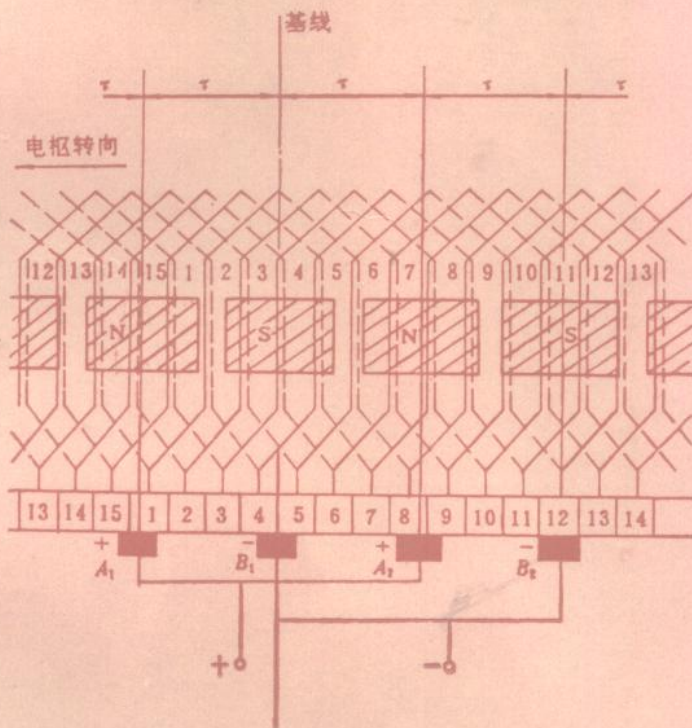


电机及拖动控制

姚光国 魏启超 编



上海交通大学出版社

7M301

Y32

电机及拖动控制

姚光国 魏启超 编

上海交通大学出版社

(沪)新登字 205 号

内 容 提 要

本书共有 8 章,内容包括常用控制电器及基本控制环节、变压器、电力拖动系统的动力学基础、三相异步电动机及其拖动控制、其他交流电动机、直流电机及拖动、控制电机、电动机的选择和电控线路的设计。

本书在内容组织上以电机为中心,从电机的基本电磁关系出发,简明地阐述各类电机的结构、工作原理和特性,以及常用的控制方法和线路。既着重基本原理,又充分注意与实际相结合,贯彻了“必需、够用”和“强化应用”的原则。

本书可作为高等专科学校工业自动化、电气技术、机电一体化等非电机制造专业的电类专业教材,也可作为各种业余大学相关专业的教材,还可供从事电气传动、自动控制等有关工程技术人员参考。

3

电机及拖动控制

出版:上海交通大学出版社

(上海市华山路 1954 号 邮政编码:200030)

发行:新华书店上海发行所

印刷:立信会计常熟市印刷联营厂

开本:787×1092(毫米)1/16

印张:13.75 字数:337,000

版次:1995 年 8 月第 1 版

印次:1995 年 9 月第 1 次

印数:1—3,000

ISBN7—313—01512—7/TK·038

定价:16.00 元

前 言

为贯彻国家教委关于高等工程专科教育以“培养高等工程技术应用性人才为目标”,基础理论教学以“必需、够用为度,以掌握概念、强化应用为重点”的原则,适应课程设置体系的改革,1990年我们对原《电机及拖动基础》课程作了改革尝试。在该课程教学中精简了部分电机学理论方面的内容,强化了电机运行和使用方面的内容,并与继电接触控制的内容有机地结合起来,加强了课程的实用性,试编了《电机及拖动控制》讲义。在内容上以电机为中心,把电机的结构、工作原理、电机的起动、调速及制动的基本原理、方法和实际使用的电器控制线路连成一线,学用结合。这样的编排使得课程既具有较强的理论性、实践性和实用性,又利于教学实践环节的安排;既提高了对本课程的学习兴趣和实践能力,又利于后续课程(如工厂电气控制设备)在内容上的更新和深化。

本书在原有试用讲义经几年教学实践和交流的基础上,由上海轻工业高等专科学校姚光国(编写第一章至第五章)和昆明冶金高等专科学校魏启超(编写第六章至第八章)合编,由姚光国主编。

本教材参考学时为80学时。在内容组织上以电机为中心,从电机的基本电磁关系出发,简明地阐述各类电机的结构、工作原理和特性,以及常用的控制方法和电器控制线路。既着重基本原理,又充分注意与实际相结合,贯彻了“必需、够用和强化应用”的原则。

本书由黄涵文和许宝发审阅,并提出许多宝贵意见,在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中难免存在缺点和错误,谨请读者批评指正。

编 者

1995年3月

目 录

第一章 常用控制电器及基本控制环节	1
第一节 控制电器的分类.....	1
第二节 配电元件.....	2
第三节 控制元件.....	4
第四节 信号元件.....	8
第五节 电器控制线路的绘制原则及图形符号	10
第六节 电器控制线路的基本环节	12
习题	14
第二章 变压器	15
第一节 变压器的基本结构和额定值	15
第二节 变压器的空载运行	17
第三节 变压器的负载运行	20
第四节 变压器的等效电路及相量图	21
第五节 等效电路参数的测定	24
第六节 变压器的运行特性	27
第七节 三相变压器	29
第八节 自耦变压器和仪用互感器	34
习题	36
第三章 电力拖动系统的动力学基础	38
第一节 电力拖动系统的运动方程式	38
第二节 典型生产机械的机械特性	39
第三节 工作机构转矩、力、飞轮矩和质量的折算	41
第四节 系统稳定运行的条件	44
第五节 调速的技术经济指标	45
习题	46
第四章 三相异步电动机及其拖动控制	47
第一节 三相异步电动机的基本结构	47
第二节 三相异步电动机的工作原理	52
第三节 三相异步电动机等效电路	58
第四节 三相异步电动机的工作特性	64
第五节 三相异步电动机的机械特性	68
第六节 三相异步电动机的起动	74
第七节 三相异步电动机的各种运转状态	83
第八节 三相异步电动机的调速	92

习题	99
第五章 其他交流电动机	101
第一节 电磁调速异步电动机	101
第二节 转子供电式三相并励交流换向器电动机	102
第三节 单相异步电动机	105
第四节 三相同步电动机	109
习题	118
第六章 直流电机及拖动	119
第一节 直流电机的工作原理及基本结构	119
第二节 直流电机的绕组	125
第三节 直流电机的磁场	130
第四节 直流电机的特性	139
第五节 直流发电机的特性	149
第六节 他励直流电动机的起动	152
第七节 他励直流电动机的制动	160
第八节 他励直流电动机的调速	164
第九节 串励和复励直流电动机的电力拖动	167
习题	169
第七章 控制电机	172
第一节 伺服电动机	172
第二节 测速发电机	180
第三节 旋转变压器	185
第四节 自整角机	188
第五节 步进电动机	192
习题	197
第八章 电动机的选择和电控线路的设计	199
第一节 电机的发热、冷却及电动机的工作制分类	199
第二节 电动机容量的选择	202
第三节 拖动系统电气控制线路设计原则、要求和内容	206
第四节 电气设计内容举例	209
习题	211
主要参考文献	212

第一章 常用控制电器及基本控制环节

凡是对电能的生产、输送、分配和应用起控制、调节、检测及保护等作用的电工装置,均称为电器。电器的用途很广、职能多样、品种规格繁多。本章主要介绍在工矿企业中常用的控制电器及构成电器控制线路的基本环节。

第一节 控制电器的分类

一、控制电器

电器的分类方法很多,为了便于讨论、突出共性,把能够按照外界指定讯号手动或自动地接通和断开电路、实现对电路控制的电器称为控制电器。如开关、按钮、接触器等都属控制电器。

很显然,由控制电器的定义知其功能是接通和断开电路,且其功能与外界指定的讯号有关。外界指定讯号对控制电器的作用即为控制电器的输入;控制电器对电路的通断功能即为其输出。控制电器的输出只有通、断两种状态,其对应的输入一般也只有两种状态。所以控制电器可以看作作为一种双态元件。

控制电器按工作电压的高低,以交流 1000V,直流 1200V 为界,可划分为高压控制电器和低压控制电器。

按输出形式,可分为有触点控制电器(通断电路的功能由触点的分、合来实现)和无触点控制电器(通断电路的功能不是通过接触,而由阻值来实现,阻值达几十 $k\Omega$ 时可认为电路已断开)。

按其控制对象不同,控制电器分为电器控制系统用和电力系统用控制电器。本书叙述的为电器控制系统用的有触点低压控制电器。

二、控制电器的分类

从控制电器在电器控制系统中的作用来看,可以把它分为配电元件、信号元件和控制元件三大类。

(1)配电元件——用来使电器控制线路接通和断开电源的控制电器。如闸刀、熔断器等。

(2)信号元件——用以把非电量(如位移、压力等)的变化转换为电信号的控制电器。如按钮、行程开关等。

(3)控制元件——是一种电器逻辑门。它以信号元件和其他控制元件的输出经逻辑运算后的结果作输入,因其节点数较多,且可以互相隔离,故输出可以同时分别控制自身和其他元件。如接触器、中间继电器等。

第二节 配电元件

一、刀开关

刀开关是配电电器中结构较简单的,也是应用最广的电器,主要用于接通和隔离电源。

刀开关主要由闸刀(动触头)、刀座(静触头)和底板等组成,如图 1-1 所示。小容量刀开关由人工直接操纵闸刀来实现接通或切断电源;大容量的刀开关由手柄通过连杆来操作闸刀工作。电源进线应接在刀座上,这样当断开电路时闸刀上不带电,较为安全。

刀开关按极数分为单极、双极和三极;按操作方式分为直接手柄操作式、杠杆操作机构式和电动操作机构式。

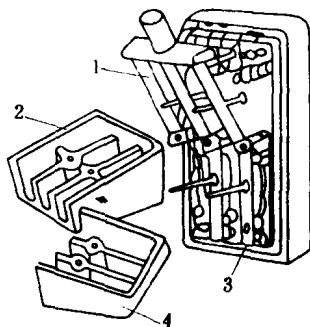


图 1-1 胶盖瓷底闸刀开关

1—闸刀本体;2—上胶木盖;
3—接熔丝的接头;4—下胶木盖

二、组合开关

组合开关又称转换开关,其结构如图 1-2 所示。它的静触片分层装在各圆形绝缘盒内,一端伸出盒外连在接线柱上。动触片装在带有手柄的转轴上,转动手柄位置可以同时改变各触头的通断状态。组合开关由于结构紧凑、体积小、操作方便,因而广泛地应用在机床等生产设备上,作为电源引入开关或用以直接控制小型异步电动机。

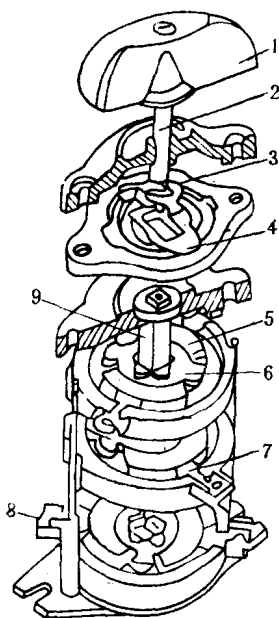


图 1-2 组合开关的结构图

1—手柄;2—转轴;3—弹簧;4—凸轮;5—绝缘垫板;
6—动触片;7—静触片;8—接线柱;9—绝缘杆

三、熔断器

熔断器俗称保险丝,是一种广泛应用于供电设备中的保护电器。熔断器主要由熔体、安装熔体的导电零件、绝缘座等部件组成。熔断器使用时应与它所保护的电路串联。当流过熔体的电流超过规定值一定时间后,熔体将因过热而熔断,从而切断故障电路。所以在配电线路中熔断器常作为短路和过载保护用。

常用的熔断器有插入式、管式和螺旋式(见图 1-3 所示)等几种。

熔断器额定电流(指熔断器在长期工作制下,各部件温升不超过规定值时所能承受的电流)通常应大于或等于熔体的额定电流。对于不同的负载,熔体额定电流选择

的方法如下:

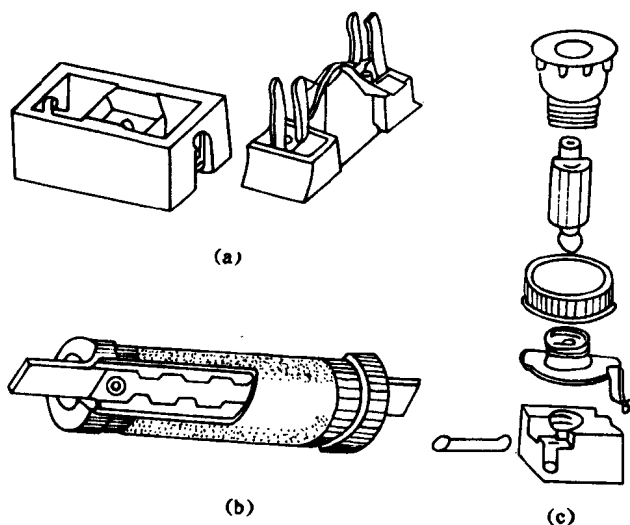


图 1-3 熔断器

(a) 插入式熔断器 (b) 管式熔断器 (c) 螺旋式熔断器

(1) 用于无冲击电流的平稳负载, 如照明、电阻电炉等电路, 应使熔体额定电流 I_N 等于或稍大于电路的额定工作电流 I_{NL} , 即

$$I_N \geq I_{NL} \quad (1-1)$$

(2) 用于电动机电路, 为防止较大的起动电流 I_{st} 使熔体烧断, 应按下式选择熔体额定电流 I_N , 即

$$I_N \geq \frac{I_{st}}{2.5} \quad (1-2)$$

(3) 对于电动机起动频繁或起动时间较长的场合, 如起重运输机械等设备, I_N 可按下式选择

$$I_N \geq \frac{I_{st}}{1.6 \sim 2.0} \quad (1-3)$$

(4) 用于多台电动机同时运行的动力线路中, 应按下式选择熔体额定电流

$$I_N \geq \frac{I_{st} + \sum I_{NL}}{2.5} \quad (1-4)$$

式中: I_{st} 为容量最大的一台电动机的起动电流; $\sum I_{NL}$ 为其余各台电动机的额定电流之和。

四、铁壳开关

铁壳开关是由安装在铁壳内的刀开关、速断弹簧、熔断器及操作手柄等组成, 如图 1-4 所示。因铁壳开关内装有熔断器, 具有短路保护作用, 通常可用于控制 28kW 以下的电动机电路中。

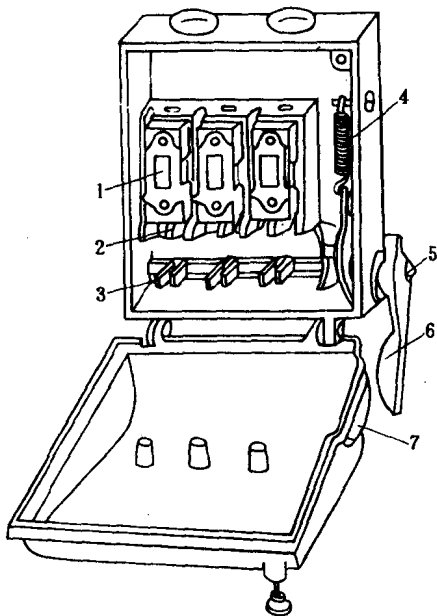


图 1-4 铁壳开关

1—熔断器；2—刀座；3—刀片；4—速断弹簧；
5—转轴；6—操作手柄；7—凸筋

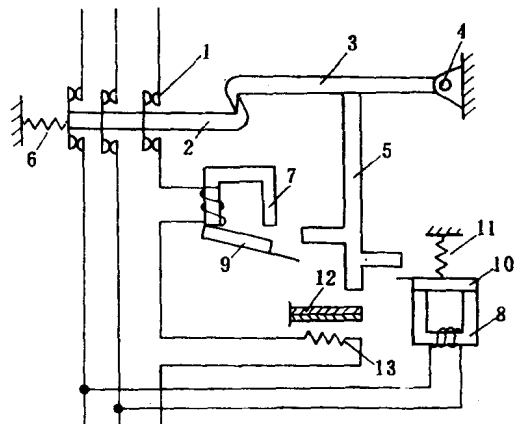


图 1-5 自动开关原理图

1—触点；2—锁键；3—搭钩；4—轴；5—杠杆；6、11—弹簧；
7—过电流脱扣器；8—欠电压脱扣器；9、10—衔铁；12—热
脱扣器双金属片；13—加热电阻丝

五、自动开关

自动开关又称自动空气断路器。它相当于闸刀开关、熔断器、热脱扣器和欠电压脱扣器等组合，是一种具有复合保护作用的开关，主要用来对电路作不频繁的通断。

图 1-5 是自动开关的工作原理图。其中 7 为过电流脱扣器，在电流达到动作值时衔铁 9 吸合；8 为欠电压脱扣器，在电压低于动作值时衔铁 10 释放；12 为热脱扣器，过载时双金属片受热向上弯曲（因上金属片热胀系数小于下金属片，故受热上翘）；三者都通过杠杆 5 使搭钩 3 脱开，使主触点 1 切断电路，实现短路、过载和欠电压保护。

常用的自动开关有框架式和具有塑料外壳的装置式等两类。由于自动开关可能要切断短路电流，因此选用时应使开关切断极限电流略大于线路短路电流。

第三节 控制元件

控制元件主要有接触器和中间继电器，它们都属于电磁式控制电器。

一、电磁式控制电器的基本结构

从结构上看，电磁式控制电器有三个基本组成部分：电磁机构、触点和灭弧装置。

1. 电磁机构

电磁机构是电磁式控制电器的主要组成部分之一，它将电磁能转换成机械能，带动触头使之闭合或断开，实现对电路的通断控制。电磁机构由磁路和励磁线圈两个主要组成部分。

磁路包括铁心、衔铁（运动部分）和气隙，磁路的构造如图 1-6 所示。其中 (a) 为衔铁沿棱角转动的拍合式铁心，适用于直流电磁机构；(b) 为衔铁沿轴转动的拍合式铁心，适用于交流

电磁机构；(c)为衔铁作直线运动的直动式铁心，多用于交流电磁机构中。

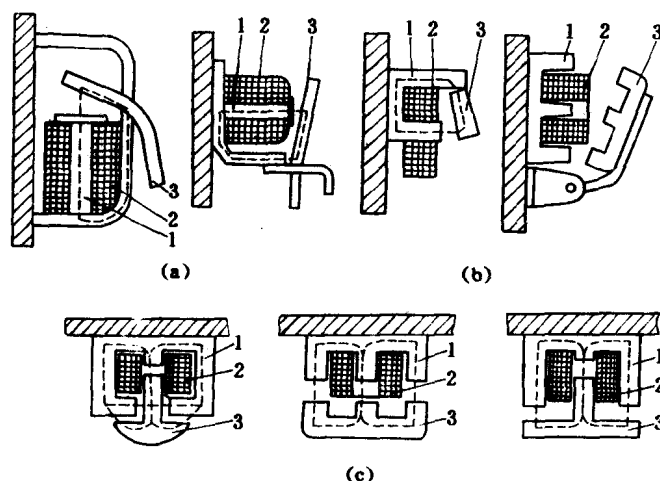


图 1-6 常用的电磁机构形式

1—铁心；2—线圈；3—衔铁

励磁线圈可分为直流励磁线圈和交流励磁线圈两种，它们按线圈在电路中的联接方式又可分为并联(电压)线圈和串联(电流)线圈。

当励磁线圈中通以电流后，在铁心中形成磁场并利用气隙把电磁能转换成机械能，带动衔铁运动完成触点的断和合。电磁机构的吸力可近似地按下式求得

$$F = 4 \times 10^5 B^2 S \quad (1-5)$$

式中： B 为气隙磁密(T)； S 为气隙总的截面积(m^2)； F 为电磁吸力(N)。

对于直流励磁的电磁机构，稳态时磁路对直流电路无影响，其励磁电流和磁势不受气隙变化影响。衔铁吸合后铁心磁阻大大减小，所以气隙磁密有较大增加，此时的吸力比衔铁吸合前大得多。所以直流电磁机构工作可靠，且能较频繁地工作。

对于交流电磁机构，其磁路中的磁通是交变的，它将在线圈中感生电势 e 。如果励磁线圈匝数为 N ，磁通 $\Phi = \Phi_m \sin \omega t$ ，则由电磁感应定律得

$$e = -N \frac{d\Phi}{dt} = \omega N \Phi_m \cos \omega t = E_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2}) \quad (1-6)$$

感生电势 e 的有效值

$$E = E_m / \sqrt{2} = \omega N \Phi_m / \sqrt{2} = 4.44 f N \Phi_m \quad (1-7)$$

式中： Φ_m 、 E_m 分别为磁通和感应电势的最大值； f 为磁通的交变频率。设线圈的端电压为 U ，不计线圈的电阻影响，可以近似地认为

$$U \approx E = 4.44 f N \Phi_m \quad (1-8)$$

当外加电压、频率和线圈匝数不变时气隙磁通亦不变。所以其电磁吸力与气隙大小无关。但因衔铁未吸合时气隙较大，磁路的磁阻很大，所需的磁势和励磁电流也很大。一般交流电磁机构励磁线圈通电而衔铁未动作时，其电流可达衔铁吸合后额定电流的 5~15 倍。如果衔铁卡住不能吸合，或者频繁动作时，交流励磁线圈有可能烧毁。所以在可靠性要求高或操作频

率的场合,一般不采用交流电磁机构。

在励磁线圈断电后,衔铁利用自身的重力(如图 1-6(c))或通过弹簧机构使其复位,连动的触头使触点恢复原始状态。

对于单相交流电磁机构,在铁心端面上一般装有一个铜制的短路环,如图 1-7(a)所示。这是因为磁通是交变的,当磁通过零时吸力也为零,此时吸合的衔铁在反力弹簧作用下将被拉开;磁通过零后使吸力再增大,当吸力大于反力时衔铁又被吸合。由此衔铁产生强烈的震动和噪声。铁心装有短路环后,交变磁通在短路环中感生电流,由电磁感应定律知感生电流产生的磁通 Φ_2 在时间相位上滞后原磁通 Φ_1 ,如图 1-7 所示。由 Φ_1 和 Φ_2 产生的吸力 F_1 和 F_2 共同作用于衔铁上,只要此合力始终超过反力,衔铁的振动现象就消失了。

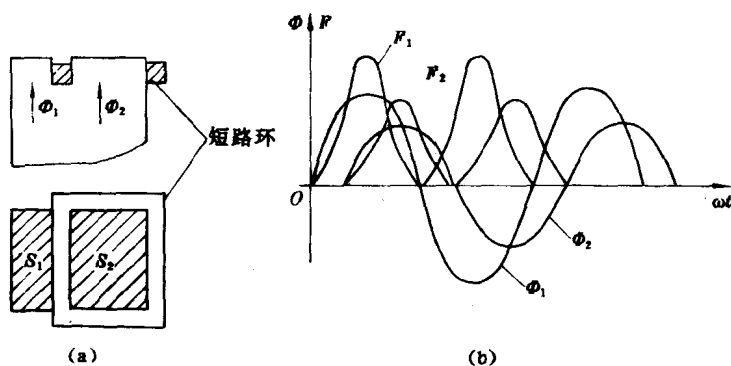


图 1-7 加短路环后的磁通和电磁吸力

(a) 磁通示意图 (b) 电磁吸力图

2. 触点

触点是一切有触点电器的执行部件,这些电器就是通过触点的动作来接通和切断被控制电路的。触点通常由动、静触头组合而成,动触头与衔铁相联动。在电器未被触发(如励磁线圈未通电)时,呈闭合状态的触点称为常闭或动断触点;呈断开状态的触点称为常开或动合触点。电器被触发后(如励磁线圈通电衔铁吸合),其常闭触点断开;常开触点闭合。

3. 灭弧装置

当触点切断电路时,如果电路中的电压超过 $10\sim 12\text{V}$ 和电流超过 $80\sim 100\text{mA}$;在拉开的两个触头之间将出现强烈的火花,这实际上是一种气体放电现象,通常称其为“电弧”。若电弧不能熄灭,则电路仍将导通而不能切断,而且电弧会烧损触头使之不能正常工作。为此在通断电流较大的有触点电器中都加有灭弧装置,以快速熄灭电弧。

灭弧装置有灭弧罩、灭弧栅和磁吹式灭弧装置等。其中最常用的是灭弧罩,它通常用耐弧陶土、石棉水泥或耐弧塑料制成。其作用是分隔各路电弧、防止发生短路和使电弧与灭弧罩的绝缘壁接触、电弧被迅速冷却而熄灭。

二、接触器

接触器是用来接通和切断具有较大负载电流电路(如电动机电路)的一种电磁式控制电器。一般接触器都拥有能通断大电流电路的主触点和只能通断较小电流电路的辅助触点。主

触点一般都为常开触点,因要通断大电流电路,一般设有专门的灭弧装置。辅助触点既有常开触点又有常闭触点。

接触器按其主触点通断电流的种类分为直流接触器和交流接触器。其励磁线圈可以是直流励磁线圈或交流励磁线圈。

常用的国产交流接触器有 CJ0、CJ10、CJ12 等系列;直流接触器有 CZ0 等系列,选用时应根据额定电流、线圈额定电压以及主、辅触点数量等综合加以考虑。图 1-8 为 CJ0 型交流接触器结构图。

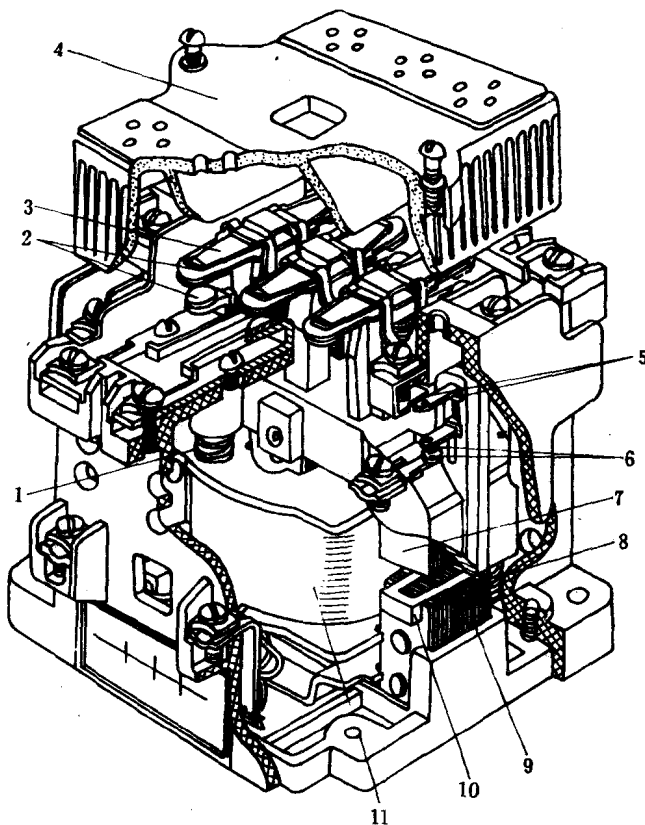


图 1-8 CJ0 型交流接触器

- 1—反作用弹簧;2—主触头;3—触头压力弹簧;4—灭弧罩;5—辅助常闭触头;
6—辅助常开触头;7—动铁心;8—缓冲弹簧;9—静铁心;10—短路环;11—线圈

三、中间继电器

继电器是一种根据特定形式的输入信号而动作的自动控制电器,其种类和分类方法很多。中间继电器是电磁式继电器的一种,其输入量为励磁线圈的电压。特别是其触点数量较多,如 JZ7 型中间继电器有八对触点。

中间继电器在各种自动控制线路中起信号传递、放大、翻转、分路、隔离和记忆等作用将多个中间继电器组合起来,还能构成具有各种逻辑运算和计数功能的线路。

第四节 信号元件

一、按钮

按钮是用人力操作、并具有贮能(弹簧)复位的主令电器(主令电器是用来闭合和断开控制电路,以发出命令或作程序控制的电器)。

按钮的结构图如 1-9 所示。它的动触头和静触头组成一对常闭触点(上面一对)和一对常开触点。当按下按钮时,上面一对触点由闭合转为断开,下面一对触点由断开转为闭合。松开按钮时,动触头在弹簧作用下向上恢复原来位置即复位,上触点恢复闭合、下触点恢复断开。

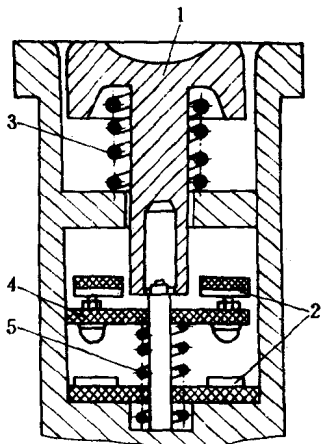


图 1-9 按钮结构示意图

1—按钮帽;2—静触头;3、5—复位弹簧;4—动触头

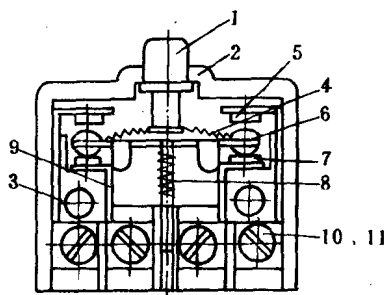


图 1-10 LX19K 型元件结构

1—顶杆;2—外壳;3—常开触头板;4—触头弹簧;
5—常开静触头;6—动触头;7—常闭静触头;8—复位弹簧;9—常闭触头板;10、11—螺钉和接线板

二、行程开关

行程开关是用以反映工作机械的位置,发出控制命令的信号元件,它把机械信号转变为电信号。

国内常用的 LX19 系列行程开关是以 LX19K 型元件(类似于微动开关)为基础,增设不同的滚轮和传动杆来组成直动式、转动式等不同的产品。图 1-10 为 LX19K 型元件的结构图。当外界机械碰压顶杆 1,使它向下移动压迫弹簧 4,当顶杆下端低于动触头桥面时,在弹簧作用下动触头 6 向上跳,与静触头 7 分开,而与静触头 5 接触。外力消除后,在复位弹簧 8 的作用下顶杆上升,当顶杆下端升至高于动触头桥面时,动触头向下跳恢复原位,实现了触点的瞬时通、断。

三、接近开关

接近开关是一种非接触型的行程开关。

接近开关按其作用原理分,有高频振荡型、电容型、感应电桥型、永久磁铁型和霍尔效应

型等类型。其中,以高频振荡型最常用,其工作原理是当有金属物体进入稳定振荡器磁场时,由于该金属体要感生涡流损耗,使振荡器回路等效电阻增大,能量损耗增大以致振荡停止。这样,在振荡电路后面接上合适的开关,即能给出相应的控制信号。这类接近开关有 LJ2 系列等。

接近开关工作可靠、寿命长、消耗功率小、操作频率高,并能适应恶劣环境工作,所以得到广泛使用。

四、时间继电器

从得到输入信号起到产生相应的输出信号有一个符合一定准确度的延时过程的继电器被称作时间继电器。它在电路中起控制动作时间的作用。

时间继电器的延时方式有两种:

通电延时型——接受输入信号后要延迟一段时间输出信号才发生变化,当输入信号消失输出即时复原;

断电延时型——接受输入信号后立即产生相应的输出信号,但当输入信号消失后继电器需经过一定的延时,输出才复原。

时间继电器的种类很多,有电磁式、空气阻尼式、电动机式、晶体管式等时间继电器。常用的空气阻尼式(亦称气囊式)时间继电器的延时范围为 $0.4 \sim 180\text{s}$,优点是结构简单价格低,缺点是误差较大,难以准确地整定延时值。晶体管时间继电器延时范围大、调节方便、寿命长、操作频率较高,缺点是抗干扰性差,延时值易受温度等影响。电动机式时间继电器延时时间可长达几十小时、抗干扰性好、准确度高、调节方便(有指针指示),缺点是延时受电源频率影响,价格较贵。

五、热继电器

热继电器是一种能间接反映被控用电设备发热状态的继电器。它主要用来保护电动机或其他负载免于过载而烧毁。

热继电器是利用电流的热效应而动作的。JR0 型热继电器的结构原理和外形如图 1-11 所示。图中由电热丝做成的热元件电阻值较小,工作时应串接于电动机的供电线路中;电热丝所围绕的双金属片是由两片线膨胀系数不同的金属片压合而成,上端与外壳固定。由于双金属片的左边一层金属片的膨胀系数较小,当热元件中通过的电流超过其整定值而过热时,双金属片下端将向左弯曲带动导板左移,从而推动常闭触点断开。热继电器的常闭触点一般串联在接触器励磁线圈电路中,当常闭触点断开时使接触器励磁线圈断电,衔铁释放带动主触点断开电动机的主电路,从而起到过载保护作用。

由于双金属片的受热过程需要一定时间,因而在电动机起动或短时过载时,热继电器不会动作,从而避免不必要的停车。显然,热继电器不能用作短路保护。热继电器根据热元件的整定电流大小,可分很多规格,当热元件中通过的电流超过整定值的 20% 时,热继电器应在 20min 内动作。热继电器通常设有整定电流调节装置,其调节范围为 $60\% \sim 100\%$ 。JR16 型三热元件热继电器还具有缺相保护功能,即当电动机电路三相缺一相时,其常闭触点迅速断开,通过控制电路将电动机主电路切断。

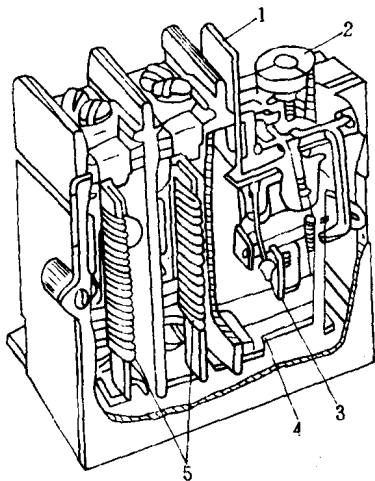


图 1-11 热继电器

1—复位按钮；2—调整电流装置；
3—常闭触头；4—动作机构；5—热元件

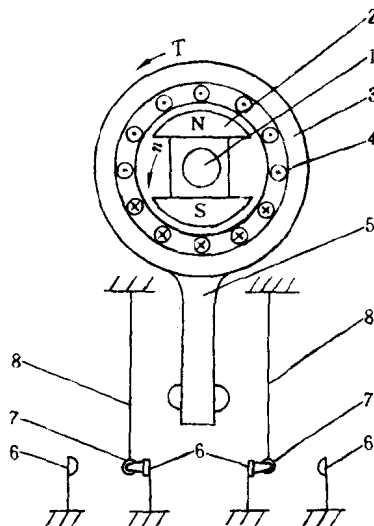


图 1-12 JY1 速度继电器结构原理图

1—电动机轴；2—转子；3—定子；4—绕组；
5—定子柄；6—静触点；7—动触头；8—簧片

六、速度继电器

速度继电器是用来反映转速和转向变化的继电器，常用于电动机反接制动电路中。

图 1-12 是 JY1 型速度继电器结构原理图。速度继电器的轴与电动机的轴相连接，永久磁铁转子固定在轴上，装有鼠笼形绕组的定子与轴同心，能独自偏摆。当转子带动永久磁铁旋转时，鼠笼形绕组切割磁通感生电势和电流，此电流与永久磁铁磁场作用产生转矩，使定子顺轴的转向偏摆，通过定子柄拨动触点，使继电器触点接通或断开。当转轴的转速下降到接近零时（约小于 100r/min），定子柄在弹簧作用下恢复原来位置。

速度继电器的额定转速有 300~1000r/min 和 1000~3000r/min 两种，其动作转速一般不低于 300r/min，复位转速约在 100r/min 以下。

七、电压继电器和电流继电器

电压（电流）继电器是一种输入量为电压（电流）的继电器，其结构、原理与中间继电器相同。电压继电器与电流继电器的区别主要是励磁线圈不同。电流继电器的励磁线圈与负载电路串联以反映负载电流，故它的线圈匝数少而导线粗；电压继电器的励磁线圈与负载并联以反映负载电压，其线圈匝数多而导线细。

电流继电器和电压继电器根据用途不同又分为过电流（过电压）继电器、欠电流（欠电压）继电器。前者在电流（电压）超过规定值时铁心吸合、触点动作，后者在电流（电压）低于规定值时铁心释放、触点复位。

第五节 电器控制线路的绘制原则及图形符号

电器控制线路（以下简称电器线路）是用导线将电机、电器等元件联接起来以实现某种

要求的电器线路。其中除前述配电元件、信号元件和控制元件外还有：

执行元件——主要用来操纵机器的执行机构，这类元件有电动机、电磁铁、电磁阀等；

附加元件——主要用来改变执行元件特别是电动机工作特性，这类元件有电阻器、电抗器、起动器等。

电器线路一般可以分解为主电路和控制电路两大部分。主电路为执行元件及其附加元件所在电路，其电路电流较大；控制电路为控制元件和信号元件所在电路，主要用来控制主电路工作，其电路电流较小。

电器线路的原理图应根据简明易懂的原则，用规定的方法和符号来绘制。

在绘制电器线路原理图时，一般应遵循以下原则：

- (1) 主电路用粗线，控制电路用细线；
- (2) 主电路用垂直线布置在图的左方(或上方)，控制电路用水平线布置在图的右方(或下方)；
- (3) 电路用平行线绘制，尽量减少交叉，并尽可能按照动作顺序排列，便于阅读；
- (4) 全部电器触点以线圈失电、开关未动作时的状态绘出；
- (5) 同一电器元件的不同部分如接触器的励磁线圈和主、辅触点均采用同一文字符号标明，部分常用的新国标文字符号见表 1-1；
- (6) 所有电器元件均应采用近期国家颁布的电工系统图图形符号表示，表 1-2 为常用的部分新国标图形符号。

表 1-1 控制电路图中常用的文字符号

名称	文字符号	名称	文字符号
变压器	T	控制开关	SA
电力变压器	TN	行程开关	ST
控制变压器	TC	正转按钮	SBF
电流互感器	TA	反转按钮	SBR
电压互感器	TV	继电器	K
发电机	G	交流继电器	KS
同步发电机	GS	热继电器	KH
测速发电机	GT	时间继电器	KT
电动机	M	接触器	KM
同步电动机	MS	正转接触器	KMF
力矩电动机	MT	反转接触器	KMR
伺服电动机	SM	电磁铁	YS
刀开关	Q	电磁制动器	YB
断路器	QF	电磁吸盘	YH
电动机保护开关	QM	电动阀	YM
隔离开关	QS	电磁阀	YV
熔断器	FU	电阻器	R
按钮开关	SB	电位器	RP