

舰艇减摇鳍自控系统

(内部)

下册

编者 任学沛

中国人民解放军海军工程学院

一九八二年五月

编号：82—402—03

校对：任学沛

印刷：海军工程学院印刷所

定价：2.30元

§8.2	051—Ⅱ型升摇信号发生器	101
§8.3	051—I, Ⅱ型升摇信号发生器	108
第九章	电源电路	109
§9.1	62型电源电路	109
(一)	62型电源概况	109
(二)	旋转变流机	110
(三)	中频变流机组	111
(四)	±24伏稳压电源	111
§9.2	051—Ⅱ型电源电路	112
(一)	051—Ⅱ型电源概况	112
(二)	±12伏集成稳压电源	112
§9.3	051—I, Ⅱ型电源电路	118
(一)	电源概况	118
(二)	中频变流机及其稳频装置	119
第十章	操纵电路	123
§10.1	62型操纵电路	123
(一)	启动停止程序的安排	123
(二)	延时的目的	125
(三)	起动程序	125
(四)	停止程序	128
(五)	升摇程序	130
(六)	应急启动	130
§10.3	051—Ⅱ型操纵电路	137
(一)	准备	137
(二)	起动电动机	137

(三) 放鳍.....	18
(四) 收鳍.....	13
(五) 减摇工作状态.....	13
(六) 升摇工作状态.....	14
(七) 鳍角 3° 限制.....	14
(八) 18° 保护.....	12
§10.4 051—Ⅱ型操纵电路图解.....	13
§10.5 051—Ⅱ型操纵电路.....	12
(一) 启动电动机及电源准备.....	12
(二) 自动放鳍.....	13
(三) 自动收鳍.....	13
(四) 3° 归零.....	15
(五) 20° 保护装置.....	16
(六) 减摇工作状态.....	17
(七) 升摇工作状态.....	17
§10.6 NJ4 型操纵电路.....	10
(一) 启动停止程序控制电路.....	10
(二) 升摇减摇控制转换电路.....	12
(三) 电动机启动电路.....	12
附录 各种减摇鳍自控系统的机电原理总图， 方框图液压系统图.....	

下 册 目 录

第五章	航速灵敏度调节电路.....	3
§5.1	NJ4 型反平方乘法器电路.....	3
(一)	反平方乘法器电路的输入输出特性要求.....	3
(二)	反平方乘法器原理方框图.....	4
(三)	放大器.....	6
(四)	电压控制调宽脉冲发生器.....	6
(五)	脉冲鉴别器(I)滤波反馈.....	8
(六)	脉宽鉴别器(II)—乘法器.....	1 1
(七)	反平方器.....	1 2
(八)	手动航速灵敏度调节.....	1 6
§5.2	051—II 型航速灵敏度调节器.....	1 7
(一)	乘法器电路.....	1 7
(二)	反平方器电路.....	2 1
§5.3	6 2 型航速灵敏度调节装置.....	2 6
第六章	主放大器及随动系统.....	2 9
§6.1	6 2 型主放大器电路.....	2 9
(一)	串并联调制器.....	3 0
(二)	交流放大器.....	3 1
(三)	有源滤波器.....	3 1
(四)	功率放大电路.....	3 2
(五)	主放大器各级电压放大部分核算.....	3 2
(六)	主放大器输入输出静特性.....	3 4
§6.2	6 2 型随动系统.....	35

(一) 并联校正的传递函数.....	3 5
(二) 液压传动器.....	3 7
(三) 并联校正网路的说明.....	3 8
(四) 鳍角反馈电路.....	3 9
(五) 主放信号综合电路.....	4 0
§6.3 NJ4 随动系统的特点.....	4 0
(一) 调制变压器的移相网路.....	4 0
(二) 主放信号综合电路.....	4 0
(三) 油马达改为高压油缸.....	4 1
§6.4 051—Ⅲ型主放大器及信号综合电路.....	4 1
§6.5 051—I, II型主放大器.....	4 2
§6.6 负反馈原理及其应用.....	4 5
(一) 负反馈原理及其应用.....	4 6
(二) 采用负反馈的优点.....	4 7
第七章 液压伺服系统.....	5 4
§7.1 6 2型液压伺服系统—液压传动器.....	5 5
(一) 构造.....	5 5
(二) 液压传动器的动作过程.....	8 8
§7.2 NJ4 液压伺服系统的特点.....	9 1
§7.3 051 液压伺服系统.....	9 3
(一) 转鳍油缸.....	9 4
(二) 变量泵.....	9 5
(三) 电液伺服阀.....	9 6
第八章 升摇信号发生器.....	9 9
§8.1 6 2及NJ4型升摇信号发生器.....	9 9

第五章 航速灵敏度调节电路

在第二章 §2.7 节曾经说明，为了在不同的航速下，保持鳍的减摇倍数 α 不变，或者说保持鳍的最大扶正力矩不变，必须在航速变化时，保持鳍角与航速的反平方 $(\frac{1}{U^2})$ 成比例。为此必须使鳍角的三个控制信号与航速的反平方信号做乘法运算。

在实际系统中是采用一个反平方乘法器来完成这项任务的。首先将航速信号电压经过反平方电路变成航速平方的倒数 $\frac{1}{U^2}$ ，而后把这个信号与主控信号引入乘法器电路进行乘法运算，即可得到一个与航速平方成反比的控制信号。

在 NJ4 型系统和 051—III 型系统采用了两种不同电路形式的反平方乘法器，在 62 型系统中则采用一种流体动力式反平方乘法器。下面分别予以介绍。

§5.1 NJ4 型反平方—乘法器电路

(一) 反平方乘法器电路的输入输出特性要求

在实际系统中，上述反平方关系并不需要在整个航速范围之内都必须满足，在航速很低（6 节以下）和倒车时，鳍的扶正作用不明显，甚至有反作用，为此在这两种情况下使鳍角为零度（即不用）；在航速为 6 节时使鳍角达到最大鳍角 22° ，在 6 节到 18 节航速范围内，则保持最大鳍角 22° 不变，在这段航速范围内鳍角处于饱和状态，这在保证系统稳定的条件下有利于提高在低海情下航行时减摇灵敏度，改善减摇性能。从航速为 18 节开始当航速 U 增加时，鳍角应随之按反平方关系减小，以保持减摇能力不变。总之其输入输出关系可

以写为：

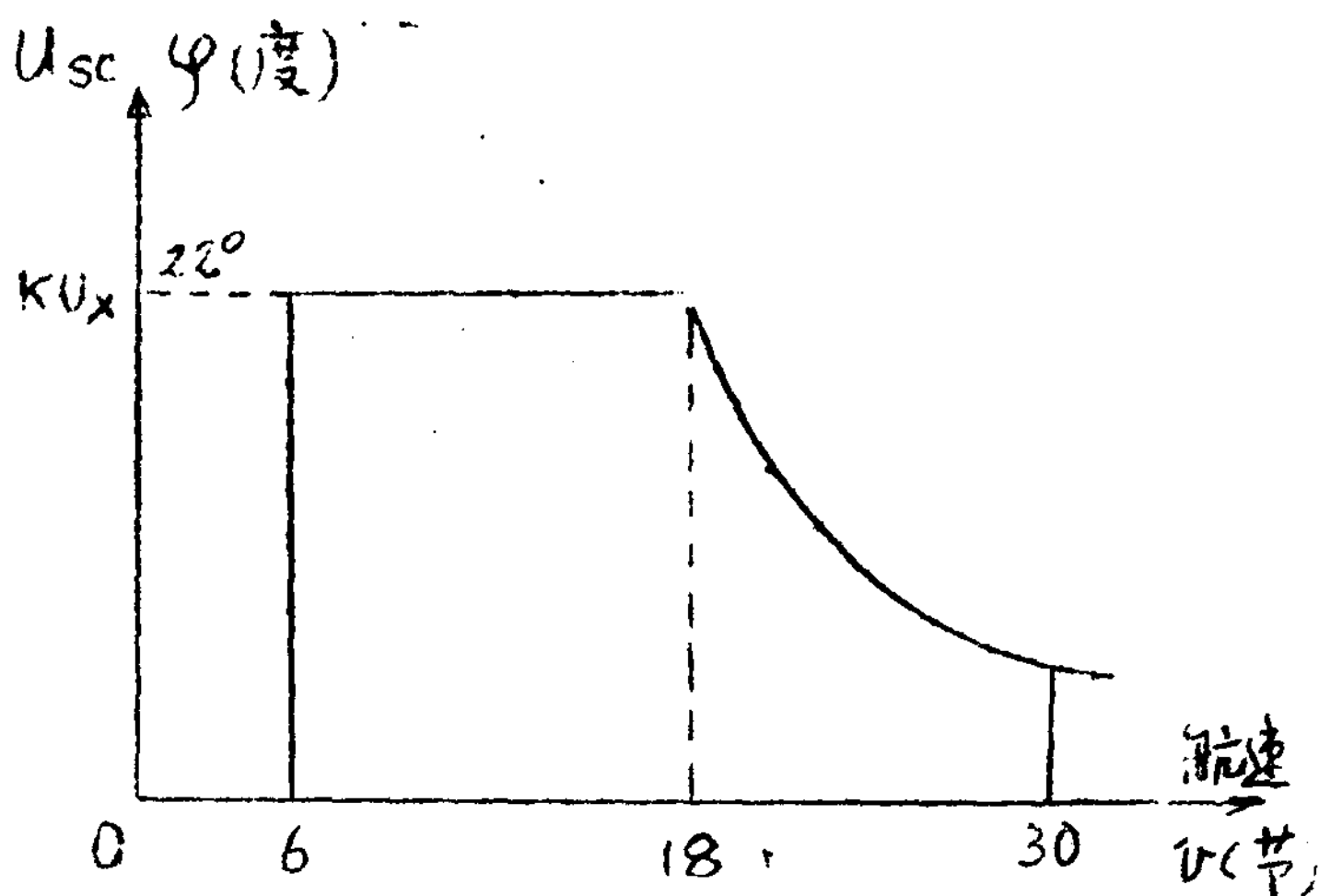
$$u_{sc} = \begin{cases} 0 & v < 6 \text{ 节} \pm 2 \text{ 节} \\ KU_x & 6 \text{ 节} \pm 2 \text{ 节} \leq v \leq 18 \text{ 节} \\ KU_x \cdot \frac{18^2}{v^2} & 18 \text{ 节} \leq v \leq 30 \text{ 节} \end{cases} \quad (5-1)$$

式中： U_x ——
输入减摇或升摇信
号 ($U_x \leq 5V$)

K ——常数

($K = 0.8$)

当输入 $U_x = 0$ 时
的输出 U_{sc0} 一般
应小于 $50mV$ 。其
输入输出特性曲线



如图 5—1 所示。 图 5—1 反平方—乘法器输入输出特性

(二) 反平方—乘法器原理方框图

这是一种时间分割式乘法器电路。

减摇控制信号 U_x 经放大器 BG_1 放大后，送入调宽脉冲发生器，把幅值方向变化的信号变换成宽度可调的矩形脉冲，其关系为：

$U_x > 0$ 时 上宽下窄。

$U_x = 0$ 时，上下宽度相等

$U_x < 0$ 时，上宽下窄

而且脉冲宽度 $= K|U_x|$

调宽脉冲发生器由运算放大器 BG_2 及其周围电路组成。

调宽脉冲信号分两路分别到两个脉宽鉴别器。脉宽鉴别器(1)由 BG_3 和 BG_4 组成，把脉宽信号反相放大，经滤波后其电压 U_F 通过反

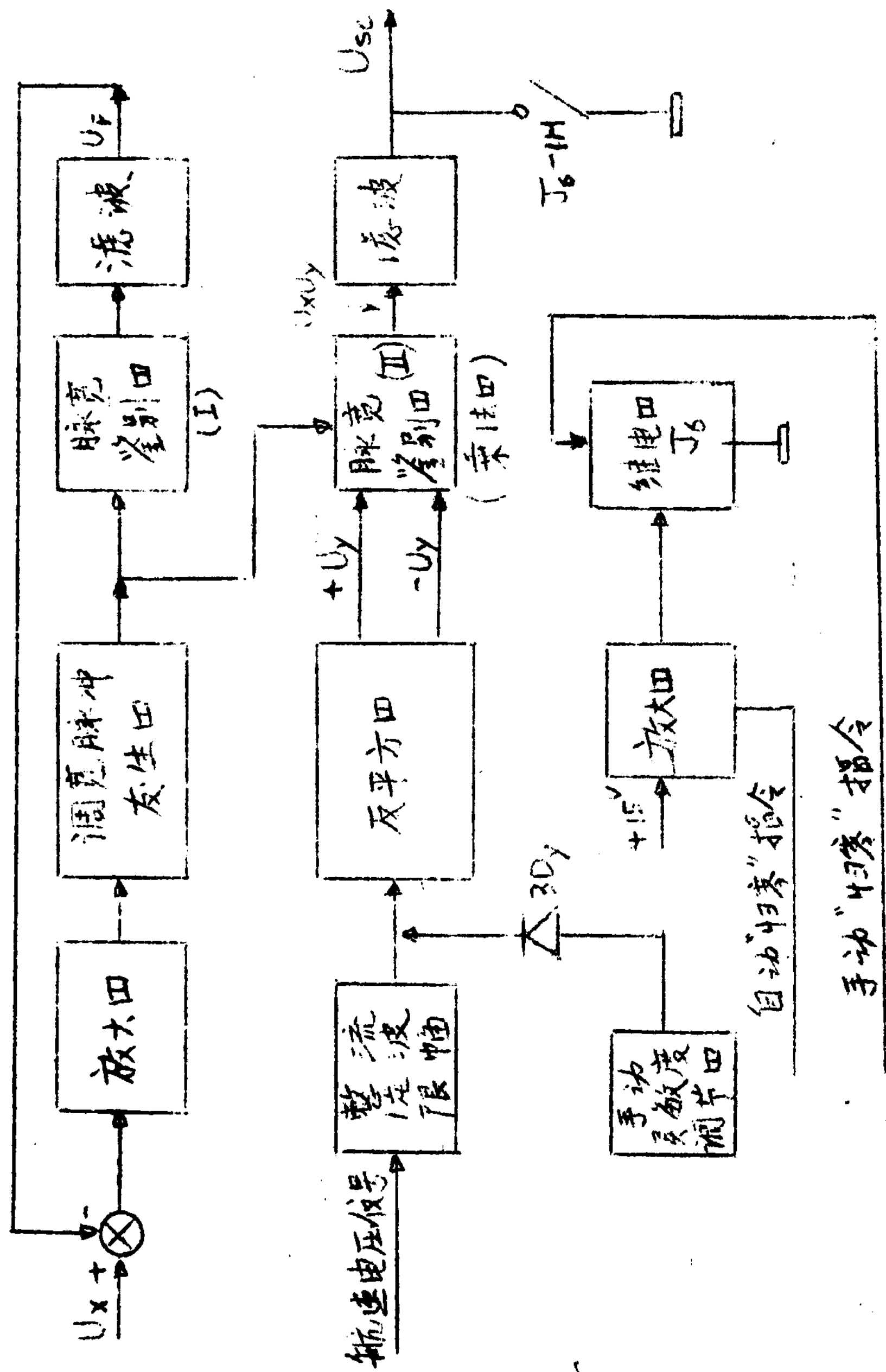


图5-2 反平方乘法器原理框图

电阻 R_2 反馈回到反相输入端。脉宽鉴别器(Ⅱ)就是乘法器, 在这里使控制信号 U_x 与航速反平方信号 U_y 相乘, 经滤波后输出。

航速信号有两种产生方法, 其一是由航程仪转播站送来的航速信号, 经自动手动转换开关的自动挡送到整流电路经整流滤波和限幅, 送到反平方器得到航速的反平方信号, 再经一级反相器, 在反相器前后分别获得 $+U_y$ 和 $-U_y$ 信号送到鉴别器(Ⅱ), 做为其正负电源, 从而获得与 U_x 相乘的关系。另一路也可经自动手动转换开关的手动挡(即手动灵敏度调节器)获得对应三种航速的电压信号, 经限幅后同样送入反平方器。

自动归零指令信号经放大器放大后控制继电器 J_6 , 控制归零动作。手动归零指令也可直接控制继电器完成手动归零。

(三) 放大器

由运算放大器 BG_1 及其周围电阻组成反相运算放大器, R_1 是输入电阻, R_8 是本级的反馈电阻, R_2 是调宽变换反馈电阻提高交换的稳定性, R_3 是补偿电阻, $C_1 R_9$ 是阻容相位补偿, 用以消除自激, C_2 用以抑止高频噪声。

(四) 电压控制调宽脉冲发生器

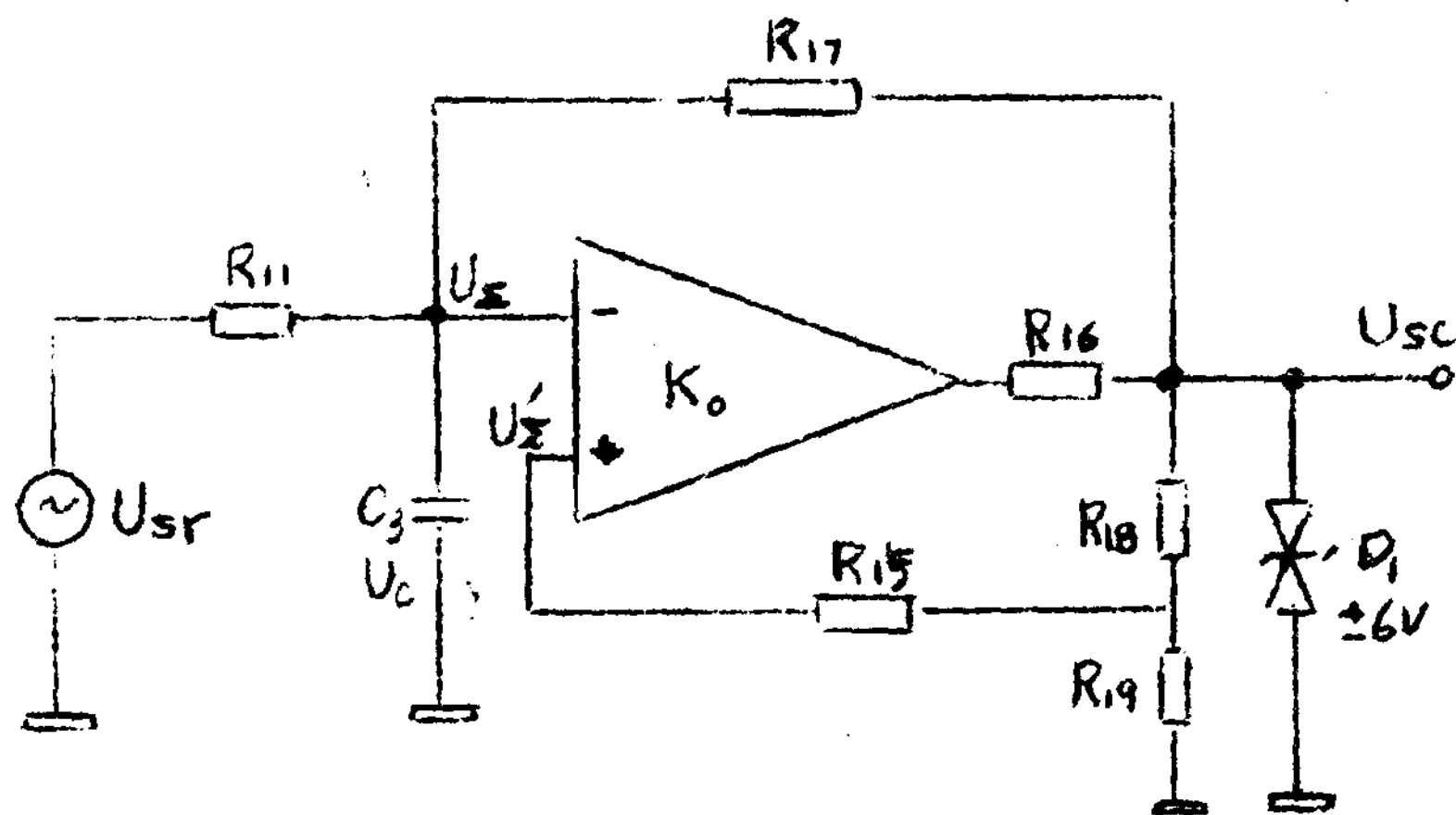


图 5—3 压控脉宽发生器

简称压控脉宽发生器。在反相输入端除接有信号输入电路，反馈电路之外，还接有电容 C_3 ，电容两端电压 U_O 也就是反相输入端的输入电压 U_Σ ($U_\Sigma = U_O$)，由于电容在不断的被充放电，因此其电压 U_O 在不断的变化。同相输入端是由输出电压 U_{SO} 经 R_{18} 和 R_{19} 分压后取其在 R_{19} 上的分压为 U_Σ' ，两个输入电压 U_Σ 和 U_Σ' 将在运算放大器的两个输入端进行比较，由于运算放大器的放大倍数很大很大，因此当两个输入端的输入电压有极微小的一点差异时就会使输出电压 U_{SO} 的极性发生急速翻转：

$$\text{如当 } U_{Sr} > 0 \quad U_{SO} < 0 \quad (-6V)$$

$$U_{Sr} < 0 \quad U_{SO} > 0 \quad (+6V)$$

实际上，这个电路在没有信号输入时，将处于振荡状态工作，输出端由于双向稳压管的存在，使输出电压被限幅在正负6伏 ($\pm 6V$)，其波形为正负宽度相等的方波。

设在振荡中的某一瞬时，输入信号电压 $U_{Sr} = 0$ ，输出电压 $U_{SO} = +6V$ 。这时 $+6V$ 的 U_{SO} 经 R_{17} 给 C_3 充电使 U_O 逐渐升高，与此同时 $+6V$ U_{SO} 电压又通过 R_{18} 和 R_{19} 分压，经 R_{15} 反馈到同相输入端即 $U_\Sigma' = U_{SO} \frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}}$ ，当反相端的电容电压 U_O 充到稍大于同相端的 U_Σ' 时，由于放大器的开环放大倍数很大，将使输出电压突然翻转为 $U_{SO} = -6V$ ，这时同相端又突然反馈一个负电压 ($-U_{SO} \frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}}$)，使输出更加饱和，维持了 $U_{SO} = -6V$ 的输出电压不变。随着 U_{SO} 的由正变负，电容 C_3 开始通过 R_{11} 和 R_{17} 放电，反相端电压 U_Σ 随电容放电而降低，当降低到低于分压 ($-U_{SO} \frac{R_{19}}{R_{18} + R_{19}}$) 时，输出状态又突然翻转到 $U_{SO} = +6V$ ，如此

周而复始，输出电压 U_{S0} 即为正负幅度相同且宽度相等的方波脉冲列如图 5—4 (a) 所示。

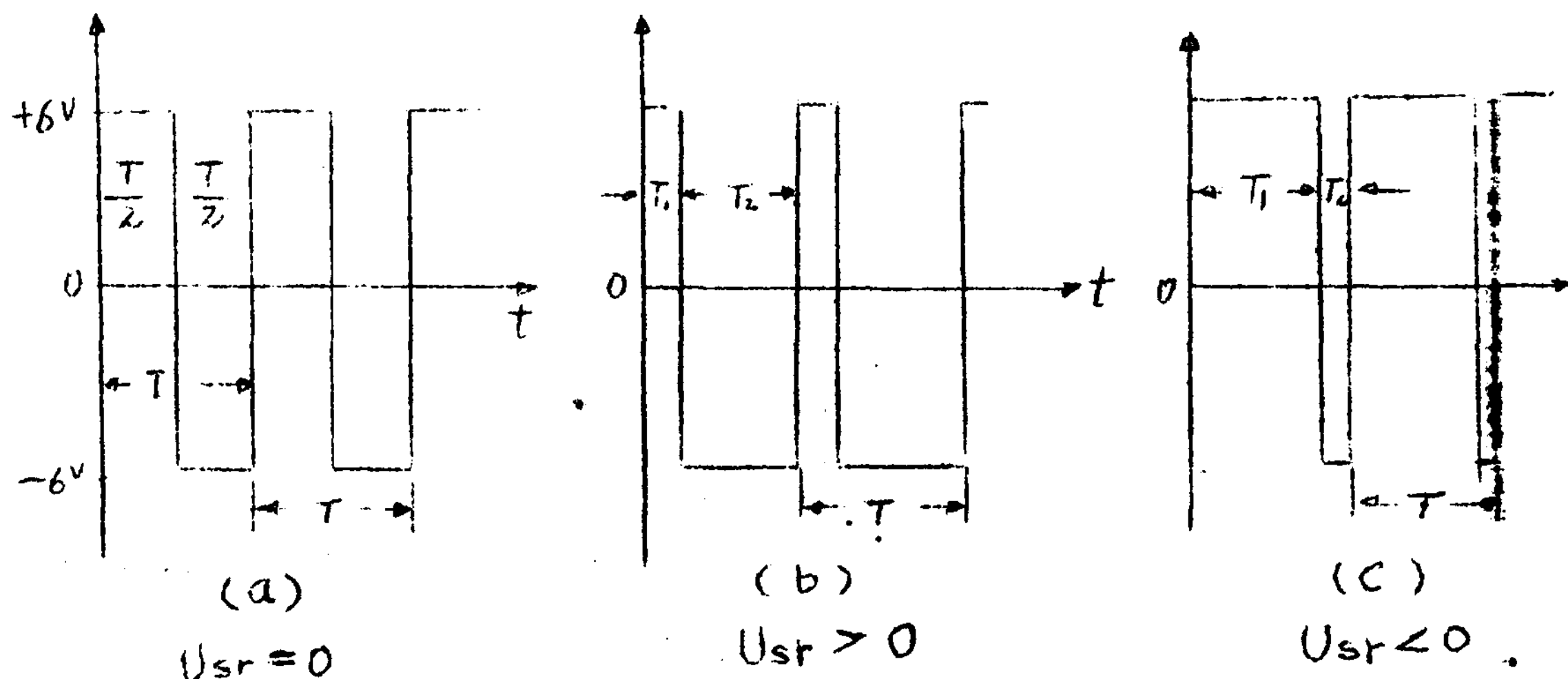


图 5—4 输入信号 U_{sr} 与脉冲宽度的关系

当 $U_{sr} > 0$ 时， C_3 充电时间缩短，而放电时间将相应延长，于是输出的正脉冲相应变窄，而负脉冲则相应变宽，即负脉冲宽度 T_2 大于正脉冲宽 T_1 ($T_2 > T_1$)，如图 5—4 (b) 所示。

当 $U_{sr} < 0$ 时，与上述相反，正脉冲宽度 T_1 将大于负脉冲宽度，如图 5—4 (c) 所示。

这样，幅值方向变化的信号被转换成幅值相等的方波脉冲，其上下波顶的宽度随信号的方向而相应的变化。由于电路的急速翻转是由于比较两个输入端的电压引起的，故称电压控制调宽脉冲发生器。简称压控脉宽发生器。

(五) 脉宽鉴别器 I 滤波反馈

脉宽鉴别器 I 由 BG_3 和 BG_4 及其周围电阻等元件组成，它实际上是一个推挽开关放大器。

调宽脉冲信号经耦合电阻 R_{20} 和加速电容 C_4 送到 BG_3 和 BG_4

的基线，当脉宽信号为正时，
 BG_3 导通， BG_4 截止，忽略
 管的饱和压降如同上开关接通
 下开关断开如图 5—6 (a)
 所示，这时 $U_A = 0$ ， U_{SO}
 $= -IR_{23}$ ；当脉宽信号为负
 时， BG_3 截止， BG_4 导通，
 相当于下开关闭合上开关断
 开如图 5—6 (b) 所示，
 这时 $U_B = 0$ ， $U_{SO} = IR_{24}$ 。

若 $R_{21} = R_{22} = R_0$ ， R_{23}
 $= R_{24} = R_L$ ，改变

R_L 与 R_0 的比值即
 可改变输出电压的
 幅值，若取 $R_L \gg R_0$ ，
 则输出电压 U_{SO} 幅

值接近 ± 15 伏。
 当脉宽相等时其输
 出电压波形如图 5

—7 所示。显然信
 号被放大并反相，
 而其输出的平均电
 压为零。

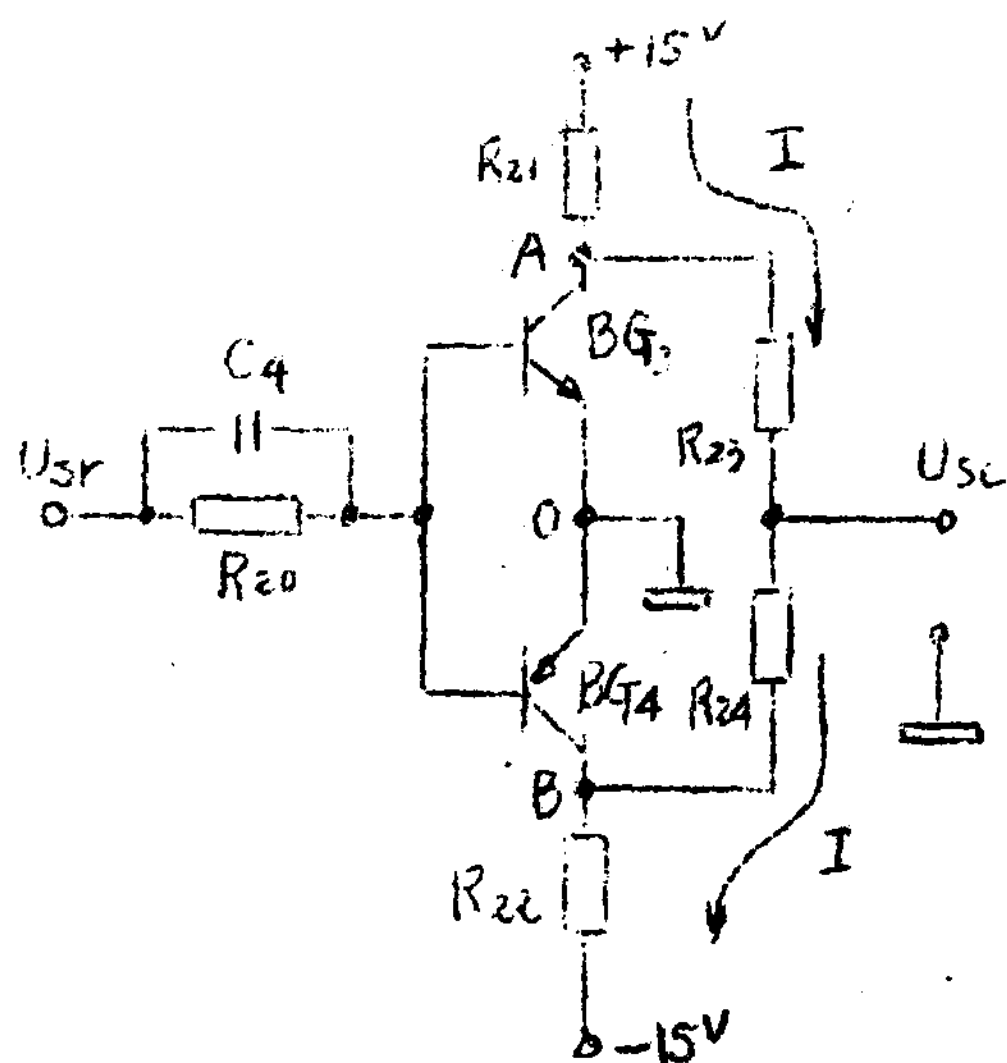


图 5—5 脉宽鉴别器 I

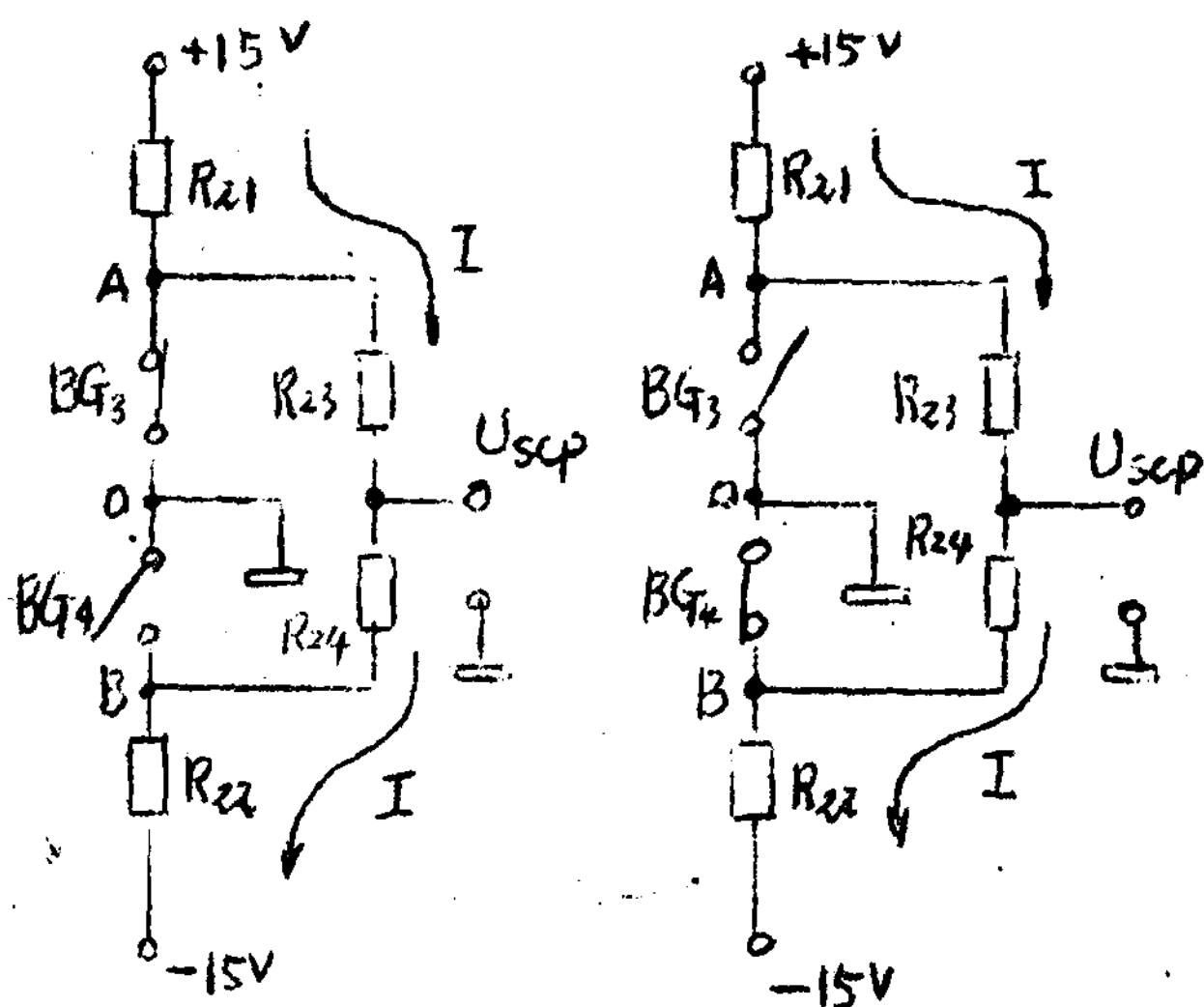


图 5—6 鉴别器模拟开关电路

当输入正方波宽度 T_1 大时 ($T_1 > T_2$)，输出电压的负方波宽
 度大如图 5—8 (a) 所示，因此其输出平均电压为负值，即 $U_{SOp} < 0$ 。

当输入负方波宽度 T_2 大时 ($T_2 > T_1$), 相反, 其输出平均电压为正值, 即 $U_{SOP} > 0$ 。

由图 5—8 可以看出输出电压平均值 U_{SOP} 有下列关系:

$$\begin{aligned} |U_{SOP}| &= \\ &= \frac{15T_1 - 15T_2}{T_1 + T_2} \\ &= \frac{T_1 - T_2}{T} \times 15 \\ (5-2) \end{aligned}$$

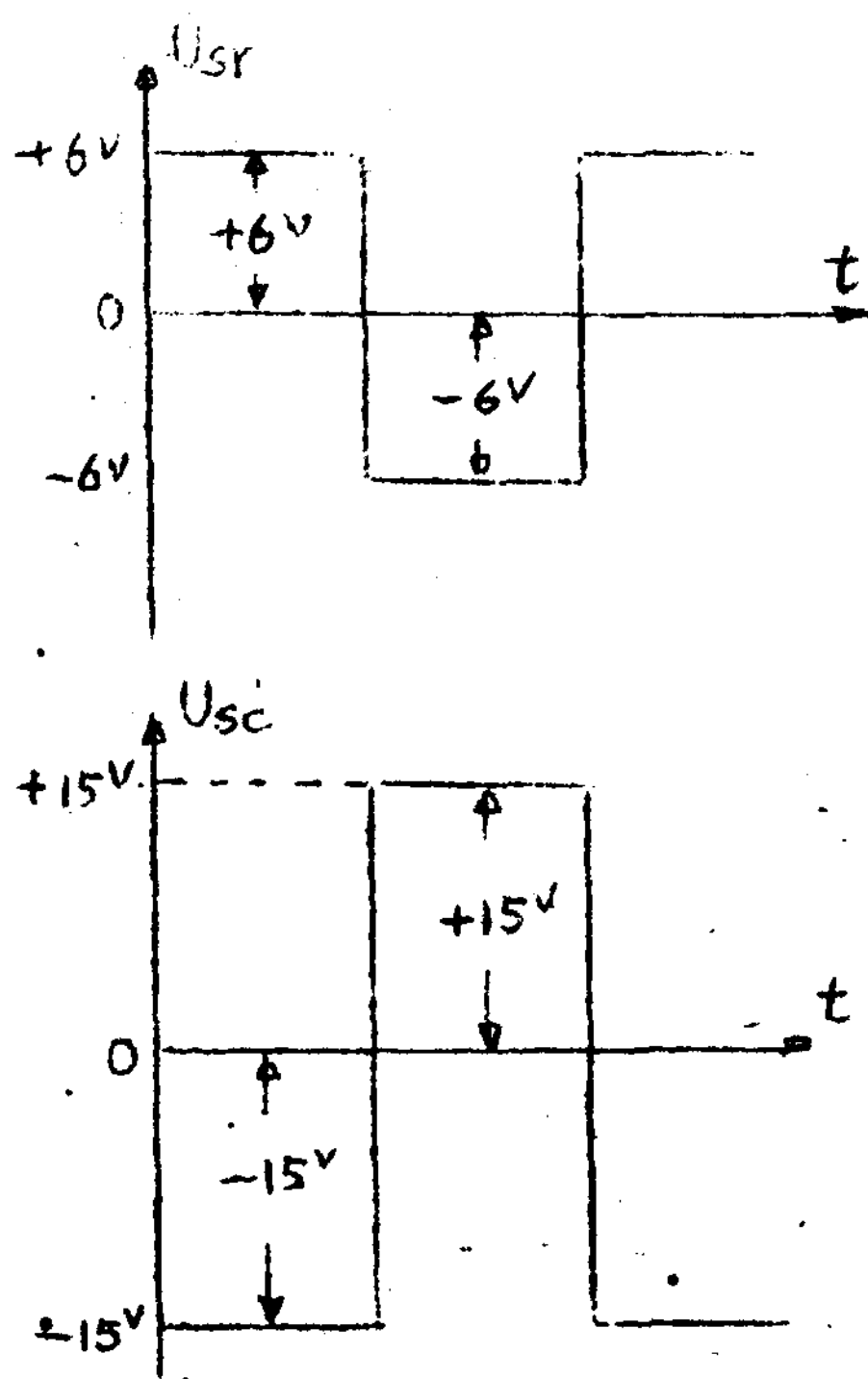


图 5—7 脉宽相等 ($T_1 = T_2$) 时的输入输出电压波形

式中 $\frac{T_1 - T_2}{T}$ 表明在一个脉冲周期中宽窄脉冲的宽度差, 这个脉冲宽度差的大小和符号, 反映了反平方乘法器电路的输入信号 U_X 的大小和方向。逐级分析相位可看出输出电压 U_{SOP} 与输入信号 U_X 是反相的, 即

$$U_{SOP} = -K' U_X = \frac{T_1 - T_2}{T} \times 15 \quad (5-3)$$

从而得到:

$$\frac{T_1 - T_2}{T} = -\frac{K'}{15} U_X = K U_X \quad (5-4)$$

即脉冲宽度比 $(T_1 - T_2)/T$ 与输入信号电压 U_X 成正比。

输出电压 U_{SO} 经整流滤波变成直流后反馈到放大器反相输入端

与输入信号相减，其差值经放大后，调整脉宽信号的变换，由于是负反馈可以稳定变换过程，提高变换的线性范围。

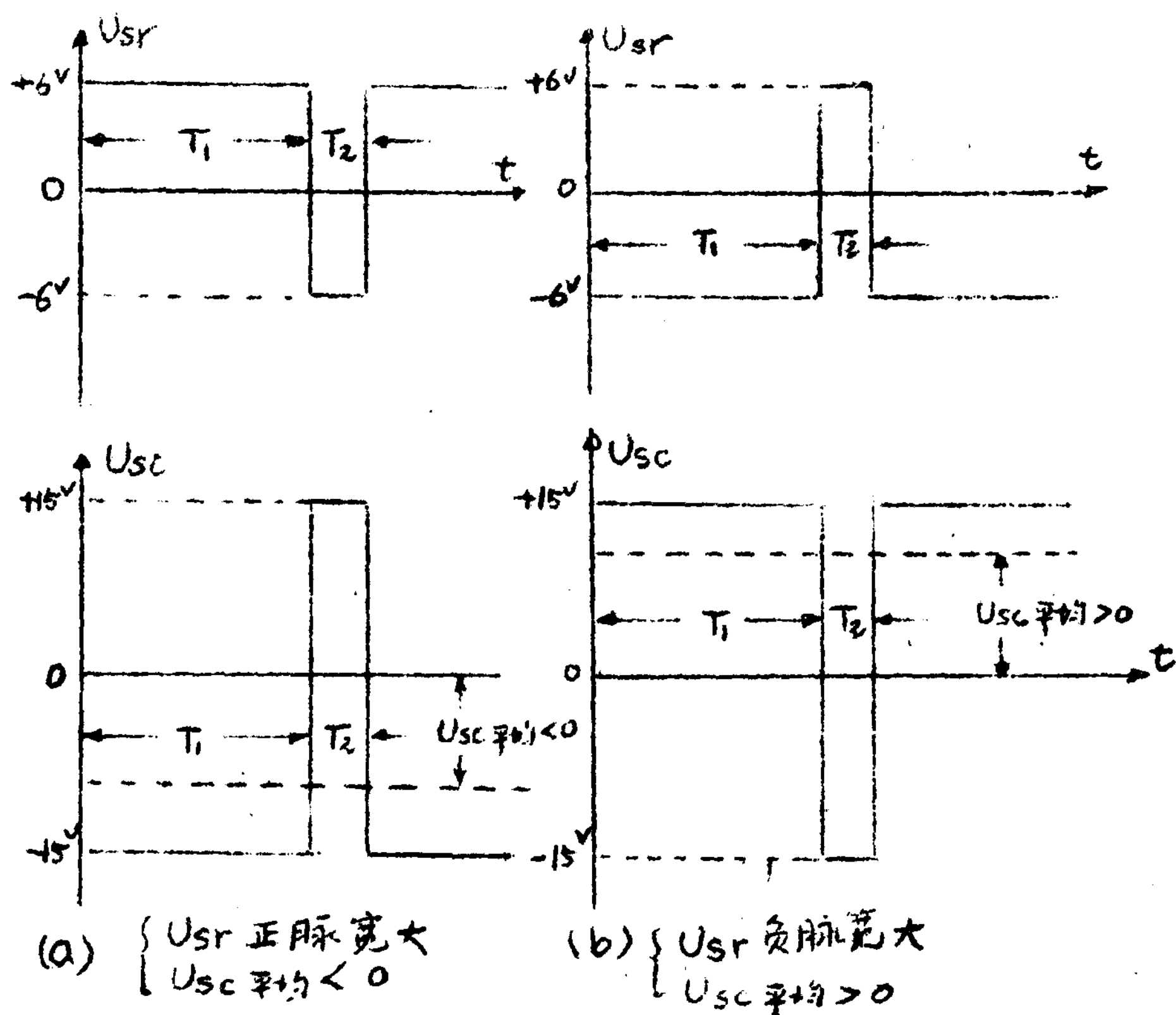


图 5—8 上下方波宽度不等时的输入输出波形

(六) 脉宽鉴别器 II — 乘法器

乘法器电路由 BG₇ 和 BG₈ 及一些阻容元件组成，电路形式与鉴别器 I 基本相同，唯一不同的是，两管子的集电极电源不是固定的 ±15V 稳压电源，而是与舰艇的航速平方成反比的信号电压 U_y ， U_y 信号取自反平方器输出的正负电压 $+U_y$ 与 $-U_y$ 。如图 5—9 所示。

根据式 (5—3) 可直接写出其输出平均值电压为

$$U_{SOP} = \frac{T_1 - T_2}{T} U_y \quad (5-5)$$

考虑到式(5-4)得:

$$U_{SCP} = KU_X \cdot U_Y \quad (5-6)$$

到此可以看出,乘法器电路的输出电压平均值与两个信号 U_X 与 U_Y 的乘积成正比。

(七) 反平方器

我们已知航速灵敏度调节要求反平方器输出电压需满足下述关系:

$$U_{SO} = \begin{cases} 0 & v \leq 6 \text{ 节} \pm 2 \text{ 节} \\ KU_X & 6 \pm 2 \text{ 节} < v < 18 \text{ 节} \\ KU_X \frac{18^2}{v^2} & 18 \text{ 节} \leq v < 30 \text{ 节} \end{cases}$$

图5-9 乘法器电路

$v \leq 6 \text{ 节} \pm 2 \text{ 节}$

$6 \pm 2 \text{ 节} < v < 18 \text{ 节}$

$18 \text{ 节} \leq v < 30 \text{ 节}$

其输入输出关系曲线如图5-10所示。

下面分三段来分析其用电路实现的方法。其实真正的反平方关系是DE段,其他两段的实现在此一併分析。

(1) DE段反平方关系的实现

由航程仪转播站送出的航速信号,经旋转变压

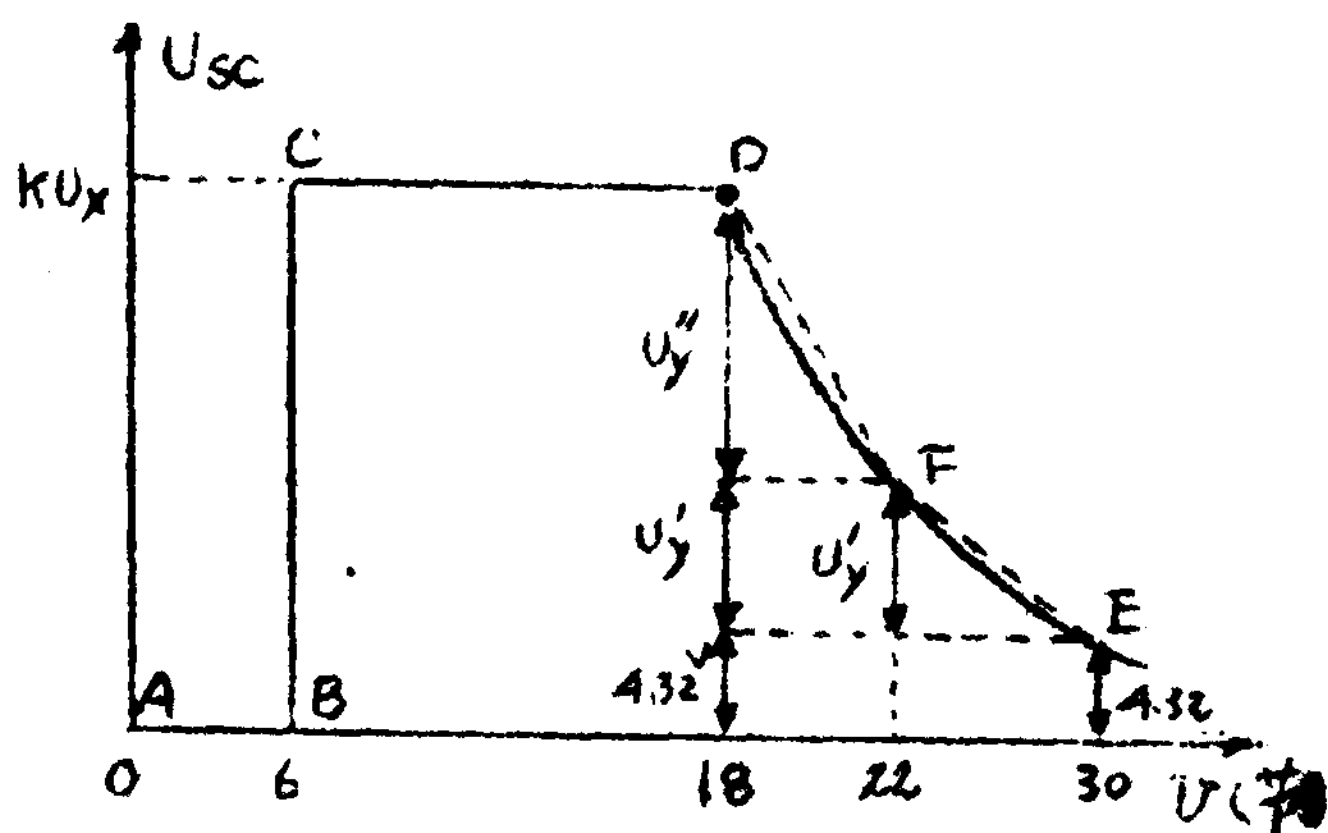
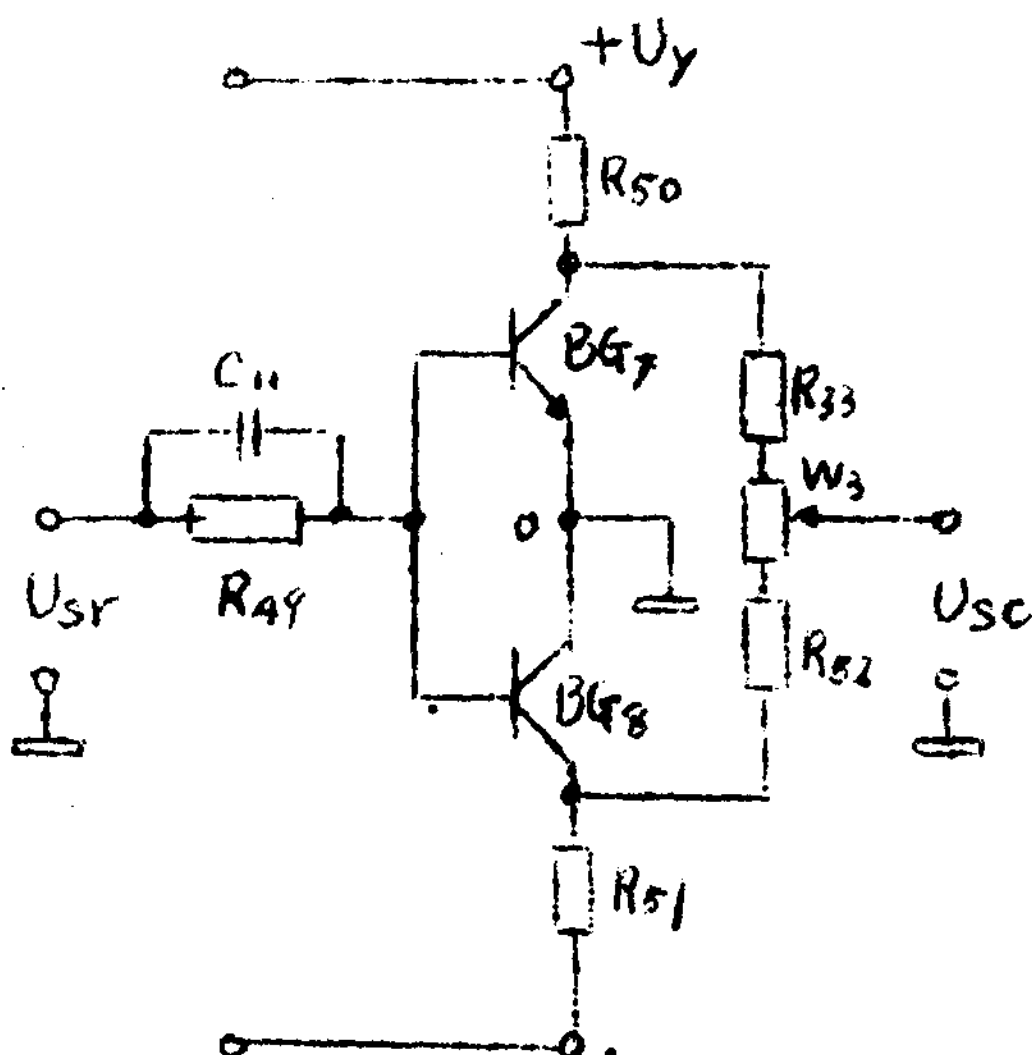


图5-10 航速调节系统输入输出关系

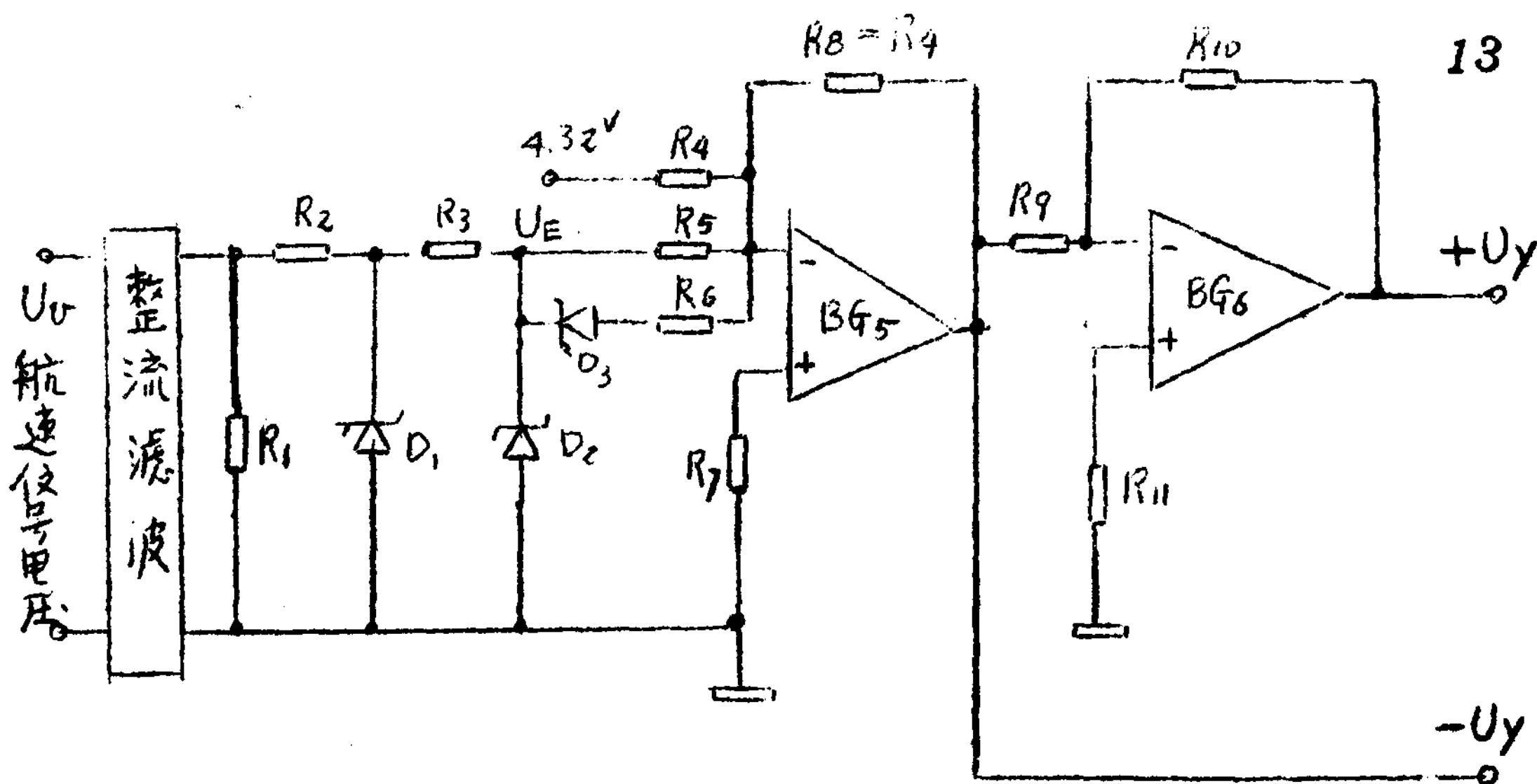


图 5—11 反平方关系电路

器变换成电压信号，为了实现与航速平方的“反比”关系，把线性旋转变压器的转子由对应的零位转出适当的角度，再适当调整比例旋转变压器的比例系数，使得航速 U 为 30 节时旋变的输出电压为零，即 U_E 为零，这样，当航速减低时，线性旋转变压器的输出电压随之线性增大，经整流滤波送到二级限幅电路（由 D_1 和 D_2 稳压管组成），限幅值为 12V，即随航速降低，其输出电压升到 12V 时就不再增加，这相当于航速为 18 节，低于 18 节时的输出电压都限幅在 12V。

由 BG_5 等组成反相求和运算放大器，反相输入端有三个输入回路； R_4 外接 +4.32V 直流电压，此回路与航速信号无关，又由于反馈电阻 R_8 等于其输入电阻 R_4 ，所以使输出端有一个固定 4.32V 的输出电压，这是对应航速为 30 节时的情况，因为航速为 30 节时其输出电压即 $U_E = 0$ 。输入回路 II 为 R_5 ，随着航速降低 (30 节 $\geq U \geq 22$ 节) 其输出电压 U_E 成反比增大，电压 U_E 在放大器输出端引起的电压为

$$U_y' = -U_E \frac{R_4}{R_5} \quad (5-7)$$