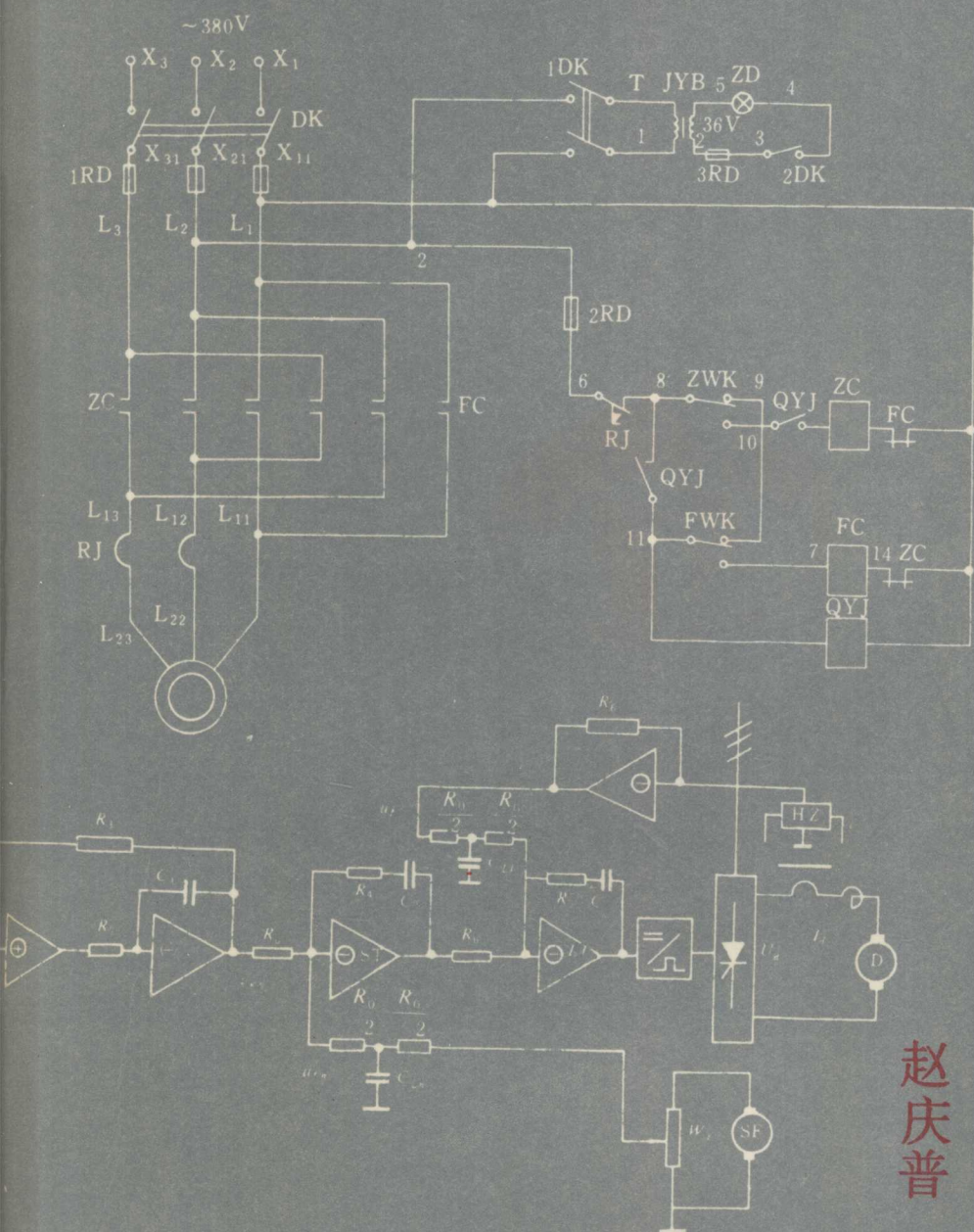


中等专业学校教学用书

自动控制原理

赵庆普
编



石油工业出版社

中等专业学校教学用书

自动控制原理

赵庆普 编

石油工业出版社

(京)新登字 082 号

内 容 提 要

本书内容包括继电器—接触器控制系统,可控硅整流电路、自动调节系统的基本概念;控制系统的调试方法;控制系统分析;控制系统的校正与综合等。

为便于读者学习,每章附有一定数量的思考题与习题。

本书是中等专业学校石油仪表及自动化专业“自动控制原理”课程的教科书,也可供工业企业电气化及自动化专业和有关科技人员参考。

中等专业学校教学用书

自动控制原理

赵庆普 编

*

中国石油天然气总公司教材编译室编辑

(北京 902 信箱)

石油工业出版社出版

(北京安定门外安华里二区一号楼)

石油工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092 毫米 16 开本 25 V_2 印张 640 千字 印 5001 12000

1993 年 5 月北京第 1 版 1996 年 3 月北京第 3 次印刷

ISBN 7-5021-0921-8/TE·860(课)

定价: 20.00 元

前 言

本书是根据石油天然气总公司人事教育局(原石油工业部教育司)1986年中等专业学校“自动控制原理教学大纲”编写的。

书中对继电接触控制电路、可控硅整流电路及经典自动控制原理的基本内容作了较详细的介绍。

为了帮助读者掌握和运用所学的基本理论、基本概念和基本方法去分析问题和解决问题,本书在每章后选录了适量的思考题与习题。

本书由天津大学电力及自动化工程系副教授王赫主审。在编写过程中得到华北石油学校王锡光副教授的指导和帮助,编者在此谨表谢意。

由于编者学识有限,经验较少,编写时间仓促,错误与不妥之处在所难免,殷切希望读者批评指正。

编 者

1990年8月

目 录

第一章 继电器—接触器控制系统	(1)
第一节 接触器.....	(1)
第二节 继电器	(12)
第三节 熔断器	(29)
第四节 其它常用低压电器	(32)
第五节 电器控制系统中元件的符号和线路图	(50)
第六节 继电接触控制线路	(58)
第七节 电器控制线路设计	(73)
第二章 可控硅整流电路	(83)
第一节 可控硅整流元件	(83)
第二节 单相可控整流电路	(95)
第三节 三相半波可控整流电路.....	(105)
第四节 三相可控桥式整流电路.....	(117)
第五节 整流电路的逆变工作状态.....	(125)
第六节 可控硅—电动机系统.....	(131)
第七节 可控硅整流电路方案的选用与容量计算.....	(134)
第八节 可控硅的触发电路.....	(139)
第九节 可控硅电路的保护.....	(157)
第三章 自动调节系统的基本概念	(172)
第一节 自动调节的作用与自动调节系统.....	(172)
第二节 自动调节系统的过渡过程.....	(178)
第四章 环节与系统的微分方程式	(183)
第一节 动态微分方程式的编写.....	(183)
第二节 非线性特性的线性化.....	(188)
第五章 拉氏变换与传递函数	(195)
第一节 拉普拉斯变换.....	(195)
第二节 用拉氏变换求解常系数线性微分方程.....	(200)
第三节 传递函数.....	(202)
第四节 用变换阻抗法求传递函数.....	(210)
第五节 系统传递函数和方框图的变换.....	(212)
第六节 调速系统的数学模型.....	(225)
第七节 随动系统的数学模型.....	(242)

第六章 控制系统的调试方法	(248)
第一节 系统的技术指标.....	(248)
第二节 环节(单元)的调试.....	(250)
第三节 电源电压相序的确定及变压器极性的测定.....	(254)
第四节 电阻负载的调整.....	(254)
第五节 系统的调试.....	(257)
第七章 控制系统分析	(262)
第一节 控制系统稳态误差分析.....	(262)
第二节 控制系统的瞬态响应.....	(276)
第三节 劳斯稳定判据.....	(286)
第四节 频率特性.....	(293)
第五节 极坐标图.....	(299)
第六节 奈奎斯特稳定判据.....	(305)
第七节 对数坐标图.....	(309)
* 第八节 根轨迹法的概念	(324)
*第八章 控制系统的校正与综合	(342)
第一节 基本控制规律分析.....	(342)
第二节 校正装置.....	(353)
第三节 用对数坐标图计算校正装置.....	(363)
第四节 调速系统动态参数工程计算法.....	(370)
第五节 用根轨迹法校正系统的概念.....	(387)

第一章 继电器—接触器控制系统

由继电器和接触器等元件组成的系统称为继电器—接触器控制系统或称继电—接触控制系统。组成这种系统的继电器、接触器等电器元件只具有“接通”和“断开”两种不同的状态,不能连续反映控制信号的变化,因此它所能实现的控制必然是断续的。所以这种系统又称为断续控制系统,组成这种系统的主要开关元件有继电器、接触器、晶体管以及数字集成电路等。断续控制系统包括:电器控制线路、顺序控制器以及机床数控系统等,本章介绍由继电器、接触器等元件组成的电器控制线路。

电器控制线路的主要优点是:结构简单、造价低、抗干扰能力强、调整维护方便。应用这种系统不仅可以实现生产过程自动化,而且还可以实现集中控制和远距离控制,因此它是目前工业生产中最基本的控制形式之一,是电力拖动自动控制领域重要的组成部分。

第一节 接 触 器

接触器是用来接通或断开带有负载的交、直流主电路或大容量控制电路的电器元件。其控制对象如电动机或其它电力负载,如电热器、电焊机、电炉变压器、电容器组等。接触器不仅能接通和断开电路,还具有低电压释放保护、控制容量大、适用频繁操作和远距离控制、工作可靠、寿命长等优点。

接触器按其触点通过电流的种类可分为交流接触器和直流接触器两种。

一、交流接触器

交流接触器主要由电磁机构、触点系统、灭弧装置等组成。图 1-1 为电磁式交流接触器原理图,常见的有 CJ0、CJ10、CJ12、CJ12B 等系列交流接触器。其中 CJ12 配有磁吹式纵缝灭弧系统,CJ12B 配有栅片灭弧装置不加磁吹。

1. 电磁机构

电磁机构由激磁线圈、铁芯和衔铁几部分组成。

交流接触器的激磁线圈一般采用电压线圈,通以单相交流电。为减少涡流、磁滞损耗,以免铁芯过热,铁芯用硅钢片叠铆而成,通常做成双 E 型。因为交流接触器的激磁线圈电阻较小,故铜损引起的发热较小。为了增加铁芯散热面积,激磁线圈均做成短而粗的圆筒状。

当接触器的线圈加上交流电压时,便在线圈中产生交变电流,于是在衔铁和静铁芯组成的磁路中产生磁通,从而产生电磁吸力,当电磁吸力大于反力弹簧等的反作用力时,衔铁被吸合,使常闭触点打开,常开触点闭合。当外加电压

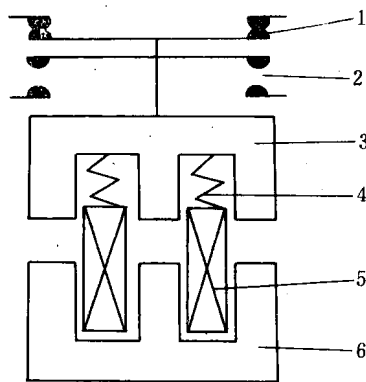


图 1-1 电磁式交流接触器原理图

- 1—常闭触点;2—常开触点;
- 3—衔铁;4—反力弹簧;
- 5—线圈;6—静铁芯

消失时,电磁吸力消失,衔铁在反力弹簧的作用下释放而恢复原位,常闭触点闭合,常开触点打开。

根据麦克斯威尔公式

$$F = \frac{0.5\varphi^2}{\mu_0 S} \quad (1-1)$$

式中 F ——每一个气隙的吸力,单位为牛顿(N);

φ ——磁极极面的磁通,单位为韦伯(Wb);

S ——磁极表面面积,单位为米²(m²);

μ_0 ——空气导磁系数, $\mu_0 = 1.25 \times 10^{-6}$ 亨/米(H/m)

磁通是按正弦规律变化的。即

$$\varphi = \varphi_m \sin \omega t \quad (1-2)$$

将式(1-2)代入式(1-1)得电磁吸力的瞬时值为

$$\begin{aligned} F_t &= \frac{0.5\varphi_m^2}{\mu_0 S} \sin^2 \omega t = \frac{0.5\varphi_m^2}{2\mu_0 S} (1 - \cos 2\omega t) \\ &= \frac{0.5\varphi_m^2}{2\mu_0 S} - \frac{0.5\varphi_m^2}{2\mu_0 S} \cos 2\omega t \\ &= F_p + F_{\sim} \end{aligned} \quad (1-3)$$

从式(1-3)可见,电磁吸力由两部分组成,一个是恒定部分(即平均吸力),其值为

$$F_p = \frac{0.5\varphi_m^2}{2\mu_0 S}$$

另一个是交变部分,其值为

$$F_{\sim} = -\frac{0.5\varphi_m^2}{2\mu_0 S} \cos 2\omega t$$

根据式(1-2)和(1-3)可画出图 1-2 曲线。

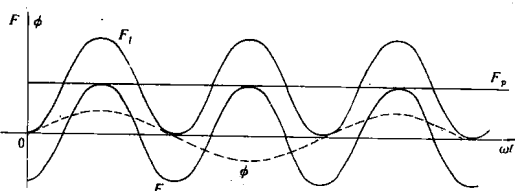


图 1-2 吸力、磁通随时间变化的曲线

从图 1-2 曲线可以看出,磁通是交变的,但产生的吸力 F_t 的方向是不变的。其数值在零和最大值之间变化,变化的频率为磁通变化频率的两倍。当吸力大于反作用力 F_f (包括反力弹簧和触点等的反作用力),衔铁被吸合,但当 F_t 小于 F_f 时,衔铁要释放,由于 F_t 变化很快(当电源电压频率为 50Hz 时, F_t 的变化频率为 100 周/秒),故衔铁不会完全释放,而处于抖动

状态,将使触点抖动,产生电弧,容易使触点烧坏。另外,衔铁的抖动将发出噪声,影响工作人员工作。因此必须消除这种抖动现象。消除的方法是:当线圈通电后使电磁吸力在任何时间都大于反作用力。具体办法是在交流接触器的静铁芯或衔铁上嵌装一个自成回路的铜环,称为短路环(又叫分磁环),如图 1-3 所示。

有分磁环后,磁通分为两部分,一部分为 ϕ_A 流经不被短路环包围的截面,另一部分为 ϕ_B 流经被短路环包围的截面。当 ϕ_B 穿过短路环时,将在短路环中产生感应电势和电流,根据楞次定律可知,此感应电流将阻碍磁通 ϕ_B 的变化,因此使 ϕ_B 落后 ϕ_A 一个角度,见图 1-4。由磁通 ϕ_A 和 ϕ_B 产生的电磁吸力分别为 F_A 和 F_B ,见图 1-5,总的电磁吸力为 $F_t = F_A + F_B$ 。从图中可以看到, F_t 在任何瞬间都大于反作用力 F_f ,这样衔铁就不会抖动。

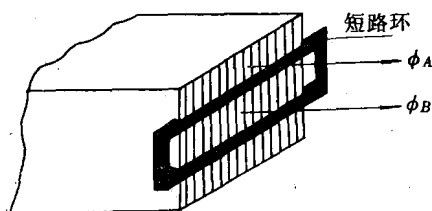


图 1-3 短路环

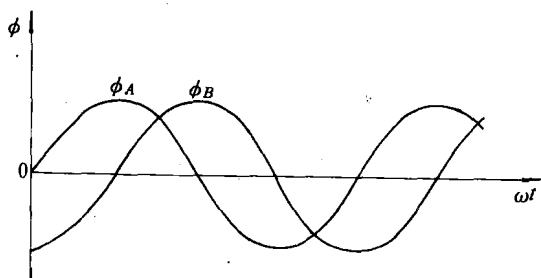


图 1-4 磁通曲线

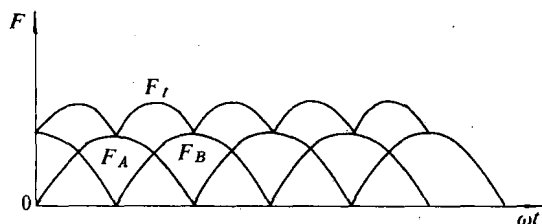


图 1-5 电磁吸力曲线

短路环通常包围三分之二的铁芯截面,它一般用铜、康铜或镍铬合金等材料制成。

交流接触器在起动时,由于铁芯气隙大,电抗小,所以通过线圈的起动电流比较大,往往达到工作电流的十几倍(工作电流是指衔铁吸合后的线圈电流),所以交流接触器不宜在频繁起动、停止的场合使用。在安装调试和维护工作中,应注意衔铁是否灵活,有无卡住现象,若线圈通电后,衔铁吸不上,线圈由于电流长时间过大而被烧坏。

交流接触器的激磁线圈在电压为 $85 \sim 105\%U_n$ 时,能保证可靠的工作。当电压升高时,交流接触器磁路趋于饱和,线圈电流将显著增大,有烧坏线圈的危险。

使用时,要特别注意线圈的额定电压,如果把额定电压 220 伏的线圈接至 380 伏电源上,线圈将被烧毁,反之衔铁将不动作,线圈也可能过热烧坏。

在使用时还应注意,决不能把交流接触器的线圈误接到直流电源上,否则因线圈电阻小流过的电流大而将线圈烧坏。

2. 触点系统

触点又称触头,它有主触头和辅助触头之分。主触头用以通断主回路(大电流回路、电动机回路),常有三对常开触头。辅助触头用以通断控制回路(小电流回路)起电气联锁作用,所以又称联锁触头,它有常开和常闭两种。所谓常开、常闭是指电磁机构未动作前触头的状态。

触头有四种工作状态:

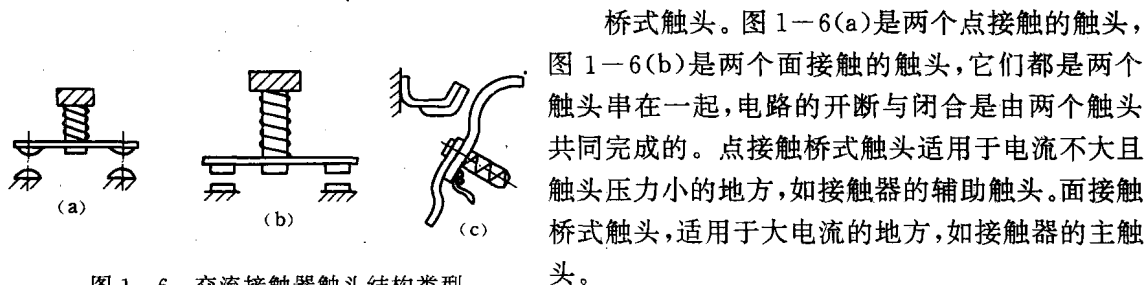
(1)触头在开断位置:此时它使电路断开,在这种情况下,触头间要承受电压,故要求触头之间有良好的绝缘强度。

(2)触头的接通过程:触头在允许合闸电流下接通电路时,要避免触头抖动,否则电弧将使触头熔焊(熔化而粘合在一起),为此有些电器的触头装有附加弹簧。

(3)触头在闭合位置:此时使电路接通,在这种情况下,应尽量减少触头本身的电阻和触头之间的接触电阻。

(4)触头的分断过程:当触头断开电路时,如果触头间电压在 10~20 伏以上,电流在 80~100 毫安以上,则在触头打开的间隙中就可能产生电弧。

交流接触器的触头主要有以下几种结构型式,见图 1-6。



桥式触头。图 1-6(a)是两个点接触的触头,图 1-6(b)是两个面接触的触头,它们都是两个触头串在一起,电路的开断与闭合是由两个触头共同完成的。点接触桥式触头适用于电流不大且触头压力小的地方,如接触器的辅助触头。面接触桥式触头,适用于大电流的地方,如接触器的主触头。

线接触指形触头,如图 1-6(c)所示。它的接触区域为一直线,触头开闭时滚动接触,这种触头适用于接通次数多,电流大的地方,如接触器主触头。

为了使触头接触得更加紧密,以减小接触电阻,并消除在开始接触时发生的有害振动,一般在触头上装有接触弹簧,随着触头的闭合加大触头间的压力。

在使用时,要注意触头的通断容量和通断频率,如应用不当会缩短使用寿命或不能开断电路,严重时由于触头通断容量过大而使触头熔化;反之触头得不到充分利用。

- ### 3. 灭弧装置
- 当触头分断接通电路时,在触头打开的间隙中可以看到弧焰,通常称为电弧。
- 电弧对电器的影响主要有三方面:
- (1)触头打开时,由于电弧的存在,使要断开的电路实际上并没有断开;
 - (2)电弧的温度很高,严重时可使触头熔化;
 - (3)电弧向四周喷射,会引起电器和周围物质的损坏,有时会造成相间短路,甚至造成火灾。

电弧是一种气体放电现象,就是触头间隙间的气体被游离产生大量的电子和离子,于是绝缘的气体就变成了导体,电流通过这个游离区时所消耗的电能转变为热能和光能,因此发生光和热的效应。

应当指出,在发生游离作用的同时,还存在着去游离的作用。电子在高速运动时与正离子相遇重新结合成中性分子,这过程称为再结合。同时,电子还会向温度较低的地方扩散,这样也减弱了游离的作用。当游离和去游离速度相等时,电弧就稳定燃烧,当去游离速度大于游离速度时,电弧就要熄灭。因此熄灭电弧可以从两方面入手,一方面是尽量减少输入电弧的能量以减弱游离作用,另一方面是尽量把电弧中的能量尽快的散失掉,以加强去游离作用。为达到上述目的在接触器中常采用下列几种灭弧方法。

(1)电动力灭弧。它是利用触头回路本身的电动力 F 把电弧拉长,同时在电弧拉长的过程中迅速冷却,以使电弧熄灭。如图 1-7 所示。

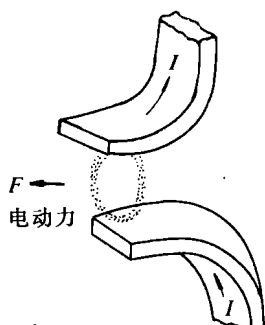


图 1-7 电动力灭弧

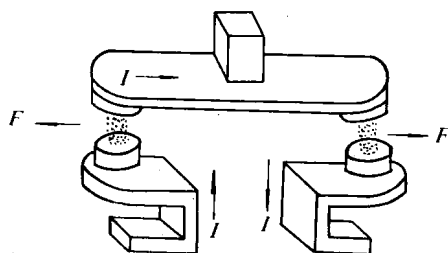


图 1-8 双断口灭弧

(2)多断口灭弧。此法是把整个电弧分成几段,同时利用上述电动力灭弧,因而效果较好。图 1-8 所示为双断口灭弧结构(即桥式触头),它将电弧分成两段,然后用电动力灭弧。

(3)纵缝灭弧。图 1-9 是此类灭弧装置中的一种,灭弧罩中只有一个纵缝,缝的下部宽些,以便放置触头,缝的上部窄些,以便电弧压缩并和灭弧室壁有很好的接触。当触头断开时,电弧被外界磁场或电动力吹入缝内,使电弧的热量传递给室壁而迅速冷却,去游离效应增大从而使电弧熄灭。

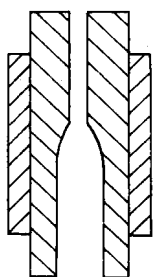


图 1-9 纵缝灭弧装置

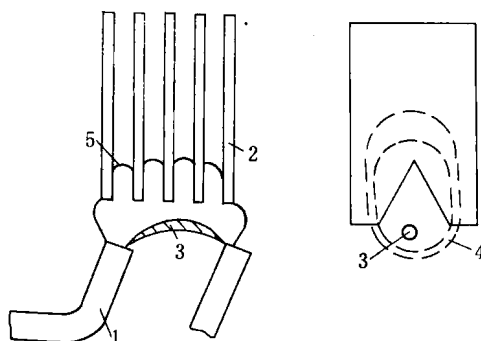


图 1-10 栅片灭弧原理图

1—触头;2—灭弧栅片;3—电弧;4—磁场;5—短路

(4)栅片灭弧。图 1-10 为栅片灭弧原理图。图中触头 1 是断开的位置,在触头之间产生电弧 3,灭弧栅片 2 由薄铁板制成,表面镀铜以防生锈,它装在由石棉水泥压制成的灭弧罩内,各片之间相互绝缘。

触头分开时,触头之间产生电弧,电弧周围形成磁场,由于铁片的磁阻比空气小得多,因此电弧上部的磁通非常稀疏,而电弧下部的磁通却十分稠密,这种上稀下密的磁通就把电弧拉到灭弧栅中。由此可见电弧进入灭弧栅是靠它自己所产生的磁通拉进去的。

当电弧进入灭弧栅后,就被栅片分割成数段相互串联的短路,这样每两片灭弧栅片可以看作是一对电极,而每对电极间都有 150~200 伏的绝缘强度,使整个灭弧的等效绝缘强度大大加强。而每个栅片间的电压不足以使电弧燃烧,同时栅片吸收电弧的热量,使电弧迅速冷却,所以电弧就很快地熄灭了。

目前我国生产的交流接触器主要有 CJ0、CJ10、CJ12B 等系列。它们主要技术数据见表 1-1、表 1-2、表 1-3 和表 1-4。其中表 1-1 中的 CJ0Z 为重任务的交流接触器。

表 1-1 CJ0 系列交流接触器技术数据

型 号	额定 电流 (A)	额定 电压 (V)	频 率 (Hz)	常分 触头 极数	辅助触头		吸引线圈电压(V)	吸引线圈 消耗功率 (VA)	最大操作 频 率 (次/小时)
					数 量	额定电流 (A)			
CJ0-10A	10	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5	交 流 50 ~ 60Hz: 36、 110、127、220、380、420、440 及 600V	14	1200
CJ0-20A	20	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		33	1200
CJ0-40A	40	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		33	1200
CJ0Z-10	10	500	50~60	3	2 动合 2 动断	5		14	600
CJ0-75A	75	380	50~60	3	2 动合 2 动断	10	交 流 60Hz: 110、127、 220、380、440V; 交 流 50Hz: 36、110、127、220、380V 直 流 110、220V	55	600
CJ0-120A	120	380	50~60	3	2 动合 2 动断	10		68	60

表 1-2 CJ10 系列交流接触器技术数据

型 号	额定 电流 (A)	被控三相电动机 最大功率(kW)		主 触 头	动作 时间 (ms)	释放 时间 (ms)	辅助触头				吸引线圈			最高操作 频 率 (次/小时)			
							最多 数量	持续 电流 (A)	电压 (V)	接通 电流 (A)	分断 电流 (A)	电 压(V)	消耗功率				
		220 伏	380 伏										起 动 (VA)	吸 持			
CJ10-5	5	1.2	2.2	三 常 开	15	14.3	一常 开	5	380	50	5	36、110、(127) 220、380	35	6VA 2W	≤600		
							500		40	4							
CJ10-10	10	2.2	4		17	21	二 常 开 、 二 常 闭		380	50	5	36、127、 220、380	65	11VA 5W			
									500	40	4						
CJ10-20	20	5.5	10		16	18			380	50	5			140		22VA 9W	
									500	40	4						
CJ10-40	40	11	20		23	22			380	50	5			230		32VA 12W	
									500	40	4						
CJ10-60	60	17	30		65	40			—	—	—			490		70VA	
									—	—	—			—		—	
CJ10-100	100	29	50		32	15			—	—	—			—		—	
									—	—	—			—		—	
CJ10-150	150	43	75		—	—			—	—	—			—		—	

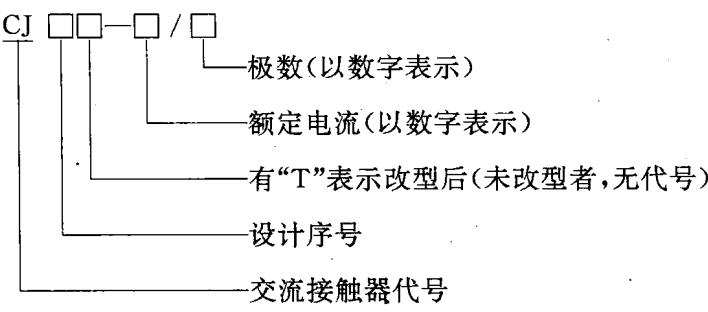
表 1—3 CJ12 系列交流接触器技术数据

型 号	额定 电压 (V)	额定 电流 (A)	极 数	每小时操作次数		联 锁 触 头			线圈消耗 功 率 (W)	备 注			
				额 定 容量时	短时降低 容量时	额定电压 (V)	额定电流 (A)	组合情况					
CJ12-100	380	100	2、3、 4、	600	200	交流 380 直流 220	10	六个触头 可组合成： 五分一合或 四分二合或 三分三合	16	若用直流吸引线圈则需占用一个常合联锁触头，故其联锁触头只有五个			
CJ12-150		150							30				
CJ12-250		250							45				
CJ12-400		400	3000	1200					85				
CJ12-600		600							70				

表 1—4 CJ12B 系列交流接触器技术数据

型 号	额定电压 (V)	额定电流 (A)	极 数	额定容量时 每小时操作次数	机械寿命 (次)	联 锁 触 头		
						额定电压 (V)	额定电流 (A)	组合情况
CJ12B—100 CJ12B—150 CJ12B—250	380	100 160 250	2、3、4、5、	600	3000000	交流 380 直流 220	10	六个触头可组合成：五分一合或四分二合或三分三合
CJ12B—400 CJ12B—600		400 600		300	2000000			

交流接触器的型号及代表的意义



例如 CJ10—40/3 表示交流接触器,设计序号为 10,额定电流 40 安,极数 3。

二、直流接触器

直流接触器的结构和交流接触器同样由电磁机构、触点系统和灭弧装置等三个主要部分组成。CZ3 型直流接触器的结构如图 1—11 所示。

1. 电磁机构

电磁机构由电压线圈、软钢制成的磁轭和铁芯组成。电磁铁的形状一般采用 U 型。直流电磁铁铁芯不发热,而线圈匝数多,电阻大,铜损大,线圈本身发热是主要的。因此为使线圈散热良好,吸引线圈一般做成长而薄的圆筒状(即制成细而长的形状)。由于线圈电阻较大,当吸引

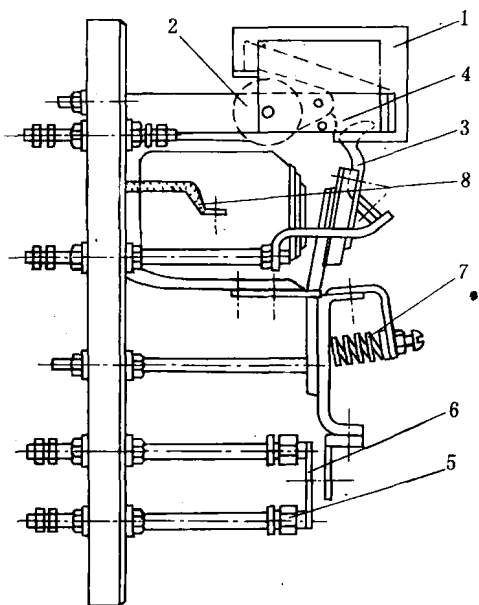


图 1-11 CZ3 型直流接触器

1—灭弧罩；2—吹弧线圈；3—动触头 4、5—静触头；
6—桥式触头；7—复位弹簧；8—吸引线圈

电压为 U 时,吸引电流为 $I = \frac{U}{R}$ 。与交流接触器一样,当吸引线圈电压为额定电压的 85%~105% 时,保证可靠的工作。当线圈电压低于额定电压的 85% 时,不能保证接触器可靠的工作。而线圈电压降到 5%~10% 额定电压时,动铁芯释放。为保证动铁芯在上述电压下可靠的释放,常在磁路中夹有非磁性垫片,以减小剩磁的影响。

当吸引线圈加上电压时,由于线圈电感的作用,线圈电流不能立即达到稳定值,而是按照指数曲线上升,即

$$i = I(1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

式中 $T = \frac{L}{R}$ ——线圈的时间常数。

电流接近稳定值后,才吸动铁芯,又由于机械惯性的影响,吸上动作也有一个时滞,由于电气和机械的因素使接触器的固有动作时间为 0.09~0.4 秒,固有释放时间为 0.03~0.12 秒。一般大型接触器的固有动作时间较长,小型接触器较短。对于交流接触器因交流激磁电流的增长过程在第一个 $\frac{1}{4}$ 周期内即行结束,比直流接触器的过程短得多。

所以交流接触器的平均固有吸上时间为 0.05~0.07 秒,而固有释放时间为 0.02~0.05 秒。

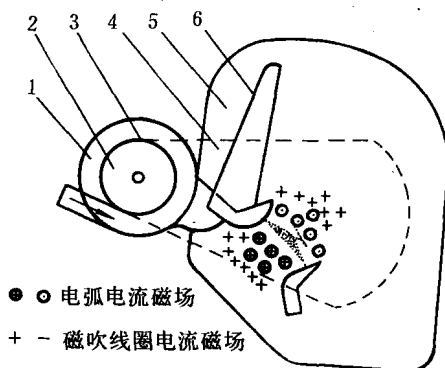


图 1-12 磁吹式灭弧装置

1—磁吹线圈；2—铁芯；3—绝缘套筒；
4—夹板；5—灭弧罩；6—灭弧角

2. 触头系统

直流接触器同交流接触器一样有主触头与辅助触头。主触头一般做成单极或双极,由于通断电流大,接通次数多,故通常采用滚动接触的指形触头。辅助触头通断电流小,常采用点接触的桥式触头。

3. 灭弧装置

直流接触器一般采用磁吹式灭弧装置,其结构如图 1-12 所示。

磁吹灭弧装置由磁吹线圈,灭弧角和灭弧罩组成。磁吹线圈由扁铜条弯成,中间装有铁芯,它们之间隔有绝缘套筒,铁芯的两端装有两片铁质的夹板,夹板夹在灭弧罩的两边,放在灭弧罩内的触头处在夹板之间。灭弧罩由石棉水泥板或陶土制成,它把触头罩住。磁吹线圈是与触头串联的,因此流过触头的电流也就是流过磁吹线圈的电流。电流的方向如图中的箭头所示。当触头分开电弧燃烧时,电弧电流在电弧四周形成一个磁场,磁场的方向可用右手螺旋定则确定,流过磁吹线圈的电流在铁芯中产生磁通,磁通经过一边夹板穿过夹板间的空隙进入另一边夹板而形成闭合回路。可见在电弧上方,磁吹线圈与电弧电流所产生的磁通方向相反,于是磁通减少;而在电弧下方,由于两个磁通方向相同,磁通增加,电弧将从磁场强的一边拉向弱的一边,这样电弧就向上运动。灭弧角和静触头相连接,它的作用是引导电弧向上运动。由于电弧自下而上的迅速拉长使电弧温度降低,起到冷却去游离作用,促使电弧熄灭。另外,电弧被吹进灭弧罩上部的时候,进入了灭弧夹缝的区域,电弧和灭弧罩相接触,把热量传给了灭弧罩,这样也降低了电弧的温度,起到冷却去游离的作用。此外,电弧在向上运动的过程中,它的长度不断增加,当电源电压不足以维持电弧燃烧时,它就熄灭了。由此可见磁吹装置的灭弧原理是靠磁吹力的作用,使电弧在空气中迅速拉长并同时冷却去游离,从而使电弧熄灭。因此电流愈大,灭弧能力也愈强。当电流方向改变时,磁场的方向也同时改变,而电磁力的方向不变,同样能起到灭弧的作用。

在控制线路中,有时利用控制电器切断具有电感负载(如直流电动机的激磁绕组、电磁铁线圈等)的电路时,由于电流由某一稳态值突然降为零,电流的变化率 $\frac{di}{dt}$ 很大,就会在触头间隙产生较高的电压,此电压超过 270~300 伏时,就会在触头间隙产生火花放电现象。火花放电与电弧不同之处是,火花放电的电压高,电流小,而且在局部地区产生不稳定的火花亮线。火花放电将使触头产生电磨损以至缩短它的寿命。另外火花放电造成的高频干扰信号将影响无线电通讯和干扰弱电控制系统的正常工作,为此应该消除由于过压引起的火花放电现象,下面介绍两种常用的熄火花电路。

(1)用半导体二极管与电感并联。如图 1-13 所示,在开关 K (或触头)闭合时,电感负载中流有稳定的电流,当 K 突然断时,由于二极管 D 的存在,使电流不是从某一稳定值突然降为零,而是由电感和二极管组成放电回路使电流逐渐降为零,这样就减小了电流变化率 $\frac{di}{dt}$,从而减小了电感产生的过电压 $(e = -L \frac{di}{dt})$,这样使开关 K 的间隙不会产生火花放电,另外也使电感的绝缘不会因过电压而击穿。

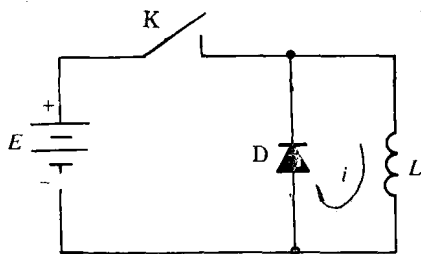


图 1-13 与电感负载并联二极管

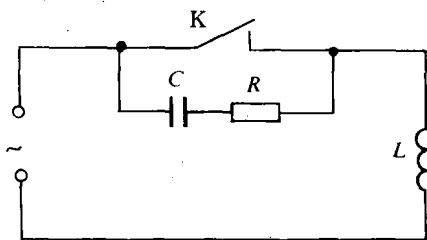


图 1-14 与触点并联阻容环节

(2)用串联的电容电阻环节与触头并联,如图 1—14 所示。在开关(或触点)突然打开时,电感的磁场能量就要转化电容的电场能量,此时表现为对电容的充电,因此触头突然打开时,电感 L 中的电流也不是立即降为零,而是随着电容器逐渐充满电而降为零,电感 L 就不会产生过电压。

如何选择电阻和电容呢?一般电容 C 是根据负载电流的大小来选择其容量。每一安培的负载电流至少选一微法电容。电阻 R 是用来减小在触头闭合时,电容 C 通过触头的放电电流。因此它的选择原则是,使电容 C 放电电流的最大值 I_s 小于触头材料的最小熔焊电流 I_w ,即

$$I_s = \frac{E_c}{R} \leq I_w$$

$$R > \frac{E_c}{I_w}$$

E_c 为电容器 C 在触头打开后被充电的电压值,一般就取电感负载的电源电压。

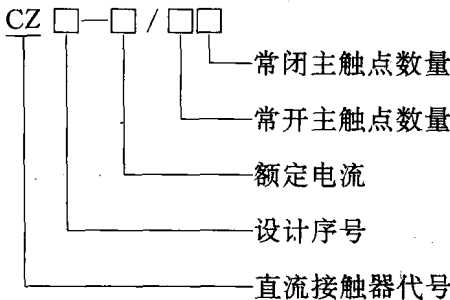
表 1—5 给出了几种触头材料的最小熔焊电流值。

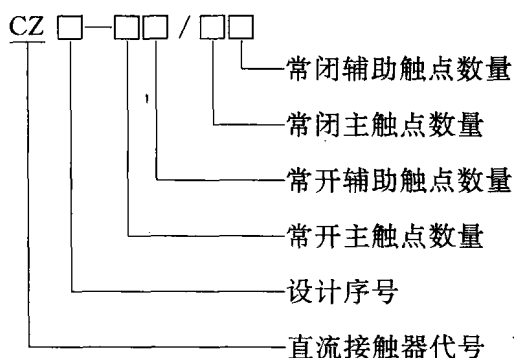
表 1—5 几种触头材料的最小熔焊电流

触 头 材 料	银	金	金 合 金 金 69%银 25%铂 6%	钽	铂	钼
$I_w(A)$	19	11	11	16	15	20~22

值得注意的是:当电感负载是接触器或继电器线圈时,由于采取了灭火花电路,在触头打开时使接触器或继电器线圈中的电流逐渐减小,即它们磁路中的磁通逐渐减小,电磁力逐渐减小,只有当电磁力小于反力弹簧的反力时,接触器或继电器才释放,因此延长了它们的释放时间,这是值得注意的。

4. 直流接触器的型号及代表的意义





三、接触器的主要技术数据

1. 额定电压

接触器铭牌上的额定电压是指主触头的额定电压,选用时必须使它与被控制的负载回路的额定电压相适应。直流接触器的额定电压一般为 110 伏、220 伏、和 440 伏;交流接触器额定电压为 127 伏、220 伏和 380 伏。

2. 额定电流

接触器铭牌上的额定电流是指主触头的额定电流,主触头的额定电流就是当接触器装在敞开的控制屏上,在间断—长期工作制下,而且温升不超过额定温升时,流过触头的允许电流值。间断—长期工作制是指接触器连续通电时间不大于 8 小时的工作制,工作 8 小时后,必须空载连续操作开闭触点 3 次以上(此项工作通常在交接班时进行),以便利用触头的滚动特性来清除氧化膜。接触器主触头的额定电流分一定等级,这些电流等级是依据被控制设备的容量等级确定的。我国暂行的等级,交流接触器为 5、10、20、40、60、100、150、250、400、和 600 安。

3. 吸引线圈的额定电压

交流吸引线圈的额定电压一般有 36 伏、127 伏、220 伏和 380 伏四种。直流吸引线圈的额定电压一般有 24 伏、48 伏、110 伏、220 伏和 440 伏五种,考虑到电网电压波动,接触器的线圈允许在电压等于 105% 额定值下长期接通,而线圈的温升不超过绝缘材料的容许温升。

4. 额定操作频率

接触器的操作频率就是接触器每小时接通的次数。根据前面对电磁机构吸力特性的分析,我们知道交流吸引线圈在接电瞬间有较大的起动电流,如果接电次数过多,就会引起线圈过热,所以就限制了交流接触器的每小时接电次数,一般交流接触器额定操作频率最高为 600 次/小时,直流接触器吸引线圈电流为一常数,与磁路的气隙无关,所以直流接触器的额定操作频率比交流接触器高,最高可达 1200 次/小时。因此,对于频繁操作的场合一般都采用直流接触器。CZ3 系列接触器就是具有直流吸引线圈、主触头交直流两用的接触器,它的额定操作频率可达 1200 次/小时。

表 1-6 给出了 CZ3 系列直流接触器的技术数据。