

轮式拖拉机瞬态滑转率的测量装置^①

张 宾^②

余 群

(中国农业大学机械工程学院) (中国农业大学车辆工程学院)

摘 要 研制了轮式拖拉机瞬态滑转率测量装置。该装置由 MCS-51 单片机系统和旋转编码器组成。采用 M/T 法测量车辆的理论速度和实际速度,所以无论在低速还是高速行驶状态均可在很短时间内完成滑转率瞬态值的测量。此装置可在室内和室外实验中使用,还可用作拖拉机滑转率数字控制系统中的反馈采样装置。

关键词 滑转率; 测量装置; 轮式拖拉机; 单片计算机; 数字控制系统

中图分类号 S219.01

Research and Design of an Apparatus for Measuring Transient Slip of Wheeled Tractor

Zhang Bin

Yu Qun

(College of Machinery Engineering, CAU) (College of Vehicle Engineering, CAU)

Abstract An apparatus for measuring slip of wheeled tractor is developed, which is composed of a monolithic computer MCS-51 system and slip detecting components (rotary encoders). Using M/T method to detect the theoretical and actual speed of tractors the transient slip can be obtained in a very short period of time regardless of the tractor speed. The apparatus is suitable for not only the indoor model tractor but also the field tractor. It can be easily used for acquiring the slip signal in the slip digital computer control system. The test results show that the apparatus is anti-disturbing and stable.

Key words slip; measuring appliance; wheeled tractor; monolithic computer; digital control system

目前在田间耕作过程中滑转率控制已成为改善拖拉机牵引性能的一种控制方式,能否在很短时间内较精确地测得滑转率,直接关系到控制系统控制性能的优劣。笔者研制的拖拉机瞬态滑转率测量装置既可单独用于瞬态滑转率的测量,又可用做控制系统中的采样装置,还可用于拖拉机室内试验或田间耕作试验。在室内模拟拖拉机(轮式台车)^[1]上,利用安装在台车导轮和驱动轮上的旋转编码器分别测得瞬时实际速度和理论速度,通过单片机进行相应计算,从而获得瞬态滑转率。在田间耕作的两轮驱动拖拉机机组上,利用安装在前轮(或五轮仪)和驱动轮上的旋转编码器分别测得车辆的瞬时实际速度和理论速度,从而获得瞬态滑转率。

收稿日期:1997-01-23

①国家自然科学基金资助项目

②张 宾,北京清华东路 17 号中国农业大学(东校区)49 信箱,100083

1 M/T 法测量滑转率原理

滑转率测量的关键为拖拉机理论速度和实际速度的测量。笔者利用旋转编码器作为转角传感器,测量转速。

通常测转速的方法有2种:一种是通过获得一定时间间隔内的旋转脉冲数,从而获得转速,即M法测速。此法在转速高的情况下精度较高。另一种方法是测得相邻旋转脉冲内的时间间隔,从而获得转速,即T法测速。此法在转速较低时精度较高。田间耕作过程中拖拉机的速度可以在很大范围内变化,所以单独使用这2种方法中的任何一种都不可能保证瞬态滑转率的测量精度。

M/T法^[2]综合了M法和T法的优点,利用它能在较短时间内精确测得拖拉机的滑转率,而且无论在低速还是高速时精度都较高。

笔者根据M/T法测速原理对2路转速信号分别进行测量。下面以其中一路为例介绍其测量原理。

图1示出M/T法测速原理。在对反映转角的脉冲信号进行计数的同时,对反映时间的高频脉冲信号也进行计数。其中 n_1 为转角脉冲信号计数值, n_2 为时间脉冲信号计数值。测速时间 t_d 与转角脉冲同步,即 t_d 等于 n_1 个转角脉冲周期。从点a开始,计数器对转角脉冲计数。到达点d时,由转速脉冲上升沿起启动计数器对高频脉冲计数;到达点b时,即到预定的测速时间 t_c ,微机发出停止计数指令。因为 t_c 不一定恰好等于整数个脉冲周期,所以仍对高频脉冲进行计数,随后当转角脉冲上升沿到来后,由D触发器发出停止对高频脉冲计数的信号,这样高频脉冲数 n_2 就代表了 n_1 个转角脉冲周期的时间。

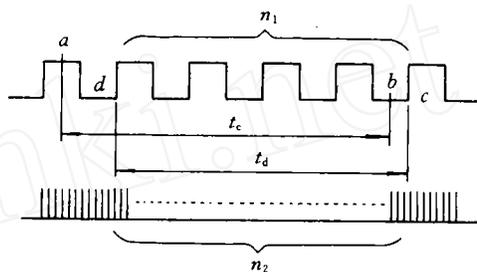


图1 M/T法测速原理

根据文献^[3]推导得

$$S = 1 - kn_1n'_2 / (n_2n'_1)$$

式中: S 为滑转率; n_1 为导轨轮或拖拉机前轮转角脉冲计数值; n_2 为实际速度所对应的高频脉冲计数值; n'_1 为驱动轮转角脉冲计数值; n'_2 为理论速度对应的高频脉冲计数值; k 为导轨轮或拖拉机前轮与驱动轮直径之比值。

2 测量装置的硬件设计

2.1 硬件选用

选用性能可靠、抗干扰能力强、性能价格比高的MCS-51系列单片机8031作为测量装置的核心,起控制、定时和计算作用。选用旋转编码器测量机组的实际速度和理论速度。

测量电路由8031单片机,EPROM,RAM,EEPROM存储器,8253计数寄存器,显示键盘和信号采集电路等组成,其原理见图2。

EEPROM芯片具有掉电后保存2500个滑转率数据的功能,可以保证实验数据在掉电后不丢失,便于室外实验的数据采集。为消除前向通道传感器脉冲信号的尖峰噪声干扰,采用TLP521-4光电隔离芯片。为消除小幅值大宽度信号对转角脉冲信号的干扰,采用了74LS14

施密特反相器。因光电子隔离芯片发光二极管导通时的最小电流要求为 10 mA 左右,为保证可靠工作,采用 7406 驱动器做转角脉冲输出的驱动器。

2.2 高精度高频脉冲的产生

晶振为 12 MHz 的 8031 单片机的 ALE 端能输出频率为 2 MHz 的脉冲,但因单片机

在对外部数据读写的过程中要丢失 1 个脉冲,从而使高频脉冲的频率发生变化。为了消除这一因素对精确计数的影响,利用单片机的 \overline{RD} 或 \overline{WR} 信号可将丢失的脉冲补回,即用 $\overline{ALE} + \overline{RD} \cdot \overline{WR}$ 信号作为计算过程中的高频脉冲。值得注意的是与 ALE 脉冲相比,重新补回的脉冲占空比已发生变化,但这种变化对于连续对高频脉冲计数不会有影响。

由于拖拉机有时速度相当低,所以在上述条件下将 $\overline{ALE} + \overline{RD} \cdot \overline{WR}$ 信号再经四分为 500 kHz,以防止较长时间计数时 8253 计数寄存器溢出。

2.3 计数电路设计

图 3 示出一路转速测量计数电路。采用 2 个 8253 芯片分别对 2 路转角脉冲和低频脉冲信号进行计数,D 触发器完成高频脉冲信号计数的起停同步。由于 8253 计数寄存器为负沿计数,故加入反相器 74LS14。单片机 8031 的 P1.0 端给出复位信号,P1.1 端给出启动和停止测速信号。P1.2,P1.3 分别用作输入查询测速是否结束。

8253 计数寄存器采用方式 2 进行计数,当写入控制字和计数初值后,计数受 GATE 门控制。当 GATE 为高电平时开始计数,为低电平时停止计数;当它再度恢复为高电平时,计数器由原来的置入初值重新开始计数,并且不必重新置入计数初值。

3 软件设计^[3]

控制程序采用 MCS-51 汇编语言和 MBASIC 语言混合编程,控制部分用 MCS-51 汇编语言,计算部分用 MBSAIC 语言编写,编译后固化于 EPRPOM 芯片中。

测速时,先将 8253 计数寄存器中的控制字和预置常数送入它的相应寄存器。由于写入要利用工作脉冲,所以在单片机发出写入指令后必须保证有 4 个转角工作脉冲发生,故本软件中在写入这 2 条指令后设有一段延时,足以保证在车速很低时正确写入。

由于 8253 计数寄存器采用减一计数(向下计数),所以获得寄存器中的数值后必须变换为实际计数值。本预置计数初值为 #0FFFFH,当读取值为 z 时,其脉冲数为

$$Y = \text{FFFFH} - z = (\text{FFFFH} + 1) - z - 1 = (10000\text{H} - z) - 1$$

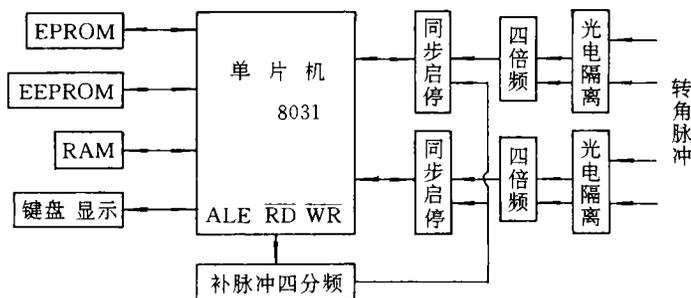


图 2 测量装置电路原理

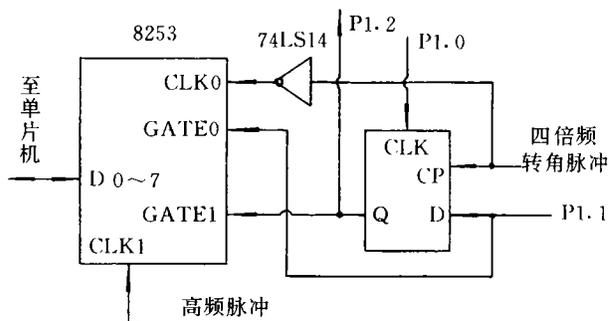


图 3 M/T 法测速计数同步启停电路

因 $10\ 000\ H$ 为二字节二进制数的模, $10\ 000\ H-z$ 为二进制数 z 的补码, 根据补码定义, 它等于 z 值按位取反后再加 1。用 \bar{z} 表示二进制 z 按位取反, 所以计数值为

$$Y = (\bar{z} + 1) - 1 = \bar{z}$$

显然单片机获得脉冲数的计算很简单, 只需 2 个取反指令即可。

由于 t_c 时间到不意味测速时间 t_d 已到, 所以在读取测速值之前一定要查询输入 P1. 2 和 P1. 3 口的信号, 只有同时为低电平时才读取数据, 这样可以保证测量精度。当完成取数操作后马上发出计数开始信号, 此时本采样周期可能尚未结束。

4 精度分析

对于固定的测量装置和拖拉机而言, 滑转率的误差只与高频脉冲数及其误差有关。由于采用 M/T 法, 所以高频脉冲在所历经的时间内最多只能有启动和停止处的 2 个脉冲数误差, 即测速“量化误差”。

由滑转率公式知, 滑转率函数 S 的自变量定义域为整数, 为近似计算方便, 将 n_2 和 n'_2 的定义域扩大为整个实数域, 由此可进行下述精度估算。

滑转率可能产生的最大变化量为

$$\begin{aligned} \Delta S &\leq \left| \frac{\partial S}{\partial n_2} \right| |\Delta n_2| + \left| \frac{\partial S}{\partial n'_2} \right| |\Delta n'_2| = k \frac{n_1 n'_2}{n_2^2 n'_1} \Delta n_2 + k \frac{n_1}{n_2 n'_1} \Delta n'_2 = \\ &(1-S) \frac{\Delta n_2}{n_2} + (1-S) \frac{\Delta n'_2}{n'_2} = (1-S) \frac{2}{n_2} + (1-S) \frac{2}{n'_2} \leq (1-S) \frac{4}{n} \\ &n \in \min(n_2, n'_2) \end{aligned}$$

可以看出滑转率值的变化量主要与测量时间有关, 与车速无关(条件是在测速时间内能完成测速)。

如采用 20 ms 预定时, 则测量时间稍大于 20 ms。为近似估算, 以 20 ms 计, 则当 $S=20\%$ 时, 其滑转率变化量

$$\begin{aligned} \Delta S &\leq (1-S) \frac{4}{n} = (1-S) \frac{4}{t f_\varphi} = (1-20\%) \frac{4}{20 \times 10^{-3} \times 500 \times 10^3} \doteq 3/10\ 000 \\ \frac{\Delta S}{S} &= 0.6\% \end{aligned}$$

其中 f_φ 为高频脉冲的频率; t 为测速时间。滑转率绝对误差为 3/10 000, 相对误差为 0.6%, 可见精度相当高。

5 室内实验^[3]

在室内土槽台车上, 利用笔者设计的瞬态滑转率测量装置进行了控制系统性能的实验研究。图 4 为采样周期 $T=40\ ms$, 设定滑转率 $S_0=12\%$ 时的瞬态滑转率与时间的关系曲线。实验结果表明, 该装置性能稳定可靠。

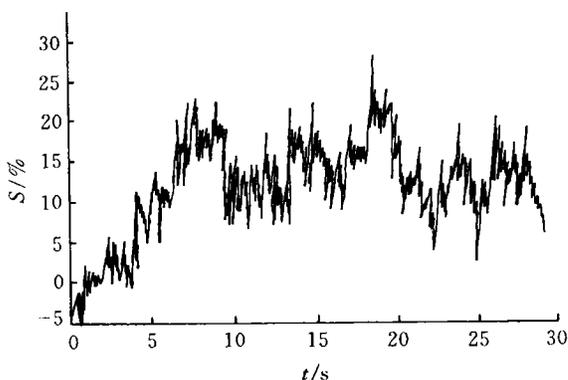


图 4 瞬态滑转率与时间的关系

6 结束语

1)所研制的滑转率测量装置测量精度高,抗干扰能力强,无论车辆处于高速还是低速行驶状态均可在很短时间内较精确地获得瞬态滑转率。

2)采取抗干扰措施并对输入转速信号进行光电隔离,实测数据准确,可靠。

3)采用了掉电保护技术,可在掉电后对实验数据进行保护,便于室外实验数据的采集。

4)通过滑转率数值动态LED显示,可及时了解拖拉机机组的工作状况。

5)室内实验结果表明,该装置性能稳定,可靠。

参 考 文 献

- 1 张 宾,余 群. 轮式拖拉机滑转率数字PD控制的模拟实验研究. 北京农业工程大学学报,1995,15(2): 29~32
- 2 Tsutomu O, Toshihiko M, Kenzo K, et al. A microprocessor-controlled high-accuracy wide-range speed regulator for motor drives. IEEE Trans on Industry Electronics, 1982,29(3):207~211
- 3 张 宾. 轮式拖拉机滑转率控制室内模拟研究:[学位论文]. 北京:北京农业工程大学,1995