

用微型计算机加快自动电力拖动系统的过渡过程

郎世俊 王金章 鲍玉安 谢廷春
(东北工学院)

摘 要

在文[1]的基础上,根据开环和闭环结合的原理,用微型计算机对已知负载规律的自动电力拖动系统,匹配一个适当的、可预算的输入函数,能得到最快的过渡过程。作者在实验室里对一套小容量可控硅励磁的发电机-电动机组应用上述方法进行实验,取得了良好效果。

在近代工业中,有许多频繁启动、制动、反转、调速的生产机械,如冶金工厂的轧钢机主、副传动,机械工厂的龙门刨床等,这类生产机械的生产率在不同程度上决定于拖动系统的过渡过程时间。对提高这种系统的快速性,国内外已有许多专述,其中如文[3—5]利用校正装置综合各种反馈,获得过渡过程中较理想的梯形电流波形,但这些著述分别有计算复杂、调节困难和装置难以实现等不足。文[1]根据开环和闭环综合控制的原理,提出加快自动电力拖动系统过渡过程的新方法,并对带电机放大机的控制系统进行了实验,取得了异常良好的效果。但目前电机放大机已为可控硅所代替,且多组成双闭环控制系统,对这种系统文[1]方法必须做相应改变,特别是文[1]所采用的函数发生器,用的元件较多,结构比较复杂,调正不便,现场使用有一定困难。鉴于近年来微型计算机得到迅速发展,由于它微型、可靠、价格低廉、使用方便,已在各种领域得到愈来愈多的应用。在自动控制系统中广泛采用微型计算机,已是势在必行。为了使文[1]的方法更适于现场应用,我们在文[1]基础上,利用微型计算机,在实验室中对小容量可控硅励磁的发电机-电动机系统进行试验改造,用简单的方法获得了近于理想的最快过渡过程,这为进一步提高生产率,节约电能提供一个切实可行的方法。

一、系统的组成

本文所述用微型计算机实现的快速系统的原理图如图1所示。

图1的可控硅励磁直流电动机调速系统为双闭环,内环是电流调节系统,外环是速度调节系统,每个调节系统中包括一个调节器(电流调节器LT,速度调节器ST)。这是闭环调节部分。微型机构成开环控制,根据调节理论的基本原理,考虑了系统所有限制条件,我们用微型机对系统匹配一个开环输入函数 $u(t)$,使系统电流波形接近最佳形状——矩形波。电动机转速以最大加速度按时间线性增长,且无超调,得到最佳的过渡过程。

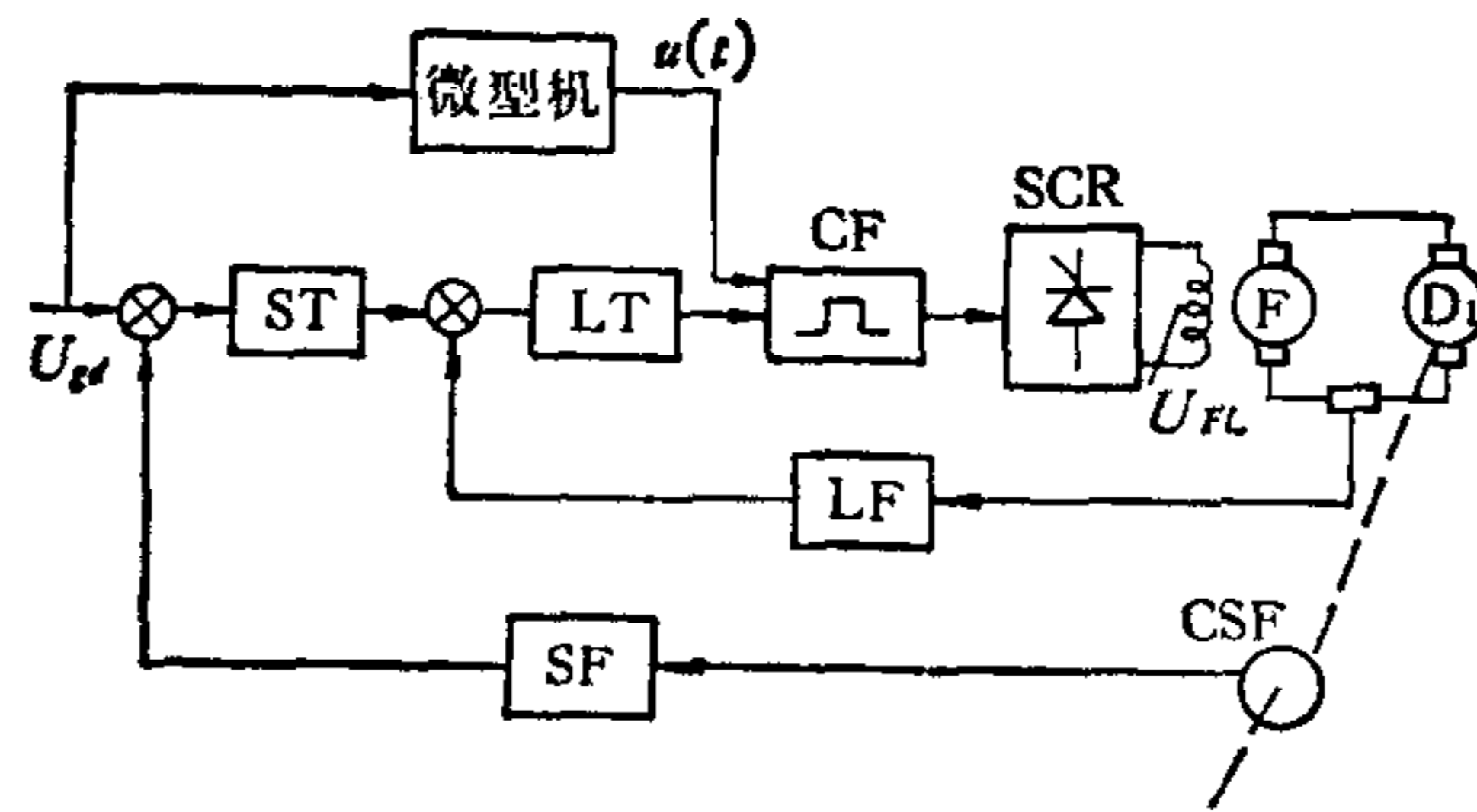


图 1 系统原理图

ST——速度调节器； LT——电流调节器； CF——移向触发器； F——发电机；
 D——电动机； LF——电流反馈； SCR——可控硅整流装置；
 CSF——测速发电机； SF——速度反馈； U_{gd} ——给定电压。

二、开环输入函数 $u(t)$ 的计算和程序设计

1. 开环输入函数 $u(t)$ 的计算

开环输入函数 $u(t)$ ，接于移相触发器 CF 的输入端(如图 1 所示)，做为移相控制信号 u_K 。控制信号 u_K 与可控硅输出电压 u_{FL} 成正比，即，

$$u_{FL} = K_s \cdot u_K = K_s u(t), K_s \text{ 为 SCR 等效放大倍数。}$$

故只要计算出启动过程中保证电枢电流 $I_D = I_{Dm}$ 所需的励磁电压，便得到 $u(t)$ 。

由于发电机励磁惯性，可能得到的电流波形是图 2 的梯形。

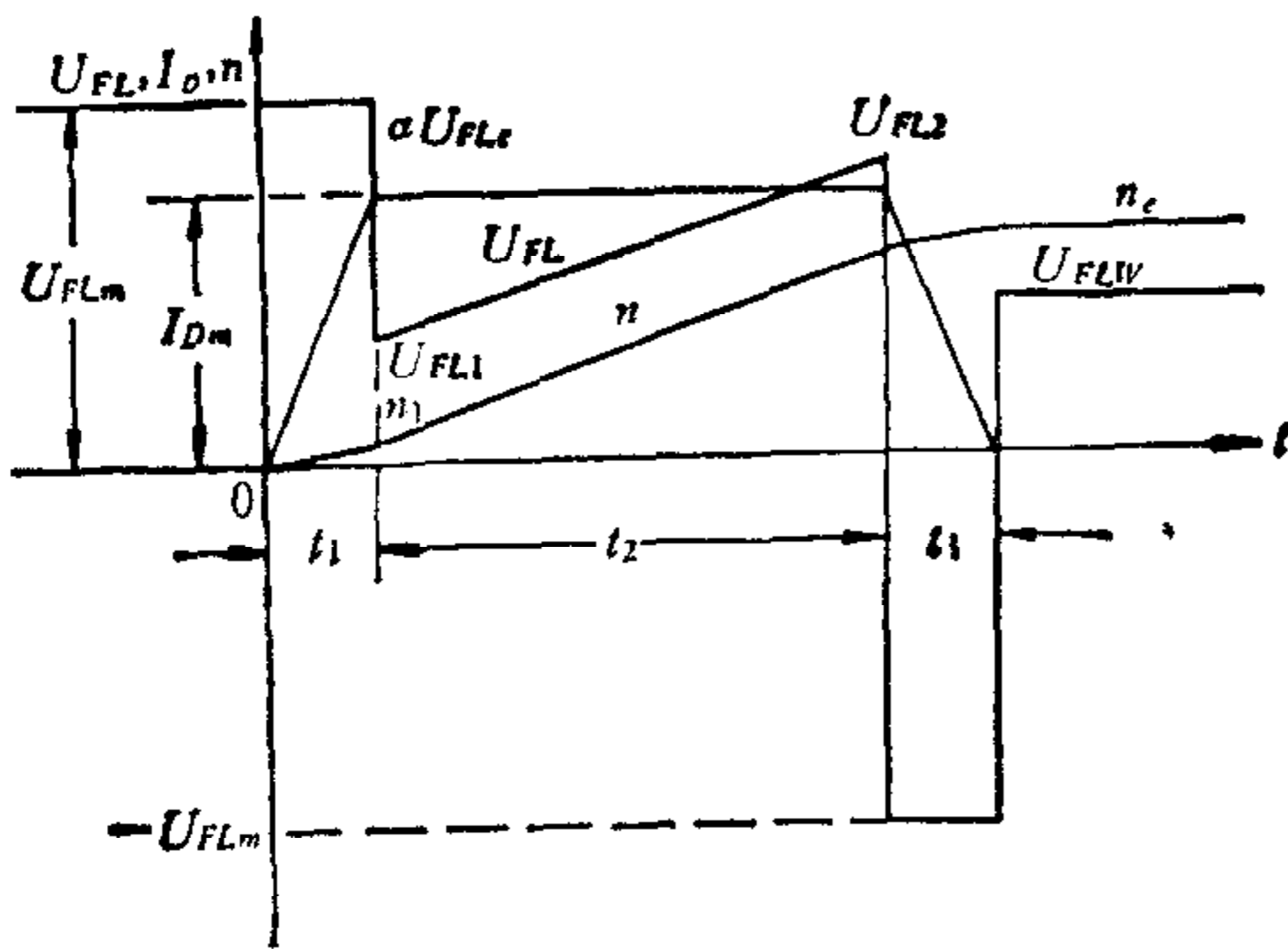


图 2 最佳过渡过程波形图

U_{FL} ——发电机励磁电压；
 I_D ——电动机电枢电流；
 n ——电动机转速；
 α ——励磁强迫倍数。

整个启动过程可分为三个阶段：

第一阶段，发电机电压维持在极限值 U_{FLm} ；第二阶段，电枢电流维持最大值不变；第三阶段 U_{FL} 应为负的极限值。实验中发现， U_{FL} 为负极限值时，电枢电流易产生振荡，所以在第二阶段末了，电动机转速接近稳态值(约 95% 稳态值)时，就可使 U_{FL} 降为零，待电动机转速达稳态值时， U_{FL} 增到稳态值 U_{FLW} ，这样便可由电力拖动基本原理或参照文 [1] 中的计算公式求出为获得最接近于矩形电流波形所必须的发电机励磁电压 $U_{FL}(t)$ ，如图 3 所示。

由 $u(t) = \frac{U_{FL}(t)}{K_s}$ 便得到开环输入函数 $u(t)$ ，如图 4 所示。

2. $u(t)$ 函数程序设计

DJS-051 微型计算机，单字节输出为二进制八位，变化范围为十进制 0—255。所以， $u(t)$ 的最大值 u_A 相当于数字量 255，则模数转换当量为：

$$\Delta u = \frac{u_A}{255}$$

故数字量

$$U = \frac{u}{\Delta u}$$

据此， $u(t)$ 各值转换如下：

$$U_1 = \frac{u_A}{\Delta u}; \quad U_2 = \frac{u_B}{\Delta u}; \quad U_4 = 0;$$

$$U_5 = \frac{u_D}{\Delta u}; \quad N_2 = \frac{u_C - u_B}{\Delta u} + 1;$$

$$\Delta t = \frac{\tau_2}{N_2}$$

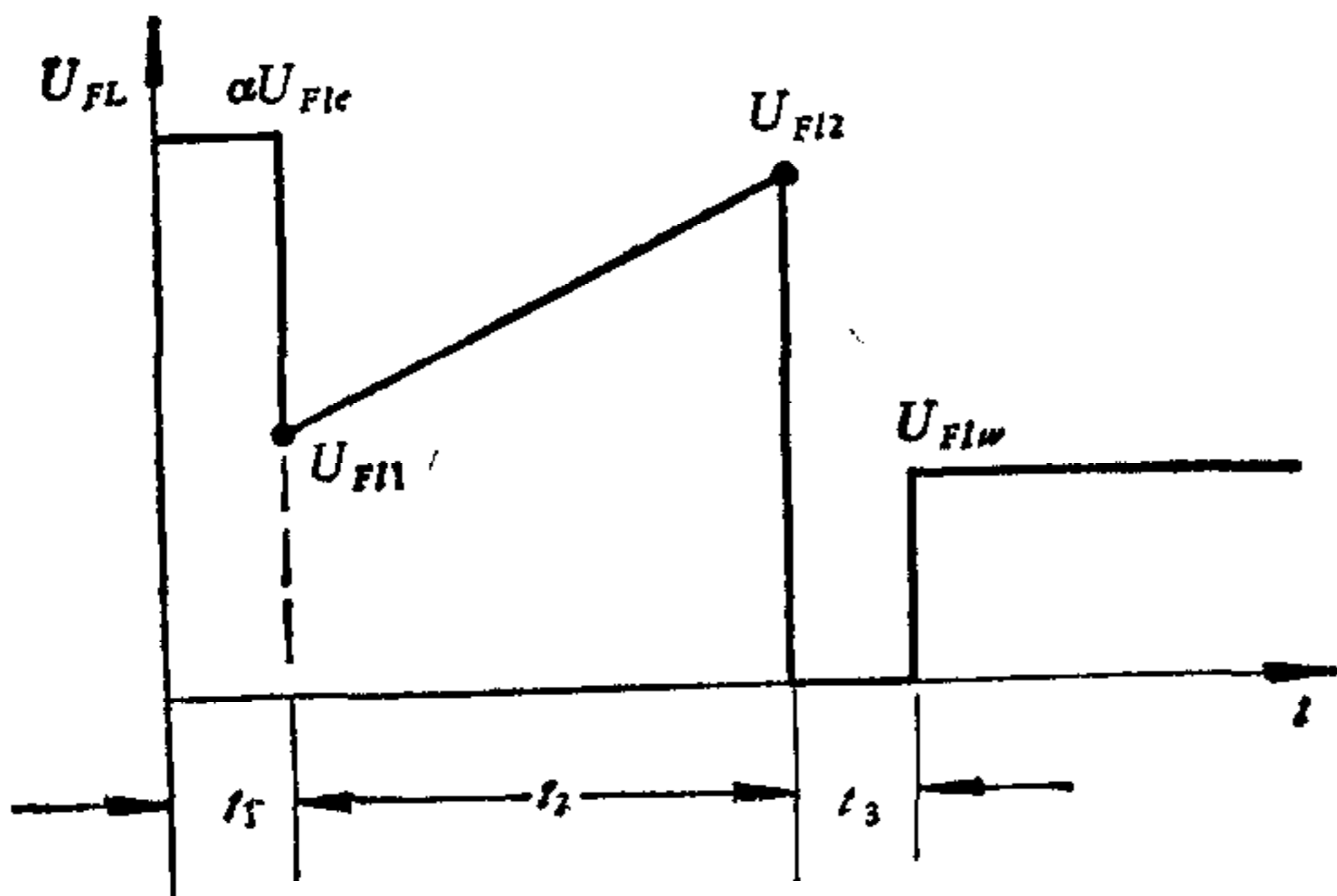


图3 发电机励磁电压波形图

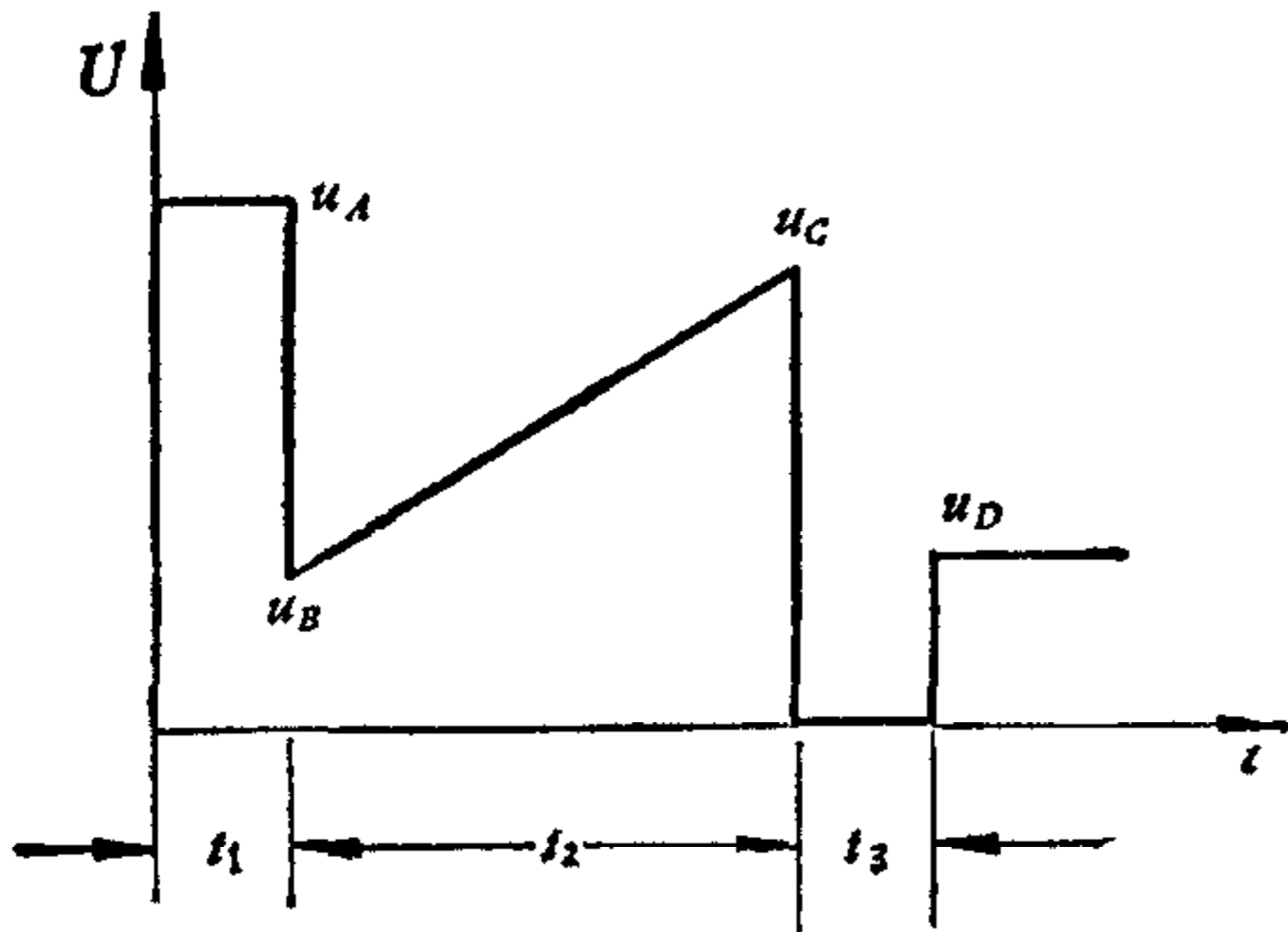


图4 开环输入函数

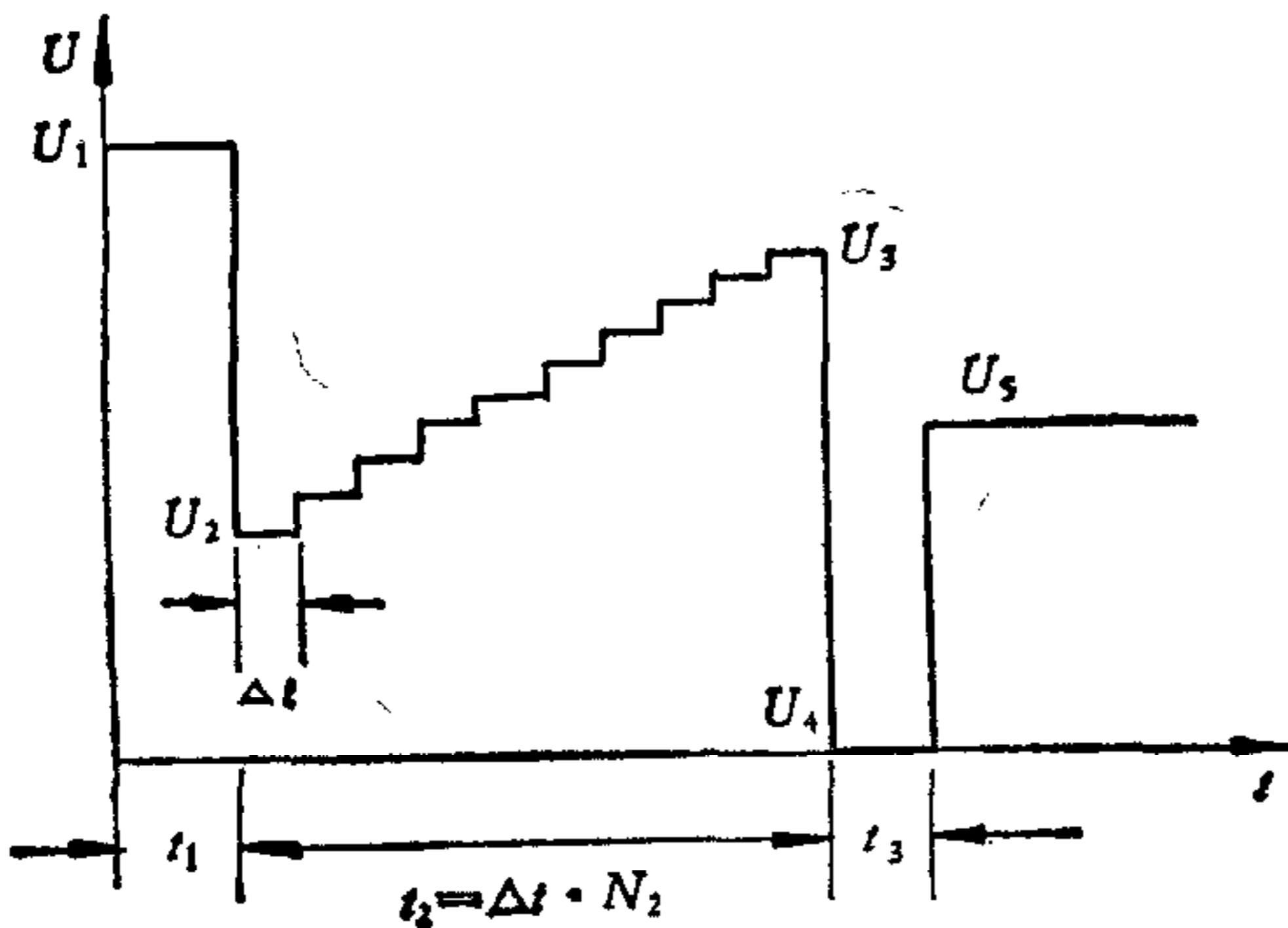


图5 开环实际输入函数

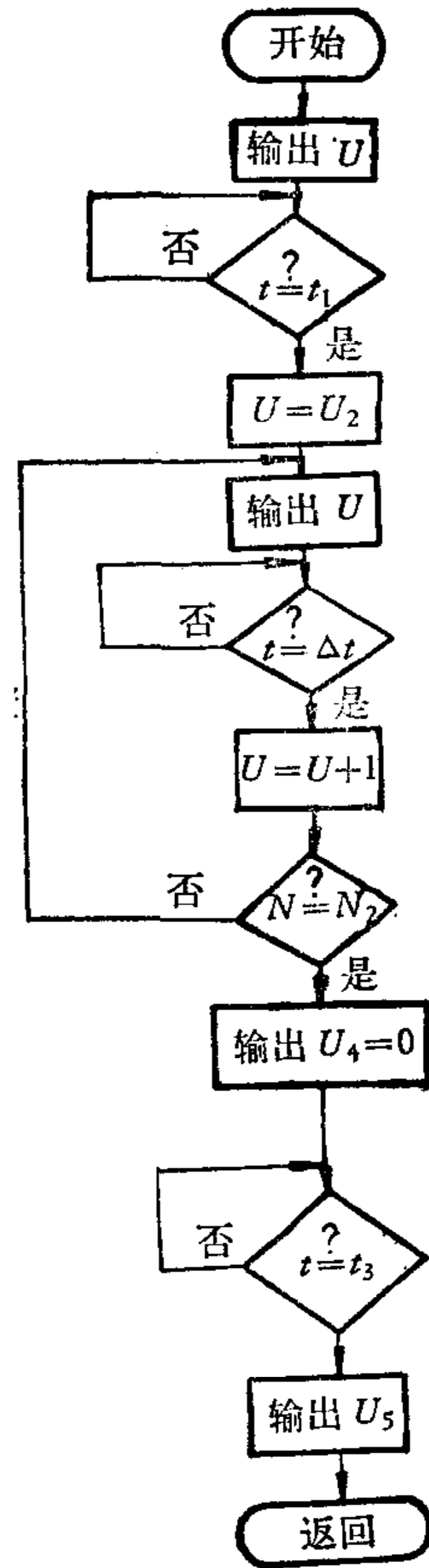


图6 程序框图

由于将连续模拟量变换为离散的数字量，在 t_2 期间数字量输出将为阶梯形，如图 5 所示。由图 5 拟程序框图如图 6 所示。

程序清单如下：

主程序

MAIN: LXIH, DATA-1, 取数据区首址-1,

CALL SB1; 输出函数第一段,

INX H

MOV A, M; 取 U_2 值,

CALL SB2; 输出函数第二段,

CALL SB1; 输出函数第三段,

INX H

MOV A, M; 取 U_5 ,

OUT 40H; 输出 U_5 , 本设

备号为 40H,

RET; 因程序靠主机响应

; 4 级中断、启动。故程序结束可用此指令。

```

子程序 1
SB1:  INX H
      MOV  A, M
      OUT 40H
      INX H
      MOV  B, M
LOOP1: MVI C, 40H
LOOP2: DCR C
      JNZ LOOP2
      DCR B
      JNZ LOOP1
      RET
    
```

```

子程序 2
SB2:  INX H
      MOV  B, M
      INX H
      MOV  C, M
LOOP3: OUT 40H
      MOV  D, B
LOOP4: DCR D
      JNZ LOOP4
      INR A
      DCR C
      JNZ LOOP3
      RET
    
```

数据区

```

DATA: DB U1
      T1
      U2
      T2
      N2
      U4
      T3
      U5
    
```

7FEA JMOMAIN; 由 4 级中断输出口
; 转主程序

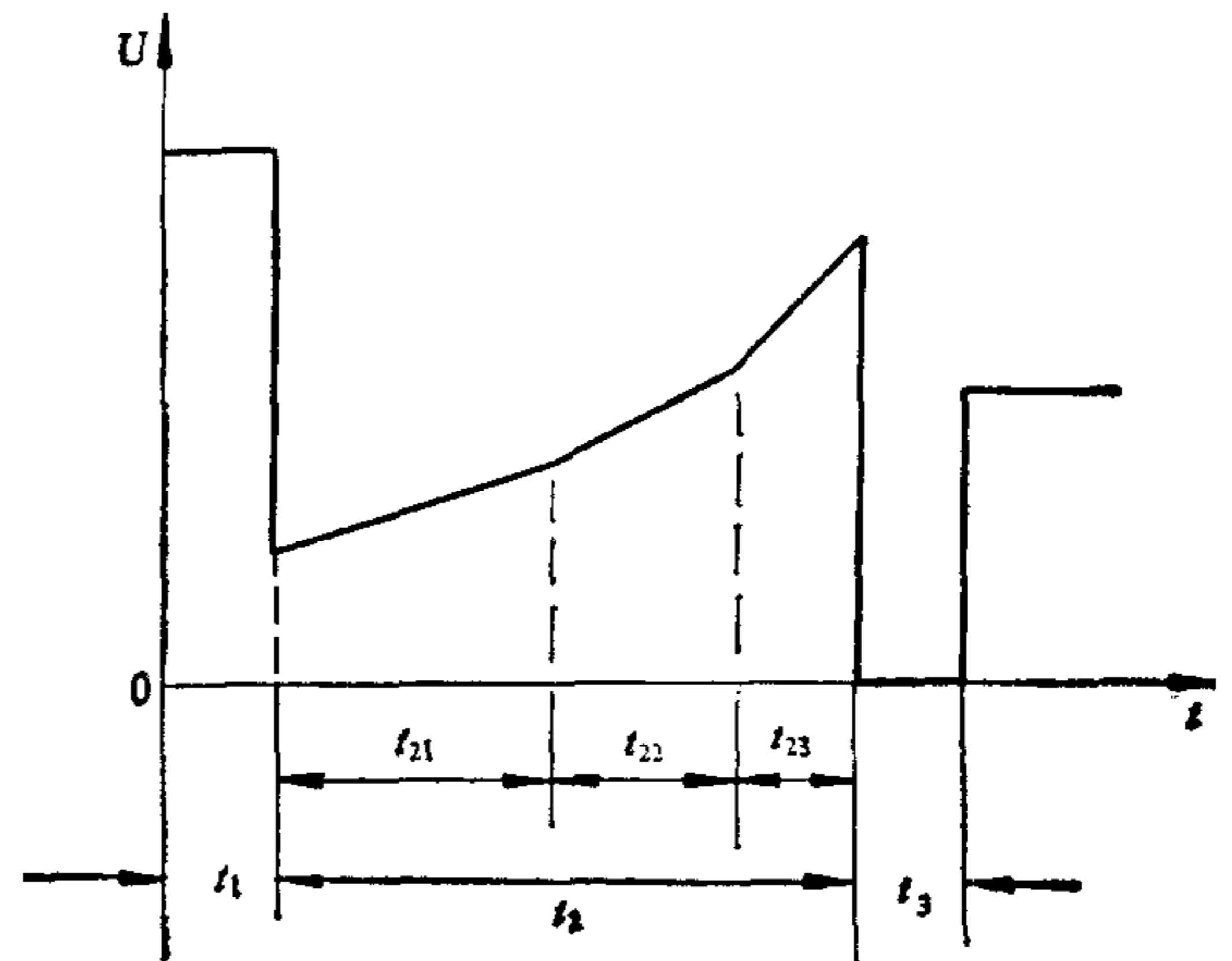


图 7 修改后的开环输入函数

由于上述计算的 $u(t)$ 没有考虑发电机磁路饱和的影响, 用此 $u(t)$ 作为开环输入时, 在 t_2 后段电枢电流不能维持为最大值, 使电流充满系数降低, 过渡过程时间增加. 为消除此影响, 可使 $u(t)$ 函数在 t_2 段后部逐渐增大斜率, 所得 $u(t)$ 如图 7 所示. 为此, 对程序稍加修改如下:

```

主程序
MAIN:
      ⋮
      CALL SB2
      CALL SB2; 新增加的指令
      CALL SB2; 新增加的指令
      CALL SB1
      ⋮
数据区
DATA: DB U1
    
```

```

DB T1
DB U2
DB T21
DB N21
DB T22
DB N22
DB T23
DB N23
DB U4
DB T3
DB U5
    
```

为使启动电流接近矩形波, 只需调整数据区中的数据, 这可由 051 机面板手动输入, 调整非常方便.

三、DJS-051 微型机输出接口电路

开环控制器, 由 051 微型计算机输出接口电路和 D/A 转换器组成. 计算机根据输入程序得到的数据通过输出接口电路 D/A 转换器变为模拟量, 加于可控硅的输入装置.

输出接口电路如图 8 所示。

图中 5212 为 8 位输入输出接口组件，控制信号按如下接法：

$$MD = 1 \text{ (高电平)}, \overline{DS}_1 = 0, DS_2 \text{ 接 051 机的 } IO/M, STB = 1$$

当有输出指令 OUT 时, $DS_2 = IO/M = 1$, 否则 $DS_2 = 0$ 。即有输出指令时, 5212 输出数据, 无输出指令, 5212 为数据锁存状态。

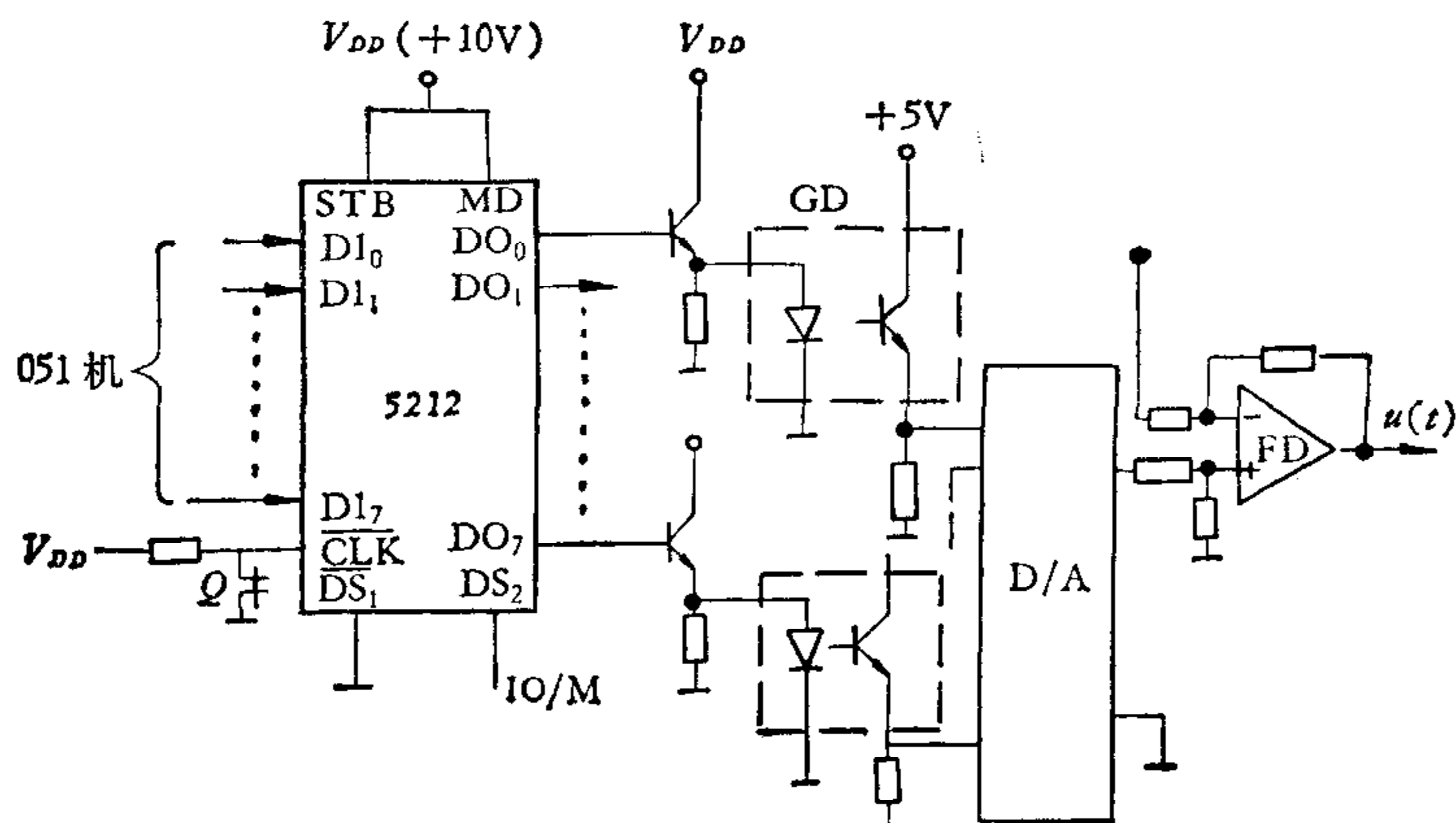


图 8 输出接口电路原理图

为确保 051 机工作安全, 在 5212 与 D/A 转换器之间加一组 (8 个) 光电耦合器 GD, 作为隔离及开关信号传递之用。

D/A 转换器采用国产 8 BSMZ 元件, 可分解八位数字, 模拟精度为 0.2—0.1%, 转换速度 300 毫微秒。输入为零时, 满刻度输出为 3.7 伏, 为使输出之模拟量与 $u(t)$ 之数字量相对应, 最后加一转换放大器 FD。

为保证电动机启动与程序启动同步, 采用图 9 所示的启动电路, 事先在四级中断转出口 (7FEA—7FEC) 装入 JMP MAIN 指令, 当电动机启动命令发出 (Q 合) 时, $\overline{INT}_4 = 0$, 形成 RST 指令执行 0018 地址指令 $JMP 7FEA \Rightarrow JMPMAIN$, 执行主程序。

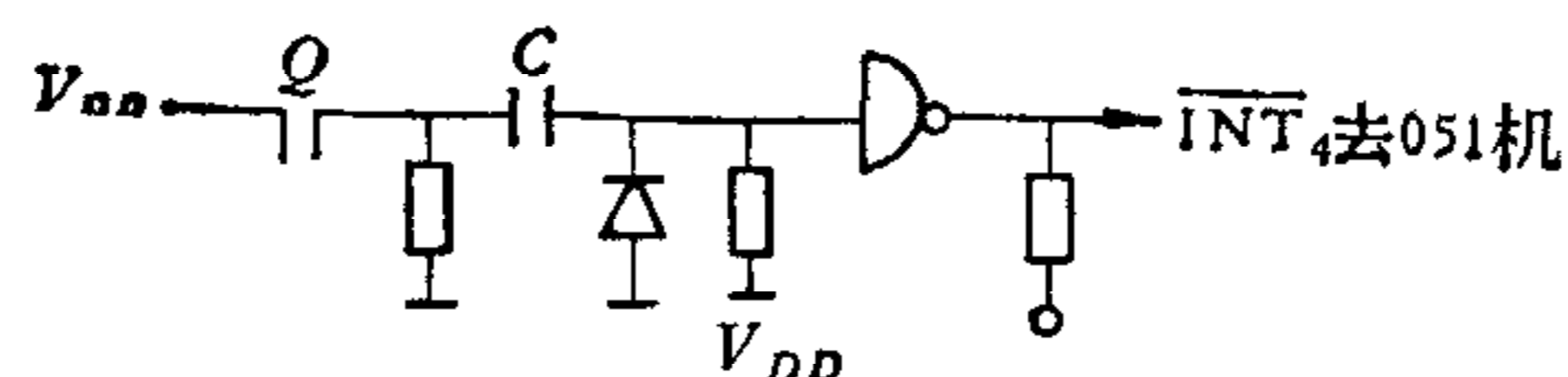


图 9 启动同步电路原理图

四、试验结果

我们对以下几种情况进行了试验：

- (1) 将系统校正为三阶最佳双闭环系统；
- (2) 改变给定滤波参数, 将系统校正为双闭环无超调系统；
- (3) 开环、闭环复合控制系统, 即本文方法, 如图 1 所示。

上述三种系统, 启动过程示波照像如图 10 (a), (b), (c) 所示。

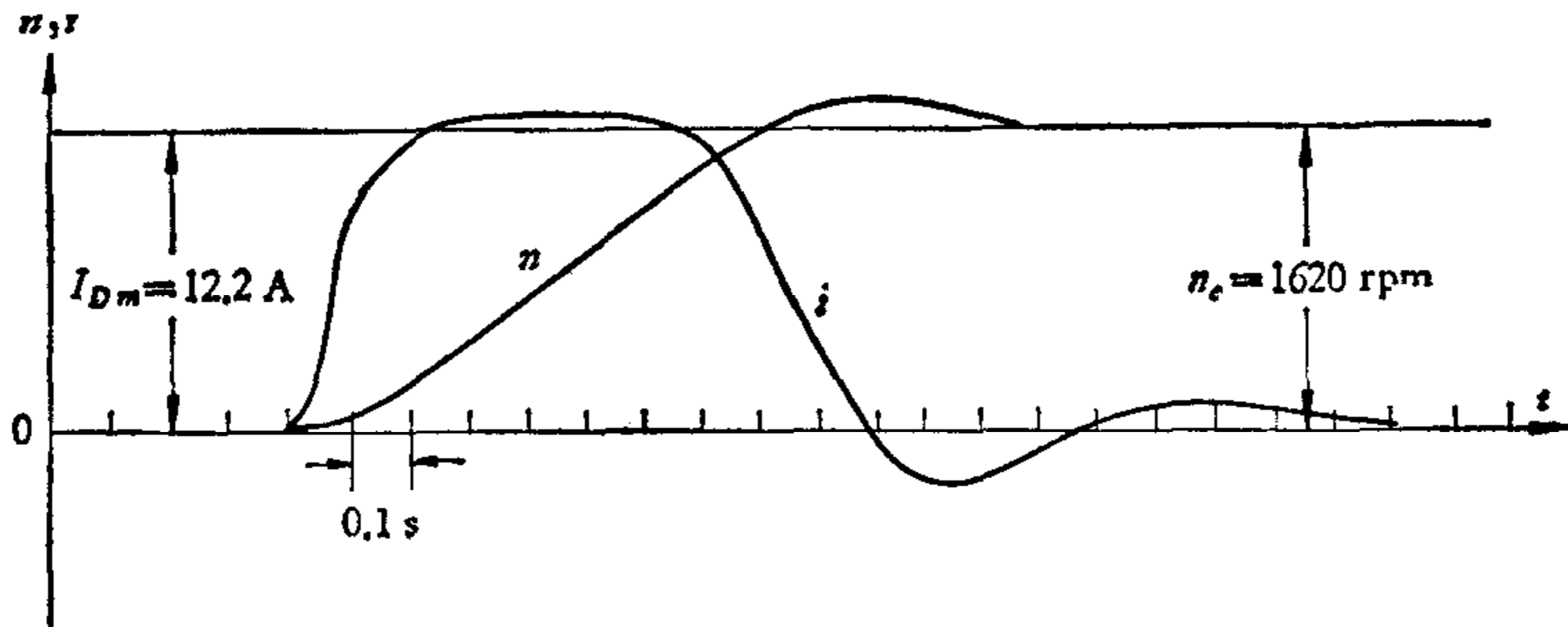


图 10(a) 三阶最佳双闭环系统启动过程

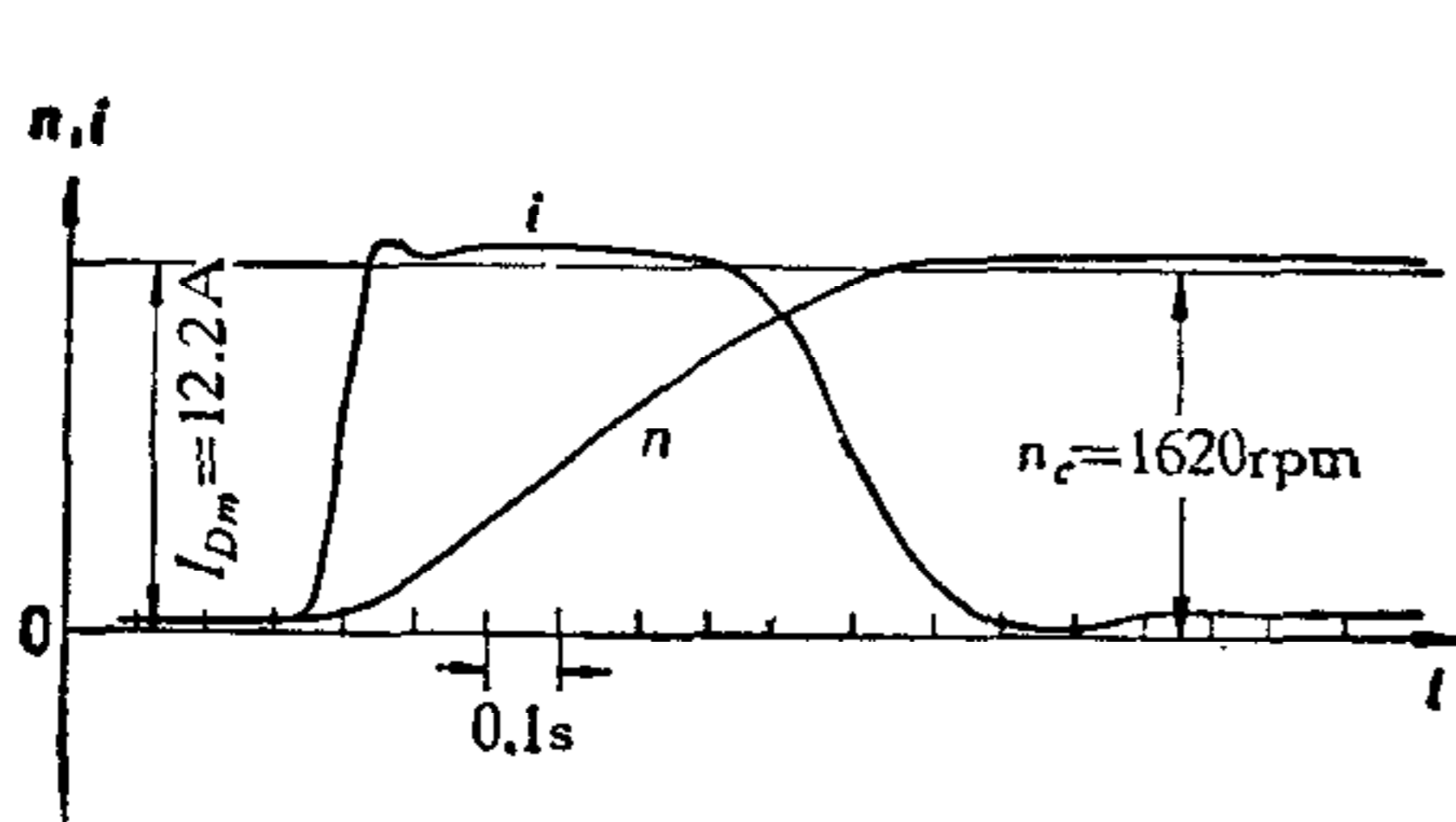


图 10(b) 闭环无超调系统启动过程

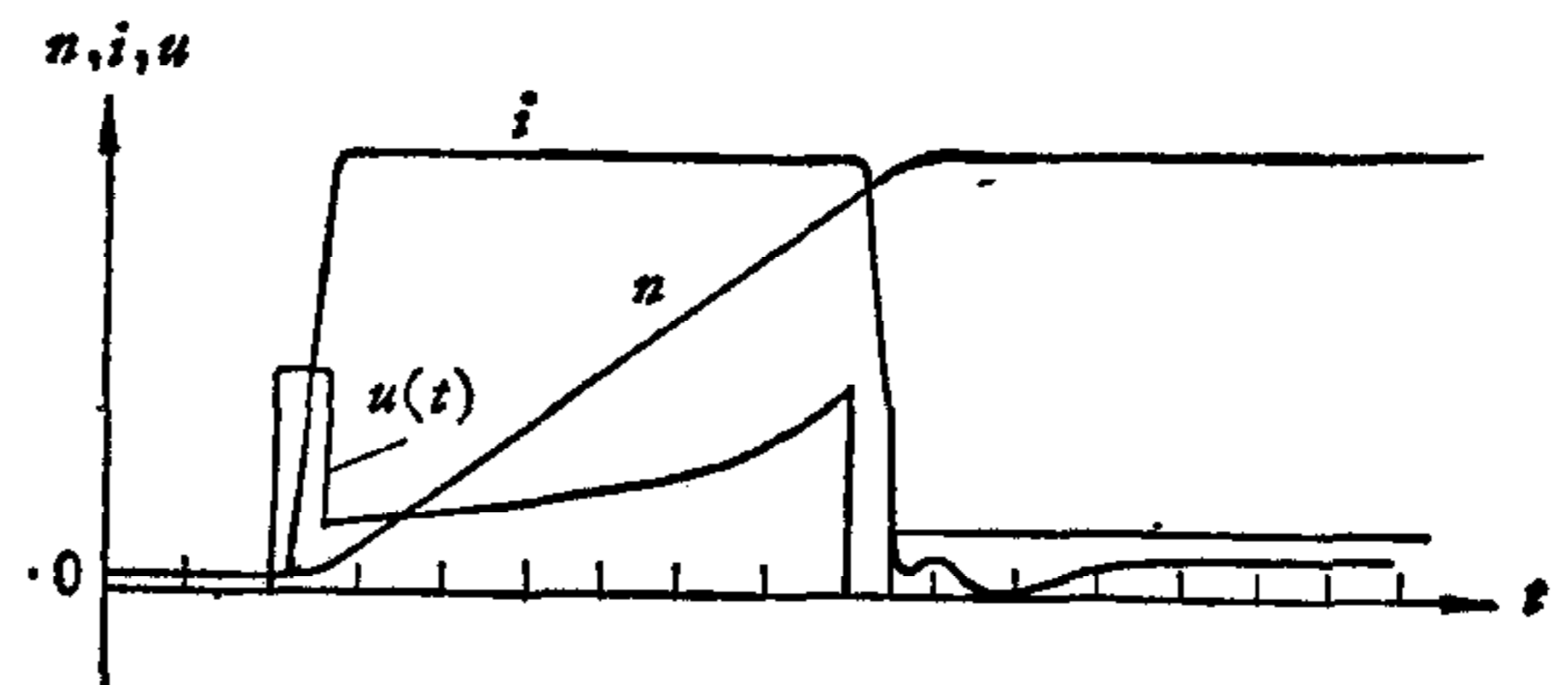


图 10(c) 开、闭环结合控制系统启动过程

i —— 启动电流; n —— 电动机转速; $u(t)$ —— 开环输入函数。

其启动时间、电能损耗比较如表 1 所列。

表 1

	本文方法	三阶最佳	无超调闭环
启动时间 T (秒)	0.74	1.30	0.90
电能损耗 Q (安 ² ·秒)	96	115	98

由表 1 可知,本文方法较目前一般常用的三阶最佳系统启动时间减少 2/5, 电能损耗减少 1/6。

五、结 论

(1) 本文方法适用于负载规律已知的系统,可不改变原有系统的结构,只需外加一已知的开环输入函数 $u(t)$, 方法简单易行;

(2) 只用简单方法便可得到近于理想的最快过渡过程,可取得节省电能、提高生产率的显著经济效益;

(3) 微型计算机体积小可靠性高,功能完善价格低廉。用作函数发生器只是其功能之一,用单片机即可。编程简单灵活,系统调整极其方便;

(4) 用微型计算机还可进一步扩大其功能,如可进一步代替模拟调节器,组成 DDC 最佳调节系统,为新技术的应用创造条件。

参 考 文 献

- [1] 郎世俊、顾兴源等, 加快自动电力拖动系统的新方法, 第一届国际自动化学术会议论文选集, 科学出版社(1963).
- [2] Moore J. R., Combination Open-cycle Closed-cycle Systems, Proceedings of the I. R. E., 1951, No. 7, 1421—1432.
- [3] 前川敏明, 逆转式压延机の急速加减速制御の研究, 电气学会雜誌, 第 82 卷, 1962, 1285—1291.
- [4] В. Г. Савастеев, Синтез корректирующих устройств реверсивных систем автоматического регулирования, Известия ВУЗ электромеханика, 1963, № 6, 730—742.
- [5] В. Т. Бардачевский, Формирование трапециевидной диаграммы тока при переходных процессах в реверсивной системе генератор-двигателя, Электричество, № 10, 1965, 67—75.
- [6] Ю. П. Петров, Оптимальное управление электроприводом, 1961.
- [7] 钱学森, 工程控制论, 科学出版社, (1958).

HASTENING TRANSIENT PROCESS OF AUTOMATIC ELECTRIC DRIVE SYSTEMS BY MEANS OF THE MICROCOMPUTER

LANG SHIJUN WANG JINZHANG

BAO YU'AN XIE TINGCHUN

(Dongbei Polytechnic Institute)

ABSTRACT

Based on paper^[1] and according to the principle of combining the open loop and the closed loop, quickest transient process can be obtained by providing the automatic electric drive system with a suitable predetermined input function calculated by a microcomputer. In our laboratory very good experiment results were obtained for a small generator-motor set excited by silicon controlled rectifier.