

緒 論

1. 低压电器的定义、分类和用途以及它在国民經济中的作用

凡是用来对电能的产生、輸送、分配与应用起开关、控制、保护与調节作用的电气設備，以及利用电能来控制、保护与調节非电过程与非电裝置的电气設備，統称为电器。由于电器的种类繁多，在一般的分类中通常將电器分为高压电器与低压电器兩大类。

低压电器通常是指工作在交流500伏及500伏以下与直流1500伏以下的电路中起上面所述的那些作用的电气設備，它包括許多不同型式与用途的电器。通常可以把低压电器分为以下四大类。

1) 低压控制电器

它們主要是用来对发电机的电压，电动机的启动、反向、停止、調速等过程起控制与調节作用。它們又可分为自动控制电器与手动控制电器两种。属于前一种的有：接触器，磁力启动器；属于后一种的有：变阻器，控制器等。

2) 低压配电电器

它們是用在低压配电綫路中起开关与保护作用的电气設備。属于这一类的电器有：刀开关，熔断器，自动开关与低压成套配电裝置等。

3) 繼电器

它們是反应輸入参数的变化，当达到一定值时，輸出参数發生突变（接通或断开电路）的电器。它們又可分为：

A. 发电厂、变电所与电網用的保护繼电器

包括电流繼电器、电压繼电器、時間繼电器与功率繼电器等；

B. 电力拖动用的控制繼电器

包括時間繼电器、电流繼电器、电压繼电器与中間繼电器等；

B. 自动裝置与电訊用的繼电器。

4) 自动电調节器

它們是用来自动調节被控制对象的参数的电器。例如，用来自动調节发电机电压的自动电压調节器等。

根据上面所述，我們可以知道，低压电器的用途是很广泛的，它們保証了許多預定过程的正常进行，例如：电动机的启动、停止、調速、对非正常工作情况的保护，以及对生产过程的监督与調整等。

在現代的生产中普遍应用了电力拖动，而要实现电力拖动，必須依靠低压电器才能完成。例如：自动化与半自动化的金属切削机床必須用低压电器才能做到自动进刀、自动退刀、工作台的自动往复运动等动作；一座現代化的高爐就要用到很多低压电器来控制煉鉄过程；一台軋鋼用的初軋机則要用到400多种低压电器，共約3300多件来进行控制；用电动机帶动的紡織机械、农村用的排灌机械、打谷机等开动，也要用到低压电器等等。因此，無論在冶金、机械等重工業部門，紡織、造紙等輕工業部門，交通運輸業或農業，凡是应用电力拖动的場合，都要用到低压电器。特別是随着科学技术的發展，工農業进一步

走向电气化、自动化，更是要用到無数的各种各样的低压电器。

根据統計，有80%以上的电能是通过低压电器分配到用电設備上去的。从数量上看，每增加1万千瓦的發電設備，就需要低压电器的主要元件（接触器、启动器、控制器、自动开关等）12000件，其中尚未包括刀开关、熔断器、按钮等简易电器在內。从这些数字也可以看出低压电器在国民經济中的重要性。

下面我们来看一下低压电器的两个具体应用的例子。

1) 磁力启动器 (圖 1 a)

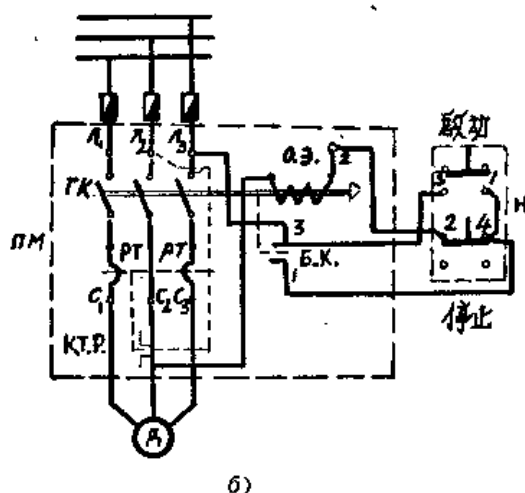
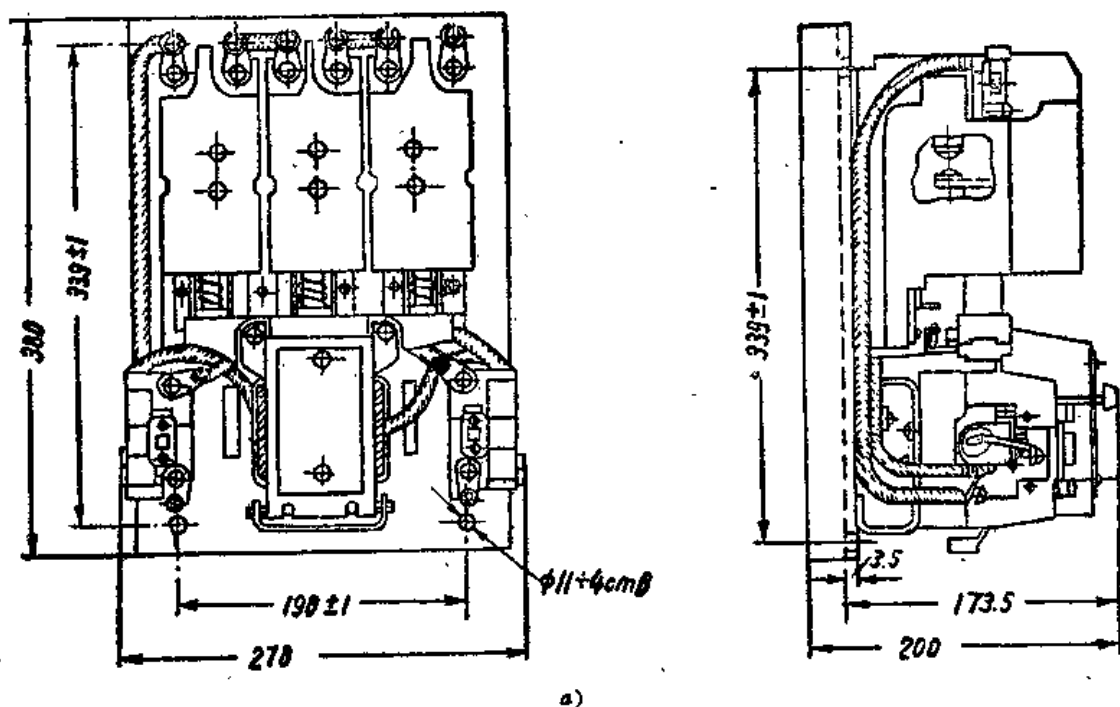


圖 0-1 磁力启动器

a) 結構圖;

b) 原理性線路圖

它是用来控制电动机的直接启动、停止，以及反轉等过程。它由接触器、热繼电器与控制按钮組成。利用按钮可以在远距离进行操作。当电动机过载时，磁力启动器中的热繼电器發生动作，接触器自动的切断电动机电路，保护电动机不遭到损坏。磁力启动器的原

理性线路图如图16所示。

2) 自动开关 (图2a)

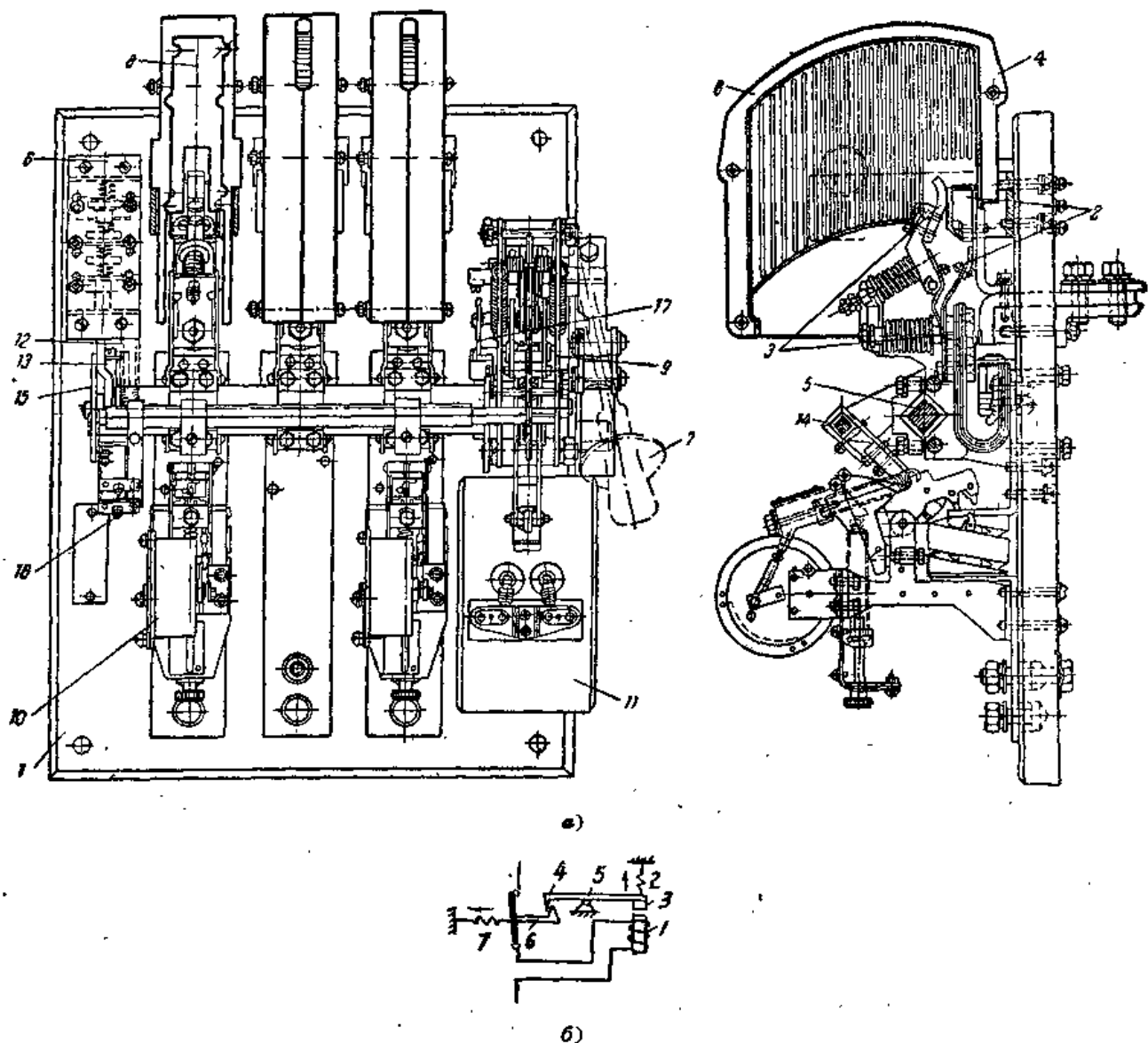


圖 0-2 自动开关
a) 結構圖; b) 原理性线路圖

自动开关是用来接通与断开电路、当电路中发生不正常的工作情况时自动地切断电路的电器。它的原理性线路如图26中所示。

自动开关的结构由触头系统、灭弧系统、自由脱扣机构、脱扣装置和传动装置等部分组成。

关于这两种低压电器的详细的工作原理与结构将在本课程内容中叙述。

2. 我国低压电器制造工业的概况

解放前在反动派的统治下，是没有自己真正独立的电机、电器制造工业的。大约在20世纪初叶，上海、天津一带沿海城市开始有私营的电器工厂营业，当时这些工厂的建立只是为了修理国外进口的电器设备的需要。以后，这些工厂逐步由修理过渡到制造一些简单

的电器设备。1938年以后，反动派的伪资源委员会在湘潭、昆明、重庆等地区陆续建立了寥寥可数的几家电工厂。至1945年抗日战争胜利后，伪资源委员会接收了敌伪在东北、上海和天津的电工厂，加上上海、天津等地的私营企业，连同原属伪资源委员会的几个工厂成为旧中国电机、电器制造工业的全部力量。这些企业的规模都很小，设备陈旧，技术落后，只能生产少量的小型普通电工用品。在低压电器方面，只能仿照资本主义国家的产品，做一些启动器等简单电器，种类很少，产量也不多，而且规格混乱。解放前夕，大部分电工厂都处在停工状态。

解放后，在党的领导下，我国社会主义建设事业有了飞跃的发展，低压电器制造工业与国民经济其他各部门一样都取得了很大的成绩。特别是1958年以来，在党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义的总路线的光辉照耀下，全国人民发挥了冲天的革命干劲，同时在党的工农并举、重工业和轻工业同时并举、中央企业和地方企业同时并举、大中小型工业企业同时并举等一整套“两条腿走路”的方针指导下，低压电器制造工业发展更快。目前全国各省都开始有低压电器制造工厂，低压电器的产品品种和数量方面也大大增多，在质量方面也较过去有很大的提高，能基本上满足国民经济其他部门的需要。在技术水平方面，从1957年起，我国成立了低压电器研究部门，开始进行低压电器方面的研究工作，并进行新产品的自行设计，同时，各电器制造工厂也开始对旧产品进行改型工作。1958年以来，在党的总路线鼓舞下，各地低压电器制造工厂的技术人员和工人们发挥了敢想敢干的共产主义风格，对许多旧型的低压电器的结构和工艺作了创造性的改进，提高了产品质量，同时为国家节约了大量的原材料，创造了大批的财富。

解放十二年来，低压电器制造工业在党的英明领导下，通过全体工人和技术人员的辛勤劳动，取得了辉煌的成就。随着国民经济的进一步发展，低压电器制造工业将会有更大的发展。

3. 对低压电器的一般要求，低压电器国家标准

对低压电器的基本要求决定于它们的应用范围、作用以及其他一些因素。因此，对低压电器的要求是多方面的。在这里只提出对低压电器一般的共同要求，这些要求是：

- 1) 在规定的工作情况下，正确和可靠的工作；
- 2) 有足够的机械寿命和电气寿命，有一定的工作强度和一定的操作频率；
- 3) 有足够的电动稳固性与热稳固性；
- 4) 电器本身所消耗的功率要小；
- 5) 操作、维护和检修要方便与安全；
- 6) 有尽可能小的尺寸、重量轻、易于制造和成本低廉等。

此外，对各种不同结构与用途的低压电器尚有一系列其他的特殊要求。

应该指出，对低压电器的各种要求有时往往是相互矛盾的，所以在设计和制造低压电器时必须辩证地、全面地来考虑这个问题。

国家标准是国家规定的对产品的全面要求。低压电器国家标准规定了对低压电器的各方面的要求，它的主要内容通常包括：

1) 适用条件

这里指的是电器将来工作时所处的基本条件，包括：

A. 应用范围——电器应用在一般的工业企业中还是应用在电力牵引或船舶中等；

- B. 电器的工作电压、电流的数值和频率；
- B. 周围介质环境——例如有否尘埃，有否腐蚀性气体或蒸汽等；
- F. 海拔高度和周围介质温度等等。

2) 定义和分类

内容有：

- A. 电流、电压、容量等级的划分；
- B. 结构型式的区别（开启式，封闭式等）；
- B. 工作的特点。如工作制和操作频率等；
- F. 有关专门术语的解释等等。

3) 技术条件

主要叙述对电器性能方面的要求，包括电器的主要技术指标，例如电器的温升、绝缘、转换能力、断流容量、动作时间、机械和电气寿命等等。这些指标是设计电器和对电器进行型式试验时的主要依据。

4) 验收规则

内容中规定了电器的型式试验和出厂试验的大体要求，例如产品经过若干时间后必须进行全部型式试验，而在若干时间内进行局部的型式试验；此外还规定了出厂检查试验的内容和抽查方法等。其目的是为了保障电器的质量，便于国家验收，而无其他不必要的争论和异议。

5) 试验方法

内容中规定了试验时的条件和被试电器的情况，试验用设备或仪器的容量和规格，试验的时间和试验时的接线图等。其目的是为了试验误差，保障试验结果的正确性。

6) 标志和包装

内容中规定了电器名牌上的内容和对包装、储藏和运输的指示等。

我国已订出各种低压电器的国家标准草案，目前正在试行。苏联国家标准 (ГОСТ) 已有多年的执行经验，内容较详尽而丰富，值得我们学习。

4. 低压电器的发展方向

近年来，在科学和技术上的新成就，以及在物理学、化学、冶金学、材料学、压力加工学、铸造、冲压、压制和切削学各方面进行的科学研究工作所取得的成果，都可以应用到低压电器制造中，因此，我们就可以对低压电器制造工业提出新的任务和新的解决方法。根据对世界各国低压电器生产与技术水平的分析，目前低压电器一般的发展趋势如下：

- 1) 趋向于制造体积小、使用材料少的电器，也就是要小巧；
- 2) 趋向于提高寿命，并使它适用于各种不同的气候条件，也就是追求电器在气候条件方面的万能性；
- 3) 在使用简单的条件下，保证最大的工作可靠性；
- 4) 避免使用金属结构材料，并过渡到压制和铸造的绝缘材料，首先是陶土、环氧树脂及硅有机绝缘；
- 5) 避免金属零件的机械加工，采用金属铸件和标准紧固件（木螺丝、螺母、螺钉等等）；
- 6) 在大的电器中避免使用铜，而用铝和双金属——铜和铝，同时并采用瓷漆绝缘；

7) 避免使用电磁传动机构而采用液压和气动的传动机构，同时也可采用爆炸式的传动机构；

8) 在大电流的电器中采用陶制金属触头和小电流的电器中采用银触头；

9) 固定的静触头过渡到活动的（插入式）触头；

10) 大力地改善和采用熔断器；

11) 趋向于用可互换的标准组件以构成各种形式的大小不同的电器；

12) 从单个的电器过渡到成套电器和成套装置；

13) 从有触头的电器过渡到无触头的电器；

14) 使电器及其组件的结构最大限度地标准化和统一化起来；

15) 在电器生产中广泛地实行各工厂和各个车间的专门化和协作化；

下面我们每一个方向分别地加以讨论：

1) 电器的小巧性使所需要的材料大大减少，同时小巧的电器可以用在成套装置上。由此就得出了结论——在对一种新的电器结构进行评价时，应该把小巧看作是主要的指标之一。

2) 提高寿命的结果也就是节约。在气候条件方面的万能性也很必要，一方面是为了不提高生产费用，同时也用不着因气候条件的不同而生产各种型式和各种类型的电器。

3) 可靠性是对电器的主要要求之一。电器本身的价格比它所控制的设备便宜得多，但它可能造成的损失却非常巨大。例如，在电炉炼钢的过程中，如果电器发生故障，将会很严重地破坏它的生产过程，并引起很大的损失。特别是在完全自动化的生产过程中，对电器的可靠性的要求更为明显。在这些过程中，电器是控制的基本工具，电器的损坏对整个生产的影响是非常严重的。

所以每一个电器都应达到所保证的寿命期限，如果设计师在这点上没有完全的把握，那就没有权利允许这种电器投入生产。

4) 避免使用金属的结构材料，这不仅是为了节约，同时是为了要使生产工艺简单化及达到气候条件方面的万能性。由于在塑料、铸造树脂方面的成就，不采用金属结构材料的趋势，已成为切实可行的了。

最主要的代用材料是：

A. 陶土或皂石；

B. 环氧树脂；

B. 聚乙烯玻璃纤维；

Г. 硅有机绝缘；

Д. 石棉水泥。

由陶土制成的压制零件，虽然韧性较差，但由于它的表面耐电强度高、灭弧性能好以及气候条件方面的万能性，因此它的用途愈来愈广。皂石的性能和陶土相仿。但是，为了某种特别的目的，例如在船舶和军舰上，陶土和皂石就不能使用，必须用环氧树脂和硅有机化合物等来代替。

环氧树脂的基本性能是：

A. 硬化时不排出任何挥发物，即在制件的内部没有气孔；

B. 可以制成任何形状的部件，其高度和直径的比值可达到1；

B. 能很容易地和金屬結合在一起。并可以在制件里嵌入金屬電極，用以調節電場的分佈。

Г. 不受大氣和化學作用的影響。

Д. 加熱時，不產生流動現象。

聚乙脂玻璃纖維的性質是堅固、硬、密度大、沖擊強度大和耐燃性高，故可廣泛地用於電器製造中作為結構材料和耐弧材料。

硅有機樹脂和漆可用以製造外殼和滅弧裝置。

所以用絕緣材料來代替金屬結構材料可大大加快生產過程並降低電器的成本。

5) 不進行金屬零件的機械加工，就大大減少了金屬的消耗量，提高了生產效率，同時還節約了時間和資金；

6) 以鋁代銅使得電器的體積要加大兩倍，在非常缺銅時可以走這條路，但以銅鋁雙金屬代銅時，體積只增大20~30%。

將棉紗絕緣改成瓷漆絕緣時，電器繞圈的體積就能縮小30~50%，在電器繞圈保持原有的尺寸時，可增大磁系統的吸力。

所以僅在體積大的電器和容量小於1000千伏安的變壓器中可以以鋁或銅鋁雙金屬代銅。而瓷漆絕緣代替棉紗絕緣則在所有電器中均屬有利；

7) 不採用電磁傳動機構的理由是它的體積大和需要直流。因此，採用體積小而可靠性高的液壓、氣動和爆炸式的傳動機構；

8) 採用陶制金屬的觸頭是為了提高觸頭壽命和降低成本；

9) 過渡到插入式或活動式的觸頭聯接，是為了能夠使更換迅速，這種快速的更換對於繼電器和熔斷器更為重要。由於這樣，在運行條件下就不需進行檢查，而只需換上一個已經檢查好的插入式觸頭就可以了。所以插入式觸頭在運行中聯接簡單而方便。

所以在所有電流不大的電器和某些電流較大的電器中使用插入式觸頭是比較合適的；

10) 熔斷器是最簡單最便宜的電器，所以斷流容量在100千安以下的地方可以廣泛採用。

熔斷器可以單獨使用，也可以和自動開關組合使用。當和自動開關組合使用時，可以使用最簡單的自動開關，因為短路電流是由熔斷器來開斷的，而自動開關只是當過載時在熱繼電器的作用下切斷過載電流。

所以為了節約起見，應該廣泛地大量地採用熔斷器，同時也必需改善熔斷器的特殊性及其工作的可靠性；

11) 由於生產上的各種不同需要，目前生產多種大小和類型不同的電器。為了滿足這些不同的要求，必須設計多種標準零件和組件，以使用以裝配成各種大小不同的系列電器。

所以每一種電器的系列，一定要考慮到以多種標準零件和組件來制作的可能性；

12) 從單個電器過渡到成套電器和成套裝置是為了節約材料、工作得快和安裝簡單。

所謂成套裝置（成套配電和變電裝置及成套控制設備），不是說把一般結構的電器簡單地和機械地聯在一起，而是將所有電器、組件和小體積的零件有機地互相结合在一起。

當電器、成套電器及成套裝置有機地聯繫起來後，它們的體積就減小了，成本也就降低了。

所以將來成套電器及成套裝置一定要代替所有單個電器，並成為電力設備中的基本形式。因此，設計師的主要注意力應該集中在創造小巧的成套電器和成套裝置；

13) 由有觸頭電器過渡到無觸頭電器是與自動化和遙控的要求分不開的。當建立自動化車間和自動化工厂時，有觸頭的電器——接觸器、終點開關和其他電器等，在工作上可靠性是不高的；

過去和現在的無觸頭電器是建立在以下的基础上的：

- A. 磁放大器；
- B. 半導體；
- B. 特殊磁路的電器（具有矩形磁化曲線的磁性材料如鐵淪氧等）；
- Г. 電子管。

最廣泛應用的無觸頭電器如下：

- A. 磁調壓器及磁性功率調節器；
- B. 各種型式的磁繼電器；
- B. 半導體繼電器；
- Г. 磁轉換開關；
- Д. 磁終點開關；
- E. 電子斷路器、電子轉換開關等。

所以無觸頭電器既可靠又簡單，比有觸頭的電器將得到更廣泛的發展。應該採取措施大量生產無觸頭電器，首先是磁和半導體的無觸頭電器；

14) 必須廣泛標準化和統一化，這是因為電器是大量生產的，在製造一個電器時節約一點，則在整個大量生產中的節約就是非常可觀的。而標準化和統一化就能達到節約的目的；

15) 各工廠、車間和設計科的專業化和協作化就保證了電器的高質量，並減小了輔助車間和輔助消費的支出。

低壓電器的一般發展趨勢就是這樣。

目 次

緒 論	5	I 概 述	55
第一篇 控制電器		II 電磁鐵類型的選擇	55
第一章 接觸器和磁力啟動器	1	III 直流電磁鐵繞圈的計算與設計	56
第一节 接觸器概述	1	IV 交流電磁鐵繞圈的計算與設計	61
第二节 直流接觸器	3	V 電磁鐵的擬定功	61
2-1 概 述	3	VI 直流電磁鐵的設計	65
2-2 各種直流接觸器的結構	6	VII 交流電磁鐵的設計	72
第三节 交流接觸器	9	5-6 接觸器的結構設計	82
3-1 概 述	9	第六节 交流接觸器的發展方向	88
3-2 各種交流接觸器的結構	11	第二章 變阻器	88
第四节 磁力啟動器	14	第一节 概 述	88
4-1 概 述	14	第二节 電阻元件的結構和計算	89
4-2 磁力啟動器的結構	15	2-1 電阻材料	89
第五节 接觸器的計算與設計	19	2-2 電阻元件的結構	91
5-1 觸頭系統的計算	20	2-3 電阻元件的熱計算及其選擇	97
I 概 述	20	第三节 逐級轉換開關	101
II 觸頭結構形式的選擇	20	第四节 油變阻器	105
III 觸頭參數的確定	20	第五节 液體變阻器	106
IV 觸頭的滾動與滑動距離的計算	25	第三章 控制器和主令電器	107
V 觸頭的磨損	28	第一节 控制器的用途和分類	107
VI 觸頭的振動	31	第二节 平面控制器	107
VII 觸頭髮熱溫升的計算	34	第三节 鼓形控制器	108
VIII 觸頭在閉合位置時的電動力	34	第四节 凸輪控制器	112
IX 觸頭熱穩固性的計算	35	4-1 凸輪控制器結構原理	112
5-2 滅弧系統	36	4-2 凸輪控制器的計算	113
I 概 述	36	第五节 控制器的發展方向	116
II 利用觸頭迴路本身電動力滅弧	36	第六节 主令電器	116
III 磁吹滅弧裝置	37	6-1 概 述	116
IV 縱縫滅弧裝置	40	6-2 結構原理	116
V 滅弧柵裝置	44	第二篇 繼 電 器	
VI 多斷口滅弧	50	概 述	121
VII 各種滅弧裝置的比較	50	第四章 電磁式繼電器	125
5-3 彈簧的計算與設計	50	第一节 概 述	125
I 概 述	50	第二节 電站、變電所和電力網	
II 直簧和彎簧的計算	51	保護用的繼電器	125
III 圓柱形螺旋彈簧的計算與設計	53	第三节 電力拖动控制用的繼電器	128
5-4 接觸器的反作用特性	54	第四节 電磁式時間繼電器	131
5-5 電磁鐵的計算與設計	55		

DS93100

4-1 延时的原理和調節		第一节 刀开关和刀形轉換开关	186
延时的方法	131	1-1 用途与分类	186
4-2 电磁式时间繼电器的結構	133	1-2 結構原理	187
4-3 延时的計算	134	1-3 刀开关电弧的熄灭	190
4-4 影响延时的因素	139	1-4 刀开关和刀形轉換开关	
第五章 感应式及極化繼电器	140	的性能要求	192
第一节 感应式繼电器	140	第二节 盒式轉換开关(組合开关)	193
1-1 概 述	140	2-1 用途与分类	193
1-2 感应式磁系統的結構		2-2 結構原理	194
和向量圖	140	2-3 性能要求	195
1-3 盤式磁系統旋轉力矩計算	142	2-4 刀开关和組合开关的發展方向	195
1-4 旋轉方向	147	第三节 熔断器	196
1-5 制动力矩的計算	148	3-1 概 述	196
1-6 感应式繼电器的結構		3-2 用途和分类	196
和特性	150	3-3 性能要求	198
第二节 極化繼电器	154	3-4 熔断器作用的物理过程	200
2-1 概 述	154	3-5 熔断器的結構	200
2-2 極化繼电器的計算	157	3-6 新成就和發展方向	207
第六章 双金屬热繼电器	163	3-7 熔断器的热計算	208
第一节 双金屬机构的基本		第九章 自动开关	212
性質与構造	163	第一节 概 述	212
第二节 双金屬元件的計算	166	1-1 用途和分类	213
第三节 热繼电器的特性	172	1-2 对自动开关的主要要求	214
第四节 热繼电器的結構	173	1-3 自动开关的工作原理	214
第七章 半导体繼电器	175	第二节 自动开关的主要元件与作用	214
第一节 晶体管繼电器	175	2-1 触头裝置	215
1-1 半导体的导电作用	175	2-2 灭弧裝置	215
1-2 晶体二極管	176	2-3 自由脫扣机构	216
1-3 晶体三極管	177	2-4 停动裝置	216
1-4 晶体三極管構成的繼电器	178	2-5 保护裝置	216
第二节 热敏电阻繼电器	178	2-6 輔助开关	217
2-1 热敏电阻特性	178	第三节 裝置式与万能式自动开关	217
2-2 热敏电阻的繼电器	179	3-1 裝置式自动开关	217
第三节 霍尔效应構成的繼电器	182	3-2 万能式自动开关	220
3-1 霍尔效应、霍尔电势	182	3-3 裝置式和万能式自动	
3-2 霍尔电势發生器的		开关的比較	223
結構和特性	183	3-4 DWO 系列万能式自动开关	223
3-3 霍尔电势發生器体構成		第四节 快速自动开关	225
的繼电器	183	4-1 BAB-2 系列快速自动开关	226
第三篇 配 电 电 器		4-2 “烏拉尔”系列快速自动开关	227
第八章 刀开关与熔断器	186	第五节 爆炸式短路器和限流器	229
		5-1 爆炸式短路器	229
		5-2 爆炸式限流器	229

第六节 自动开关的发展方向	230
---------------------	-----

第四篇 成套电器装置

第十章 低压成套配电装置	231
--------------------	-----

第一节 概 述	231
---------------	-----

第二节 成套配电装置的結構	232
---------------------	-----

第十一章 电磁控制站	233
------------------	-----

第五篇 磁 放 大 器

第十二章 磁放大器的工作原理	236
----------------------	-----

第一节 概 述	236
---------------	-----

1-1 磁放大器的发展簡史	236
---------------------	-----

1-2 磁放大器的主要优缺点 及应用范围	236
-------------------------------	-----

第二节 磁放大器的一般問題	237
---------------------	-----

2-1 交直流同时磁化的鉄芯 綫圈的工作原理	237
---------------------------------	-----

2-2 磁放大器交流綫圈 的串联和并联	241
------------------------------	-----

第三节 理想的磁放大器	242
-------------------	-----

3-1 理想磁放大器的特点	242
---------------------	-----

3-2 理想磁放大器的工作原理	243
-----------------------	-----

3-3 理想磁放大器的放大系数	252
-----------------------	-----

第四节 实际的磁放大器	252
-------------------	-----

4-1 实际磁放大器的工作特性	252
-----------------------	-----

4-2 实际磁放大器的放大系数	253
-----------------------	-----

第五节 磁放大器的反饋	254
-------------------	-----

5-1 概 述	254
---------------	-----

5-2 有外反饋的磁放大器	254
---------------------	-----

5-3 無触头磁性繼电器	257
--------------------	-----

5-4 有內反饋的磁放大器	259
---------------------	-----

第六节 磁放大器的慣性	260
-------------------	-----

6-1 概 述	260
---------------	-----

6-2 磁放大器的時間常数	260
---------------------	-----

6-3 减少磁放大器時間 常数的方法	262
-----------------------------	-----

第七节 各种因素对 MY 特性的影响	264
-----------------------------	-----

7-1 鉄心材料空气隙和漏磁	
----------------	--

对磁放大器特性的影响	264
------------------	-----

7-2 固体整流片	265
-----------------	-----

7-3 負載电路的性質	265
-------------------	-----

7-4 电路参数的改变	266
-------------------	-----

第十三章 双拍(推挽)式

磁放大器	266
------------	-----

第一节 概 述	266
---------------	-----

1-1 双拍式磁放大器的 意义及其主要用途	266
--------------------------------	-----

1-2 双拍式磁放大器 的主要型式	267
----------------------------	-----

第二节 差接双拍式磁放大器 及其工作原理	267
-------------------------------	-----

第三节 桥接双拍式磁放大器	268
---------------------	-----

第四节 变压器接双拍式磁放大器	268
-----------------------	-----

第十四章 磁放大器的設計

第一节 設計磁放大器的一般方法	269
-----------------------	-----

1-1 磁放大器的原理圖 和鉄芯材料的选择	269
--------------------------------	-----

1-2 磁放大器鉄 芯結構的确定	270
---------------------------	-----

1-3 鉄芯尺寸的決定	272
-------------------	-----

1-4 繪制交直流同时磁化曲綫	273
-----------------------	-----

1-5 磁放大器特性的計算	274
---------------------	-----

1-6 其他項目的确定	275
-------------------	-----

第二节 簡單磁放大器的計算实例	278
-----------------------	-----

2-1 鉄心尺寸的計算	278
-------------------	-----

2-2 控制繞組安匝数的計算	278
----------------------	-----

2-3 例題	279
--------------	-----

第六篇 低压电器的試驗

第十五章 低压电器的

基本試驗方法	280
--------------	-----

第一节 概 述	280
---------------	-----

第二节 样品試制时的試驗	280
--------------------	-----

第三节 小批試制时的試驗	285
--------------------	-----

第四节 检查試驗与型式試驗	291
---------------------	-----

第一篇 控制 电 器

控制电器，主要是指用来控制电机运行状态的电气装置。它们的具体用途如下：

1. 电动机的启动；
2. 电动机转速的调节；
3. 电动机的电力制动；
4. 反向（变换电动机的旋转方向）；
5. 电动机的接通与分断；
6. 发电机电压的调节；
7. 发电机负载的调节等。

控制电器通常包括自动控制电器与手动控制电器两大类。后者是在工作人员操作电器的机构时动作，而前者可能与工作人员的直接操作无关，在电路中任一参数（电流、电压、电势等）的作用下动作。

属于自动控制电器的通常有：

1. 接触器；
2. 磁力启动器等。

属于手动控制电器的通常有：

1. 变阻器；
2. 控制器等。

第一章 接触器和磁力启动器

第一节 接触器概述

接触器是在正常工作情况下，用来频繁闭合与分断电路的自动控制电器，它仅能断开过载电流（小于 $7\sim 10 I_N$ ），但它应有足够的热稳固性与电动稳固性。

在应用时接触器应保证每小时能闭合与分断 $150\sim 1500$ 次，总的寿命达到 $1500\sim 2500$ 万次。在控制直流与交流电压在500伏以下的电机与电器装置方面，接触器用得很广泛。由于近代生产过程电气化、自动化的发展，对接触器无论在数量上、质量上与性能上的要求越来越高。

接触器可以按以下几种方式进行分类：

1. 按动作方式分类

可分为电磁式，电——气动式，液动式等（后二类为特种电器，在本章中不作叙述）。

2. 电磁式接触器按触头通过电流的种类分

可分为直流接触器与交流接触器。

电磁式接触器的结构，一般由以下几部分组成：

- 1) 触头系统；
- 2) 电磁系统；
- 3) 灭弧装置；
- 4) 支架和固定装置等。

当电磁铁的线圈中通过电流达到一定值时，电磁铁的衔铁被吸合，衔铁带动接触器的主触头①（常分的）闭合电路；当电磁铁的线圈断电时，衔铁在弹簧或重力的作用下释放，带动主触头将电路分断。灭弧装置则用来促使触头断开电路时产生的电弧的熄灭。

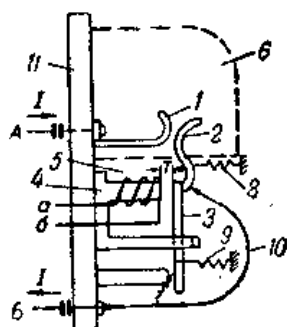


图 1-1 接触器的结构原理图

1—静触头；2—动触头；3—衔铁；
4—铁芯；5—吸引线圈；6—灭弧室；
8—触头弹簧；9—反作用弹簧；10—
导电联接；11—绝缘底板；
AB—主电路；a-b—吸引线圈电路

3. 按接触器在吸引线圈断电时触头所处的位置分

- 1) 带常分触头的接触器；
- 2) 带常闭触头的接触器。

前者当接触器的线圈断电时，触头是打开的，而后者当接触器的线圈断电时，触头是闭合的。

接触器的主触头一般采用指式触头与桥式触头，而辅助触头②则一般采用桥式触头。指式触头的表面通常做成圆柱形的，因此触头闭合时相互之间是线接触。图 1-2 中画出了接触器的主触头在闭合过程中的三个位置，当接触器的转轴在磁系统衔铁的带动下旋转，动触头杆带动动触头运动，动触头开始与静触头相接触在 B_n 与 B_n 点，当轴继续转动时，弹簧再被压缩，触头上压力增加一直到衔铁与铁芯相接触为止。运动过程中动触头在静触头上滚动，从最初接触点 B_n 与 B_n 滚到最后接触点 A_n 与 A_n ，触头在闭合与分断时的滚动，可以使触头分断时所产生的电弧不致损坏正常接触点（ A_n 与 A_n 点），而滑动则可保证将触头表面的氧化膜或脏物擦掉。

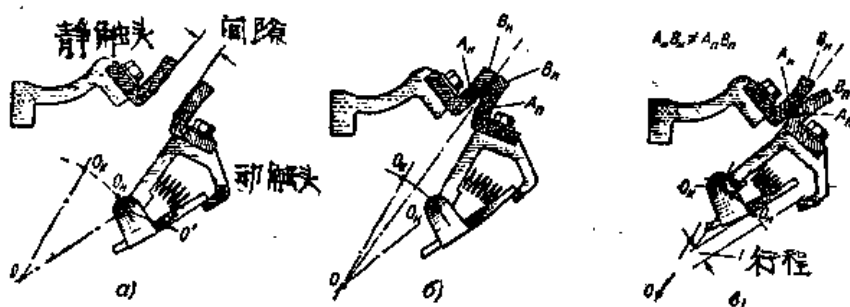


图 1-2 触头系统的运动图

a—触头处在打开位置；b—触头开始接触；c—触头最终接触位置（闭合位置）；O—衔铁的转轴；O'—动触头杆的转轴；O_n—触头杆转轴在触头开始接触时的位置；O_k—触头杆转轴当触头闭合时的位置

在现代接触器的结构中，动触头的表面做成平面形，而静触头的表面做成圆柱形，这样的触头表面形式具有较大的接触面、磨损小与制造简便等优点。

- 主触头是指用来接通与断开主电路的触头。
- 辅助触头是指用来接通与断开控制电路或信号电路的触头。

接触器触头的负载能力，不仅决定于长期工作时的发热条件，同时也决定于重复闭合与断开时的发热和磨损情况。根据标准，接触器触头的最高容许工作温度是 110°C （当周围介质温度为 35°C 时）。对于间歇工作情况，触头的负载能力可以提高一些（约提高 20~50%，与通电持续率的大小有关）。当间歇工作每小时闭合与断开工作次数增多时，以及当线路的电压提高触头断开时电弧的作用使触头的发热与磨损增加，触头的负载能力就要减小。

触头在断开电路时产生的电弧，不仅使触头发热，同时也使触头遭到破坏，在触头之间，电弧存在的持续时间越长，电弧的破坏作用就越厉害。因此，在有些接触器的结构中，采用磁吹灭弧装置。这样不仅加速电弧的熄灭，同时也使电弧很快的运动，离开触头的工作部分。

接触器的磁系统根据结构形式与衔铁运动的方式可分为三种基本类型：

1. 衔铁围绕棱角转动的拍合式磁系统（图 1-3, a）；
2. 衔铁围绕轴转动的 II 形与 III 形拍合式磁系统（图 1-3, b）；
3. 衔铁在线圈内部作直线运动的螺管式磁系统（图 1-3, c）。

在直流接触器中主要采用第一种类型的磁系统，而在交流接触器中则采用第二与第三种类型的磁系统。

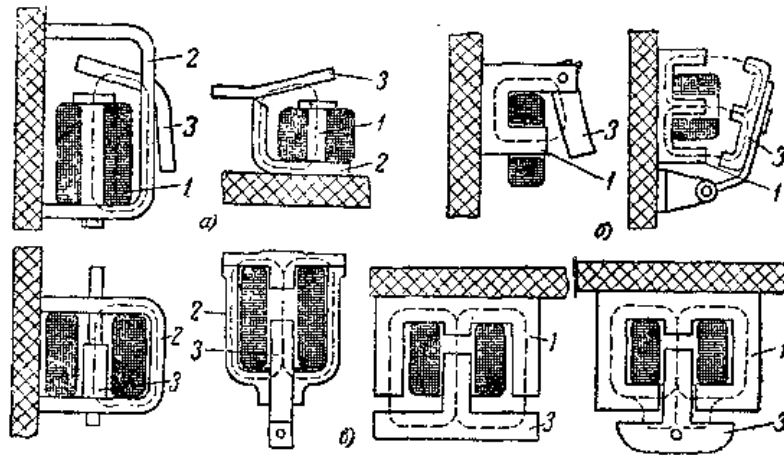


图 1-3 接触器的磁系统

a—衔铁围绕棱角转动的拍合式磁系统；b—衔铁围绕轴转动的 II 形与 III 形拍合式磁系统；c—衔铁在线圈内部作直线运动的螺管式磁系统；

1—铁芯；2—铁轭；3—衔铁

对接触器的基本要求是：动作次数高，触头与轴的耐磨性好，触头的热稳固性高，制造简单与便于更换基本的结构部件等。

第二节 直流接触器

2-1 概 述

直流接触器通常是做成单极的^①。如果做成两极的直流接触器是不适合的，因为当接

^① 目前在世界各国制造的直流接触器中有做成双极的，而且结构也相当紧凑，因此直流接触器做成单相的或双极的问题是有待进一步研究的。

触器頻繁断开电路时，灭弧室上部的空間被强烈的游离，当电弧噴出灭弧室外时就有發生短路的危險，为了防止这点，必須使極間有相当大的距离，并增大灭弧室的尺寸，在这种情况下，双極接触器的尺寸比两个單極的接触器小不了多少，然而两个單極的接触器在工作中却比較可靠。

在目前直流接触器的結構中比較普遍的采用銜鉄圍繞稜角轉动的拍合式磁系統（圖 1-3, a）。

根据使用的經驗証明，运动部分圍繞稜角轉动比圍繞軸轉动的磁系統有較高的机械寿命。当圍繞稜角轉动时，摩擦小，因此磨損就少，同时接触器多次閉合的过程中圍繞稜角刃口上轉动，都能保証接触器可靠的动作。此外，圍繞稜角轉动的結構在制造上也是最簡單的。

当直流接触器中吸引綫圈断电电磁鉄的吸力消失时，銜鉄在彈簧或运动部分重力的作用下返回到原来的位置（打开位置）。常分触头的触头彈簧产生的压力，在触头分开以前也促使銜鉄返回。

直流接触器磁系統結構的特点是当銜鉄釋放时，鉄芯与銜鉄間的气隙較小。这是由于需要减少磁阻，从而减少吸引銜鉄所必需的安匝数的緣故。一般这个气隙为 4~10 毫米，而触头間的距离为 8~20 毫米。因此，触头必須裝在較長的橫杆上，該橫杆也圍繞銜鉄的軸旋轉（圖 1-4）。这样就使得触头彈簧所产生的釋放力矩增大。因而也就需要增加接触器电磁鉄的吸力。但是，因为在触头接触瞬間，銜鉄和鉄芯間的气隙已减小，而磁通和吸力在增加，所以無需因触头臂長而增加綫圈的安匝数。

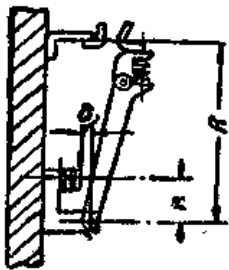


圖 1-4 触头对鉄芯的位置

在接触器的磁系統中，鉄芯的長度与鉄芯到鉄軛間的距离，以及鉄芯的直徑与裝在鉄芯上的綫圈大小有关。

直流接触器的吸引綫圈，按照它与主触头电路的关系，可分为并联的与串联的两种。通常有并联綫圈的直流接触器用得最多。串联綫圈的直流接触器仅用作控制电动机启动过程中逐級短路启动电阻的加速接触器或特殊用途的接触器。当吸引綫圈串联时，接触器反应电动机电路中电流的变化，它的动作与电流值的大小有关。

吸引綫圈的大小由它必須产生的磁势值和在线圈中發出的功率决定。为了使綫圈冷却良好，必須使它的厚度尽可能小和有足够大的表面积。所以，一般直流接触器的綫圈做成直徑小而較長。綫圈一般用漆包綫制造。漆包綫的絕緣厚度較小，与紗包綫相比較它能耐較高的溫度。綫圈以混合膠浸漬，这样就可以使綫圈的內部向外傳热的情況改善，同时可以防止綫匝的移动。对于浸漬过的綫圈，容許的最高工作溫度为 120°C。

綫圈的磁势与結構参数之間的关系可用下面的方程式表示，

$$Iw = \frac{uq}{\rho l_{cp}} \quad (1-1)$$

式中 I ——綫圈中的电流；

$$I = \frac{uq}{\rho l_{cp} w}$$

w ——綫圈的匝数；

$$w = \frac{fQ}{q},$$

u ——加于綫圈兩端的电压；

q ——不包括絕緣的导綫截面积；

l_{cp} ——綫匝的平均長度；

ρ ——綫圈导綫的电阻系数；

Q ——綫圈的截面积；

f ——充填系数。

根据方程式 (1-1)，可以看出：綫圈的磁势随着导綫截面积的增大与匝数的减少而增加（当 l_{cp} = 常数与 Q = 常数）。

但是增加 q 和减少 w ，使綫圈的电阻减小，因而使綫圈的損耗 P_k 增加。損耗 P_k 与导綫截面的平方成正比：

$$P_k = \frac{u^2 q^2}{\rho l_{cp} f Q}.$$

在長期工作情況下，可以由容許的損耗出發，确定导綫的截面积。

$$P_k = K_T s \tau_y = \frac{u^2 q^2}{\rho l_{cp} f Q} \quad (1-2)$$

式中 τ_y ——在綫圈外表面上發热的容許溫升；

s ——綫圈的散热表面积；

K_T ——散热系数。

因此

$$q = \frac{1}{u} \sqrt{K_T s \tau_y \rho l_{cp} f Q}. \quad (1-3)$$

將 (1-3) 代入 (1-1) 式，得：

$$I w = \sqrt{\frac{K_T s \tau_y f Q}{\rho l_{cp}}}. \quad (1-4)$$

当磁系統的尺寸一定时，方程式 (1-4) 中右边部分綫圈的所有各量都是常数。因此，增大散热系数 K_T ，就有可能增加綫圈的磁势。

在計算并联綫圈时應該考虑到周圍介質溫度为 35°C 时的發热与电压为 $0.85 u_H$ 时，可靠工作。

接触器的釋放电压通常大約为 $(0.15 \sim 0.2) u_H$ ，在某些情況下，依靠特殊的墊片或在綫圈电路中串联經濟电阻可提高接触器的釋放电压。

在直流接触器中灭弧裝置通常采用有灭弧角配合磁次的灭弧室。图

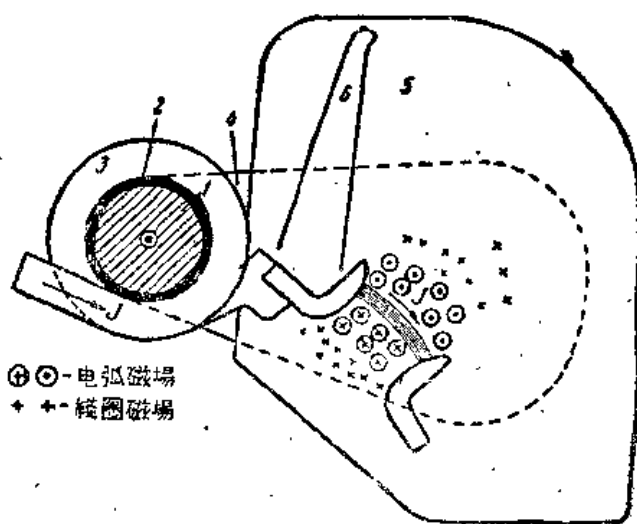


圖 1-5 接触器的灭弧系統

1—铁芯；2—絕緣套；3—灭弧綫圈；4—極；5—灭弧室；6—灭弧角

(1-5) 中画出了磁吹弧裝置的原理圖，磁吹綫圈是串联的。

2-2 各种直流接触器的結構

1) KΠ-1 系列直流接触器 (圖 1-6)

这种接触器主触头的額定电流只有 40 安，因此，它主要用于分断及閉合控制电路（电器的电压綫圈，伺服电机等），与电阻負載电路（照明、电爐等）。用 KΠ-1 系列直流接触器作主綫路接触器或反轉接触器是不适宜的。

KΠ-1 接触器有很多种类型，它們可按以下特征分类：

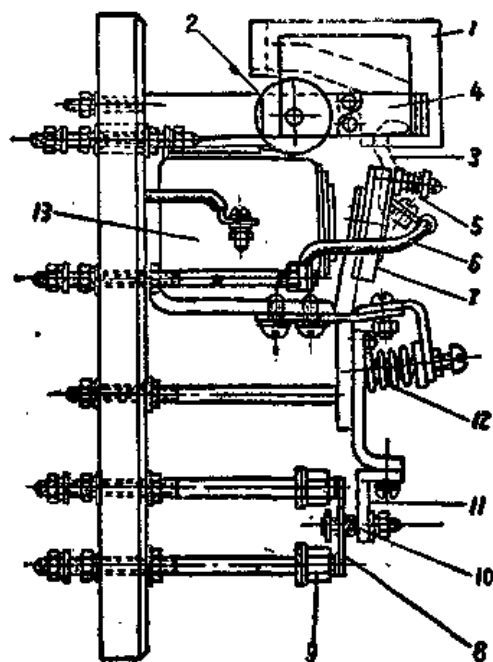


圖 1-6 KΠ-1 型直流接触器 (側示圖)

1—灭弧室；2—灭弧綫圈；3—指示正触头；4—靜触头；5—彈簧；6—軟連綫；7—支板；8—桥式触头；9—靜触头；10—触头彈簧；11—支板；12—分断彈簧；13—吸引綫圈

A. 触头数目(常分及常閉，由 1 至 10 个)；

B. 触头結構。又可分为：

(A) 有磁吹及窄縫的指式触头（用于电感性电路）；

(B) 無磁吹及窄縫的指式触头（用于电阻性电路，切断电流較小）；

(B) 無灭弧裝置的桥式触头，用于訊号控制电路；

B. 吸引綫圈額定电压可分为 110 伏或 220 伏直流。

KΠ-1 接触器的結構見圖 1-6，銜鉄是圍繞稜角轉动的，銜鉄的兩端均可裝触头，指式触头可以裝在銜鉄的兩側（触头与銜鉄絕緣）及中央（在銜鉄及触头之間無絕緣）。靜触头則直接裝在接触器的絕緣底板上。桥式触头使用銀触点。指式触头在長期工作情況下也应使用銀触点，否則触头將因表面氧化膜太厚使触头过热而損坏，但銀的触点不应經常分断电路，以免很快的磨損。

在一般情况下，指式触头均有磁吹及窄縫的灭弧設備。KΠ-1 型接触器系用串联磁吹綫圈，有窄縫灭弧罩。灭弧罩是用石棉水泥压制而成，由于使用了串联磁吹，磁場强度約正比于切断电流。吹弧的电动力則約正比于切断电流的平方值。因此当切断較小的电流时，灭弧系統不能保証可靠的灭弧，所以触头只允許切断大于吹弧綫圈額定电流四分之一的电流。为了使 KΠ-1 接触器能使用于不同情況下，即能切断不同負載电流，因此工厂作出不同額定电流的（即圈数不同的）灭弧綫圈（1.5、2.5、5、10、20、40 安）。在切断相当大的电感性电路时，由于灭弧能力过强可能产生較大的过电压，因此建議使灭弧綫圈的額定电流为被切断的电感性电路中电流的三倍。

有灭弧裝置的指式触头，其極限分断电流不大于灭弧綫圈額定电流的三倍。

吸引綫圈用漆包綫繞成，綫圈功率为 20 至 25 瓦。吸引綫圈从額定电压的 85% 到 105% 时均能准确工作。接触器固有动作時間为 0.08~0.1 秒。当吸引綫圈电压降到 5~10% 額定值时，銜鉄釋放。为了保証銜鉄能在上述电压值可靠釋放，在鉄芯与端面之間夾有非磁