

可控硅精密温度自动控制系统 稳定性与可靠性的提高

王次昌 张祥椿¹⁾

(国家建材局南京玻璃纤维研究设计院)

摘 要

本文讨论了影响可控硅精密温度自动控制系统稳定性、可靠性的三个实际问题,即测温热电偶引进的串模交流干扰信号,引起控制系统不规则的低频振荡;多台可控硅控制系统并联运行时,同相供电电源间、异相供电电源间相互干扰,引起控制系统跟随或失控;可控硅击穿使被控设备烧坏等。作者提出了解决上述问题的方法,提高了系统的稳定性与可靠性。

玻璃纤维工业生产中,铂漏板温度要求控制在极精确范围内。铂漏板可控硅精密温度控制精确度为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$,控制系统实际控制温度为 $1250 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。控制系统方块图如图1。控制系统在运行过程中,往往由于系统结构和参数选择以外的原因,破坏了系统的稳定性与可靠性,使系统不能达到原定性能指标,因此必须引起充分的重视。

一、控制系统低频振荡问题

个别控制系统有时一投入运行就发生频率约为1赫兹的不规则波动或振荡,使系统无法稳定工作。多数控制系统有时在某一特定时间内出现上述不稳定现象,这时无论如何调整调节器参数,系统均不能稳定工作,过一段时间后系统可恢复正常。

经观察、测定、分析和实验室模拟试验,认为出现上述现象的原因是:1)由于控温热电偶直接焊接于铂漏板加热体上,并处于交变强磁场中,使热电偶除有效直流毫伏信号外又增加了与可控硅输出波形相同的串模交流干扰信号,导致微伏放大器的输出产生波动。当此干扰信号超过某一数值时,个别控制系统便出现不稳定现象;2)由于供电电源波形畸变,引起可控硅输出正负半周波形不对称或可控硅输出的频繁变化,使多数控制系统在短时间内不稳定。

实践证明,有效地降低串模干扰信号电平,并在微伏放大器输入端加强滤波,以控制

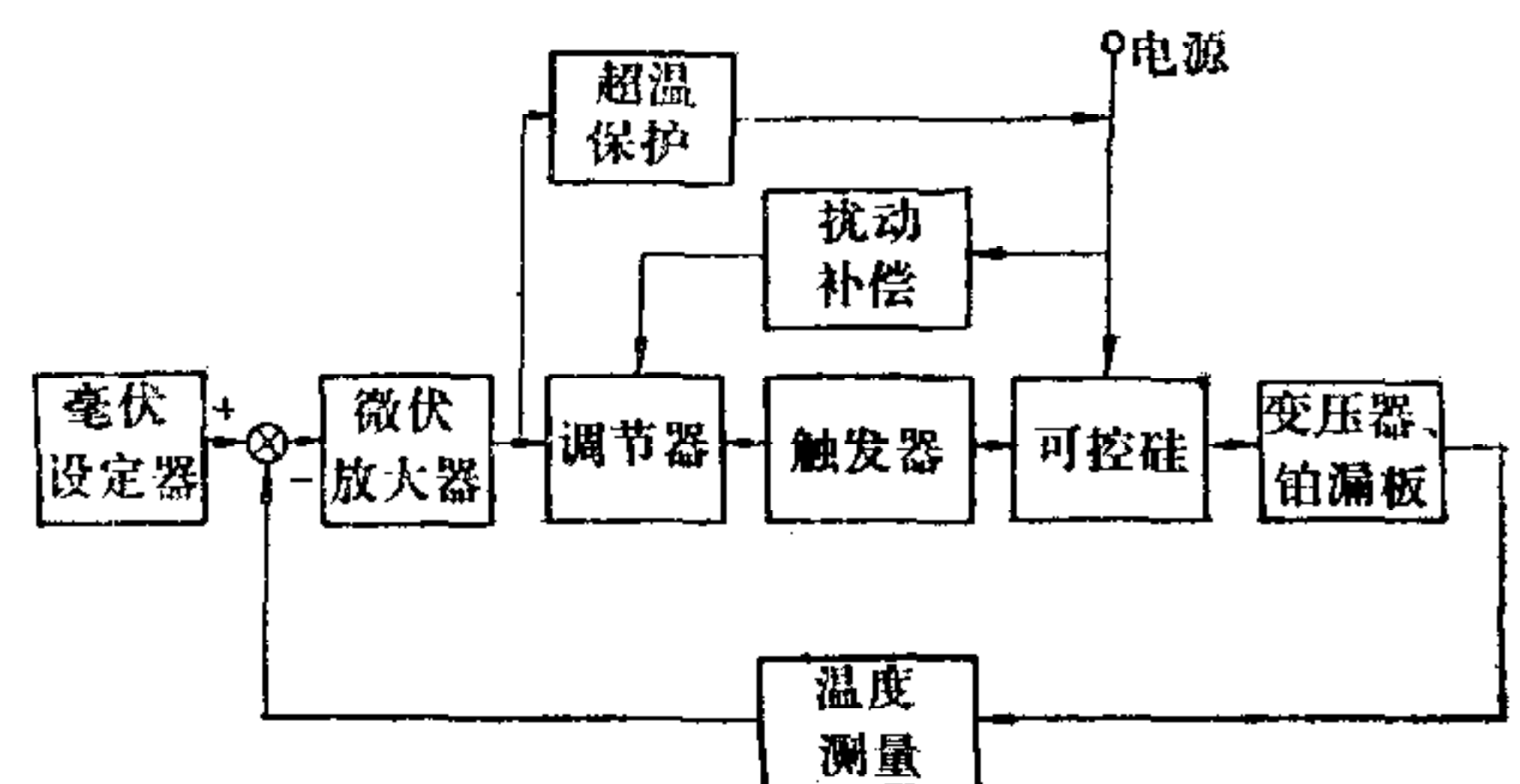


图1 可控硅精密温度控制系统方块图

本文曾在1981年全国自动化技术应用学术交流会上报告,修改稿于1981年9月25日收到。
1) 赵迪、黄曙馨、谢卫海等参加了有关部分的工作。

干扰信号对微伏放大器的影响,可以较好地防止系统产生低频振荡.

二、多台可控硅控制系统间的相互干扰问题

多台可控硅控制系统并联运行中,当调整某台可控硅控制系统的工作点时,其他台可控硅控制系统的输出会随之增高或降低,即所谓跟随和失控现象. 当某台可控硅控制系统的输出升高或降低至某一导通角时,本台或其他台可控硅控制系统的输出便出现大幅度摆动,造成快速熔断器熔断,甚至损坏可控硅等故障,使控制系统的控制精度降低,系统的稳定性和可靠性受到破坏.

1. 干扰产生的原因

若将可控硅的导通与关断看作一个理想开关,则对移相式触发可控硅控制装置供电线路可近似用图 2 所示等效线路表示.

$$L \frac{di}{dt} + Ri = \sqrt{2} U \sin(\omega t + \alpha). \tag{1}$$

α 为可控硅导通时的控制角. 对于 380 伏供电电源经推导得:

$$\begin{aligned} u_{BC} &= \sqrt{2} U \sin(\omega t + \alpha) - (L_{ZB} + L_{ZC} + L_d) \frac{di}{dt} \\ &= \left[\sqrt{2} U \sin(\omega t + \alpha) - \frac{\sqrt{2} U \omega (L_{ZB} + L_{ZC} + L_d)}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \cos(\omega t + \alpha - \phi) \right] \\ &\quad - \frac{\sqrt{2} UR}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} \sin(\alpha - \phi) e^{-\frac{R}{L}t} \cdot \frac{(L_{ZB} + L_{ZC} + L_d)}{L}. \end{aligned} \tag{2}$$

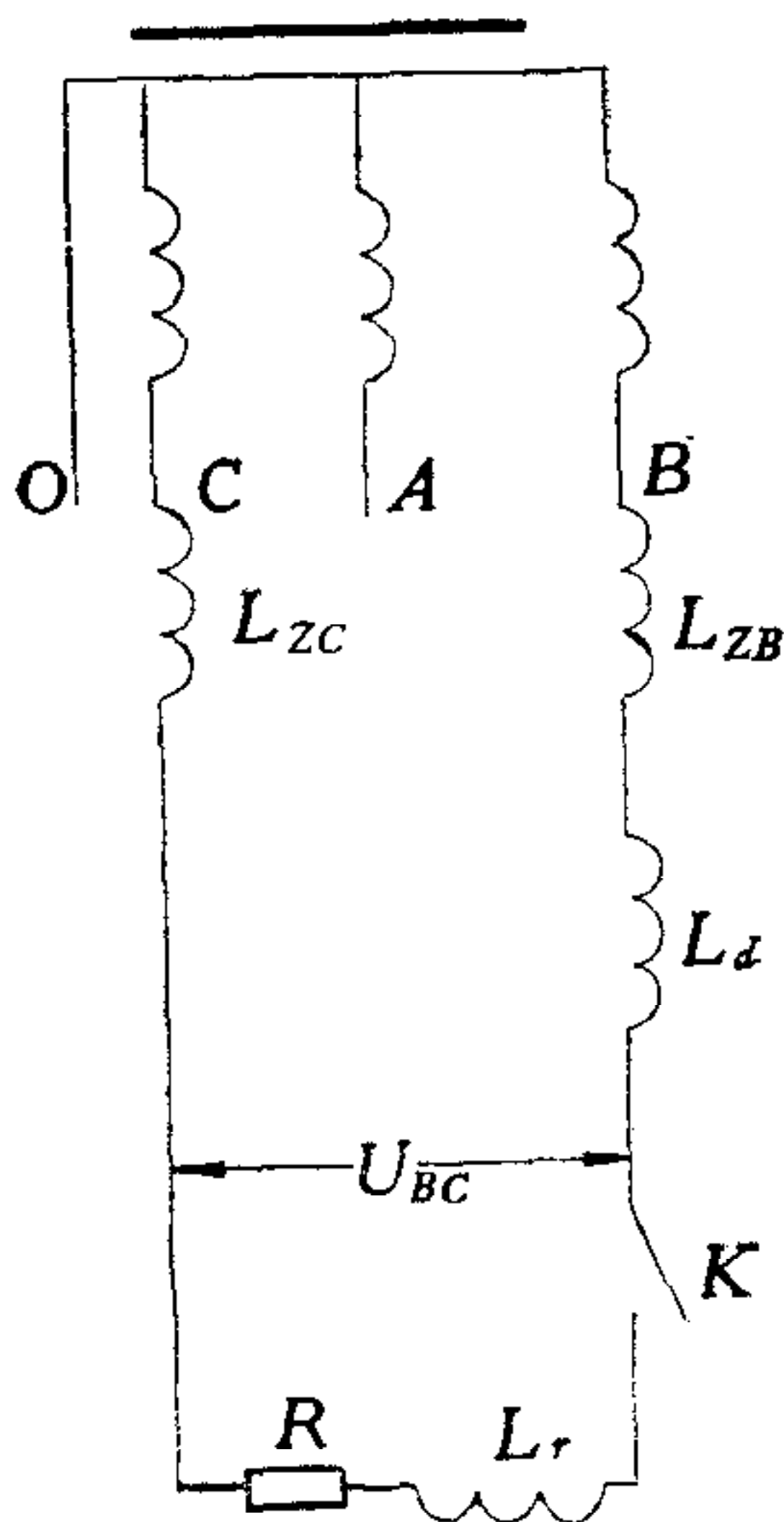


图 2 单相 380 伏供电等效电路图

AO, BO, CO 为变压器低压绕组; L_{ZB} , L_{ZC} 为变压器 B、C 相漏感; L_d 为供电电源线路等效电感; L_r 为可控硅输出回路等效电感; R 为可控硅输出回路等效电阻; $L = L_{ZB} + L_{ZC} + L_d + L_r$.

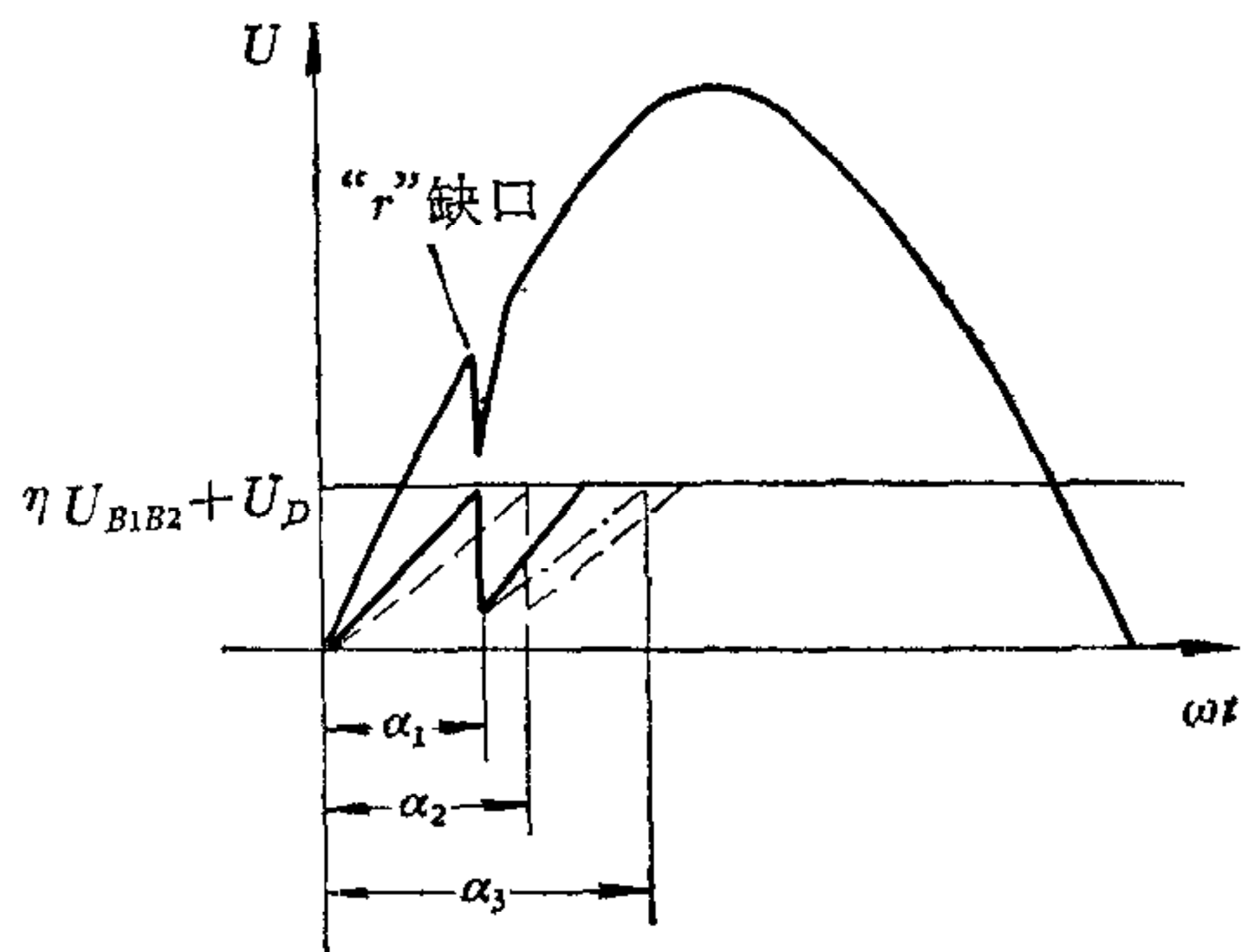


图 3 单结晶体管触发线路受同相干扰波形图

ϕ 为 $\text{tg}^{-1} \frac{\omega L}{R}$. 从式(2)不难看出, 第一项为一周期函数的稳态电压, 第二项为随时间衰减的暂态电压. 当 $t = 0$ 时幅度最大, 随着 t 增加逐渐衰减趋于零. 两项合成后产生“r”形缺口(见图3). 此缺口为多台可控硅控制系统间的干扰源.

2. 同相干扰及异相干扰

可控硅控制装置之间的相互干扰, 主要表现在电源缺口对触发线路同步信号波形的影响. 现以单晶体管移相式触发线路为例说明如下: 如图3所示, 第一台可控硅导通角为 α_1 , 第二台为 α_2 . 由于第一台可控硅导通时在电源 α_1 处产生缺口, 造成第二台可控硅的单晶体管 U_{B1B2} 电压瞬时降低, 使单晶体管提前导通. 若输出脉冲足以使可控硅触发时, 第二台可控硅导通角便由 α_2 提前至 α_1 , 反之则降低至 α_3 . 这就是同相干扰造成的所谓跟随或失控现象.

需要着重指出的是异相供电电源之间的相互干扰. 图4所示为异相电源相互干扰波形图. 当 BC 相工作在不同导通角(30, 60, 90, 120, 150 度电角)时产生的电源缺口对 AB, CA 相电源波形的影响. 当电源缺口处于异相电源过零时, 将影响异相电源同步信号, 使同步关系错乱, 正负半周严重不对称, 甚至单管工作. 这时, 可控硅控制系统的输出大幅度摆动, 因而无法正常工作.

图5为同步梯形波、串联同步开关、并联同步开关单晶体管触发线路接受异相干扰波形图. 对异相干扰而言, BC 相工作在 120 度导通角时,

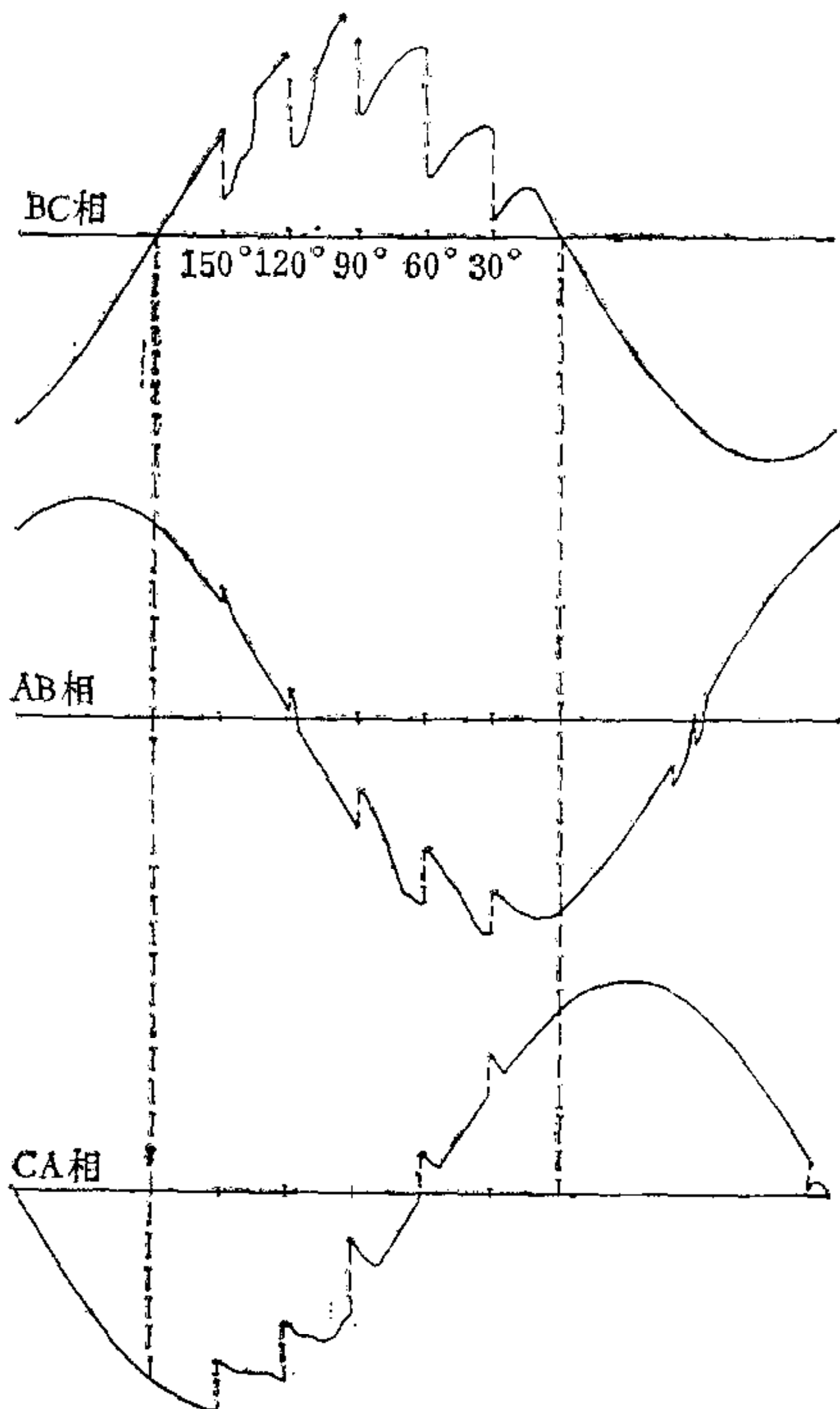


图4 异相电源相互干扰波形图

AB 相正好过零, 而一般可控硅导通角恰好设计在 110—120 度附近, 这样就往往会对 AB 相过零处有干扰. 这是无法避免的. CA 相的过零点是在 BC 相工作在 60 度导通角时, 因此 BC 相只是在升温过程中对 CA 相的过零处有干扰.

3. 排除干扰的途径

1) 在主电路上采取措施以减小电源缺口. 由式(2)可知, 缺口深度与 $(L_{ZB} + L_{ZC} + L_a)/L$ 成正比, 缺口宽度取决于时间常数 L/R , 因而在设计供配电线路时应尽量减少主变压器漏感及线路公共电感. 另外, 在主变压器低压侧设置功率因数和波形补偿电容,

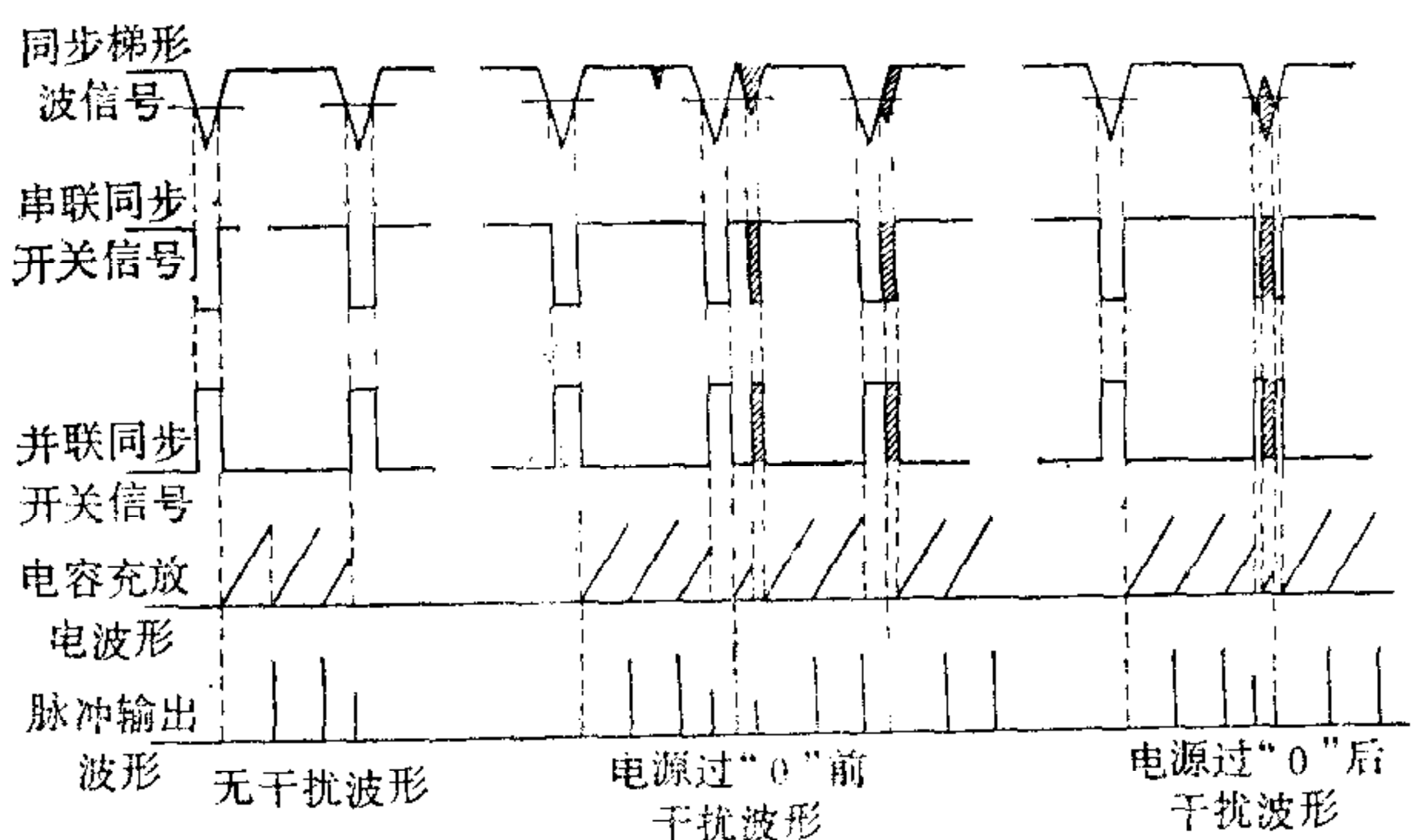


图5 单晶体管触发线路接受异相干扰波形图

并尽量靠近低压配电柜。这对改善电源波形有较好的效果。

2) 提高可控硅触发线路的抗干扰能力。电源缺口是不能消除的,尤其是当由于各种原因造成某台可控硅过电流时,在电源上会产生比较深的缺口。为尽量排除同相及异相电源缺口的干扰,必须加强同步电源的滤波,以稳定同步信号波形。对于几种比较常用的单结晶体管触发线路,加强同步信号滤波,对于同相干扰均可以得到比较好的解决,而对于异相干扰,则只能得到改善,不能得到根本解决。采用同步电源三角波宽脉冲触发线路,由于同步信号不受电源缺口影响,因而可以较好地解决上述问题。

三、断偶与超温保护

可控硅精密温度自动控制系统在运行过程中,由于某些特殊原因造成可控硅失控,甚至击穿短路,使被控对象铂漏板由于瞬间过温而被烧坏。这是绝对不允许的。对此,采用

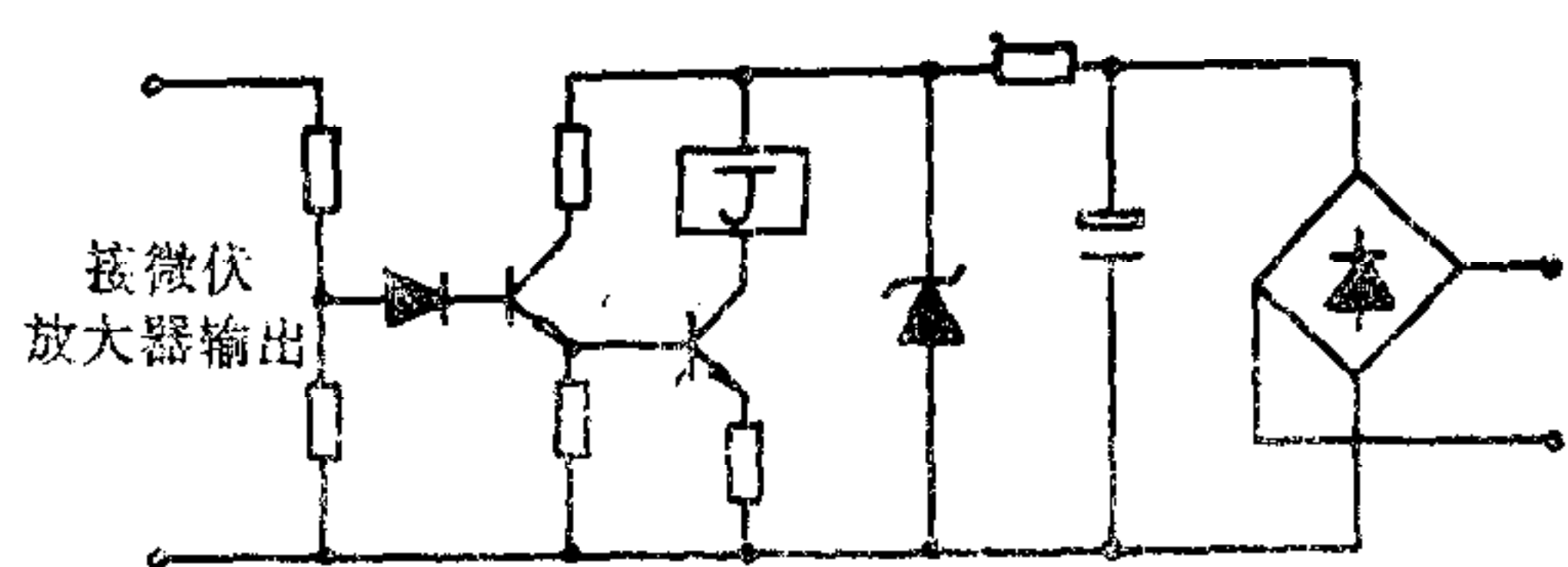


图 6 断偶和超温保护线路图

可控硅触发脉冲封锁线路来限制主电路的电流是无效的,然而,当出现断偶或超温时,微伏放大器将输出正向饱和电压(如图 6 示),控制超温保护继电器 *J* 及时切断主电路电源并发出报警信号,可以确保被控对象的安全。

作者认为自动化工作者在调试工业控制系统时,应十分注意观察和分析引起系统不稳定的外界干扰因素,并采取相应有效的技术措施,以保证系统稳定可靠地运行。

ENHANCEMENT OF STABILITY AND RELIABILITY OF PRECISE SCR AUTOMATIC TEMPERATURE CONTROL SYSTEM

WANG CICHANG ZHANG XIANGCHUN

(Nanjing Fibreglass Research and Design Institute)

ABSTRACT

This paper discusses three technical problems of the precise SCR automatic temperature control system in practical operations affecting the stability and reliability of the system: the changes in the values and wave shapes of the AC normal mode interference signals inlet by the temperature measuring thermocouple would cause irregular low-frequency oscillation of the control system; the mutual interference between in-phase power supplies and between out-of-phase power supplies during the operation-in-parallel of many SCR control systems would cause follow-up and out-of-control of the system; The breakdown short-circuit of SCR would cause burning-out of the equipment under control. This paper presents detailed theoretical analyses and suggests efficient ways in dealing with those problems so as to enhance the stability and reliability of the precise SCR automatic temperature control system.