

文章编号: 1005-7277(2003)05-0020-02

# 一种晶闸管数字触发器的新算法

## A novel algorithm of thyristor digital trigger unit

高 格, 刘正之, 付 鹏

(中国科学院 等离子体物理研究所, 上海 230031)

**摘要:**目前数字触发器的算法或依赖多个定时器,或不能满足 $60^\circ$ 可改变一次触发角的要求。对于HT-7U极向场电源系统,如此的算法不能满足要求。针对这一现象,提出了一种利用PCL-863定时器板卡的新算法。该算法简便,响应速度快,适应性好,抗干扰性强,占用资源少,触发角可大幅变化。

**关键词:**晶闸管; 整流电路; 触发角; 触发器; 定时器

**中图分类号:** TN344

**文献标识码:** B

## 1 引言

晶闸管数字触发器具有系统硬件简单可靠、精度高、重复性好、动态性能优越、智能程度高等优点,是晶闸管控制电路的发展方向。本文以三相全控桥为例,提出一种新的算法。

## 2 数字触发器

### 2.1 数字触发器构成

1)同步信号:将变压器原边输入同步电压经过变换,得到一个同步脉冲信号作为计算输出脉冲的基准;

2)移项脉冲形成:在响应同步信号后,由单片机或工控机配合定时器进行触发控制角的计算、移项及脉冲的形成和分配;

3)脉冲输出及功率放大。

### 2.2 数字触发器的常见算法及在HT-7U系统中的应用

在文献<sup>[1]</sup>中,介绍了一种常见算法即同步脉冲信号触发脉冲中断服务程序,在中断服务程序中,先设定 $a^+$ 相的脉冲输出时刻,以后各相的脉冲加上 $60^\circ$ 得到。这种算法响应时间为 $360^\circ$ ,抗干扰能力差,且在 $\alpha$ 角变化幅度大时会出现丢脉冲现象。为此,目前很多定时器的算法或靠多个定时器,如用6个定时器,或以 $360^\circ$ 为一个周期如群触发、根据触发延时角的大小判断选择同步信号等。

T-7U TOKAMAK极向场电源系统,由22个六脉波晶闸管整流桥组成。若使用6个定时器为1个桥定时,则共需132个定时器,硬件开销很大。因此,必须仅用1个定时器为1个桥上的6个臂定

时。同时,T-7U极向场电源电压变化范围广,触发延时角从 $30^\circ$ 到 $130^\circ$ ,且变化率很大要求每隔 $60^\circ$ 即能响应一次触发延时角的变化。而上述的解决方法均不能同时兼顾这两方面的要求,因此必须建立一种新的算法。

PCL-836是一个具有4片8254,6个定时器的定时、计数板卡。它还具有时间寄存器值回读等功能。

## 3 算法1

新算法的基本思路是在每次同步中断时,根据当前的 $\alpha$ 值和其所对应的同步信号的差值来计算触发脉冲的时刻。

### 3.1 算法简述

#### (1)变量定义

$T1$ : $\alpha$ 角与60相除向下取整即 $INT(\alpha \div 60)$ ,同时该值也恰好记录了下一个需触发的臂的同步信号与当前的同步信号所差的 $60^\circ$ 周期。

$Tc$ :触发脉冲还需经历的 $60^\circ$ 周期。

#### (2)算法

程序初始化时,两者均为0。同步信号出现后,查看 $Tc$ 的值。不为0,则不改变定时器内的值且 $Tc$ 减1。为0,则将目前的触发延时角与60相除得 $T2$ 。比较 $T1$ 和 $T2$ , $T2 = T1$ ,则触发脉冲出现时刻为: $\alpha$ 角 $- 60 \times T1$ 。 $Tc$ 仍为0,等于 $T2 - T1$ 。 $T2 > T1$ ,则脉冲出现时刻为: $\alpha$ 角 $- 60 \times T1$ , $Tc$ 等于 $T2 - T1$ 。上述两种情况可合并为一种情况处理。 $T2 < T1$ ,说明对应于当前 $\alpha$ 角的同步信号所经历的时间已超过了 $\alpha$ 角。相差为1,立即发1个脉冲。 $T1 = T2$ ,再将定时器的值定为 $\alpha$ 角 $- 60 \times T1$ 。相差为2,则连

发2个脉冲,再将定时器的时间常数定为  $\alpha$  触发延时角即可。

### 3.2 同步信号检测

此方法对于同步信号的监测也极为容易实现。当  $T_c$  不为 0 时,可以发现若丢失同步信号或多了同步信号均对程序运行无影响。因此,只需在发出脉冲后继续计时,待同步信号到之后,取出定时器时间常数,转换为电角度。与前触发延时角相加,其和必为  $60 \times (T1 + 1)$ 。若不然,程序报警。

此方法基本解决了用 1 个定时器对 6 个定时器定时的时间,时间响应为同步信号之间的间隔  $60^\circ$ , 容易实现同步信号的监测,程序运行简单。其缺陷是若  $\alpha$  角已改变,但定时器已经触发,其值并不能改变。由此,在此算法的基础上,又发展了一种新算法。

## 4 算法 2

### 4.1 算法简述

算法 2 的基本思路为在每次同步信号来之后,均根据当前的触发延时角改变定时器的时间常数,同样也定义  $T1$ 、 $T2$ 、 $T_c$ 。此时  $T_c$ 、 $T1$  的差值加 1(因为  $T1$  为延时角取整  $T_c$  在计时  $60^\circ$  之后才变化,因此需加 1),反映了对应于当前需触发的晶闸管,其所经历的  $60^\circ$  周期。针对这三者的不同情况,其处理结果如表 1 所示。

由表 1 可以归纳如下:若  $T2 - T1 = 2$  且  $T_c$  不等于 2,则需立即发两次脉冲,

$k = \alpha - 60$ ,  $T1 = T_c = 0$ ; 若  $T2$  小于  $T1$ , 且  $T_c$  不等于 2, 则立即发脉冲一次,  $T1 = T2$ ,  $T_c = 0$ ,  $k = \alpha - 60 \times T2$ ; 其它:令  $b = INT[(T1 + T_c) \div 4]$ ,  $T_c = T2 - T1 + b$ ,  $T1 = T2$ ,  $k = \alpha - 60 \times (T1 - T_c)$ 。

### 4.2 同步信号监测

每次在响应同步中断时,若  $T_c$  不为 0, 读取时间寄存器的值,与原设定时间相比,两者之差为  $60^\circ$  电角度所对应的时间;  $T_c$  为 0, 上个中断后曾发出脉冲。故在发出脉冲后,继续计数,读取计数器值,两者之和为  $60^\circ$  电角度所对应的时间值。若与上述不符,则程序报警。

## 5 新算法分析

- ①响应时间:由于脉冲出现的时刻在每次同步信号的中断服务程序中改变,故响应时间为  $60^\circ$ 。
- ②同步信号的监测:该算法可以方便地对同步信号丢失或干扰信号进行监测及处理。
- ③系统资源:系统没有增加任何硬件,且比 6 个定时器相比节约了大量的定时器,中断服务程序

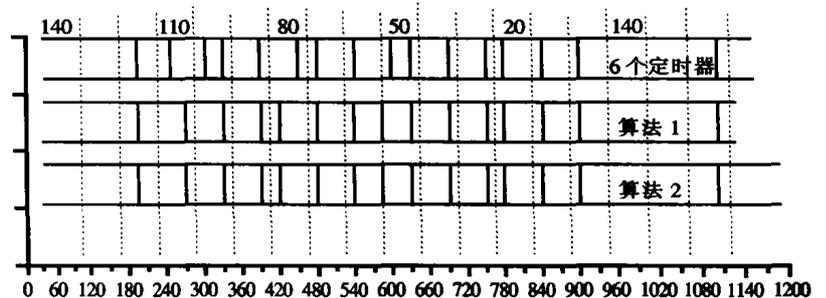


图 1 波形图

表 1 不同情况下的处理结果

同步信号前		同步信号后					
$T2$ 与 $T1$	$T1$	$T_c$	$T2$	$T_c$	$T1$	脉冲出现时刻( $k$ )	
$T2$ 大于 $T1$	0	0	1	1	1	$\alpha$	
	0	0	2	2	2	$\alpha$	
	1	0	2	1	2	$\alpha - 60$	
	1	1	2	1	2	$\alpha - 60$	
$T2$ 等于 $T1$	0	0	0	0	0	$\alpha$	
	1	1	1	0	1	$\alpha - 60$	
	1	0	1	0	1	$\alpha - 60$	
	2	2	2	1	2	$\alpha - 60$	
	2	1	2	0	2	$\alpha - 120$	
$T2$ 小于 $T1$	差为1, $T_c = 2$	2	2	1	0	1	$\alpha - 60$
	差为1, $T_c = 1$	2	1	1	0	1	立即发脉冲,定 $k$ 为: $\alpha - 60$
		1	1	0	0	0	立即发脉冲,定 $k$ 为: $\alpha$
	差为1, $T_c = 0$	2	0	1	0	1	立即发脉冲,定 $k$ 为: $\alpha - 60$
		1	0	0	0	0	立即发脉冲,定 $k$ 为: $\alpha$
	差为2, $T_c = 2$	2	2	0	0	0	立即发脉冲,定 $k$ 为: $\alpha$
差为2, $T_c = 1$	2	1	0	0	0	立即发2个脉冲,定 $k$ 为: $\alpha$	
差为2, $T_c = 0$	2	0	0	0	0	立即发脉冲2次,定 $k$ 为: $\alpha$	

也很简单。先计算  $T2$ , 根据  $T1$ 、 $T2$  的关系,分三种情况处理,调试简单,用于  $\alpha$  从  $0^\circ$  到  $180^\circ$ 。

④实例分析:假定起始触发延时角为  $140^\circ$ ,以后每隔  $180^\circ$  则减少  $30^\circ$ ,到  $20^\circ$  至,再变为  $140^\circ$ ,分别用两种新算法及 6 个定时器观察其波形,如图 1 所示。图 1 中竖线表示脉冲上升沿出现的时刻。

由图 1 可以看出,采用新算法可及时对触发延时角根据触发延时角进行修正。除非到中断处理时,其定时值已超过触发延时角,达到了用 6 个定时器的效果。

(下转第 25 页)

控制而使输入功率最小,在任何暂态下电机仍然恢复到额定磁通。这样将两者结合起来实现的传动系统,既能实现运行效率最优,又具有最优的动态响应。

#### 4.4 在线诊断及容错控制<sup>[9]</sup>

当系统发生故障时,在系统性能指标下降的允许范围内,通过人工智能(AI)技术,实现关键过程控制和运输传动装置运行的连续性,以提高交流传动系统运行可靠性的在线诊断及容错控制,是交流电气传动领域应受到足够重视的一个发展方向。

##### 参考文献:

- [1]葛宝明,苏鹏声,王祥衍等.交流传动系统控制策略综述[J].电气传动自动化,2001,(4).
- [2]曾岳南,章云,陈林康.异步电动机定子转子参数在线实时估计方法[J].广东自动化与信息工程,2000,(2).
- [3]夏超应.交流传动系统的自适应控制[M].北京:机械工业出版社,1998.
- [4]谭功全,陈永会.内模控制器的一种简单设计[J].自动化与仪器仪表,2002,(1).
- [5]阮毅,陈伯时,江明.矢量控制系统是异步电动机非线性解耦的一类实现[C].中国交流电机调速传动学术会议论文集,1993.
- [6]张兴华,戴先中,陆达君等.感应电机的逆系统方法解耦控制[J].电气传动,2001,(1).
- [7]汪镭,周国兴,吴启迪.神经网络在传动领域中的应用[J].电机与控制学报,2001,(3).
- [8]乔俊飞,孙雅明,毛鹏.一种基于神经网络的内模控制方法及其应用[J].天津大学学报,2000,(1).
- [9]Bimal K Bose. Power Electronics and Variable Frequency Drives

- Technology and Applications[C]. Tennessee(USA), 1996.
- [10]邱焕耀,毛宗源.模糊滑模控制的感应电动机解耦变结构系统[J].电气自动化,2000,(1).
- [11]李莹,李秀华,谢光汉等.感应电动机自调整模糊神经网络滑模控制的研究[J].电气自动化,2000,(1).
- [12]周东华.非线性系统的自适应控制导论[M].北京:清华大学出版社,2002.
- [13]丛爽.神经网络、模糊系统及其在运动控制中的应用[M].北京:中国科学技术大学出版社,2001.
- [14]Tsai Ming Tsung, Tsai W I. Analysis of Three Phase AC/DC Converters with High Power Factor and Near-optimum Feed-forward[J]. IEEE Trans. on Industrial Electronics, 1999, 46(3): 535 - 543.
- [15]Bernard Widrow, Eugene Walach. Adaptive Inverse Control[J]. 1999.
- [16]SI Gallant. Neural Network Learning[M]. Cambridge. MA: M. I. T. Press, 1993.
- [17]B KOSKO. Neural Networks and Fuzzy Systems[M]. Englewood Cliffs, NJ: Prentice HALL, 1992.
- [18]W E STAIB, R B STAIB. The intelligent arc furnace controller. A neural network electrode position optimization system for the electric arc furnace[J]. Int. Joint Conference on Neural Networks, IEEE, 1992.

##### 作者简介:

白晶(1964-),教授,在读博士研究生,研究方向为电力电子与电气传动、非线性理论、智能控制。

曲永印(1959-),教授,在读博士研究生,研究方向为电力电子与电气传动、自适应控制、智能控制。

收稿日期: 2003-04-22

(上接第 21 页)

再假设每隔 120°周期改变一次触发延时角,仅选择触发延时角从 140°变化到 110°来比较算法 1 和算法 2,如图 2 所示。

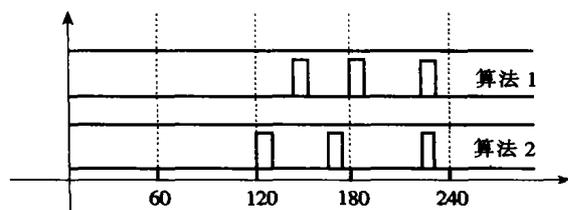


图 2 算法 1、2 比较图

由图 2 可以看出,算法 1 在第 3 个同步信号之后才调整时间常数,而算法 2 在第 2 个同步信号之后触发延时角刚变化时,脉冲就随之变化。由于与同步信号已相差 120°,因此只能在 120°触发脉冲。

## 6 结束语

本文通过一种新的计算方法,在仅增加了几句话句的基础上,完成了用一个定时器对三相晶闸整流桥的定时,节省了硬件,对于如 T-7U 的大型系统意义更加重大,软件调试也很简单,稍加改变可适用于十二脉波整流系统。

##### 参考文献:

- [1]徐志斌,李旭春.一种基于单片机的逆变控制字和整流触发字信号的产生方法[J].电气传动,1997,(2).
- [2]席爱民.微机实现单相同步六相脉冲数字触发器[J].电气自动化,1994,(5).
- [3]沈鸿,张澄,房文博.一种多路晶闸管数字群触发系统[J].电力电子技术,1989,(2).
- [4]黄俊.半导体变流技术[M].

收稿日期: 2003-02-19