



小型电磁继电器

YIAOXING
IANCI
JIDIANQI

小型电磁继电器

邹海锋 编

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 汉中地区印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张14.25 插页1 字数305,000

1984年10月第1版 1984年10月第1次印刷

印数1—6,700

统一书号: 15202·73 定价: 1.75 元

前 言

小型电磁继电器是现代自动化和通讯系统中最基本的电器元件之一，在工业、军事各部门，都大量使用着继电器。

本书从小型继电器的设计、生产入手，介绍了继电器的技术要求、结构原理、主要部件的计算与设计、制造工艺和测试方法。书中大多数材料都取自生产实践，设计和计算密切联系实际，方法简单实用，不但适合继电器工业中的技术人员、工人学习，对于从事自动控制、电讯工程、电力技术以及航天科学的技术人员，都有一定的参考价值。

本书第十一章、第十三章别分为周俊峰、袁先弟同志编写。完稿后，武舒之、王其平、陈德桂先后审稿，并提出宝贵意见。李汾、孙雨施、金福群、游余荻同志曾对本书的编写工作予以大力支持，在此一并表示衷心感谢。

书中错误和不足，敬请读者批评。

编 者

一九八三年五月

目 录

第一章 继电器的--般知识

- § 1—1 继电器的由来和作用 (1)
- § 1—2 继电器的定义 (2)
- § 1—3 继电器的技术要求和主要参数 (4)
- § 1—4 电磁继电器的工作原理 (6)
- § 1—5 继电器的应用举例 (7)

第二章 自动控制和通讯设备中典型的继电器

- § 2—1 JR—2型继电器 (10)
- § 2—2 JZX—10M型继电器 (13)
- § 2—3 JH—1及JH—7型极化继电器 (15)
- § 2—4 JMX—3M型磁保持继电器 (20)
- § 2—5 JAG—3型舌簧继电器 (21)
- § 2—6 混合式继电器 (24)

第三章 磁路计算的理论基础

- § 3—1 磁现象与磁场 (28)
- § 3—2 磁感应强度与磁力线 (30)
- § 3—3 磁通与磁通的连续性 (33)
- § 3—4 磁场强度与全电流定律 (35)
- § 3—5 磁场在空间的分布原则 (38)
- § 3—6 磁性材料的类别及其参数 (39)

第四章 电磁继电器的磁路及磁路计算

- § 4—1 电磁继电器的电磁机构 (49)
- § 4—2 几种典型的磁路系统 (50)

§ 4—3	磁路计算的基本定律及等值磁路图	(57)
§ 4—4	气隙磁导计算	(62)
§ 4—5	不计漏磁的简单磁路计算	(73)
§ 4—6	考虑漏磁时的磁路计算	(85)
§ 4—7	永磁磁路计算	(95)

第五章 磁能和电磁吸力

§ 5—1	磁场的能量	(106)
§ 5—2	电磁铁的能量转换和电磁吸力	(110)
§ 5—3	电磁吸力的一般计算公式	(114)
§ 5—4	直流电磁铁的静态吸力特性和动态吸力特性	(119)
§ 5—5	交流电磁铁的吸力特点	(124)

第六章 电磁继电器的机械特性 (反力特性)

§ 6—1	继电器的机械特性曲线	(130)
§ 6—2	簧片组组合形式和簧片种类	(132)
§ 6—3	弹簧挠度计算	(135)
§ 6—4	弹性材料	(143)
§ 6—5	弹簧设计计算	(145)
§ 6—6	用永久磁钢作复原装置的反力特性	(151)
§ 6—7	继电器的吸力特性与反力特性的配合	(152)

第七章 线圈

§ 7—1	线圈的作用	(156)
§ 7—2	单绕组的线圈匝数和电阻	(158)
§ 7—3	双绕组和三绕组线圈匝数和电阻	(162)
§ 7—4	复合绕组的计算	(162)
§ 7—5	线圈的发热及散热	(164)
§ 7—6	继电器线圈的设计	(170)

第八章 继电器的接触系统

§ 8—1	工作过程和参数	(178)
-------	---------	-------

§ 8—2	闭合状态·····	(181)
§ 8—3	开断过程·····	(197)
§ 8—4	闭合过程·····	(212)
§ 8—5	触点的磨损和跟踪·····	(214)
§ 8—6	触点材料、几何形状、接触形式的选择 ·····	(222)
第九章 电磁继电器的时间特性		
§ 9—1	吸合时间·····	(232)
§ 9—2	释放时间·····	(251)
§ 9—3	改变动作时间的方法·····	(259)
第十章 电磁继电器的设计		
§ 10—1	设计的要求及步骤·····	(264)
§ 10—2	接触系统设计·····	(267)
§ 10—3	电磁系统主要尺寸和参数间的关系·····	(273)
§ 10—4	电磁系统最佳设计方案·····	(281)
§ 10—5	直流电磁系统的工程设计方法·····	(282)
第十一章 继电器生产工艺		
§ 11—1	继电器生产的现代化·····	(292)
§ 11—2	继电器基本零件加工的工艺特性·····	(297)
§ 11—3	提高继电器可靠性的工艺措施·····	(300)
§ 11—4	清洗工艺·····	(302)
§ 11—5	洁净技术·····	(310)
§ 11—6	真空焙烘充氮工艺·····	(319)
§ 11—7	密封与检漏工艺·····	(338)
§ 11—8	玻璃绝缘子烧结工艺·····	(349)
第十二章 电磁继电器的测试		
§ 12—1	测试的内容·····	(356)
§ 12—2	继电器结构、物理参数的测试·····	(357)
§ 12—3	继电器电气参数的测试·····	(359)

§ 12—4	继电器时间参数测试.....	(367)
§ 12—5	环境条件要求试验.....	(369)
§ 12—6	寿命试验.....	(378)
§ 12—7	试验项目顺序的安排.....	(382)

第十三章 继电器的可靠性

§ 13—1	可靠性问题的提出.....	(385)
§ 13—2	继电器的可靠性.....	(389)
§ 13—3	可靠性的基本概念.....	(391)
§ 13—4	保证产品可靠性的主要途径.....	(406)
§ 13—5	可靠性评定.....	(424)

附录

附录 I 电子设备用的继电器分类及型号命名和标志方法

附录 II 电磁继电器部分名词术语

附录 III 无时效电工纯铁 (DT 4 E) 磁化曲线

主要参考资料

第一章 继电器的一般知识

§ 1—1 继电器的由来和作用

继电器是一种自动电器，它广泛地应用在电力系统保护、生产过程自动化及各类自动、远动、遥控、遥测和通讯等自动化装置中，是现代自动化系统中最基本的电器元件之一。

继电器十八世纪初叶问世，首先用于简易电讯装置中。随着整个工业的飞跃发展，继电器结构设计日益完善，技术指标提高，规格品种增多并形成系列化。特别是一、二十年来，为了适应空间技术发展，出现了许多高灵敏、多触点、大负荷、长寿命、快动作、适用于自动化生产的小型通用电磁继电器和超小型耐高温、耐辐射、耐振动、耐冲击的高可靠航天继电器，以及适应集成电路的微小型继电器和新型的固体继电器。

现代工业生产的特点是生产过程高度自动化和机械化，机械化、自动化需要有继电器参与，才能实现。例如，在一台大型龙门刨床设备上，需要几十只继电器。在通讯装置中，需用继电器的数量更多，如一台五十门的共电式交换机，就有电话继电器111只，一台一千门纵横式交换机装有一万多只继电器。一架无人驾驶高空侦察机，自动控制部分，有二十余种、200多只继电器。在电力系统继电保护线

路中，广泛地采用了各种各样的继电器。

§ 1—2 继电器的定义

在日常生活中，用电器都要用到“开关”，象拉线开关、旋钮开关、琴键开关等等，这些开关通过人工操纵，控制电路的闭合、断开或转换。继电器就其在被控电路中的作用来讲，就相当于一个“开关”，但它不是由人直接来操纵的，而是一种自动、远动控制元件。继电器还有其它的用途，我们将在后面加以叙述。

从电路角度来看，继电器分为两个部分：一个是控制部分，即输入回路；一个是被控制部分，即输出回路。当继电器的控制部分输入一个达到某一定值的物理量（如电、磁、光、热、声等）时，它的被控制部分中的电参量就能发生跳跃式的变化。如图 1—1 所示， X 表示输入回路的物理量， Y 表示输出回路的电参量。当 X 参量从零开始增加时，在 $X < X_a$ 范围内， Y 参量一直不变（ $Y = Y_{\min}$ 对有触点继电器来说 $Y = 0$ ），当 $X = X_a$ 时， Y 突然变到 $Y_{\max}$ ；继续增大 X ，以至在 $X = X_{\max}$ 时（ $X_{\max}$ 可视为继电器额定工作值）， Y 仍然不变，保持 $Y = Y_{\max}$ 。当 X 从 $X_{\max}$ 开始减小时，在 $X > X_b$ 范围内， Y 仍然保持不变（即 $Y =$

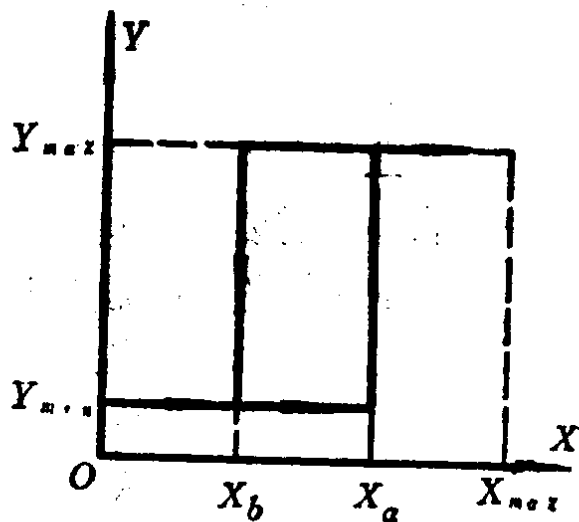


图1—1 继电器特性

Y_{max})，当 X 减小到 $X = X_b$ 时， Y 突然从 Y_{max} 变到 Y_{min} （有触点继电器 $Y = 0$ ）。继续减小 X 值， Y 仍然保持不变（即 $Y = Y_{min}$ ）。我们称图 1—1 所示的特性为继电特性。 X_a 为继电器的动作值， X_b 为继电器的释放值， Y_{max} 为继电器的输出最大值， Y_{min} 为继电器的输出最小值。

从广义来讲，凡是具有自动完成继电特性能力的电器元件，皆称为继电器。电磁继电器，输入、输出回路的参数均为电参量， X 为继电器线圈电流值或线圈电压值， Y 为继电器触点回路的电流值。继电器由三个主要部分组成，如图 1—2 所示。

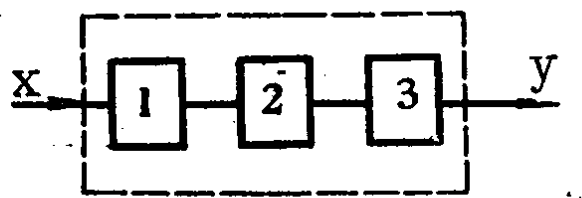


图1—2 继电器的方框图

1) 反应机构：接受输入信号，并将信号变换成为使继电器动作的物理量。例如，电磁继电器的电磁系统。

2) 中间机构：提供控制的标准比较量。例如，电磁继电器的反作用弹簧（或称复原弹簧）。

3) 执行机构：改变输出回路的电参数。例如，电磁继电器的接触系统（或称触点部分）。

所以，继电器是一种反应与传递信号的电器元件。

作为控制元件，概括起来，继电器有如下几种作用：

1) 扩大控制范围。例如，多触点继电器（多达十组左右触点组）控制信号达到某一定值时，可以按触点组的不同形式，同时换接、开断、接通几路甚至十几路电路。

2) 放大。例如，灵敏型继电器、中间继电器等，用一个很微小的控制量，可以控制很大功率的电路。此时，被控制量与控制量之间的比值，称为放大系数。

3) 综合信号。例如,当多个控制信号按规定的形式输入多绕组继电器时,经过比较综合,达到预定的控制效果。

4) 自动、遥控、监测。例如,自动机床上的继电器与其它电器一起,可以组成程序控制线路,从而实现自动化操作。

继电器有多种分类方法,请参看附录 I。

§ 1—3 继电器的技术要求和主要参数

随着工业自动化和国防的发展,继电器的使用越来越广泛,技术要求也愈来愈高,一般有以下参数要求:

1) 机械物理参数要求:保证产品的使用安装尺寸、重量、密封性、引线脚的强度及可焊性等。包括有:触点压力、触点间隙、触点跟踪、复原簧片压力、衔铁动程、止钉高度等项机械参数。

2) 电气参数要求:保证继电器在规定使用条件下,可靠正常地工作,准确地反应和传递信号。包括有:绕组电阻、触点接触电阻、吸合电流(电压)、额定工作电流(电压)、释放电流(电压)、额定触点负荷、绝缘电阻、抗电强度等项电气参数。

3) 时间参数要求:在控制线路中往往提出继电器吸合时间和释放时间的要求,还有衔铁转换、触点抖动、脉冲失真等时间参数要求。

4) 环境适应性要求:根据继电器的使用环境,为了保证可靠地工作,环境适应性项目有:温度(极限高低温、温度循环、温度冲击、低温贮存等)、耐潮湿(常温高湿、高

温高湿)、耐低气压、振动稳定性及振动强度、冲击稳定性及冲击强度、离心加速度。

在特殊的环境下,还有抗盐雾、抗霉菌、耐辐射、运输、贮存等项目。

5) 寿命要求:继电器在规定的试验环境条件和触点负载下,在规定的动作次数内,失误次数应不超过产品规定的要求。

这里所指的失误,是指继电器在动作过程中,触点断开时的粘结现象,以及触点闭合时触点压降超过规定的水平。

试验环境条件有常温、高温(产品规定的极限高温下)常温低气压(产品规定的使用最低工作气压下)、高温低气压(产品规定的极限高温、极限低气压下)四种。

触点负载分电阻性负载、电感性负载、电机负载、灯负载及最小电流负载等。

寿命试验时,触点动作频率应按触点负载的大小(指触点电流)而定,触点通断比为一比一。

6) 失效率指标要求:有可靠性指标要求的继电器都规

表 1 — 1 继电器失效率等级

失效率等级符号	失效率等级 (单位1/10 ⁴ 次)
Y	3.0×10 ⁻⁶ (3 %/10 ⁴ 次动作)
W	1.0×10 ⁻⁶ (1 %/10 ⁴ 次动作)
L	1.0×10 ⁻⁶ (0.1%/10 ⁴ 次动作)
Q	1.0×10 ⁻⁷ (0.01%/10 ⁴ 次动作)

注:括号中的数值为换算成每10⁴次动作的失效率对应值。

定有失效率指标等级要求。所谓失效率指标等级，是在额定负载条件下，在正极限温度、规定的寿命动作次数内试验确定的。现规定鉴定置信度为60%，鉴定保持置信度为10%，失效率等级分四级，如表 1—1。

以上几项要求，并非所有继电器都要达到，根据不同的使用条件，继电器的技术要求也不同。

§ 1—4 电磁继电器的工作原理

电磁继电器是有触点继电器的一种。当继电器线圈通电后，在轭铁、铁心、衔铁及气隙等所组成的磁路内，产生磁通，由此产生了电磁吸力，使可动的衔铁吸向铁心，从而推动触点系统断开、闭合或转换被控电路。

电磁继电器线圈可反应电压、电流信号。反应电压信号的继电器线圈与电源回路并联，匝数一般较多，线径较细，匝间和层间绝缘性能好。反应电流信号的继电器线圈与电源回路串联，匝数较少，线径较粗，能通过较大的电流，匝间和层间绝缘性能要求不高。

无线电设备用的电磁继电器有两类：一是极化型，二是非极化型。极化型电磁继电器通电后，在轭铁、铁心、衔铁及气隙组成的磁路内，产生磁通，称为工作磁通，在磁路内还有永久磁钢产生的磁通，称为永久磁通。这两种磁通产生合成电磁吸力，使得衔铁运动，运动的方向随控制信号极性不同而改变（即线圈中电流方向改变，工作磁通方向也随之改变）。极化型电磁继电器按衔铁所处的位置分为二位式、二位偏式 and 三位式。二位式极化继电器在工作时，衔铁按线

圈电流方向吸向左边或右边；线圈断电后，衔铁处在断电前的位置上。二位偏式极化继电器与二位式继电器不同的是：线圈断电后，衔铁始终是停在一边（左面或右面）位置上。三位式极化继电器在线圈通电工作时，衔铁按线圈电流方向吸向左边或右边位置，线圈断电后，衔铁停在中间位置。

磁保持继电器属于二位式极化继电器的一种，特点是，衔铁的保持吸力较大，抗外界力学干扰能力较强。

§ 1—5 继电器的应用举例

继电器的应用范围很广，在电力传动自动控制系统中、在程序控制系统中、在电话交换机中、在自动调节、随动系统中都大量采用继电器。继电器的主要作用有：

1) 继电保护——信号、过流、过压、欠流、欠压、差动、距离等种继电器。

2) 继电放大——二次测量或通过继电器再启动接触器。

3) 控制——控制水位、压力、温度、时间等，用途很广。

4) 时间限定。

5) 随动跟踪——如用极化或磁电式继电器。

6) 主令开关——主控电源（电源功率较小时，可用继电器直接做开关）。

下面举例，作一简单介绍。

一、电力传动系统中，自动控制电机正反运转的电路控制，如图 1—3 所示。

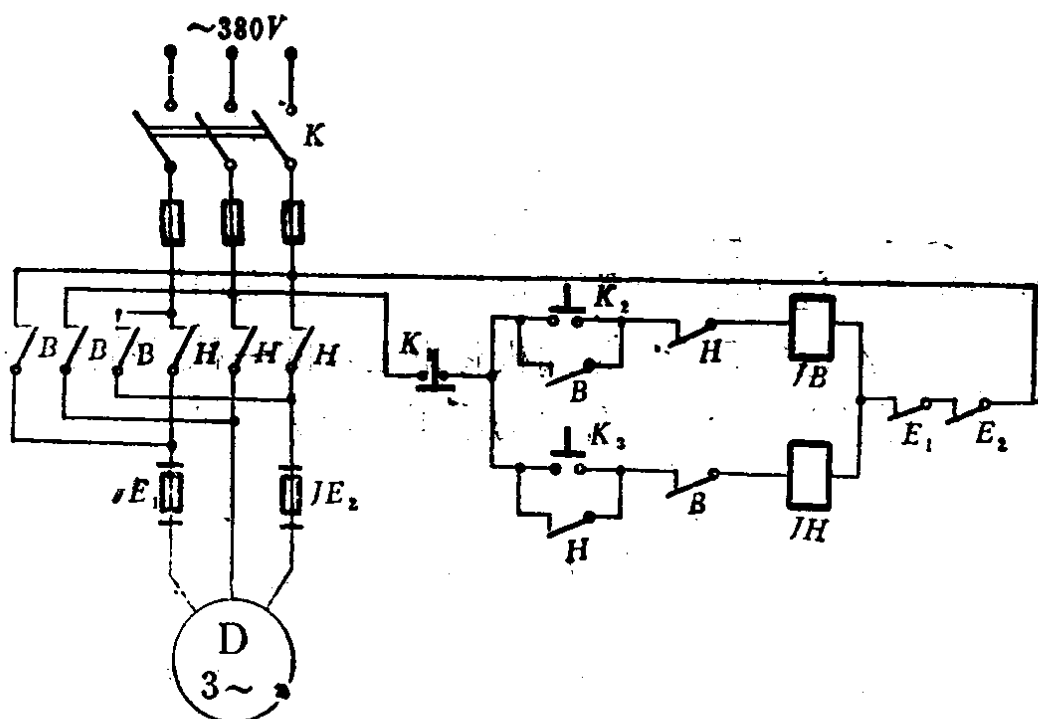


图1—3 电机正反转的控制原理图

JE₁、JE₂：热继电器；JB、JH：控制用继电器；B、H：相应继电器的常开、常闭触点；E₁、E₂：相应热继电器的常闭触点；K：电源开关；K₁：停转按钮；K₂、K₃：正反转按钮

交流电动机转向的变换是通过改变电机定子绕组的电源相序来实现的，通常，采用两个交流接触器：一个用作正向运转控制；另一个用作反向运转控制。电机功率不大时，可直接用两个交流继电器。图 1—3 就是采用交流继电器作主回路的主令开关。为使控制线路正常工作，线路有自锁和互锁装置，自锁用常开触点，互锁用常闭触点。线路还有过载保护装置，采用两个热继电器来实现。

二、简单的恒温自动调节，如图 1—4 所示。

传感器 J₁ 是利用废日光灯启动器里的氖管改造的，里面有一条 U 形的双金属片和一根金属棒，双金属内层金属片的膨胀系数比外层大，因此温度升高时，U 形金属片便会张

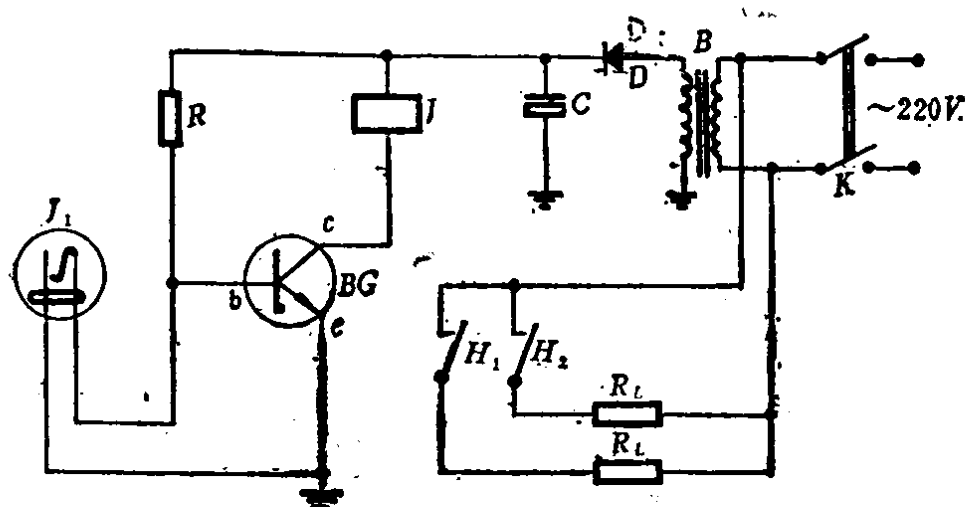


图1—4 恒温自动调节线路

K: 电源开关; J_1 : 传感器; J_2 : 继电器; R_L : 电加热器;
 B: 变压器; D: 二极管; BG: 三极管; C: 电解电容;
 R: 电阻; H_2 : 继电器的常开触点

开，张开的角度随温度升高而变大，调节U形金属片和金属棒之间的空隙，就可以在给定的控制温度下，使两者恰好接触。

线路的工作原理比较简单，三极管BG的基极电流靠电阻R限制，集电极电流稍大于继电器 J_2 的动作电流。在温度低于控制温度时， J_1 开路，BG集电极电流通过 J_2 线圈，使 J_2 的常开触点闭合，电加热器 R_L 和电源接通，使恒温箱内温度升高。当温度达到控制温度时， J_1 闭合，BG的基极b与发射极e短接，基极电流变得很小，则集电极电流也随之减小，致使 J_2 释放，触点断开，电加热器的电源被切断，恒温箱内温度开始下降，使箱内温度被控制在给定的范围内。

第二章 自动控制和通讯设备

中典型的继电器

目前，国内生产的继电器类型很多，本章仅就自动控制和通讯设备中常用的普通非密封电磁继电器、小型密封电磁继电器、极化和磁保持继电器、舌簧继电器、混合式半导体电磁继电器中，选一些具有代表性的作一简单介绍。

§ 2—1 JR—2 型继电器

JR—2 型继电器是小功率直流非密封电磁继电器，供有线电和无线电设备及自动装置中换接电路用。最大外形尺寸，长102毫米，宽27毫米，高56.5毫米。如图 2—1 所示。

JR—2 型继电器的电磁系统由厚 4 毫米的无时效电工纯铁（DT 4 E）弯成Γ形的轭铁、直径为 9 毫米的铁心（材料为DT 4 E）、Γ形衔铁（材料为DT 4 E）和绕在铁心上的线圈所组成。

为了减少轭铁和衔铁接合部位的磁阻和摩擦阻力，轭铁的末端做成三棱形刀口状，以支承衔铁，并保证衔铁转动灵活。为增大工作气隙处的导磁面积，铁心顶端有直径15毫米的极靴。铁心与轭铁是压配合并靠一特制的钢质螺母紧固在一起的，以求减少非工作气隙的磁阻。