

# 乘法器 AD633 在动平衡机设计中的应用

王 丽

(空军工程大学 工程学院, 陕西 西安 710038)

**摘 要:**介绍了乘法器 AD633 的特点,采用 AD633 乘法器设计的平衡机,实现了动不平衡量的乘法相关求解,并进行了特定耗时性能测试,测试结果表明,应用 AD633 乘法器能够大幅度提高工作效率。

**关键词:**乘法器; 动平衡机; 相关

**中图分类号:** TH877    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1009-3516(2007)05-0084-03

机器中绕轴线旋转的零部件,称为机器的转子。转子不平衡所引起的周期性振动是旋转机械的主要激振源,也是多种自激振动的触发因素,它是由转子质量分布不均匀、制造、安装误差等原因造成的,且与转子转速有关。不平衡会引起转子的挠曲和内应力,使机器产生振动和噪声,加速轴承、轴封等零部件的磨损,降低机器的工作效率,甚至会引起各种严重的事故。据统计,由于不平衡原因引起的振动故障约占机器总故障的 24%。因此,需要在转子旋转时测出其不平衡量及相位,并通过加重、去重等方式进行校正,这就是动平衡机的基本任务。

从原理上分,动平衡机可分为软支撑动平衡机和硬支撑动平衡机<sup>[1]</sup>。由于硬支撑动平衡机只需一次标定,通用性强,因此硬支撑动平衡机近年发展迅速,已成为动平衡机的主流。目前,国外品牌占据着我国动平衡机市场的主导地位,其中比较有名的公司有德国的卡尔申克、日本的明石制作所等。硬支撑动平衡机一般采用传统的长时间积分方法,由于模拟电路的信号建立比较慢,程控放大器经常需要反复换档几次,才能稳定,测量速度较慢,一次测量经常耗时 5 min 以上,尤其是转子转速低(小于 10 Hz)时,耗时达 10 min 以上,不利于快速测量和工业化生产。

## 1 AD633 乘法器

AD633 是美国 AD 公司生产的一款多功能四象限模拟乘法器,其应用简单,性能较好,且所需外围器件少,可方便的实现乘法、除法、开方运算,并可用于调制/解调、相位检测、压控放大、振荡器和滤波器等电路设计中。

AD633 作为业界第一款 8 脚 DIP 或 SOIC 封装的四象限模拟乘法器,它的 X、Y 乘法输入端为差分高阻输入,Z 加法输入端亦为高阻输入,从而使信号源的阻抗可以忽略不计。AD633 满刻度精度为 2%,在 10 Hz - 10 kHz 的带宽范围内,其 Y 输入端的非线性典型值小于 0.1%。AD633 的  $\pm 8V - \pm 18V$  宽供电范围、1MHz 工作带宽和容性负载驱动能力,使得其广泛应用于对电路复杂性和性价比敏感的场所。

## 2 动平衡机设计中乘法相关电路的实现

### 2.1 设计原理与方案

在动平衡机设计中,需要求解动不平衡点的不平衡量大小和相位。传统的求解方式是,对传感器测量的原始信号进行平滑滤波后,在一段时间内进行多次采样,并对采样数据和转子转速脉冲进行分析,从而确定最大值以及最大值对应的相位。

收稿日期:2007-01-19

作者简介:王 丽(1975-),女,山西左权人,讲师,博士生,主要从事武器系统检测自动化与智能化研究。

采用 AD633 乘法器实现的乘法相关求解则不需多次采样,节约了测量时间,简化了信号处理。不平衡量乘法相关求解方法如图 1 所示。

设经信号调理处理后的两路传感器信号分别为:  $A\sin(\omega t + \theta)$ 、 $A\sin(\omega t + \phi)$ , 其中,  $A$  为不平衡量的幅度,  $\omega$  为转子的旋转角速率,  $\theta$ 、 $\phi$  分别为左右两路传感器信号的不平衡量相位(相对于标准转速脉冲);光电传感器拾取的转速信号经预处理、锁相环后,将锁相环输出的多路  $2^N$  倍频转速信号作为数字化频率合成器 DDS 的并行地址,读取存储在 EPROM 中的波形,以转速信号的到来时刻为起始相位,产生数字化正弦波和余弦波<sup>[2-3]</sup>;经 LPF 滤波平滑后得到标准正弦波  $\sin\omega t$  和余弦波  $\cos\omega t$ 。两路传感器信号分别乘以同步于转速脉冲的标准正弦波和余弦波,并经低通滤波滤除  $2\omega t$  分量后,直接得到直流信号  $\frac{A}{2}\sin\theta$ 、 $\frac{A}{2}\sin\phi$ 、 $\frac{A}{2}\cos\theta$ 、 $\frac{A}{2}\cos\phi$ ,对得到的直流信号进行简单的平方和、反正切计算后,即可得出不平衡量的大小  $A$ 、左路相位  $\theta$ 、右路相位  $\phi$ 。

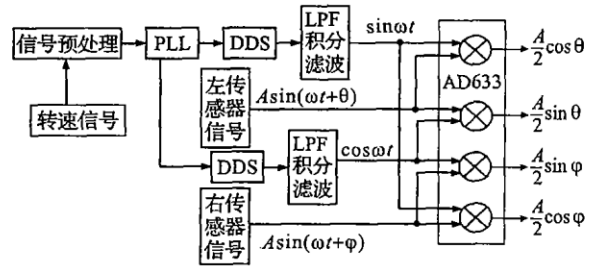


图 1 不平衡量的乘法相关求解

### 2.2 主要电路设计

#### 2.2.1 转速脉冲形成与锁相环电路

转速脉冲形成与锁相环电路如图 2 所示。由光电传感器采样的转速信号 RVACQIN 经差分放大、半波整流、限幅处理后,送入 CD4046 和 CD4040 组成的锁相倍频环路。锁相倍频环路实现稳定形成转速脉冲 RV1 的功能,并生成后续产生标准正弦波所需的地址信号 RV1 - RV128,各信号为转速脉冲 RV1 的 1 至 128 倍频<sup>[4-5]</sup>。

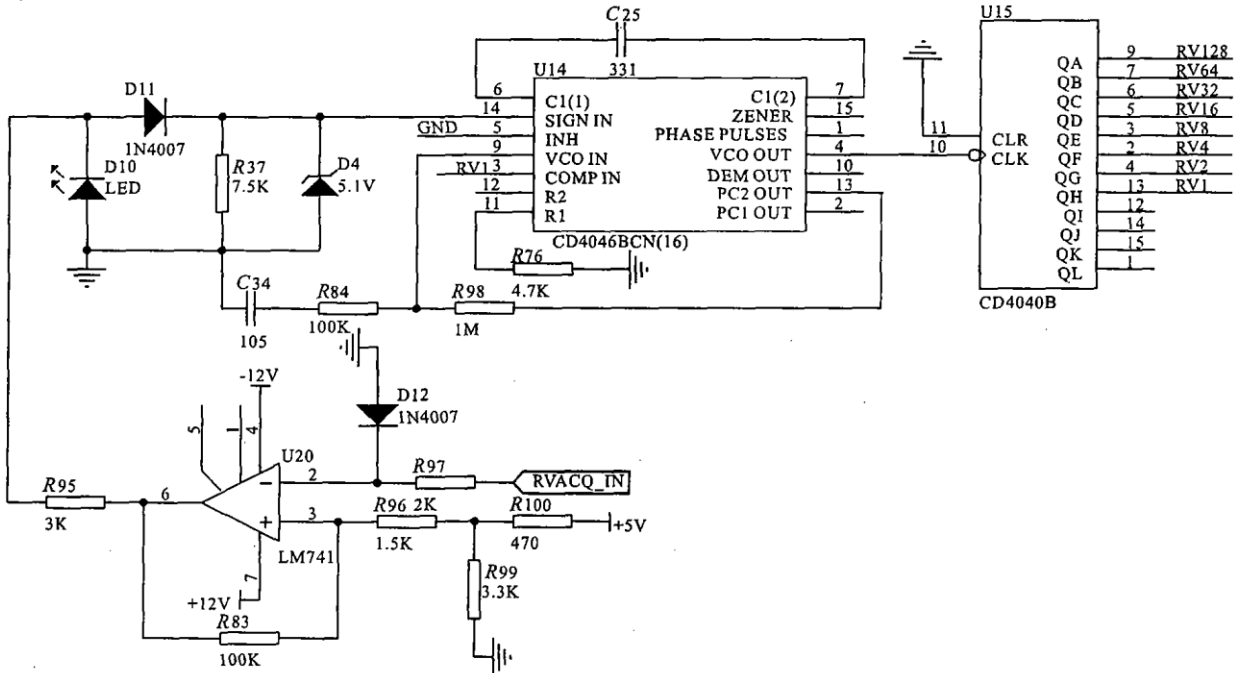


图 2 转速脉冲形成与锁相环电路

#### 2.2.2 标准正弦波产生电路

首先将标准正弦波在单周期内的 128 个等间隔采样点值数字化后,依次存储在 EPROM 存储器 27C16 的起始 128 个字节内;然后以转速信号的 1 至 128 倍频信号 RV1 - RV128,分别作为 27C16 的 8 位地址线,从而循环读取存储器中的数字化采样值;最后,将 27C16 的数据总线送出的 8 位数字化正弦波采样值,经 DAC0808 数模变换,并滤波平滑处理后,即可得到与转速脉冲完全同步的标准正弦信号<sup>[6]</sup>。

### 2.3 性能测试

对采用以上方法设计的动平衡机进行了标定耗时性能测试,其测试结果典型值如表 1 所示。

表1 动平衡机标定耗时性能测试结果典型值

序号	转子转速/ $r \cdot \min^{-1}$	转子质量/kg	传统动平衡机 标定耗时/s	AD633 动平衡机 标定耗时/s
1	200	5 000	540	62.3
2	500	2 500	502	59.7
3	1 000	1 500	425	56.4
4	3 000	800	373	55.2
5	5 000	500	322	54.5
6	8 000	200	261	54.1

由以上测试结果可以看出,采用 AD633 乘法器设计的动平衡机的一次测量标定耗时在 1 min 左右测量时间大幅缩减了约 80%,较之传统动平衡机的一次标定耗时大大减少,节约了工作时间,提高了工作效率。

### 3 结束语

在动平衡机设计中,采用 AD633 乘法器实现了动不平衡量的乘法相关求解。该电路简单可靠,不需要长时间的采样积分计算,使标定耗时大大减少,求解输出的直流信号方便了后续处理,可用于快速全自动动平衡机和其他机器装备中。目前,采用该方法设计的动平衡机已生产推广。

#### 参考文献:

- [1] 叶能安,余汝生. 动平衡原理与动平衡机[M]. 武汉:华中工学院出版社,1985.
- [2] 三轮修三. 旋转机械的平衡[M]. 朱晓农,译. 北京:机械工业出版社,1992.
- [3] 王久斌. 基于 DSP 的转子动平衡测试系统的开发与研究[D]. 重庆:重庆大学,2004.
- [4] 周正干,满庆丰,于涛. 硬支撑动平衡机通用微机化电测系统的研究[J]. 航空精密制造技术,1999,35(3):25-29.
- [5] 刘亚彬,王秋晓,王世耕. 智能动平衡机电测系统研究[J]. 四川大学学报,2003,35(2):100-103.
- [6] 张德纯,王义明,门向生. 一种机载逆变电源用基准正弦波发生器[J]. 空军工程大学学报:自然科学版,2003,4(6):16-19.

(编辑:田新华,徐楠楠)

## The Application of Multiplier AD633 to Designing an Automatic Balancing Machine

WANG Li

(The Engineering Institute, Air Force Engineering University, Xi'an 710038, China)

**Abstract:** The characteristics of multiplier AD633 are introduced. The balancing machine of which the design of multiplier AD633 is adopted realizes the multiplication of non-counterbalance and simultaneously the test for time-consuming performance is conducted. The results show that the work efficiency can be tremendously improved by using AD633 multiplier. Moreover, the direct current output signal of related multiplication is helpful and convenient for the further processing, which can also be used in dynamic balancing machine and other ones.

**Key words:** multiplier; dynamic balancing machine; relevance