

电子电器

天津机电工业学校 罗淑玲 主编



兵器工业出版社

电 子 电 器

天津机电工业学校 罗淑玲 主编

兵器工业出版社

(京)新登字049号

本书结合我国电子电器的发展水平,从实用观点出发重点阐述了延时电器、漏电保护电器、保护继电器、无触点开关、顺序控制器和可编程序控制器的基本结构、工作原理、主要技术参数,并向读者提供一些使用及设计计算的依据,同时,还结合实际使用情况,列举了一些常见故障的分析与处理、安装与调整的基本知识。在内容上突出了精、新、实用三个特点。

本书为中专电机电器专业必修的专业课试用教材,同时可供电气类业余大学、职业中专、职业中学、高级电工及专业人员培训班作教材,还可供有关工程技术人员参考。

电 子 电 器

天津机电工业学校 罗淑玲 主编

*

责任编辑 贺 功

封面设计 方 芬

*

兵器工业出版社出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京市密云县印刷厂印装

*

开本787×1092¹/₁₆·印张 11·字数 273 千字

1993年7月北京第一版·1993年7月北京第一次印刷

印数 0,001—8,000·定价:9.70 元

*

ISBN 7-80038-614-7/TN·29

前 言

本书是根据1991年8月在丹东召开的机电部中专电类教学指导委员会电机电器专业组第二次会议精神所初步审定的《电子电器》教学大纲编写的，系四年制中专电机电器专业必修课的试用教材。

“电子电器”是当前迅速发展的微电子技术改造传统的机电产品的具体产物。本书从实际使用观点出发，结合我国当前电子电器的发展水平，重点阐述了几种具有代表性的元件和装置的结构组成、工作原理和主要技术参数，并提供一些方案选择及设计计算依据，同时，还结合实际使用情况，列举一些常见故障的分析与处理，安装与调整的基本知识。在内容上突出了精、新、实用三个特点。即在涉及理论阐述时不作繁琐的推导；删去了当前即将淘汰的产品和技术；增加了安装、调试的实用技术。

希望本书能在反映中专教育特色、适合中专教学需要的教材建设工作中，有微薄的贡献。

本书由天津机电工业学校高级讲师罗淑玲主编。参加协编的人员有湖南省机械工业学校赵伟（第一、四、五章），天津市绝缘材料厂武国柱（第六章），浙江省机械工业学校王建林（第七章）。

全书由中国电工技术学会电工产品可靠性研究会副主任委员、中国电子学会继电器专业委员会副主任委员、河北工学院教授陆俭国主审。

在编写过程中曾得到有关学校、工厂和科研单位的教师和技术人员的热情支持，特别是天津市津联开关厂总工程师许志颜，天津市第三机床电器厂王继先工程师和天津市绝缘材料厂杜沂厂长为本书提供许多资料和宝贵意见，在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，错误和不妥之处敬请读者批评指正。

编 者

1992年10月

目 录

前言	
概论	(1)
小结	(7)
习题与思考题	(8)
第一章 电子电器的基础	(9)
第一节 电子电器的抗干扰和可靠性	(9)
第二节 鉴别器	(14)
第三节 电子电器的动作值及其误差	(26)
小结	(28)
习题与思考题	(29)
第二章 延时电器	(30)
第一节 阻容延时电路与延时时间计算	(31)
第二节 R - C 式晶体管时间继电器	(37)
第三节 数字式时间继电器	(43)
小结	(52)
习题与思考题	(52)
第三章 漏电保护电器	(53)
第一节 漏电故障信号的检测	(53)
第二节 漏电保护电器	(58)
第三节 漏电保护电器基本参数的计算分析	(65)
第四节 漏电保护电器的选用、常见故障及处理	(69)
小结	(73)
习题与思考题	(73)
第四章 保护继电器	(74)
第一节 继电保护常用的 I - U 变换器	(74)
第二节 过载和短路保护继电器	(77)
第三节 断相保护继电器	(81)
第四节 半导体脱扣器	(85)
第五节 电动机综合保护继电器	(88)
小结	(90)
习题与思考题	(90)
第五章 无触点开关	(91)
第一节 接近开关	(91)
第二节 光电开关	(99)
第三节 晶闸管开关	(108)
小结	(117)

习题与思考题.....	(117)
第六章 步进式顺序控制器.....	(118)
第一节 基本逻辑型顺序控制器.....	(118)
第二节 步进式顺序控制器.....	(123)
小结.....	(133)
习题与思考题.....	(133)
第七章 可编程序控制器.....	(134)
第一节 可编程序控制器.....	(134)
第二节 可编程序控制器的发展.....	(142)
小结.....	(143)
习题与思考题.....	(143)
第八章 常用电子电器的安装、测试与调整.....	(145)
第一节 常用电子元器件的检测与选用.....	(145)
第二节 电子电器的安装与调试.....	(155)
第三节 集成电路中常见故障的分析与消除方法.....	(163)
小结.....	(168)
习题与思考题.....	(168)
参考文献.....	(170)

概 论

一、电子电器的定义和优缺点

电器是一种量大、面广的机电产品，一般在配电和控制系统中起开关、控制、保护、检测、显示和报警等作用。近年来由于微电子技术和信息技术的发展，促进了电器产品的改进与更新，电子化或半电子化的电器产品便应运而生，且发展迅速。为说明什么是电子电器，现举例如下：

例1 图0-1为用于三相配电系统的漏电保护结构示意图。

M为电动机，接于三相低压网络中，在正常工作情况下其机壳是不带电的，而当电机绕组的绝缘损坏时，其导线将通过铁心和机壳接地，因此机壳就带了电，当接地电阻很小时，将产生很大的对地电流，此电流称为漏电流或零序电流，它能使电机烧毁，甚至引起火灾，如果人触及电机机壳，就要发生触电危险，因此应设置漏电保护装置。

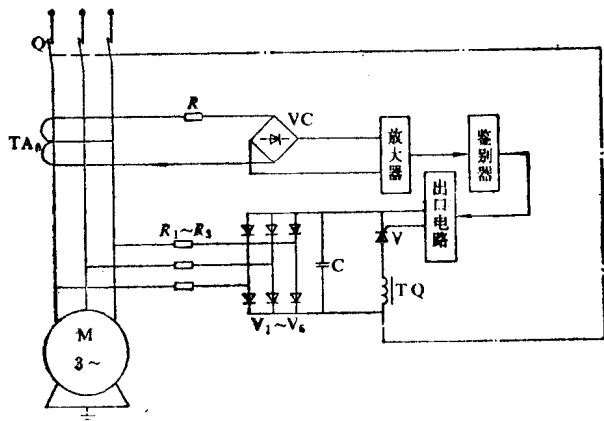


图0-1 漏电保护结构示意图

V为晶闸管。当供电网络工作正常时V关闭，线路开关Q处于闭合状态，保证了系统的正常供电；而当网络发生漏电或触电事故时，V导通，使线路开关Q的脱扣器线圈TQ通电，并驱动Q断开电源，保护了设备和人身安全。这里的晶闸管只起一个通或断的开关作用，控制其导通或关断的是来自检测漏电信号的零序电流互感器TA₀的副边输出（其与漏电流大小成正比）。这一输出信号经整流器VC检波、放大器放大、鉴幅器鉴别，只有当漏电达到或超过预定的临界值时，放大器的输出电压才足以克服鉴别器的门限电压，使出口电路发出足够的脉冲信号，触发晶闸管使其导通。

图0-1中的控制电源是由二极管V₁~V₆组成的三相整流桥、R₁~R₃降压电阻和滤波电容C组成。

由以上分析可见漏电保护装置，即漏电保护电器是由一整套半导体元件和电子线路构成的，包括检测元件、放大器、鉴别器、出口电路等组成一个全电子化电器，也可称为半导体无触点开关。

例2 图0-2为温度继电器原理电路图。其中，RT为一热敏电阻，它能反映被控元件的温度变化，因此相当于一个检测温度变化的感温元件。例如将RT埋入电动机绕组，可测量电机绕组温度的高低，当绕组温度变化时，RT的阻值发生变化，当RT上通过电流时，则可

将RT上温度的变化转变为电压的变化。三极管 V_1 及 V_2 组成射极耦合触发器。 V_3 为保护用二极管。

线路接通电源后,当电机绕组的温度低于其所允许的极限温度时,由RT所决定的电位使 V_1 管饱和导通、 V_2 管处于截止状态,灵敏继电器K的线圈不通电。但当电机绕组温度达到或超过极限允许温度时,由RT所决定的电位使 V_1 管由饱和导通变为截止,而 V_2 将由截止翻转为饱和导通状态,此时继电器K的线圈通电,其衔铁吸合,触点发出电机绕组过热信号,

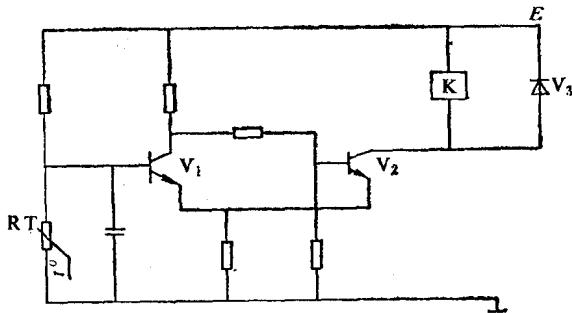


图0-2 温度继电器原理电路图

因此由 V_1 及 V_2 组成的双稳态触发器即是放大器又是通过RT上的电压变化来鉴别电机绕组温度的鉴别器,继电器K是出口电路中肩负开关任务的执行元件。

由以上分析可知,温度继电器实际上是由一个感测温度变化的热敏电阻、起放大和鉴别作用的双稳态触发器和执行开关任务的继电器组成,在这个电路中除执行继电器为有触点电器以外,其余均为半导体器件和电子线路,因此温度继电器是一个半电子化的电器元件,又称为混合式电器。

(一) 电子电器的定义

由上述两例不难看出,电子电器是电子化和半电子化电器,即全部或部分地由电子器件和电子线路构成的电器元件或装置。

(二) 电子电器的优缺点

半导体无触点电器与传统的有触点电器相比有许多优点,但也有其不足之处。

1. 优点

1) 开关速度快。一般有触点电器的固有动作时间为数十毫秒左右,即使是快速开关也需几毫秒,而半导体无触点开关,其动作时间只有几微秒至几十微秒,在现代控制系统中,需要的正是高速度的开关电器来进行系统的调节和电路的切换,以满足集成生产系统的要求。

2) 操作频率高。晶闸管开关的操作频率可高达每分钟100次以上,这是一般有触点电器很难达到的。

3) 寿命高。只要半导体开关工作在规定的电压和电流的极限范围内,其使用寿命将是很长的,而有触点电器的寿命受到机械和电气性能的影响,不能很高。

4) 半导体无触点电器几乎不受工作环境的限制,可工作在有机机械振动、粉尘、易燃、易爆的恶劣环境下。

5) 控制功率小。采用MOS集成器件为开关的输入极、信号源几乎不负担电流。

6) 随着电力电子器件(晶闸管、大功率晶体管、MOS复合管、电力集成电路)的发展,电子电器不仅具有开关功能,还能进行交、直流调压,功率放大,交、直流电动机的调速等。并实现了模块化,使控制系统体积小、重量轻、维修方便、节省电力、成本大为降低。

2. 缺点

1) 电力晶体管导通后的管压降及饱和压降约为 $1 \sim 2 \text{ V}$, 因而造成发热量及耗损功率均较大, 为了散发此热量必须加大散热面, 从而使其体积比同容量的有触点电器大很多。

2) 晶闸管关断后存在毫安级的漏电流, 因而不能实现理想的电隔离。

3) 过载能力低。当用于控制电动机时, 一般应按起动电流选择元件的容量。

4) 温度特性及抗干扰能力差, 需要采取相应的处理措施, 才能使电子电器在强电及恶劣的环境中可靠地工作。

5) 目前由于国内半导体器件制造工艺性较差、成本高, 因此电子电器的造价较高, 限制了它的使用范围。

在要求操作频率高、工作环境恶劣、大规模的集成生产系统和计算机控制系统中多采用电子电器。

二、电子电器的结构组成及主要技术参数

(一) 电子电器的结构组成

从漏电保护电器及温度继电器两例不难看出, 尽管它们的动作的基本原理各不相同, 但其结构组成却很相似, 主要包括

1. 感测机构 由一些变换元件和各种传感器承担。它的作用是将被检测的各种电量或非电量, 变换为适用于电子电路的电压、电流或电路参数。在漏电保护电器中感测机构为零序电流互感器, 它将主线路中的漏电流通过互感器二次侧的电阻或电容转变为电压信号直接输入放大器。因此通常把互感器 (包括电流互感器与电压互感器) 称为 $I-U$ 变换器; 在温度继电器中感测机构为热敏电阻, 它只能把被控元件的温度变换为电阻。因此通常称它为传感器。

根据变换信号的不同, 一般把传感器分为有源传感器及无源传感器两类。有源传感器能直接将非电量变换为电压或电流信号, 如热电偶、霍尔元件、光电池等, 从有源传感器输出的电压、电流信号, 可直接输入到放大器进行放大; 无源传感器只能将非电量转换为电路参数 (R 、 L 、 C), 如热敏电阻、各种电感、电容传感器等, 无源传感器与放大器之间还需应用变换电路将传感器输出的 R 、 L 、 C , 变换为电压和电流信号, 再输入放大器进行放大。传感器的种类繁多, 性能各异, 其具体内容将在有关章节中分别介绍。

2. 变换电路 变换电路是无源传感器所在的局部电路, 它能把无源传感器转换的电路参数变换为电压、电流、频率或相位。各种电桥、分压电路、差动电路以及振荡电路都是常用的变换电路。

3. 放大器 放大器能将微弱的信号加以放大, 以提高电器的灵敏度、精度和可靠性。常用的放大器往往不是单独存在的, 而是由别的环节兼起着放大的作用。如触发器和振荡器, 它们都是在担负别的职能的同时, 还起着强烈正反馈的非线性放大作用。

4. 鉴别器 变换与鉴别是电子电器最基本的组成部分, 前者可能同时兼起着感测、变换、放大作用; 后者用来鉴别。

鉴别器是判别被检测量是否已达到或超过给定量的比较环节, 它向被监控量提供一个能比较的门限值, 由这个门限值和输入信号共同决定鉴别器的输出状态。当输入信号超过门限值时, 鉴别器有输出; 当输入信号小于门限值时, 鉴别器无输出, 更确切地说, 鉴别器输出

的是被鉴信号与预先给定的门限值的差值，并将此差值转换为跳变的开关信号或逻辑电平，提供给下一级的电路——出口电路。

晶体管、晶闸管、触发器等均可承担鉴别器的任务。

被鉴信号可能是电压的幅值、频率、相位或脉冲的宽度，相应的鉴别器有鉴幅器、鉴频器、鉴相器和鉴宽器，最常用的是鉴幅器。

5. 出口电路 出口电路是电子电器的末级电路和出口端，其主要作用是为电子电器提供具有所需功率和电平的开关特性或继电特性。

出口电路的输出形式有无触点（晶体管或晶闸管）和有触点（小型继电器）两种，前者为全电子化半导体无触点开关；后者为半电子化混合式电器。

6. 电源 电子电器所需电源的种类很多。通常应首先提供稳定的直流电源，做为晶体管的工作电源；其次应为信号变换、放大和鉴别提供高质量的稳压电源，以保证电器有较高的精度和可靠性；出口电路的电源，稳压质量可稍差或不加稳压。

上述六个环节为电子电器结构的主要组成部分，此外尚可根据需要加入。

7. 检波器和解调器 由感测机构或放大器输出的如为交流信号须经检波器或解调器变换为直流信号后再送入鉴别器进行鉴别。

检波器实际上是一个具有平滑滤波的整流电路。它可以是半波、全波、倍压等检波电路，解调器与检波器不同，除将信号整流外，还能反映信号的相位，如相敏整流器，并可兼有放大作用如相敏放大器。

8. 延时电路 如需要电器延缓一定时间动作时，可在放大器和鉴别器之间加入延时电路环节。延时时间可以是恒定的，也可以与被测量大小有关，前者可构成时间继电器，后者可实现具有反时限保护特性的保护电器。

根据需要还可以加入逻辑门电路，如在数字式时间继电器中就应用了各类门电路。设置门电路的目的是给电器的动作附加了条件，在非数字式电子电器中也会用到逻辑门电路。与门电路使电器动作变得严格；或门电路使电器动作条件放宽；而非门电路使电器原有的动作条件作了一次否定。

为保持信号的记忆功能，在某些控制用电器中如记忆式接近开关，需要加入记忆环节，一般由双稳态触发器和晶闸管等电路承担。

（二）电子电器的主要技术参数

1. 动作值 电子电器的动作值是其最重要的技术参数之一。电器的精度实际上是动作值的精度，其它许多技术参数和技术条件都与动作值相关联而产生。

电子电器的输入量可能是非电信号，而输出量是经变换并放大的电信号，因此被测非电量的动作值为

$$F_d = \frac{U_d - U_0}{S_i}$$

式中 U_d ——鉴别器的门限电压（V）；

U_0 ——鉴别器输入端的起始电压（V）；

S_i ——变换器总灵敏度（V/非电量单位）。

动作值 F_d 是电子电器由“开”变为“关”状态的数值。即为电子电器的输入量在其输出状态由“0”态翻转为“1”态时的数值。

电子电器的动作值有时是可调的,用户可以通过设在面板或外壳上的旋钮自行整定。

2. 回差及返回系数 图0-3为继电特性图,它表示当输入量连续变化时,输出量有个突变。 $0-A-B-C-D$ 是电器动作时的途径; $D-C-E-A-0$ 是电器释放时的途径。 A 点和 B 点分别对应着电器的释放值和动作值,由于动作值大于释放值,特性曲线中出现了滞环 $A-B-C-E-A$,滞环的宽度 AB 称为电器的回差。故得

$$\text{回差} = \text{动作值} - \text{释放值} = 0B - 0A > 0$$

释放值与动作值之比称为电器的返回系数 K_r ,即

$$K_r = \frac{\text{释放值}}{\text{动作值}} = \frac{0A}{0B} < 1$$

回差越小, K_r 就越接近于1。不同使用类别的电器 K_r 值不同,保护类电器 K_r 值要求小;控制类电器则要求 K_r 值接近于1。

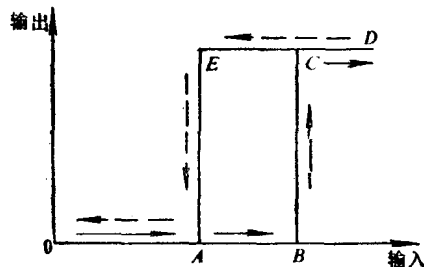


图0-3 继电特性图

3. 动作误差 电子电器的动作值 F_d 与鉴别器的门限电压 U_d 和鉴别器输入端的起始电压 U_0 有关,因此其动作误差主要由 U_d 和 U_0 的波动引起的。 U_d 的波动是由于鉴别器门限电压受电源电压及环境温度波动的影响; U_0 的波动则是由于传感器的温度特性和放大器的零点漂移引起的。

电子电器的动作误差分为单项误差与综合误差两类。

(1) 单项误差 分为重复误差、电压误差和温度误差三种。

1) 重复误差。指在常温和额定电压下的动作误差 Δ ,为

$$\Delta = \pm \left| \frac{F'_d - F'_{d0}}{F'_{d0}} \right| \times 100\%$$

式中 F'_d ——5次中偏离平均值的最大者;

F'_{d0} ——5次动作值的算术平均值。

2) 电压误差。是电源电压变动引起的误差,一般指在常温下以85%、100%、105%额定电压,各试验5次时的动作误差 Δ' ,为

$$\Delta' = \pm \left| \frac{F'_d - F'_{d0}}{F'_{d0}} \right| \times 100\%$$

式中 F'_d ——各次动作值中偏离平均值的最大者;

F'_{d0} ——100%额定电压时,5次动作值的算术平均值。

3) 温度误差。是温度变动引起的误差,一般指在100%额定电压下,以常温、上极限温度、下极限温度各试验5次的动作误差 Δ'' ,其为

$$\Delta'' = \pm \left| \frac{F''_d - F''_{d0}}{F''_{d0}} \right| \times 100\%$$

式中 F''_d ——各次动作值中偏离平均值的最大者;

F''_{d0} ——常温下5次动作值的算术平均值。

(2) 综合误差 是电源电压和环境温度各在其极限范围内变化时,电器可能产生的最大误差,如环境温度 $\pm 40^\circ\text{C}$,电源电压规定为 $\pm 10\%$,在此范围内做试验,取其最大误差为综合误差。

4. 环境温度 电子电器受环境温度的影响极大,在设计及使用时应特别注意其使用环境的要求,否则将使产品精度大幅度下降。一般产品为满足不同的使用环境,将产品设计为不同的温度范围,既有偏于高温的,又有偏于低温的,以供用户选用。

5. 输出电压 电子电器的输出电压有两种状态,即“0”和“1”。“0”输出电压是输出低电平时电压的最高允许值;“1”输出电压是输出高电平电压时的最低允许值。

6. 电源电压 电子电器的电源电压一般应给出允许的变动范围,并保证在此变动范围内电器以规定的精度可靠地工作。

三、电子电器的发展概况及其在现代科技领域中的作用

众所周知,电机、电器元件是为电力系统和工业生产服务的,是自动控制系统不可缺少的组成部分。现代工业为了提高产品的数量和质量,增加品种及规格,使其控制系统向着集成、高速、自动、可靠和精确的方向发展,因而对构成控制系统的元器件提出越来越高的要求,如高的开关速度,高的操作频率、极小的控制功率等,这是一些传统的有触点电器难以满足的,因此在50年代初,相继出现了磁放大器、磁性元件和无触点开关——电子电器。从60年代开始,一些以晶体管线路为主体的电器元件如晶体管时间继电器、光电继电器等也相继出现。70年代、特别是80年代以后,随着电子技术、微电子技术的推广和应用,使得电动机、家用电器、供电系统的控制与保护几乎全部晶体管化和集成电路化。机械技术、微电子技术和信息技术的复合,更进一步推动了电子电器的发展,尤其是90年代以来,生产过程的控制进入了微型机数控系统、柔性生产系统、集成生产系统、多级计算机控制系统和网络系统的时代,为了适应控制系统不断高级化与复杂化的需要,迫使电器行业向着体积小、性能高、可靠性强、多品种、多功能、使用方便等方向发展,因而相继出现了很多集成电路化的分立元件或插座式、卡轨式产品,如接近开关、光电开关、可编程控制器、计数式时间继电器等。但国内产品在品种、规格、精度、功能等方面与国外还有明显差距。目前在国外发达国家已将微处理器、光纤、光耦合、电子计算机和可靠性新技术应用于电器行业,如无触点电子继电器,又称为固体继电器,就是建立在集成电路、光电隔离器件和功率半导体器件的基础上,应用模块技术使电力电子器件与微电子结合在一起的一种典型产品,随着微电子技术的应用,国际上已经出现了厚膜电路型、单片集成电路型,若外接无源敏感元件(电子式传感器),可组成压力继电器、温敏继电器、气敏继电器、磁敏继电器等,如果采用光电隔离和磁耦合输入级,可以实现输入和输出间的电隔离,因此在计算机终端接口技术中得到了广泛应用,使之成为微机控制系统中不可缺少的元件。

综上所述,电子电器是微电子技术改造传统的机电产品的具体产物,是生产过程控制装置及各项自动化新技术应用中不可缺少的一部分,它与自动控制系统及计算机一起在现代科技领域中将完成下列一些任务:

- 1) 利用无触点行程开关、无触点接近开关等可以控制材料、零部件和产品在工位或装置间的移动;
- 2) 利用温度继电器、压力继电器等分析和控制温度、压力、湿度之类的流程参数;
- 3) 在冶金、石油、化工、建材、轻工等部门,可编程控制器将取代老式控制设备组成集成控制系统,完成材料的成形、切割、混合、铸模及各类生产过程的程序控制;

4) 利用过载、短路、断相、漏电等电子式保护电器, 实现对供电系统和控制系统的各种保护;

5) 利用各种类型的传感器, 通过对各个生产阶段的检查、测试和分析, 控制产品的质量;

6) 在机床控制、文教机械、化工、纺织、煤矿等行业的拖动系统、自动顺序控制系统中, 需要按要求反复整定延时时间的情况下, 电子式时间继电器由于在品种、规格、精度、延时范围、使用方便、多功能等方面的优势, 大有全面取代其它类型时间继电器的趋势;

7) 晶闸管开关技术, 拓宽了微电子技术的应用领域, 推动了新技术与高科技的发展, 为机电一体化、新能源技术、核技术、航天技术、海洋技术、超导应用、直线电机牵引机车、生物工程等多种高科技领域提供了高性能、高精度、高效率 and 小型、轻量的电控设备和电源设备。

由此可见电子电器是随着科技进步和生产力的需要, 吸取了微电子技术的成果而发展起来的, 它的出现与发展使供电系统的控制和保护向着高速、高灵敏和小型化发展; 使自动化技术在控制理论的指导下向着大型化、数字化和智能化方向发展, 并为高科技领域的发展, 提供了可靠的基础。

电子电器的发展动向可概括为六个方面:

1. 电子电路集成化 电子电器采用集成电路后, 可大大缩小体积、增加功能、提高寿命。

2. 产品尺寸模数化 为方便用户选型、安装, 近年来国外电子电器已逐渐形成一些标准尺寸系列, 面板尺寸广泛采用 $48 \times 48\text{mm}^2$ 和 $72 \times 72\text{mm}^2$; 插入式的电器规范化, 如德国西门子公司、日本OMRON公司均采用 22.5mm 的倍数; 法国采用 17.5mm 的倍数。

3. 多功能、可编码 在集成电路内部的功能中, 增加功能编码和单位编码, 可使产品的应用范围大大扩大。如日本OMRON公司生产的H30型时间继电器, 在同一产品中可有11种功能。

4. 整体方式多样化 多功能电子电器的整定方法要多样化, 如插板法、按键编程法、功能按键法多种。

5. 工作特性完善化 目前在国际上如德国的西门子、法国的TE公司都开发了二线制电子电器, 减少了接线, 缩小了体积, 给使用和安装都带来很大方便。与此同时还拓宽了电源电压范围, 增加了电压检测环节, 并配有晶闸管进行电压的自动调整。

6. 提高可靠性 随着电子电器的日益广泛应用, 它在机电系统中使用的可靠性问题, 必须充分注意。采用相应的处理后, 使电子电器能在恶劣的强电环境中排除电网的干扰不误动作; 在振动较剧烈的场所可直接使用, 工作稳定而可靠。

我国电子电器的研制工作已有一定基础, 但与国际上发达国家相比, 差距还很大, 必须花大力气用微电子技术改造传统的电器产品, 利用当前新技术革命浪潮的冲击, 努力促进电子电器的发展, 以推动社会生产率的提高, 为振兴中华做出应有的贡献。

小 结

电子电器是微电子技术改造传统的电器产品的具体产物，是一种电子化和半导体化的电器。一般说来它主要由感测机构、变换电路、放大器、鉴别器、出口电路及电源组成，根据需要还可加入延时、检波、解调及门电路等环节。

今后，电子电器将运用微电子技术、微处理器技术推出更多的电子化产品和使传统产品更新换代。

习题与思考题

1. 电子电器一般由哪几部分组成？各组成部分的作用及常用电路是什么？
2. 电子电器的主要技术参数有哪些？影响电子电器精度的因素有什么？
3. 何谓有源传感器和无源传感器？各举例说明之。
4. 电子电器今后应向什么方向发展？

第一章 电子电器的基础

第一节 电子电器的抗干扰和可靠性

电子电器是以电子元器件为主体的电子电路构成的电器单元,由于半导体器件具有较高的功率增益,因而很容易接受外来干扰信号的影响,使电子电器产品产生误动作。为了避免干扰信号对电子电器产品性能的影响,提高产品的可靠性,分析干扰信号的产生和抑制干扰信号的传播途径是很必要的。

电子电器的干扰来自很多方面,有电气干扰,环境温度变化等,其中电气干扰是各类干扰因素中的主要因素。

一、电子电器的干扰分析

(一) 干扰源

1. 放电干扰源 由各种放电现象引起电磁波的发射称为放电干扰源。如各种电焊机,开关的合闸和分断,雷电以及接触不良产生的放电现象。它们的特点是干扰电压的频率比较高,且幅度很大。

2. 工频及其谐波干扰 大功率的输电线是工业频率的干扰源。当大电流通过导线时,在周围空间产生磁场并干扰电子设备,或者在电子装置内部,由于工频感应(如电源变压器的漏磁等)也会直接干扰电子装置。此外当工频电压的波形畸变时,它所包含的高次谐波分量会通过电源线窜入电子装置。

3. 工作信号互为干扰源 在电子装置中,各种工作信号往往具有比较宽的频谱范围,因此载有信号电压的导线及各种元件之间也可能互相干扰而影响电子装置的正常工作。

(二) 干扰途径

1. 静电耦合 由于电子装置中的传输线之间、电子元件的管脚之间等皆存在着分布电容 C_n ,因而干扰信号可以通过分布电容窜入电子装置中,干扰电子电器的正常工作。

2. 电磁耦合 由于电子装置中的传输线本身具有电感的性质,其电感量约为 $1.5 \sim 2 \mu\text{H}/\text{m}$,因而电流变化率很大的干扰信号,通过电磁感应被耦合到电子装置中,在电子装置中产生 $U_i = M \frac{di}{dt}$ 的干扰电压。

3. 共阻抗耦合 由于电子装置中的各个环节及各元件之间都有公共导线,公共线上有电阻和电感,当有高频电流通过时将产生一定的压降,这一压降耦合到其它电路就形成共阻抗干扰。

4. 漏电耦合 由于相邻电气部份之间的绝缘电阻降低,干扰就会通过导体之间的漏电电阻 R_i 耦合到信号线上而引起干扰。

二、电子电器的干扰抑制

据干扰信号的产生和传播途径,可以采取下列措施,

- ① 尽量抑制对电子装置、电路、元件有影响的干扰源。
- ② 阻塞干扰信号的传播途径。
- ③ 提高电子装置电路及元件的抗干扰能力。

(一) 抑制干扰源

1. 屏蔽 为了阻断电场、磁场、电磁场的传播,在某个给定的空间内设法避免静电耦合或电磁耦合影响所采取的办法称之屏蔽。在电子装置中要求屏蔽的地方很多,如:电源进线的隔离,装置外壳的屏蔽,检测信号的输入屏蔽,执行信号的输出的屏蔽以及装置内部放电干扰源的屏蔽等等。

(1) 电源变压器的屏蔽 由于电源变压器的一次、二次绕组之间存在比较大的分布电容,因而干扰电压极易由电源进入电子装置。为此在一次、二次之间的分布电容,在变压器一次、二次绕组之间加上金属屏蔽层来减小电源干扰电压的影响。一般电子电器的电源

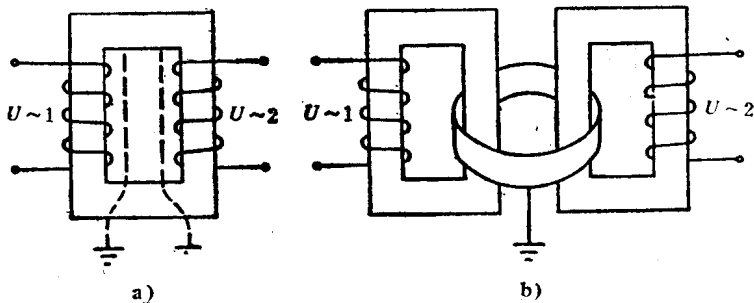


图1-1 芯式变压器屏蔽示意图

a) 芯式变压器 b) 双铁芯变压器

采用芯式变压器和双铁芯隔离变压器为好,如图1-1所示。双铁芯变压器的一次、二次绕组分别绕在两个铁芯上,中间用1~2匝铜带耦合,铜带与“大地”连接。采用这种结构的隔离变压器,其一次绕组和二次绕组之间的分布电容可以忽略不计。

(2) 电子装置的屏蔽 为了避免外界干扰信号通过传输线之间和电子元件之间的分布电容耦合到电子装置上,用金属屏蔽层将电子装置罩起,屏蔽层外接地线,这样干扰信号通过屏蔽层的接地线进入“大地”,使干扰信号不能侵入电子装置。注意的是屏蔽层的接地线必须是一点接地,而不能采用双点接地。如果是两点以上接地,则部分“地线”电流经屏蔽层外皮并产生压降,从而形成了干扰电压,这是不准许的,

2. 去耦 由于电源公共阻抗 Z_c 的存在,必定在阻抗 Z_c 两端产生干扰电压。共阻抗主要包括两个方面:电源的输出电阻和传输线阻抗。抑制其阻抗干扰的主要措施是减小电源输出阻抗和采用去耦电路。

(1) 减小电源输出阻抗 为了减小电源的输出阻抗,除了在电源的输出端加大滤波电容的容量外,在电子装置电源线的各部分分别与零线之间跨接高频特性好的电容器。如用50~100 μ F电解电容器和0.01~0.1 μ F的瓷介电容器并联。

(2) 去耦电路 在电路的电源端接有电阻R和电容C组成的大型去耦电路,可以减小电源输出阻抗上所产生的干扰电压影响。电路可由0.01~0.1 μ F之间的瓷介电容器和50~100 μ F的电解电容及电阻组成。

3. 长信号传输线的匹配 在电子装置的传输线中,如果传输线的长度选择不当,造成信号波的反射,使信号波发生畸变形成干扰信号,导致电路工作不可靠。为了消除此种现象,则在电子装置输入或输出端安置匹配电阻R,使R的阻值等于传输线的波阻抗 Z_0 ($-\frac{U}{i}$),这样防止波的反射。像这种长信号传输线的匹配最好用在CMOS集成逻辑门电路。

4. 吸收 当继电器电感线圈断电时, 会在电路中产生感应电动势, 这一感应电动势不但有可能使电子装置的出口电路的三极管击穿, 而且会形成干扰源。为了抑制此种干扰, 可用续流二极管或储能元件(电容、电感)来吸收干扰波。

(1) 二极管续流 在直流电路中电感线圈两端反向并联二极管, 见图1-2a。当电路切断时, 由于电感线圈与二极管形成续流回路, 因此电感线圈的电流是逐渐衰减的, $\frac{di}{dt}$ 很小, 抑制了感应电势。但由于二极管从承受反向电压转变为正向导通需要一定的时间, 从而使电路在切断后的初期二极管不能立即起续流作用, 在此期间, 仍将出现干扰电压。因此在要求较高的场合, 如使用高速开关管作为开关元件时, 应同时采用续流二极管和阻容吸收回路。

(2) 阻容吸收回路 在支流回路中可在电感线圈两端并联阻容吸收回路。当开关Q打开时, 电感线圈中的电流和能量通过阻容回路逐步衰减, 见图1-2b。

(二) 阻塞干扰途径、提高电路的抗干扰能力

1. 隔离 为了有效地防止干扰信号从输入、输出引线窜入电子装置,

电子装置与强电系统、操作开关、现场检测信号等均应进行隔离。隔离方法主要有: 继电器隔离; 变电平传输; 光电耦合等,

(1) 继电器隔离 继电器是惰性元件, 线圈必须接受一定的功率并经过必要的时间才能动作, 用它可以使易受干扰的信号输入回路得到强化和纯化。同样可以利用输出继电器将装置内的弱电与被控强电回路有效地隔离, 以避免电子装置与强电回路的直接联系, 提高了电子装置工作的可靠性。

(2) 变电平传输 当被传输的信号电平适当提高后, 可以提高电路的抗干扰能力。采用晶体管隔离线路就是为了把电子装置中的逻辑电平提高到适当的电平进行传输, 然后再把传输电平转换成需要的逻辑电平, 以实现输入、输出的隔离。为了进一步提高输入电路的抗干扰能力, 在电子装置的信号输入端串接稳压管或加入有一定门限电压的射极耦合触发器, 利用电路的高传输电平和输入电路的门限可以抑制小幅度度的干扰信号。

(3) 光电耦合转换电路 光电耦合转换电路主要由光电耦合器组成, 见图1-3c。图1-3a、b为光电耦合器。光电耦合器是利用发光二极管有电流流入时发光, 利用光敏器件受光后发出电信号的原理, 实现了以光为

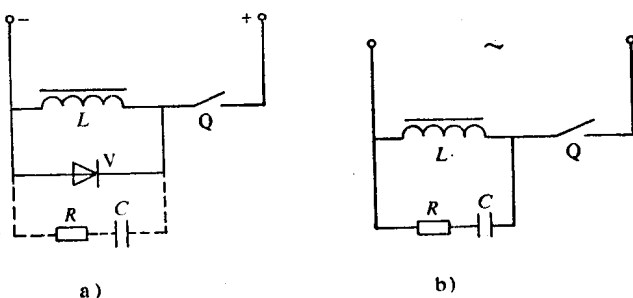


图1-2 电感回路的干扰抑制

a) 二极管续流回路 b) 阻容吸收回路

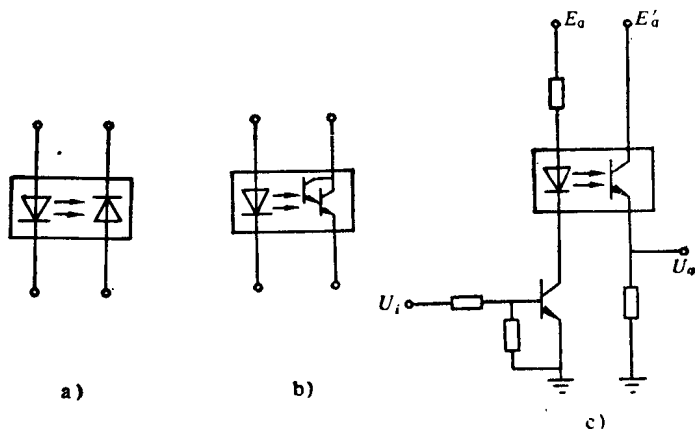


图1-3 光电耦合器及转换电路