

(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101716873 B

(45) 授权公告日 2012. 09. 05

(21) 申请号 200910156962. 5

CN 101554830 A, 2009. 10. 14,

(22) 申请日 2009. 12. 24

CN 101524993 A, 2009. 09. 09,

(73) 专利权人 浙江亚太机电股份有限公司

审查员 郎志涛

地址 311203 浙江省杭州市萧山区亚太路  
1399 号

(72) 发明人 陈庆樟 施正堂 郭立书 鲍庆坤  
黄胜波

(74) 专利代理机构 杭州求是专利事务所有限公  
司 33200

代理人 林怀禹

(51) Int. Cl.

B60C 23/06 (2006. 01)

(56) 对比文件

US 2006/0276984 A1, 2006. 12. 07,

JP 特开 2005-247129 A, 2005. 09. 15,

JP 特开 2003-312222 A, 2003. 11. 06,

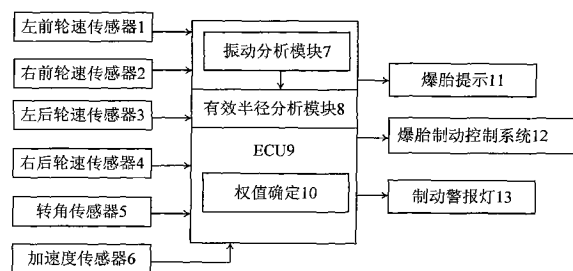
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 2 页

(54) 发明名称

一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法

(57) 摘要

本发明公开了一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法。爆胎或剧烈漏气监测系统电子控制单元 ECU 内包含轮速信号振动特性分析模块与有效半径特性分析模块, 分别完成轮胎固有频率阈值、固有频率实时监测计算与轮速变化速率及其阈值、对角车轮之间轮速乘积比值及其阈值计算, 并融合这些判据进行爆胎或剧烈漏气判断。本发明的监测方法判据算法进行了合理简化融合, 在发生爆胎或剧烈漏气后, 能够以间接的多判据融合的方式及时准确检测出来, 通知驾驶员相关信息或同时驱动相关爆胎制动控制系统, 提高了车辆意外爆胎或剧烈漏气的安全性能, 监测成本低。



1. 一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法,其特征在于:爆胎或剧烈漏气监测系统电子控制单元 ECU 内包含振动分析模块与有效半径特性分析模块,分别完成轮胎固有频率阈值、固有频率实时监测计算与轮速变化速率及其阈值、对角车轮之间轮速乘积比值及其阈值计算,并融合固有频率及有效半径特性这两个判据进行爆胎或剧烈漏气判断;

所述的爆胎或剧烈漏气判断是用振动分析模块先进行轮速信号振动频率分析,把固有频率判据作为第一判断必要条件;用有效半径特性分析模块把对轮速信号进行有效半径特性分析所得判据作为第二判断条件;

所述的振动分析模块先对轮速信号进行快速傅立叶变换,提取轮胎实时固有频率特性,而在轮胎固有频率阈值计算中,把轮胎气压比正常降低达 50% 作为爆胎或剧烈漏气特征,通过扭转弹性刚度、车重与固有频率关系计算轮胎达到爆胎或剧烈漏气时的固有频率阈值,并根据加速、制动和转弯工况导致目标轮胎垂直载荷增加量不同加入简单加权值修正;

所述的有效半径特性分析模块,把轮胎变形量达到胎高一半且泄气时间小于 200ms 作为爆胎或剧烈漏气特征,进行轮速变化率阈值计算及轮速变化率判断,并进行对角车轮轮速之间乘积比值及其阈值计算,如目标轮胎两个有效半径特性值均大于阈值,即轮速变化率阈值和有效半径比值阈值,则判断为爆胎或剧烈漏气。

## 一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法。

### 背景技术

[0002] 爆胎或剧烈漏气是因轮胎某一局部的机械强度受到严重削弱,胎压失去平衡而突然爆破或剧烈漏气的紧急故障。但是由于驾驶员在车辆行驶中精力集中、隔音及车辆本身噪声的原因,很难及时获得车辆爆胎或剧烈漏气信息,从而导致失去车辆制动和稳定操控的最佳时机。相关研究表明,爆胎后的 2-3 秒内车辆的操控性改变不大,这段时间是爆胎车辆降低车速的最佳时机,并且只要操作得当完全可以在保证车辆稳定性的前提下短时间内把车速降到安全车速范围内。因此爆胎信息的监测判断是解决车辆爆胎安全问题的先行条件之一。

[0003] 经相关技术文献检索发现,目前针对车辆爆胎或剧烈漏气的监测措施主要有如下几种:

[0004] 1) 基于直接 TPMS(轮胎压力监测系统)监测轮胎气压与温度,通过提高 TPMS 采样频率,对轮胎气压进行监测,在 TPMS 模块中增设爆胎判断模块(专利号:00101579.6 及 200620015565.8),这种方法能够比较准确直接地获得并判断爆胎信号。但是由于 TPMS 要求具有较小的功率消耗,以适于长时间使用,而提高其采样频率无疑大大增加了其功耗,缩短了 TPMS 的使用寿命。

[0005] 2) 在胎冠上布置磁性发信体,轮辋上设置磁控开关等无源器件作为轮胎气压监测模块的供电开关或唤醒开关,磁控开关常态为开路,当胎冠接近轮辋时,胎冠上的磁性发信体触发磁控开关闭合导通,采样爆胎信号(专利号:200710034995.3)。这种方法无需电源,但结构材料要求高,轮胎成本高,而且当胎冠接近轮辋时轮胎变形已到达了最大,才采样爆胎信号,时间上的滞后较大,实用性不高。

[0006] 3) 以车轮轮速变化速率作为爆胎监测采样对象,当某车轮轮速变化速率达到设定阈值,其余车轮速率未同时作相应变化,即判定为爆胎发生(专利号:200810091027.0)。这种方法只需软件实现,成本低,但准确率低,易误报。

### 发明内容

[0007] 针对上述对车辆爆胎监测措施现状,本发明的目的在于提供一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法,根据采样的轮速信号通过频谱分析及有效半径计算手段,确定轮胎实时固有频率及有效半径特性,当某个轮胎实时固有频率低于设定阈值且计算有效半径特性小于设定阈值,而其它轮胎都在正常值范围内,则判定为该轮胎爆胎或剧烈漏气。

[0008] 本发明为解决以上技术问题所采用的技术方案是:

[0009] 爆胎或剧烈漏气监测系统电子控制单元 ECU 内包含轮速信号振动特性分析模块与有效半径特性分析模块,分别完成轮胎固有频率阈值、固有频率实时监测计算与轮速变化速率及其阈值、对角车轮之间轮速乘积比值及其阈值计算,并融合这些判据进行爆胎或

剧烈漏气判断。

[0010] 所述的爆胎或剧烈漏气判断是用轮速信号振动特性分析模块先进行轮速信号振动频率分析,把固有频率判据作为第一判断必要条件;用有效半径特性分析模块把对轮速信号进行有效半径特性分析所得判据作为第二判断条件。

[0011] 所述的轮速信号振动特性分析模块先对轮速信号进行快速傅立叶变换,提取轮胎实时固有频率特性,而在轮胎固有频率阈值计算中,把轮胎气压比正常降低达 50% 作为爆胎或剧烈漏气特征,通过扭转弹性刚度、车重与固有频率关系计算轮胎达到爆胎或剧烈漏气时的固有频率阈值,并根据加速、制动和转弯工况导致目标轮胎垂直载荷增加量不同加入简单加权值修正。

[0012] 所述的有效半径特性分析模块,把轮胎变形量达到胎高一半且泄气时间小于 200ms 作为爆胎或剧烈漏气特征,进行轮速变化率阈值计算及轮速变化率判断,并进行对角车轮轮速之间乘积比值及其阈值计算,如目标轮胎两个有效半径特性值均大于阈值,则判断为爆胎或剧烈漏气。

[0013] 本发明的具有的有益效果是:

[0014] 该监测方法判据算法进行了合理简化融合,在发生爆胎或剧烈漏气后,能够以间接的多判据融合的方式及时准确检测出来,通知驾驶员相关信息或同时驱动相关爆胎制动控制系统,提高了车辆意外爆胎或剧烈漏气的安全性能,监测成本低。

## 附图说明

[0015] 图 1 是本发明的系统框图。

[0016] 图 2 是本发明的系统爆胎或剧烈漏气判断流程图。

## 具体实施方式

[0017] 下面结合附图和实施例对本发明进一步说明。

[0018] 所述的一种车辆爆胎或剧烈漏气监测方法,利用爆胎或剧烈漏气轮胎固有频率急剧变小和轮胎有效半径急剧变小的特点,通过对各轮速信号进行振动特性分析及车轮有效半径特性分析,获取车辆各轮胎固有频率特性与有效半径特性,在经验公式与试验基础上确定轮胎爆胎或剧烈漏气相关特性阈值(判据),如某一特性处于爆胎或剧烈漏气判据范围内,则再根据车辆当前转弯和制动工况对爆胎或剧烈漏气判断进行加权判断,确定目标轮胎是否属于爆胎或剧烈漏气,最后进行爆胎提示,并驱动爆胎制动控制系统(如果备有该系统)。

[0019] 如图 1 所示,车辆在行驶过程中,左前轮速传感器 1,右前轮速传感器 2,左后轮速传感器 3,右后轮速传感器 4 信号及转角传感器 5,加速度传感器 6 的信号经信号处理后送入 ECU9 中的振动分析模块 7 及有效半径分析模块 8 进行振动分析与车轮有效半径分析。

[0020] 其中振动分析模块 7 的振动分析计算过程如下:

[0021] 先确定轮胎爆胎或剧烈漏气固有频率阈值,根据相关研究文献轮胎固有频率与轮胎扭转弹性刚度之间关系经验公式:

$$[0022] \quad f_{resonance} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k - \Delta k}{N_i}}$$

[0023] 式中,  $f_{\text{resonance}}$  为轮胎固有频率,  $k$  为轮胎扭转弹性刚度,  $\Delta k$  为气压变化后轮胎扭转弹性刚度变化量,  $N_i$  为作用在车轮上的法向力,  $i = \text{FL}, \text{FR}, \text{RL}, \text{RR}$  (分别表示左前轮、右前轮、左后轮、右后轮)。在简化轮胎模型中, 轮胎扭转弹性刚度  $k$  变化近似与气压变化成正比。定义当气压变化达 50% 以上认为是爆胎或剧烈漏气, 则可以确定固有频率阈值为:

$$[0024] \quad f_{\text{resonance-min}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2k_0}{G}}$$

[0025] 式中,  $f_{\text{resonance-min}}$  为轮胎固有频率阈值,  $k_0$  为轮胎正常气压下扭转弹性刚度,  $k_0$  可以通过静态测量获得,  $G$  为静态下车辆重量。由以上可以确定轮胎爆胎或剧烈漏气判据。

[0026] 通过轮速信号处理对轮胎振动特性实时监测分析, 利用快速傅立叶变换 (FFT) 将轮速时域信号变换为频域信号, 获取其相应轮胎实时固有频率  $f_{\text{resonance-real}}$ , 如果某轮胎有  $f_{\text{resonance-real}} \leq f_{\text{resonance-min}}$ , 则再根据车辆转角传感器 5 和加速度传感器 6 信号确定的车辆转向及加速状况, 通过 ECU9 中的权值确定 10 对轮胎实时固有频率进行加权修正, 确定权值, 权值为  $t_i$ , 权值的大小与转弯方向、转弯半径大小及制动强度或加速度有关。为了简化算法, 加权值设定简化为当由于加减速及转弯导致被检测异常车轮垂直载荷增加小于等于 0.25G (近似于 1 倍原载荷) 时,  $t_i = 1$ ; 当被检测出异常的车轮由于加减速及转弯导致垂直载荷增加大于 0.25G 时,  $t_i = 0.8$ 。如果  $t_i \cdot f_{\text{resonance-real}} \leq f_{\text{resonance-min}}$ , 则判断为满足爆胎或剧烈漏气必要条件之一, 接着根据车辆有效半径分析结果进行进一步判断。

[0027] 车轮半径有效半径分析模块 8 的车轮有效半径分析计算过程如下:

[0028] 由于爆胎或剧烈漏气均导致轮胎大变形, 从而车轮有效半径迅速减小, 根据相关技术文献数据, 设定爆胎或剧烈漏气时轮胎变形量达到胎高  $h_{\text{tire}}$  的一半以上, 且泄气时间小于 200ms, 则如根据转速信号检测到该时间段内某车轮角速度变化率  $\omega'_j$  有:

$$[0029] \quad \omega'_j \geq \frac{h_{\text{tire}}}{2r - h_{\text{tire}}} = \omega'_{j-\text{max}}$$

[0030] 可判断为该车轮有爆胎或剧烈漏气可能, 式中  $r$  为正常气压下车轮半径。再根据对角车轮之间乘积比值在正常胎压下具有近似为 1 的特性, 在爆胎或剧烈漏气时, 有效半径的大值变化会产生相应比值变化, 以车轮  $j$  为分子计算可得另一判据:

$$[0031] \quad \eta \geq \frac{r}{r - 0.5h_{\text{tire}}} = \eta_{\text{max}}$$

[0032] 若有效半径分析的两个判据均符合判断轮胎处于爆胎或剧烈漏气状况, 则认为由车轮分析而得的爆胎或剧烈漏气判断条件成立。

[0033] 如果某个车轮轮速信号振动分析与有效半径分析均符合相关判据, 则可断定为该轮胎处于爆胎或剧烈漏气状况。

[0034] 如果判断了车轮处于爆胎或剧烈漏气状态, 则驱动爆胎指示 11、爆胎制动控制系统 12 和制动警报灯 13。

[0035] 本发明的系统流程图如图 2 所示, 初始化完成  $f_{\text{resonance-min}}$ ,  $\omega'_{j-\text{max}}$  及  $\eta_{\text{max}}$  计算, 轮速信号采集后进行快速傅立叶变换 (FFT), 计算实时轮胎固有频率  $f_{\text{resonance-real}}$ , 判断  $f_{\text{resonance-real}}$  是否小于等于阈值  $f_{\text{resonance-min}}$ , 大于则返回实时固有频率监测, 如果符合判断则确定权值  $t_i$ , 判断  $t_i \cdot f_{\text{resonance-real}}$  是否小于等于  $f_{\text{resonance-min}}$ , 如果大于则返回实时固有频率监测, 否则进一步进行有效半径分析; 判断轮速 200ms 增加率  $\omega'_j$  是否大于等于  $\omega'_{j-\text{max}}$ ,

如果小于则返回实时固有频率监测, 否则再进行对角车轮之间乘积比值  $\eta$  计算, 看其是否大于等于  $\eta_{\max}$ , 如果小于则返回实时固有频率监测, 否则判断目标轮胎为爆胎或剧烈漏气。系统判断轮胎处于爆胎或剧烈漏气状态后, 则驱动爆胎警示灯及一些相关安全装置。

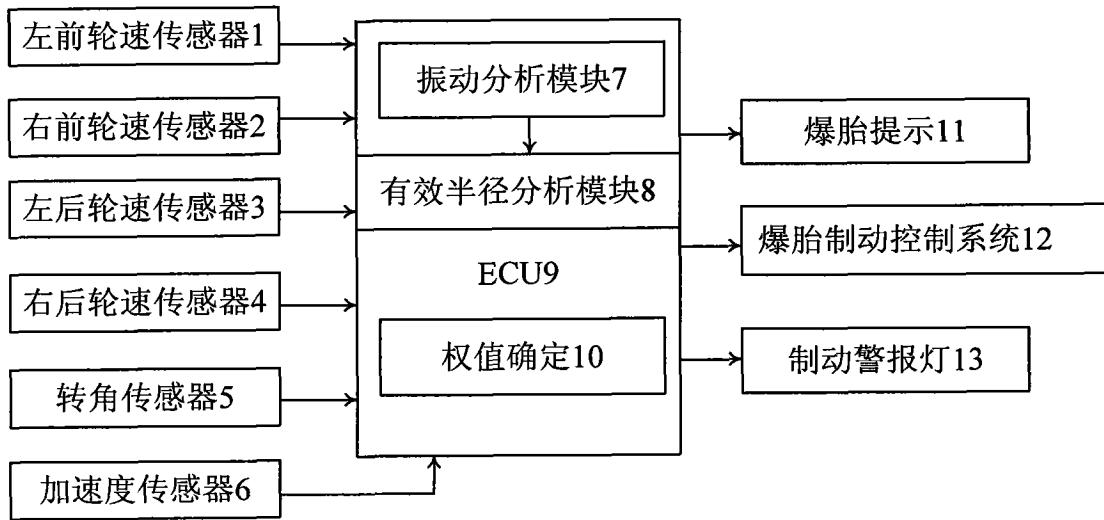


图 1

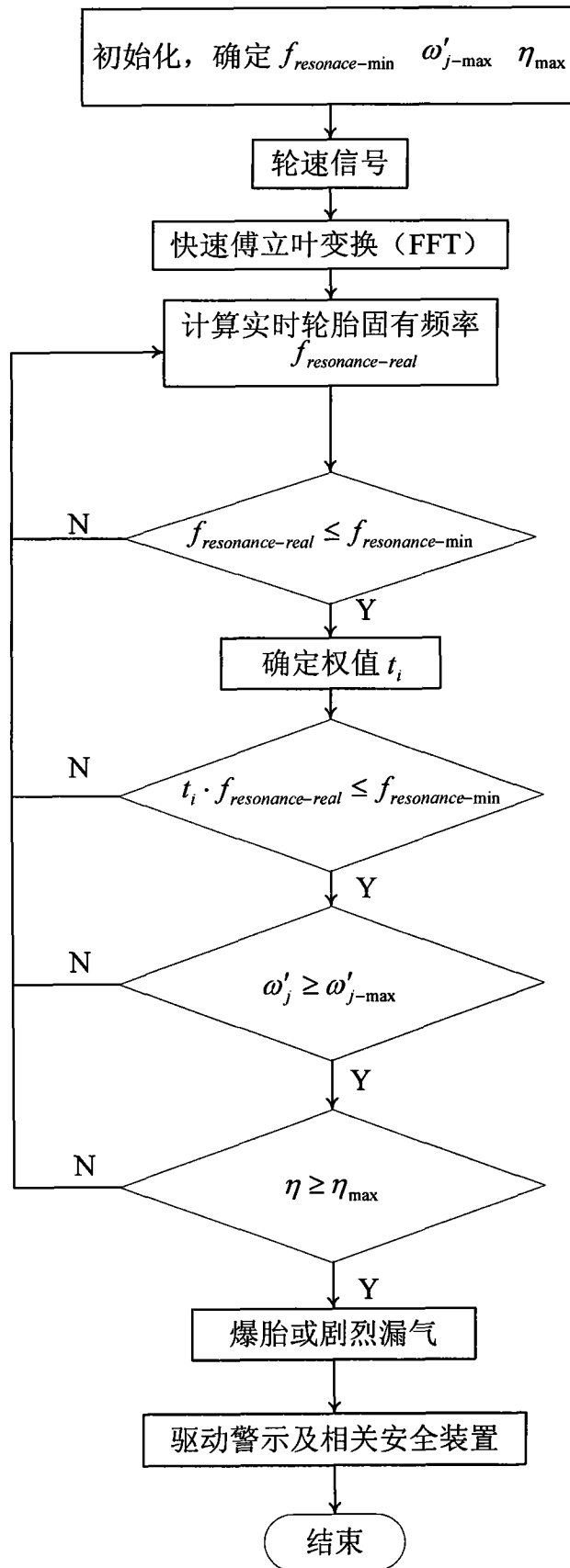


图 2