



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 108211075 B

(45)授权公告日 2020.07.10

(21)申请号 201711350792.5

审查员 杨慧

(22)申请日 2017.12.15

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108211075 A

(43)申请公布日 2018.06.29

(73)专利权人 湖南明康中锦医疗科技发展有限公司

地址 410205 湖南省长沙市岳麓区麓景路8号巨星创业基地北一楼102

(72)发明人 戴征 陈宁 王辉 黄皓轩

(74)专利代理机构 长沙楚为知识产权代理事务所(普通合伙) 43217

代理人 陶祥琪

(51)Int.Cl.

A61M 16/08(2006.01)

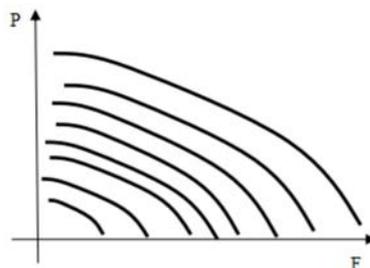
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54)发明名称

呼吸机风机的稳压方法

(57)摘要

本发明提供一种呼吸机风机的稳压方法,该稳压方法在通过建立和优化风机等转速线簇,然后结合控制算法得到最终呼吸机风机要调整的目标转速 $R_d$ ,最后,通过转速-电流公式,将转速转换成电流,实现对风机进行稳压控制。本发明提供的风机稳压方法能在短时间内将输出压力恢复到需要输出的目标值允许的误差压力范围内;是一种能快速精准将呼吸机风机输出压力调节至目标压力允许误差范围内的呼吸机风机稳压方法,既避免采用PID控制方法引起的压力振荡,也能克服开环控制的不精准性。



1.呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,具体包括如下步骤:

S1、建立和优化风机等转速线簇;

S11、设定风机起点转速 $R_0$ ,测量固定风机转速 $R_0$ 下不同输出压力 $P$ 时,对应的流量 $F$ ,建立一条以流量 $F$ 为横坐标,输出压力 $P$ 为纵坐标的风机等转速线;

S12、以起点转速 $R_0$ 增加或者减少对风机转速进行调整,得到不同的风机转速 $R$ ,依据S11中的方法,建立不同转速 $R$ 下的多条风机等转速线 $f_R(F,P)$ ,得到的多条风机等转速线形成电机等转速线簇,所述电机等转速线簇涵盖该风机能达到的所有转速及所有压力、流量的组合;

S13、采用椭圆的解析函数对每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 进行拟合描述,椭圆解析函数为:

$$\frac{(F-a)^2}{R^2} + \frac{(P-b)^2}{R^2} = 1,$$

得到每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 如下公式(1):

$$f_R(F,P) = R = \sqrt{(F-a)^2 + (P-b)^2},$$

其中: $a$ 表示 $F=0$ 时对应的压力; $b$ 表示 $P=0$ 时对应的流量; $P \geq 0$ ;  $F \geq 0$ ;

S2、设定:压力传感器、流量传感器的采样周期为 $T$ ,采样周期个数为 $n$ ,输出的目标压力为 $TP$ ;

呼吸机控制系统监测实时压力 $P_s$ ,若在 $n$ 个采样周期 $T$ 内, $P_s$ 均超出允许的误差压力范围,启动稳压程序,对风机进行稳压调整;

S3、此时,压力传感器、流量传感器分别获取 $n$ 个采样周期 $T$ 内对应的压力值、流量值,同时分别对 $n$ 个压力值、流量值求取平均值,得到平均压力值 $P_1$ 、平均流量值 $F_1$ ,根据步骤S13中的公式(1)求得 $R_1$ ,然后求得转速 $R_1$ 对应的风机等转速线 $f_{R_1}(F,P)$ 上,与过 $(F_1,P_1)$ 点的切线相垂直的直线 $L$ ,通过比较目标压力 $TP$ 与 $P_1$ 的大小确定风机转速的调节方向:

若 $TP > P_1$ ,风机加速;

若 $TP < P_1$ ,风机减速;

S4、系统确定风机转速的调节方向后,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机转速的调节方向,逐个计算直线 $L$ 与各条风机等转速线 $f_R(F,P)$ 的交点;

当风机加速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机加速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值 $P_q$ 大于目标压力 $TP$ ,跳出;

当风机减速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机减速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值小于目标压力 $TP$ ,跳出;

S5、系统选取交点 $(F_q,P_q)$ 的沿风机调节方向的前一个交点 $(F_p,P_p)$ 对应的等转速线 $R_p$ 和交点 $(F_q,P_q)$ 所在的等转速线 $R_q$ 作为风机的调节目标的参考;

S6、然后,计算出 $TP$ 距离两个交点的距离的比值 $D$ ,比值 $D$ 的计算公式(2)如下:

$$D = \frac{(P_{TP} - P_p)^2 + (F_{TP} - F_p)^2}{(P_{TP} - P_q)^2 + (F_{TP} - F_q)^2},$$

得出最终风机要调整的目标转速 $R_d$ , $R_d$ 计算如公式(3):

$$R_d = D |R_p - R_q|$$

S7、最后,通过转速-电流公式 $f_I(R)$ ,将转速 $R$ 转换成电流 $I$ ,对风机进行稳压控制。

2. 根据权利要求1所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,步骤S7中的转速-电流公式如公式(4):

$$f_I(R) = I = 0.00621\sqrt{R} + 0.0361\ln(R)。$$

3. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,步骤S3中,所述直线 $L$ 为过点 $(F_1, P_1)$ 且平行于 $F$ 轴的直线 $P = P_1$ 。

4. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,步骤S3中,所述直线 $L$ 为过点 $(F_1, P_1)$ 且平行于 $P$ 轴的直线 $F = F_1$ 。

5. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,

步骤S3中,所述直线 $L$ 为非直线构造的 $L$ 曲线, $L$ 曲线为抛物线: $P = \frac{P_1}{F_1^2} F^2$ 。

6. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,步骤S12中对转速 $R$ 进行等幅度增加或者减少地调整,调整幅度为 $10 \sim 50 \text{r/min}$ 。

7. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,

步骤S3中,对 $n$ 个压力值、流量值求取平均值的方法为求算数平均、几何平均或者加权平均。

8. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,采样周期 $T$ 为 $1 \sim 10 \text{ms}$ ,对应地,采用频率为 $100 \sim 1000 \text{Hz}$ 。

9. 根据权利要求1或2所述的呼吸机风机的稳压方法,其特征在于,采样周期 $T$ 的个数 $n = 5 \sim 20$ 。

## 呼吸机风机的稳压方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种风机的稳压方法,尤其涉及一种呼吸机风机的稳压方法。

### 背景技术

[0002] 在现代临床医学中,呼吸机作为一项能人工替代自主通气功能的有效手段,已普遍用于各种原因所致的呼吸衰竭、大手术期间的麻醉呼吸管理、呼吸支持治疗和急救复苏中,在现代医学领域内占有十分重要的位置。呼吸机是一种能够起到预防和治疗呼吸衰竭,减少并发症,挽救及延长病人生命的至关重要的医疗设备。

[0003] 呼吸机是一种以输出一定压力或流速的空气为目的的,辅助呼吸功能不全或因特殊情况无法自主呼吸的患者呼吸的医疗器械。以电机为动力的涡轮风机是呼吸机为主要部件,呼吸机风机的控制系统是整个呼吸机系统最为关键的系统之一。

[0004] 当呼吸机控制系统中的压力传感器和流量传感器采集到原始数据后,将采用FIR滤波器进行滤波,得到消除背景噪声的光滑的压力和流量曲线。在电机的稳压阶段,滤波后的压力曲线影响呈现出一条几乎是平直的曲线,但由于病人气道、漏气孔、湿化水盒、管路等结构和用户的存在,使得整个系统中存在一定的干扰,随时可能对压力造成影响,使得输出的压力值围绕着预期目标值变动。

[0005] 现有呼吸机的风机是通过PID调节或者开环控制来实现稳压的,前者PID调节的方式,通过不停地读取当前压力值,然后比较实际压力值与目标压力值之间的差距来加速或减速风机,达到压力值在目标值误差范围内波动的目的;后者开环控制的方式,通过经验值建立一个控制模型,即把目标压力和电机转速建立一个大致对应的关系,在电机转速达到经验值设定的范围内以后,停止对风机的控制。

[0006] 上述两种稳压控制方法,在进行稳压时,PID调节的方式容易引发压力的震荡,而开环控制的方式由于只是将目标压力与电机转速建立一个大致对应的关系,因此无法达到精确控制,通常会让实际压力与要求稳定的压力值之间有明显的差距;因此采用上述两种稳压控制方法都会很大程度上地影响呼吸机的性能,甚至还可能对呼吸机使用者造成一定的安全隐患。

[0007] 对比文件1:CN105944197A公开一种呼吸机风机的开环控制方法及系统。所述开环控制方法包括步骤:在呼吸机的工作模式下,设定呼吸机预输出气流的目标压力 $P$ ;通过流量传感器采集所述呼吸机所输出气流的实时流量值 $F$ ;根据所述目标压力 $P$ 、实时流量值 $F$ 和风机控制量校准表,按照预定规则计算在所述实时流量值 $F$ 时,输出所述目标压力 $P$ 所需要的气机控制量 $DFP$ ,其中,所述风机控制量校准表中存储有 $m$ 个预设流量值分别在 $n$ 个预设风机控制量下所对应的 $m*n$ 个输出压力值,其中 $m$ 、 $n$ 均为正整数;根据所述风机控制量 $DFP$ 控制所述呼吸机风机。该对比文件提供一种呼吸机风机的开环控制方法,可以减低压力振荡的可能,但是仍不能避免开环控制本身存在的不精准性。

## 发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种呼吸机风机的稳压方法,该稳压方法能防止引发压力的震荡,同时能实现对压力的快速、精准调节,将呼吸机风机的输出压力控制在目标压力允许的误差范围内,提高呼吸机的性能。

[0009] 为了解决上述技术问题,本发明采用以下技术方案:

[0010] 提供一种呼吸机风机的稳压方法,具体包括如下步骤:

[0011] S1、建立和优化风机等转速线簇

[0012] S11、设定风机起点转速 $R_0$ ,测量固定风机转速 $R_0$ 下不同输出压力 $P$ 时,对应的流量 $F$ ,建立一条以流量 $F$ 为横坐标,输出压力 $P$ 为纵坐标的风机等转速线;

[0013] S12、以起点转速 $R_0$ 增加或者减少对风机转速进行调整,得到不同的风机转速 $R$ ,依据S11中的方法,建立不同转速 $R$ 下的多条风机等转速线 $f_R(F,P)$ ,得到的多条风机等转速线形成电机等转速线簇,所述电机等转速线簇涵盖该风机能达到的所有转速及所有压力、流量的组合;

[0014] S13、采用椭圆的解析函数对每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 进行拟合描述,椭圆解析函数为:

$$[0015] \quad \frac{(F-a)^2}{R^2} + \frac{(P-b)^2}{R^2} = 1$$

[0016] 得到每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 如下公式(1):

$$[0017] \quad f_R(F,P) = R = \sqrt{(F-a)^2 + (P-b)^2}$$

[0018] 其中: $a$ 表示 $F=0$ 时对应的压力; $b$ 表示 $P=0$ 时对应的流量; $P \geq 0$ ;  $F \geq 0$ ;

[0019] S2、设定:压力传感器、流量传感器的采样周期为 $T$ ,采样周期个数为 $n$ ,输出的目标压力为 $TP$ ;

[0020] 呼吸机控制系统监测实时压力 $P_s$ ,若在 $n$ 个采样周期 $T$ 内, $P_s$ 均超出允许的误差压力范围,启动稳压程序,对风机进行稳压调整;

[0021] S3、此时,压力传感器、流量传感器分别获取 $n$ 个采样周期 $T$ 内对应的压力值、流量值,同时分别对 $n$ 个压力值、流量值求取平均值,得到平均压力值 $P_1$ 、平均流量值 $F_1$ ,根据步骤S13中的公式(1)求得 $R_1$ ,然后求得转速 $R_1$ 对应的风机等转速线 $f_{R_1}(F,P)$ 上,与过 $(F_1,P_1)$ 点的切线相垂直的直线 $L$ ,通过比较目标压力 $TP$ 与 $P_1$ 的大小确定风机转速的调节方向:

[0022] 若 $TP > P_1$ ,风机加速;

[0023] 若 $TP < P_1$ ,风机减速;

[0024] S4、系统确定风机转速的调节方向后,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机转速的调节方向,逐个计算直线 $L$ 与各条风机等转速线 $f_R(F,P)$ 的交点;

[0025] 当风机加速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机加速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值 $P_q$ 大于目标压力 $TP$ ,跳出;

[0026] 当风机减速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机减速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值小于目标压力 $TP$ ,跳出;

[0027] S5、系统选取交点 $(F_q,P_q)$ 的沿风机调节方向的前一个交点 $(F_p,P_p)$ 对应的等转速线 $R_p$ 和交点 $(F_q,P_q)$ 所在的等转速线 $R_q$ 作为风机的调节目标的参考;

[0028] S6、然后,计算出TP距离两个交点的距离的比值D,比值D的计算公式(2)如下:

$$[0029] \quad D = \frac{(P_{TP} - Pp)^2 + (F_{TP} - Fp)^2}{(P_{TP} - Pq)^2 + (F_{TP} - Fq)^2},$$

[0030] 得出最终风机要调整的目标转速 $R_d$ , $R_d$ 计算如公式(3):

$$[0031] \quad R_d = D |R_p - R_q|$$

[0032] S7、最后,通过转速-电流公式 $f_I(R)$ ,将转速R转换成电流I,对风机进行稳压控制。

[0033] 进一步地,

[0034] 步骤S7中的转速-电流公式如公式(4):

$$[0035] \quad f_I(R) = I = 0.00621\sqrt{R} + 0.0361\ln(R)。$$

[0036] 进一步地,

[0037] 步骤S3中,所述直线L为过点 $(F_1, P_1)$ 且平行于F轴的直线 $P = P_1$ ;

[0038] 进一步地,

[0039] 步骤S3中,所述直线L为过点 $(F_1, P_1)$ 且平行于P轴的直线 $F = F_1$ 。

[0040] 进一步地,

[0041] 步骤S3中,所述直线L为非直线构造的L曲线,L曲线为抛物线:

$$[0042] \quad P = cF^2, \text{其中} c \text{保证该抛物线过点} (F_1, P_1), \text{即: } c = \frac{P_1}{F_1^2};$$

$$[0043] \quad \text{即: } P = \frac{P_1}{F_1^2} F^2$$

[0044] 进一步地,

[0045] 步骤S12中对转速R进行等幅度增加或者减少地调整,调整幅度为10~50r/min。

[0046] 也可以更根据实际情况进行非等幅度的调整。

[0047] 优选地,

[0048] 步骤S3中,对n个压力值、流量值求取平均值的方法为求算数平均、几何平均或者加权平均。

[0049] 优选地,

[0050] 采样周期T为100~1000HZ。

[0051] 优选地,

[0052] 采样周期个数 $n = 5 \sim 20$ 。

[0053] 本发明的有益效果:

[0054] 在呼吸机风机压力的稳定期内,由于压力波动或者病人翻身等原因,都会造成压力小幅度(约1cmH<sub>2</sub>O左右)的震动,此时,为了保证治疗效果,尽量保持输出压力的稳定性。本发明提供的风机稳压方法能在短时间内(一般是几十毫秒,甚至是几毫秒),将输出压力恢复到需要输出的目标值TP允许的误差压力范围内。

[0055] 因此,本发明是一种能快速精准将呼吸机风机输出压力调节至目标压力允许误差范围内的呼吸机风机稳压方法。既避免采用PID控制方法引起的压力振荡,也能克服开环控制的不精准性。

## 附图说明

[0056] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0057] 图1为本发明实施例1转速为1000r/min的风机等转速线示意图;

[0058] 图2为本发明实施例1呼吸机风机稳压方法的风机等转速线簇示意图;

[0059] 图3为本发明实施例1呼吸机风机稳压方法的直线L的绘制示意图。

## 具体实施方式

[0060] 下面结合实施例及附图对发明进一步说明,但不用来限制本发明的范围。

[0061] 如图1-3所示,本发明提供一种呼吸机风机的稳压方法,具体包括如下步骤:

[0062] S1、建立和优化风机等转速线簇

[0063] S11、设定风机起点转速 $R_0$ ,本实施例中 $R_0=1000\text{r}/\text{min}$ ;测量固定风机转速1000r/min下不同输出压力 $P$ 时,对应的流量 $F$ ,例如:在输出压力1cmH<sub>2</sub>O时,对应50LPM流量,而在输出4cmH<sub>2</sub>O时,对应5LPM流量;建立一条以流量 $F$ 为横坐标,输出压力 $P$ 为纵坐标的风机等转速线,在这一条曲线的任意位置上,风机的转速都是相同的(图1示意);

[0064] S12、本实施例中以起点转速1000r/min增加或减少对风机转速进行调整,得到不同的风机转速 $R$ ,得到不同的风机转速 $R$ ,然后依据S11中的方法,建立不同转速 $R$ 下的多条风机等转速线 $f_R(F,P)$ ,得到的多条风机等转速线形成电机等转速线簇(由于实际需要获得的等转速线比图2更多,更密集,图2仅作为示意),所述电机等转速线簇涵盖该风机能达到的所有转速及所有压力、流量的组合;

[0065] 本步骤中可以根据实际需要以10~50r/min等幅度增加或者减少对风机转速进行调整,调整幅度越小,得到的曲线越密,越精准越贴近实际;也可以根据实际需要进行非等幅度的调整。

[0066] S13、采用椭圆的解析函数对上述每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 进行拟合描述,椭圆解析函数为:

$$[0067] \quad \frac{(F-a)^2}{R^2} + \frac{(P-b)^2}{R^2} = 1$$

[0068] 得到每条电机等转速线 $f_R(F,P)$ 如下公式(1):

$$[0069] \quad f_R(F,P) = R = \sqrt{(F-a)^2 + (P-b)^2}$$

[0070] 其中: $a$ 表示 $F=0$ 时对应的压力; $b$ 表示 $P=0$ 时对应的流量; $P \geq 0$ ; $F \geq 0$ ;

[0071] S2、设定本实施例中压力传感器、流量传感器的采样周期为 $T=1000\text{HZ}(1\text{ms})$ ,采样周期个数为 $n=10$ ,输出的目标压力为 $T_P$ ;

[0072] 呼吸机控制系统监测实时压力 $P_s$ ,若在10个采样周期内, $P_s$ 均超出允许的误差压力范围(本实施例的允许误差压力范围为0.5cmH<sub>2</sub>O),启动稳压程序,对风机进行稳压调整;

[0073] 作为其他优选实施例,根据实际需要,采样周期可以设定在100~1000HZ(1~10ms);采样个数 $n$ 可以设定在5~20个。

[0074] S3、此时,压力传感器、流量传感器分别获取10个采样周期内对应的压力值、流量值,同时分别对这10个压力值、流量值求取平均值,得到平均压力值 $P_1$ 、平均流量值 $F_1$ ,在求取平均值的时候,可以求取算数平均值、几何平均值或者加权平均值,本实施例中优选采用对10个压力值、流量值求取几何平均值。

[0075] 根据步骤S13中的公式(1)求得 $R_1$ ,然后求得转速 $R_1$ 对应的风机等转速线 $f_{R_1}(F,P)$ 上,与过 $(F_1,P_1)$ 点的切线相垂直的直线L,通过比较目标压力TP与 $P_1$ 的大小确定风机转速的调节方向:

[0076] 若 $TP > P_1$ ,风机加速;(TP位于直线L往F轴正方向的延伸线上)

[0077] 若 $TP < P_1$ ,风机减速;(TP位于直线L往F轴负方向的延伸线上)

[0078] S4、系统确定风机转速的调节方向后,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机转速的调节方向,逐个计算直线L与各条风机等转速线 $f_R(F,P)$ 的交点;

[0079] 当风机加速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机加速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值 $P_q$ 大于目标压力TP,跳出;

[0080] 当风机减速调节时,以 $(F_1,P_1)$ 点为起点,沿风机减速方向直到找到一个交点 $(F_q,P_q)$ 的压力值小于目标压力TP,跳出;

[0081] S5、系统选取交点 $(F_q,P_q)$ 的沿风机调节方向的前一个交点 $(F_p,P_p)$ 对应的等转速线 $R_p$ 和交点 $(F_q,P_q)$ 所在的等转速线 $R_q$ 作为风机的调节目标的参考;

[0082] S6、然后,计算出TP距离两个交点的距离的比值D,比值D的计算公式(2)如下:

$$[0083] \quad D = \frac{(P_{TP} - P_p)^2 + (F_{TP} - F_p)^2}{(P_{TP} - P_q)^2 + (F_{TP} - F_q)^2},$$

[0084] 得出最终风机要调整的目标转速 $R_d$ , $R_d$ 计算如公式(3):

$$[0085] \quad R_d = D |R_p - R_q|$$

[0086] S7、最后,通过转速-电流公式 $f_I(R)$ ,转速-电流公式如公式(4):

$$[0087] \quad f_I(R) = I = 0.00621\sqrt{R} + 0.0361\ln(R);$$

[0088] 将转速R转换成电流I,对风机进行稳压控制。

[0089] 作为其他优选实施例,

[0090] 步骤S3中,所述直线L可替换为过点 $(F_1,P_1)$ 且平行于F轴的直线 $P=P_1$ 。

[0091] 或者替换为:过点 $(F_1,P_1)$ 且平行于P轴的直线 $F=F_1$ 。

[0092] 还可以替换为:过点 $(F_1,P_1)$ 的抛物线: $P = \frac{P_1}{F_1^2} F^2$

[0093] 当然还可以是构造的过点 $(F_1,P_1)$ 的其他非直线。

[0094] 在本实施例呼吸机风机压力的稳定期内,由于压力波动或者病人翻身等原因,都会造成压力小幅度(约1cmH<sub>2</sub>O左右)的震动,此时,为了保证治疗效果,尽量保持输出压力的稳定性。本发明提供的风机稳压方法能在短时间内(一般是几十毫秒,甚至是几毫秒),将输出压力恢复到需要输出的目标值TP允许的误差压力范围内。

[0095] 因此,本发明是一种能快速精准将呼吸机风机输出压力调节至目标压力允许误差范围内的呼吸机风机稳压方法。既避免采用PID控制方法引起的压力振荡,也能克服开环控制的不精准性。

[0096] 以上显示和描述了本发明的基本原理、主要特征和本发明的优点。本行业的技术人员应该了解,本发明不受上述实施例的限制,上述实施例和说明书中描述的只是说明本发明的原理,在不脱离本发明精神和范围的前提下本发明还会有各种变化和改进,这些变化和改进都落入要求保护的本发明范围内。本发明要求保护范围由所附的权利要求书及其等同物界定。

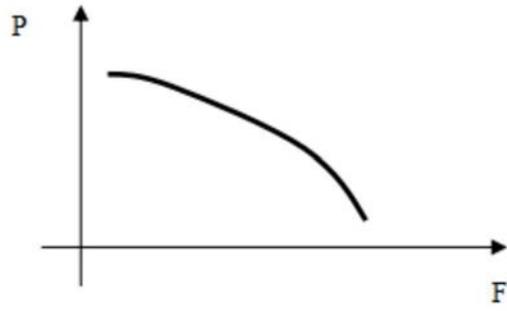


图1

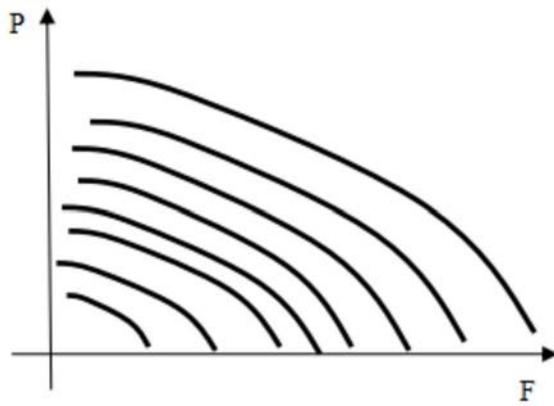


图2

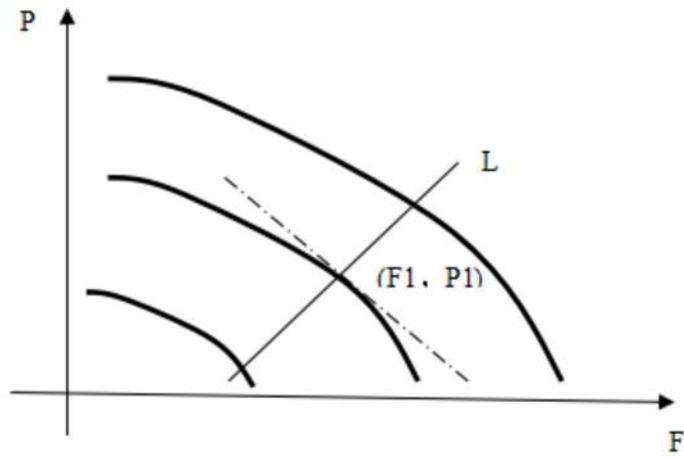


图3