



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102269070 A

(43) 申请公布日 2011. 12. 07

(21) 申请号 201110233797. 6

(22) 申请日 2011. 08. 16

(71) 申请人 联合汽车电子有限公司
地址 201206 上海市浦东新区榕桥路 555 号

(72) 发明人 刘浩龙 汪学明 杨涛

(74) 专利代理机构 上海浦一知识产权代理有限公司 31211

代理人 王江富

(51) Int. Cl.

F02D 41/30 (2006. 01)

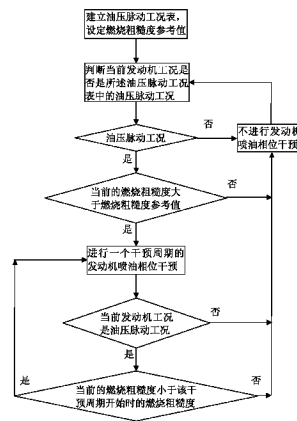
权利要求书 2 页 说明书 7 页 附图 2 页

(54) 发明名称

发动机燃油喷射控制方法

(57) 摘要

本发明公开了一种发动机燃油喷射控制方法,建立油压脉动工况表,设定燃烧粗糙度参考值;如果当前发动机工况是油压脉动工况,且当前的燃烧粗糙度大于燃烧粗糙度参考值,则进行一个干预周期的发动机喷油相位干预,否则不进行发动机喷油相位干预;经过一个干预周期后,如果当前发动机工况是油压脉动工况,且当前的燃烧粗糙度小于该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度,则继续发动机喷油相位干预,否则停止发动机喷油相位干预。本发明的发动机燃油喷射控制方法,能根据实时需要进行喷油相位干预,有效降低发动机油轨中的油压脉动。



1. 一种发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,包括以下步骤:

一. 建立油压脉动工况表,设定燃烧粗糙度参考值;

二. 检测发动机工况,判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况,如果是则进行步骤三,否则进行步骤七;

三. 如果当前的燃烧粗糙度大于燃烧粗糙度参考值,则进行步骤四,否则进行步骤七;

四. 进行一个干预周期的发动机喷油相位干预;

五. 经过一个干预周期后,判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况,如果是则进行步骤六,否则进行步骤七;

六. 计算当前的燃烧粗糙度,如果当前的燃烧粗糙度小于该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度,则进行步骤四,否则进行步骤七;

七. 不进行发动机喷油相位干预,然后进行步骤二。

2. 根据权利要求1所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,步骤六中,如果一统计周期内的失火率高于设定的参考失火率,或一统计周期内的转速波动值大于设定的参考转速波动值,则进行步骤七。

3. 根据权利要求1所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,燃烧粗糙度通过以下方式计算得到:

$$sdluts(i) = \frac{\sum_{i=1}^H |luts(i)|}{H},$$

$$luts(i) = A_i luts(i) - \frac{\sum_{i=1}^H A_i luts(i)}{H},$$

sdluts(i) 为第 i 段时间的燃烧粗糙度;luts(i) 为第 i 段时间的转速粗糙度差值,luts(i) 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 luts(i) 的加权系数, A_i 随着 luts(i) 的绝对值的增大而增大,H 为正整数。

4. 根据权利要求1所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,燃烧粗糙度通过以下方式计算得到:

$$sdluts(i) = sdluts(i-1) + d * (luts(i) - sdluts(i-1)),$$

$$luts(i) = A_i luts(i) - \text{mean}(i),$$

$$\text{mean}(i) = \text{mean}(i-1) + c * (A_i luts(i) - \text{mean}(i-1)),$$

sdluts(i) 为第 i 段时间的燃烧粗糙度;luts(i) 为第 i 段时间的转速粗糙度差值,luts(i) 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 luts(i) 的加权系数, A_i 随着 luts(i) 的绝对值的增大而增大,mean(i) 为 $A_i luts(i)$ 的滤波值,c、d 为系数。

5. 根据权利要求4所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,c、d 大于零且小于1。

6. 根据权利要求4所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,c 为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8 或 0.9,d 为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.7 或 0.9。

7. 根据权利要求3至6任一项所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,一段时间的转速粗糙度的加权系数与该段转速粗糙度的绝对值成正比。

8. 根据权利要求3至6任一项所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,转速粗糙度的计算方式如下:

$$luts(i) = \frac{ts(i+1) - ts(i) - tkomp(i)}{ts^3(i)} \quad ,ts = \frac{120}{nm} ,$$

式中, ts 为失火检测分段时间, $ts(i+1)$ 为第 $i+1$ 段失火检测分段时间, $ts(i)$ 为第 i 段失火检测分段时间, $tkomp(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度动态补偿系数。

9. 根据权利要求8所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,计算得到的转速粗糙度,根据齿偏差、各缸燃烧偏差进行进一步自学习修正。

10. 根据权利要求1至6任一项所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,进行发动机喷油相位干预,是以第一时间间隔、第二时间间隔两种时间间隔依序交替输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $(t_1 + t_2) = \frac{2}{f_1}$, $t_1 \neq t_2$;

不进行发动机喷油相位干预,是以第三时间间隔一种时间间隔输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $t_3 = \frac{1}{f_1}$;

其中, t_1 为第一时间间隔, t_2 为第二时间间隔, t_3 为第三时间间隔, f_1 为当前发动机燃油喷射频率。

11. 根据权利要求10所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于, t_1 等于或约等于 $3t_2$, $f_1 = \frac{n}{60} \times 0.5 \times m$, 其中, n 为当前发动机转速; m 为发动机缸数。

12. 根据权利要求1所述的发动机燃油喷射控制方法,其特征在于,所述油压脉动工况表的数据项包括发动机转速、发动机负荷,所述发动机工况包括发动机转速、发动机负荷、车速、水温、进气温度。

发动机燃油喷射控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及发动机技术,特别涉及一种发动机燃油喷射控制方法。

背景技术

[0002] 随着能源的日益枯竭和环境保护意识的不断增强,人们对于汽车技术的要求不断的提高。在发动机上使用多点喷射的电子控制系统,由于控制方法灵活,能够实现发动机空燃比的精确控制,目前已成为乘用车的标准配置。

[0003] 电子燃油喷射控制系统,以一个电子控制装置 (ECU) 为控制中心,利用安装在发动机不同部位上的各种传感器,测得发动机的各种工作参数,按照 ECU 中设定的控制程序,通过控制喷油器,精确的控制喷油量,使发动机在各种工况下都能获得最佳浓度的混合气。

[0004] 电子燃油喷射控制系统的燃油由燃油泵通过管路供给油轨,油轨提供足够的空间储存燃油,供给喷油器。喷油器接受 ECU 的指令,按规定的要求向进气歧管内喷油。

[0005] 进气量由驾驶员通过加速踏板操纵节气门来控制,节气门开度不同,进气量也不同,进气歧管内的真空度也不同,在同一转速下,进气歧管的真空度与进气量成一定的比例关系。进气歧管压力传感器可以将进气歧管内真空度的变化转变成电信号的变化,并送给 ECU, ECU 根据进气歧管真空度的大小计算出发动机进气量,再根据曲轴位置传感器测得信号计算出发动机转速,根据进气量和转速计算出相应的基本喷油量, ECU 根据进气压力和发动机转速控制发动机各缸喷油器,通过控制每次喷油的持续时间来控制喷油量,喷油持续时间越长,喷油量越大,各缸每次喷油的时刻由 ECU 根据安装于离合器壳体上的发动机转速 (曲轴位置) 传感器测得某一位置信号来控制。

[0006] ECU 根据进气量 (发动机充气效率) 计算指定静态流量的喷油器的喷油时间的一数学式为:

[0007]

$$t_e = \frac{\rho_{Air} \cdot V_{h_{zyl}}}{100 * L_{st} * Normmk * 1.05 * Q_{stat}} * \varphi_c * \lambda * \varepsilon \quad (1)$$

[0008] 其中:

[0009] t_e : 喷油时间, ms ;

[0010] ρ_{Air} : 1.293g/dm³ 空气密度 (0 度, 1013hPa) ;

[0011] $V_{h_{zyl}}$ 发动机一缸的排量, 单位 dm³ ;

[0012] Q_{stat} : 喷油器静态流量, g/min ;

[0013] 1.05 ; 修正系数 ;

[0014] L_{st} : 14.7, 理论空燃比 ;

[0015] $Normmk$: 0.00001667min/ms 单位转化系数 ;

[0016] φ_c : 发动机充气系数 ;

[0017] λ : 喷油量修正系数 ;

[0018] ε : 回油修正系数 ; = 1, 无回油系统 ; 有回游系统进行相关修正。

[0019] 由上式可知,在特定进气量的工况下,喷油时间与喷油器的静态流量密切相关。而喷油器的静态流量与油轨中的油压有密切联系,在名义油压为 p_1 , 名义静态流量为 $Q_{stat}p_1$ 的喷油器,在油压为 p_2 时候的静态流量为:

$$[0020] \quad Q_{stat}p_2 = Q_{stat}p_1 \times \sqrt{\frac{p_2}{p_1}} \quad (2)$$

[0021] 发动机电子燃油喷射控制系统,喷油时间以曲轴转角角度计。将喷油时间转化为对应的曲轴角度,以压缩上止点为基准,设定喷油提前角,进行定时喷油,某缸喷油器的喷油提前角,即该缸喷油器开始喷油时该缸活塞距离压缩达上止点的曲轴转角。

[0022] 现有的发动机电子燃油喷射控制系统, ECU 根据曲轴位置传感器测得的一个固定位置信号,发送驱动喷油电压信号给发动机各缸喷油器,控制各缸喷油器的喷油,在稳定工况下,发动机的相邻两缸喷油器的开始喷油时刻的差值都相同,即相邻两缸喷油器接收到驱动喷油电压信号的时间间隔相同。在发动机运行的过程,各缸喷油器有规律的快速开合不断的将油轨中的燃油喷出,在喷油器开启时,油轨管路中的燃油瞬间减少,油轨管内压力降低形成压力波,压力波以声速在油轨内进行传播,当前一压力波在传播过程中碰壁反射回到喷射点时,如果下一次喷射刚好发生,那么产生的新压力波和反射回来的前一压力波正向叠加,会导致油压脉动幅值大幅度增加,如图 1。现有的发动机电子燃油喷射控制系统,由于发动机各缸喷油器以相同的时间间隔有规律的快速开合,发动机在某些工况下产生的新压力波和反射回来的前一压力波容易正向叠加,导致油压脉动幅值大幅度增加,使实际喷油时的油压远远偏离于名义油压。

[0023] 图 1 中 ECU 发送驱动喷油电压信号给各缸喷油器时(即各缸喷油器喷油时)处于压力波的波谷,油压较低,实际喷油量远低于计算喷油量,从而会导致混合气的偏稀,发动机混合气的偏稀,将导致排放恶化、怠速抖动、异常熄火、失火等。因此,消除油轨中的油压脉动,使得发动机油轨中的油压稳定,保持发动机油轨中的实际油压与名义油压接近,是非常重要的。

[0024] 常规的方法是采用更改供油系统等硬件来消除发动机油轨中的油压脉动,如油轨管路中多采用弹性模量较小的材料、增大油轨的容积、改变油轨的形状、在油轨中加装油压调节器等,以用来调整油轨中的油压,使油压保持某一定值。但以上方法均会导致成本的增加。

[0025] 中国专利申请号 201110142324.5 记载了一种发动机燃油喷射控制方法,首先建立油压脉动工况表;根据当前发动机工况得到当前发动机燃油喷射频率 f_1 ,并判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况,如果是油压脉动工况则以第一时间间隔 t_1 、第二时间间隔 t_2 两种时间间隔交替依序输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $(t_1 + t_2) = \frac{2}{f_1}$, t_1 不等于 t_2 如果当前发动机工况不是油压脉动工况,则以第三时间间隔 t_3 一种时间间隔输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $t_3 = \frac{1}{f_1}$ 。中国专利申请号

201110142324.5 记载的发动机燃油喷射控制方法,通过软件更改,在油轨压力脉动较大的工况,采用交替的喷油相位,使得压力波相互干涉,使油轨压力波动大幅度降低,如图 2 所示。

[0026] 通常,存在油轨压力脉动,需要进行喷油相位干预的工况(如发动机转速、发动机负荷)可以通过试验得到。中国专利申请号 201110142324.5 记载的发动机燃油喷射控制方法,在实际车辆运行过程中,只要出现标定的工况就进行喷油相位干预,但是标定的工况有时并不能准确反映发动机的实际喷油量,不能准确反映混合气的实时浓度,所以在标定的工况下不能根据实时需要判断是否进行喷油相位干预,另外在进行喷油相位干预后,无法判断是否达到了预期的效果。

发明内容

[0027] 本发明要解决的技术问题是提供一种发动机燃油喷射控制方法,能根据实时需要进行喷油相位干预,有效降低发动机油轨中的油压脉动。

[0028] 为解决上述技术问题,本发明提供了一种发动机燃油喷射控制方法,包括以下步骤:

[0029] 一. 建立油压脉动工况表,设定燃烧粗糙度参考值;

[0030] 二. 检测发动机工况,判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况,如果是则进行步骤三,否则进行步骤七;

[0031] 三. 如果当前的燃烧粗糙度大于燃烧粗糙度参考值,则进行步骤四,否则进行步骤七;

[0032] 四. 进行一个干预周期的发动机喷油相位干预;

[0033] 五. 经过一个干预周期后,判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况,如果是则进行步骤六,否则进行步骤七;

[0034] 六. 计算当前的燃烧粗糙度,如果当前的燃烧粗糙度小于该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度,则进行步骤四,否则进行步骤七;

[0035] 七. 不进行发动机喷油相位干预,然后进行步骤二。

[0036] 较佳的,步骤六中,如果一统计周期内的失火率高于设定的参考失火率,或一统计周期内的转速波动值大于设定的参考转速波动值,则进行步骤七。

[0037] 燃烧粗糙度可以通过以下方式计算得到:

$$[0038] \quad sdluts(i) = \frac{\sum_{i=1}^H |lutso(i)|}{H},$$

$$[0039] \quad lutso(i) = A_i luts(i) - \frac{\sum_{i=1}^H A_i luts(i)}{H},$$

[0040] $sdluts(i)$ 为第 i 段时间的燃烧粗糙度; $lutso(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度差值, $luts(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 $luts(i)$ 的加权系数, A_i 随着 $luts(i)$ 的绝对值的增大而增大, H 为正整数。

[0041] 燃烧粗糙度还可以通过以下方式计算得到:

$$[0042] \quad sdluts(i) = sdluts(i-1) + d * (lutso(i) - sdluts(i-1)),$$

$$[0043] \quad lutso(i) = A_i luts(i) - mean(i),$$

$$[0044] \quad mean(i) = mean(i-1) + c * (A_i luts(i) - mean(i-1)),$$

[0045] $sdluts(i)$ 为第 i 段时间的燃烧粗糙度 ; $Lutso(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度差值, $luts(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 $luts(i)$ 的加权系数, A_i 随着 $luts(i)$ 的绝对值的增大而增大, $mean(i)$ 为 $A_i luts(i)$ 的滤波值, c 、 d 为系数。

[0046] 较佳的, c 、 d 大于零且小于 1。

[0047] c 可以为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8 或 0.9, d 可以为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.7 或 0.9。

[0048] 一段时间的转速粗糙度的加权系数可以与该段转速粗糙度的绝对值成正比。

[0049] 转速粗糙度的计算方式可以如下:

$$[0050] \quad luts(i) = \frac{ts(i+1) - ts(i) - tkomp(i)}{ts^3(i)} \quad , ts = \frac{120}{nm} ,$$

[0051] 式中, ts 为失火检测分段时间, $ts(i+1)$ 为第 $i+1$ 段失火检测分段时间, $ts(i)$ 为第 i 段失火检测分段时间, $tkomp(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度动态补偿系数。

[0052] 计算得到的转速粗糙度, 可以根据齿偏差、各缸燃烧偏差进行进一步自学习修正。

[0053] 进行发动机喷油相位干预, 可以是第一时间间隔、第二时间间隔两种时间间隔依序交替输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $(t_1 + t_2) = \frac{2}{f_1}$, $t_1 \neq t_2$;

[0054] 不进行发动机喷油相位干预, 可以是第三时间间隔一种时间间隔输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $t_3 = \frac{1}{f_1}$;

[0055] 其中, t_1 为第一时间间隔, t_2 为第二时间间隔, t_3 为第三时间间隔, f_1 为当前发动机燃油喷射频率。

[0056] 较佳的, t_1 等于或约等于 $3t_2$, $f_1 = \frac{n}{60} \times 0.5 \times m$, 其中, n 为当前发动机转速, m 为发动机缸数。

[0057] 所述油压脉动工况表的数据项可以包括发动机转速、发动机负荷, 所述发动机工况包括发动机转速、发动机负荷、车速、水温、进气温度。

[0058] 本发明的发动机燃油喷射控制方法, 采用燃烧粗糙度对发动机燃烧进行评估, 基于标定的工况下当前的燃烧粗糙度, 对标定的工况下是否需要喷油相位干预的进行实时判断, 若当前的燃烧粗糙度大于期望的燃烧粗糙度参考值, 则认为当前需要进行喷油相位干预。在进行一干预周期的喷油相位干预后, 基于对经喷油相位干预后的当前的燃烧粗糙度实时监控, 判断是否达到了预期的效果。在经喷油相位干预后, 若当前的燃烧粗糙度较该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度有所降低, 而且未发现失火率过高、转速波动值过大等异常情况, 则认为当前进行的喷油相位干预可靠且有效; 在经喷油相位干预后, 若当前的燃烧粗糙度较该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度未降低, 或发现失火率过高、转速波动值过大等异常情况, 则认为当前的相位干预无效, 需要立刻终止喷油相位干预, 从而使得喷油相位干预更加可靠, 有效降低发动机油轨中的油压脉动, 并避免主动控制可能造成的对发动机运行的负面影响。

附图说明

- [0059] 下面结合附图及具体实施方式对本发明作进一步详细说明。
- [0060] 图 1 是油压脉动与实际燃油喷射之间的关系示意图；
- [0061] 图 2 是进行发动机喷油相位干预取得的技术效果示意图；
- [0062] 图 3 是本发明的发动机燃油喷射控制方法一实施方式示意图；
- [0063] 图 4 是本发明的发动机燃油喷射控制方法一实施方式的燃烧粗糙度取得方法示意图。

具体实施方式

[0064] 本发明的发动机燃油喷射控制方法一实施方式如图 3 所示,包括以下步骤:

[0065] 一. 建立油压脉动工况表,油压脉动工况表的数据项包括发动机转速、发动机负荷等。通过试验检测发动机在各种工况下的喷油量,当一工况下由于油轨压力脉动导致实际喷油量少于名义喷油量的达一设定比例(如 5%、6%)以上时,则该工况属于油压脉动工况,即油压脉动工况是根据试验检测得到的由于油轨压力脉动导致实际喷油量少于名义喷油量的达一设定比例时的发动机工况;

[0066] 设定燃烧粗糙度参考值 $sdlutsr$;通过试验检测,在设定工况,人为的将空燃比调稀至转速有明显的波动,得到当时的燃烧粗糙度 $sdluts$,将多次在设定工况转速有明显波动时测得的多个燃烧粗糙度 $sdluts$ 的平均值乘以一个比例系数(如 0.8)作为燃烧粗糙度参考值,燃烧粗糙度参考值的设定是根据试验检测得到的。

[0067] 燃烧粗糙度通过以下方式计算得到,如图 4 所示:

[0068] 将第 i 段时间的转速粗糙度同其加权系数相乘;

[0069] 将各段时间的转速粗糙度同其对应的加权系数相乘的值进行累加平均,得到各段时间的转速粗糙度的加权平均值;

[0070] 一段时间转速粗糙度的加权系数随着该段转速粗糙度的绝对值的增大而增大,较佳的,一段时间转速粗糙度的加权系数与该段转速粗糙度的绝对值成正比;

[0071] 将第 i 段时间的转速粗糙度同其加权系数相乘的值,同各段时间的转速粗糙度的加权平均值相减,得到第 i 段时间的转速粗糙度差值;

$$[0072] \quad luts_o(i) = A_i luts(i) - \frac{\sum_{i=1}^H A_i luts(i)}{H},$$

[0073] $luts_o(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度差值, $luts(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 $luts(i)$ 的加权系数, A_i 随着 $luts(i)$ 的绝对值的增大而增大, H 为正整数;

[0074] 取各转速粗糙度差值的绝对值的平均值,作为第 i 段时间的燃烧粗糙度 $sdluts(i)$;

$$[0075] \quad sdluts(i) = \frac{\sum_{i=1}^H |luts_o(i)|}{H}。$$

[0076] 转速粗糙度的计算方式如下:

$$[0077] \quad luts(i) = \frac{ts(i+1) - ts(i) - tkomp(i)}{ts^3(i)},$$

$$[0078] \quad ts = \frac{720 / m}{360n / 60} = \frac{120}{nm},$$

[0079] 式中, ts 为失火检测分段时间, $ts(i+1)$ 为第 $i+1$ 段失火检测分段时间, $ts(i)$ 为第 i 段失火检测分段时间, $tkomp(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度动态补偿系数。

[0080] 上式中的转速粗糙度动态补偿系数 $tkomp$, 是考虑到动态过程 (如平稳加速) 中发动机转速的变化也会对转速粗糙度的计算值有所贡献, 故需要对其进行动态补偿, 将由于加速而引起的失火检测分段时间变化的部分作为转速粗糙度动态补偿系数扣除。

[0081] 通过上式计算得到的转速粗糙度, 可以根据齿偏差、各缸燃烧偏差等进行进一步自学习修正。

[0082] 燃烧粗糙度也通过以下方式计算得到:

$$[0083] \quad sdluts(i) = sdluts(i-1) + d * (lutso(i) - sdluts(i-1)),$$

$$[0084] \quad lutso(i) = A_i luts(i) - mean(i),$$

$$[0085] \quad mean(i) = mean(i-1) + c * (A_i luts(i) - mean(i-1)),$$

[0086] $sdluts(i)$ 为第 i 段时间的燃烧粗糙度; $lutso(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度差值, $luts(i)$ 为第 i 段时间的转速粗糙度, A_i 为 $luts(i)$ 的加权系数, A_i 随着 $luts(i)$ 的绝对值的增大而增大, $mean(i)$ 为 $A_i luts(i)$ 的滤波值, c 、 d 为系数。较佳的, c 、 d 大于零且小于 1, 如 c 可以为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.8 或 0.9, d 可以为 0.05、0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.7 或 0.9。 $sdluts(i)$ 、 $mean(i)$ 的初值通过赋值确定。

[0087] 二. 检测发动机工况 (发动机转速、发动机负荷、车速、水温、进气温度等), 判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况, 如果是则进行步骤三, 否则进行步骤七;

[0088] 三. 计算当前的燃烧粗糙度, 如果当前的燃烧粗糙度 $sdluts$ 大于燃烧粗糙度参考值 $sdlutsr$, 则进行步骤四, 否则进行步骤七;

[0089] 四. 进行一个干预周期的发动机喷油相位干预;

[0090] 进行发动机喷油相位干预, 可以是以第一时间间隔、第二时间间隔两种时间间隔依序交替输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器, $(t_1 + t_2) = \frac{2}{f_1}$, $t_1 \neq t_2$;

[0091] 其中, t_1 为第一时间间隔, t_2 为第二时间间隔, f_1 为当前发动机燃油喷射频率。

[0092] 较佳的, t_1 等于或约等于 $3t_2$, $f_1 = \frac{n}{60} \times 0.5 \times m$, 其中, n 为当前发动机转速; m 为发动机缸数;

[0093] 五. 经过一个干预周期后, 判断当前发动机工况是否是所述油压脉动工况表中的油压脉动工况, 如果是则进行步骤六, 否则进行步骤七;

[0094] 六. 计算当前的燃烧粗糙度, 如果当前的燃烧粗糙度不小于该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度, 或一统计周期内的失火率高于设定的参考失火率, 或一统计周期内的转速波动值大于设定的参考转速波动值, 则进行步骤七; 如果当前的燃烧粗糙度小于该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度, 且一统计周期内的失火率不高于设定的参考失火率, 且一统计

周期内的转速波动值不大于设定的参考转速波动值,则进行步骤四;

[0095] 七. 不进行发动机喷油相位干预,然后进行步骤二;

[0096] 不进行发动机喷油相位干预,可以是以第三时间间隔一种时间间隔输出驱动喷油电压信号到发动机各缸喷油器;

[0097] $t_3 = \frac{1}{f_1}$, t_3 为第三时间间隔。

[0098] 由于油轨压力脉动较大的时候,实际喷油量将远小于名义喷油量,会造成空燃比严重偏稀,发动机燃烧变差,导致转速变化剧烈、怠速抖动、异常熄火、失火等。本发明的发动机燃油喷射控制方法,采用燃烧粗糙度对发动机燃烧进行评估,基于标定的工况下当前的燃烧粗糙度,对标定的工况下是否需要喷油相位干预的进行实时判断,若当前的燃烧粗糙度大于期望的燃烧粗糙度参考值,则认为当前需要进行喷油相位干预。在进行一干预周期的喷油相位干预后,基于对经喷油相位干预后的当前的燃烧粗糙度实时监控,判断是否达到了预期的效果。在经喷油相位干预后,若当前的燃烧粗糙度较该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度有所降低,而且未发现失火率过高、转速波动值过大等异常情况,则认为当前进行的喷油相位干预可靠且有效;在经喷油相位干预后,若当前的燃烧粗糙度较该干预周期开始时刻的燃烧粗糙度未降低,或发现失火率过高、转速波动值过大等异常情况,则认为当前的相位干预无效,需要立刻终止喷油相位干预,从而使得喷油相位干预更加可靠,有效降低发动机油轨中的油压脉动,并避免主动控制可能造成的对发动机运行的负面影响。

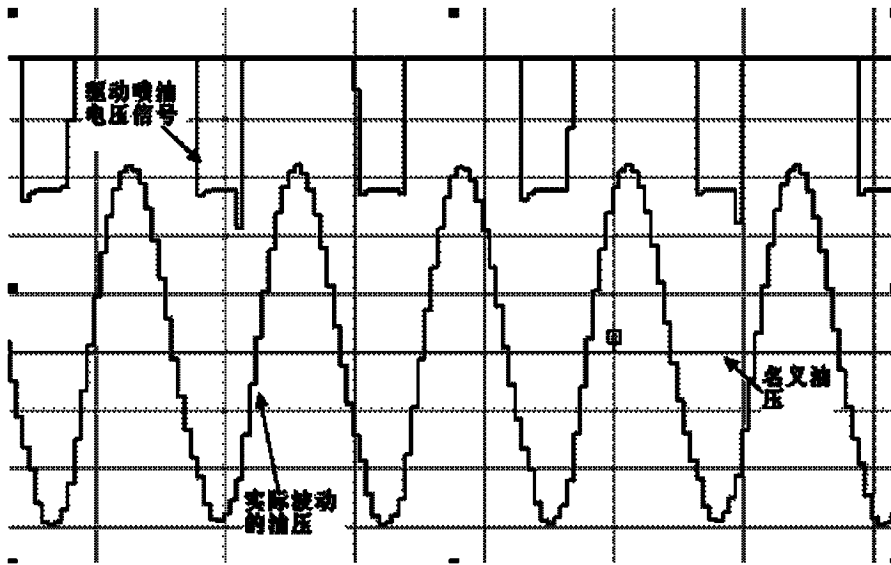


图 1

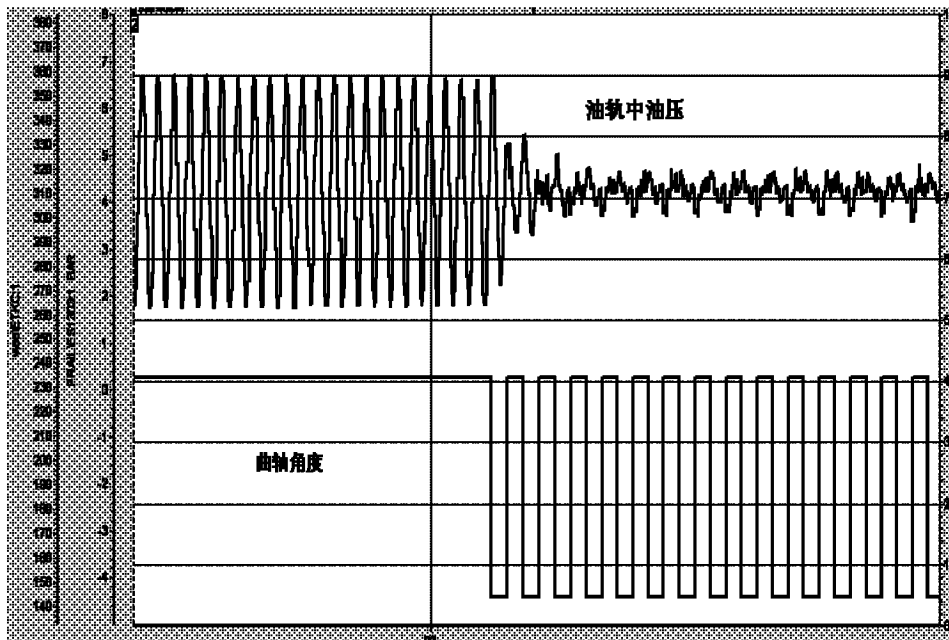


图 2

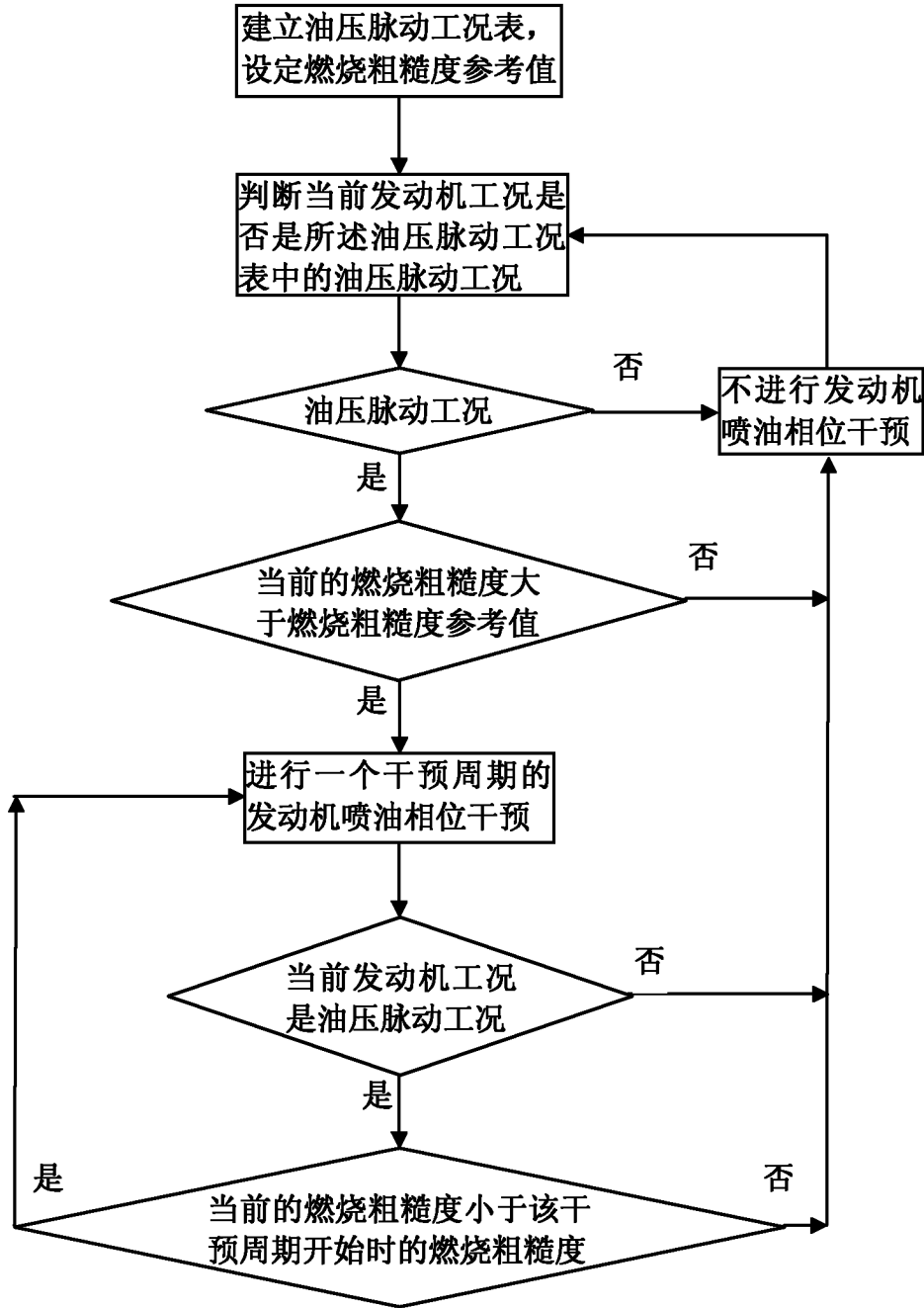


图 3

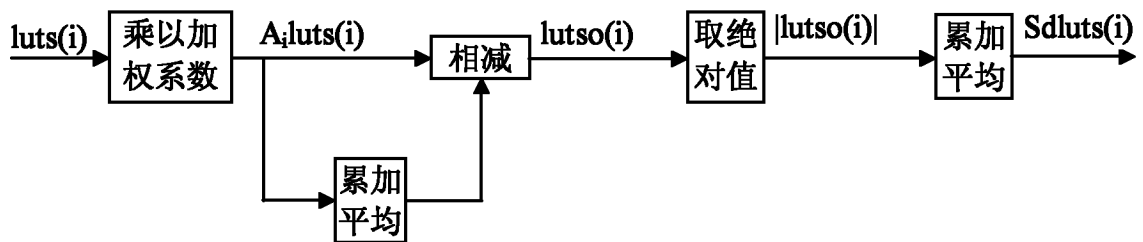


图 4