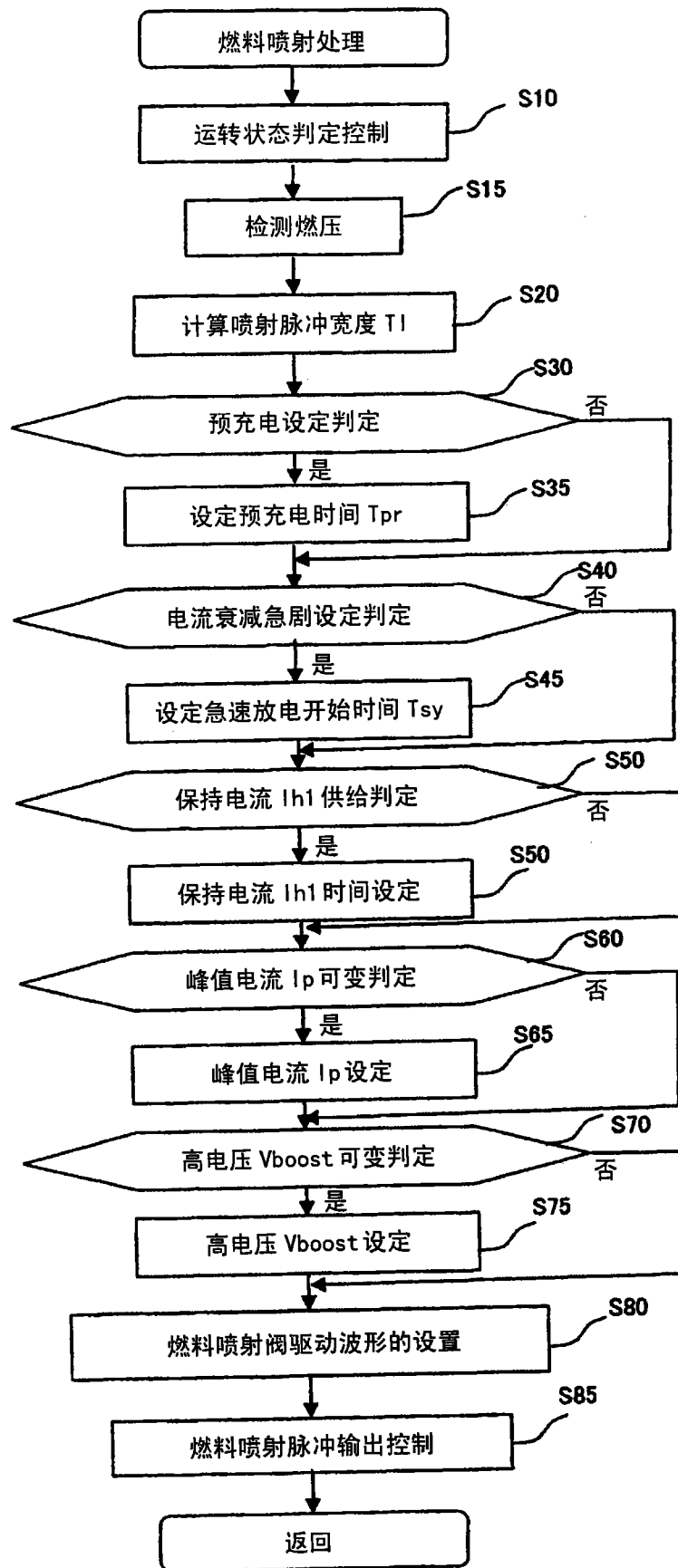


图 6

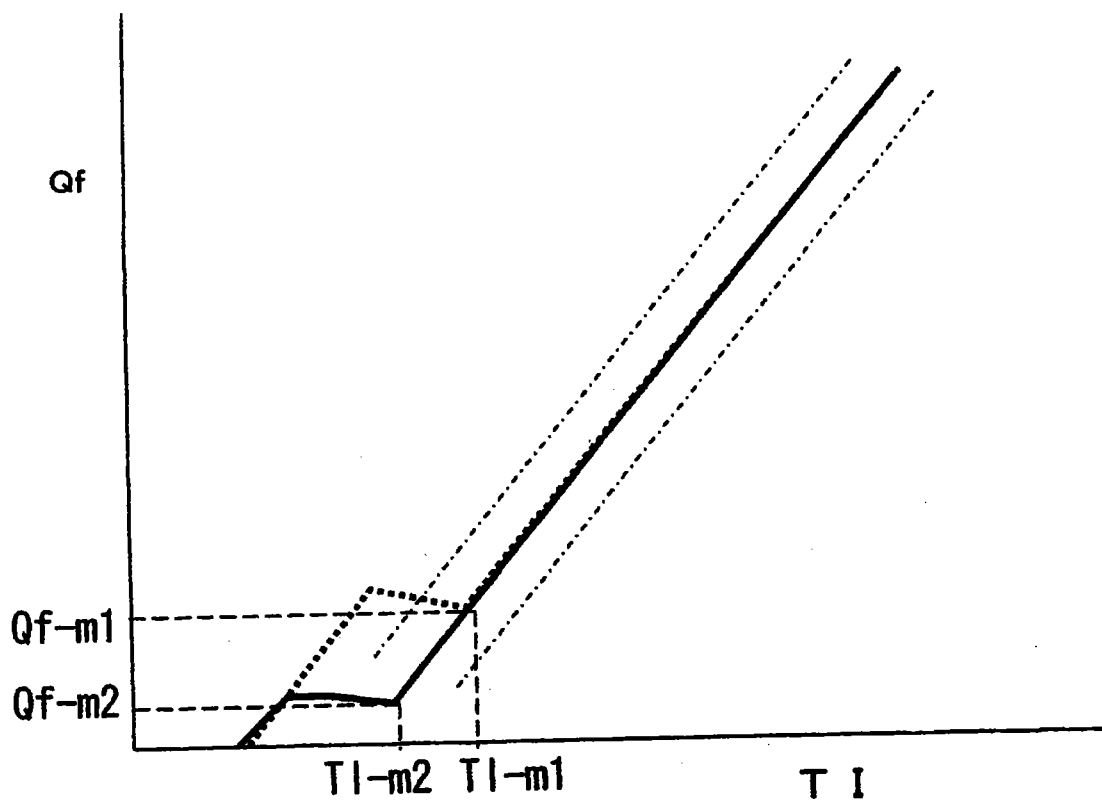


图 7

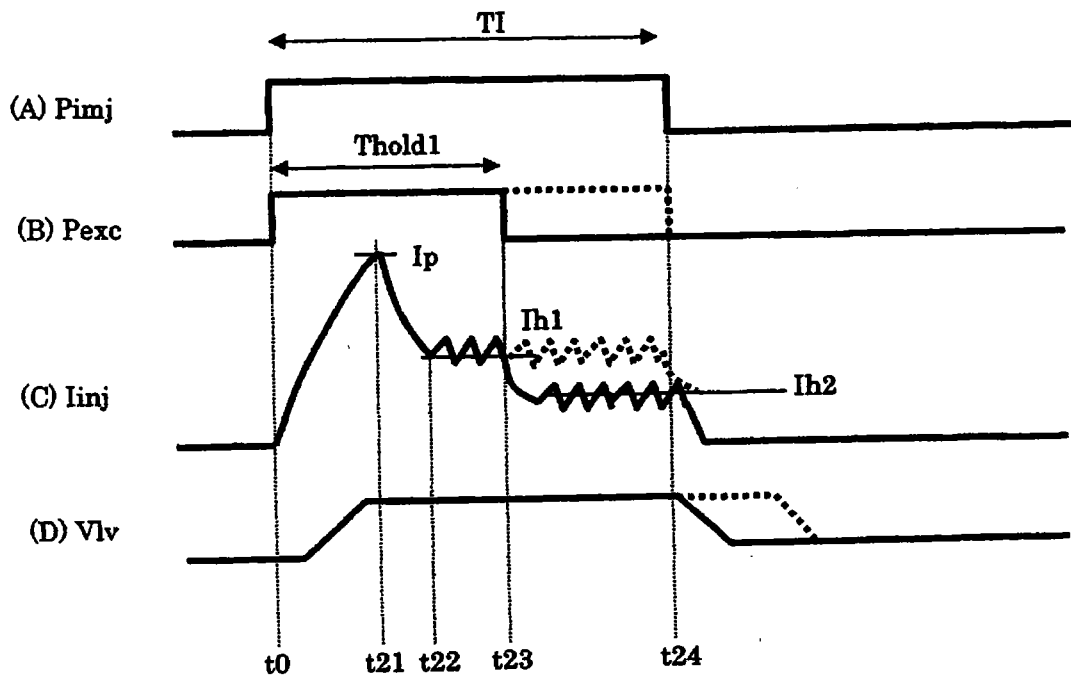


图 8

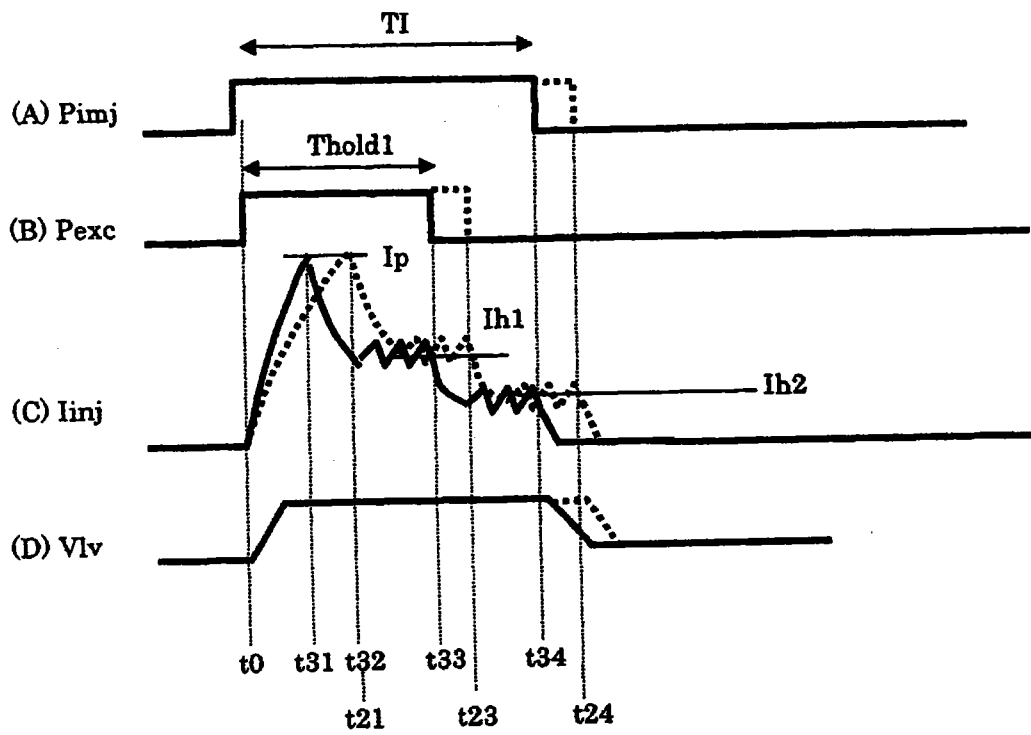


图 9

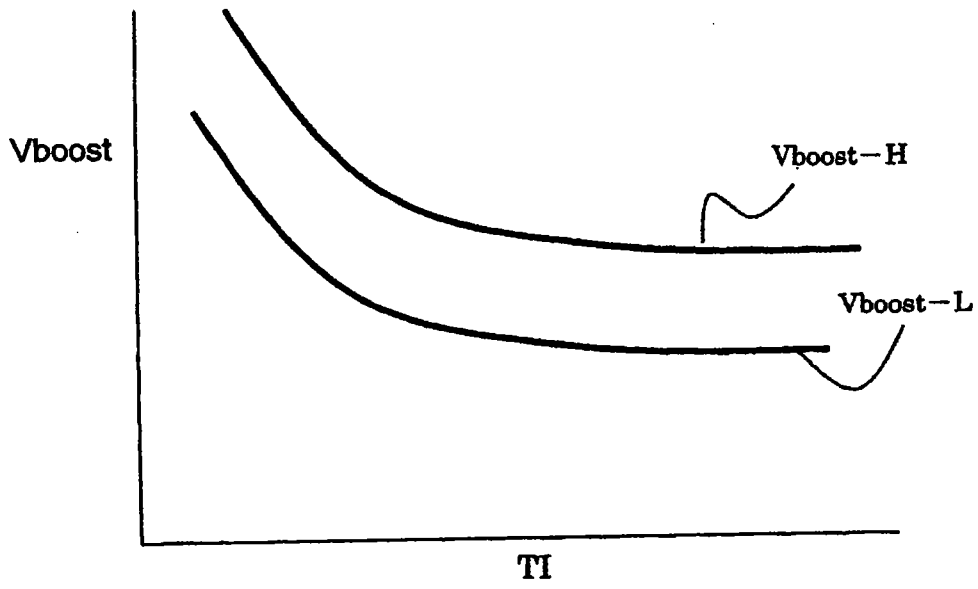


图 10

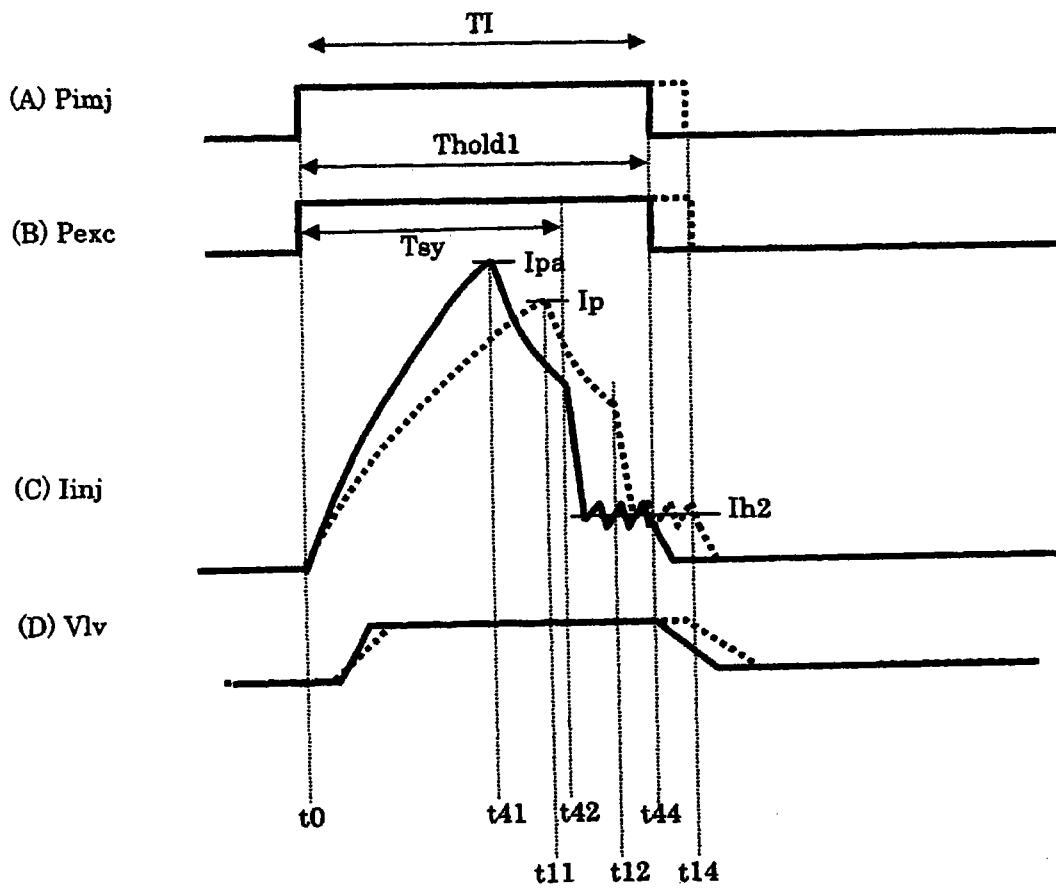


图 11