

高等学校教学参考书

GAODENG XUOXIAO JIAOXUE CANKAOSHU

电 器 学

张 冠 生 编



机 械 工 业 出 版 社

高等学校教学参考书



电 器 学

張 冠 生 編



机 械 工 业 出 版 社

本书内容包括电器的理论基础和电器的结构两大部分。理论基础的内容有：电器的发热和冷却、电器触头的工作（电弧和电接触）以及磁路与电磁机构。电器结构的内容有：电磁铁与电磁联轴器、磁放大器、接触器、各种手控式主令电器、电阻和变阻器、熔断器、自动空气断路器以及成套电器。

本书可作为高等工业院校工业企业电气化专业和电机与电器专业电机专门化同名课程的教学参考书。同时，它也可供有关专业及工程技术人员参考。

电 器 学

張冠生編

（根据中国工业出版社纸型重印）

*

第一机械工业部教材编审委员会編輯（北京复兴門外三里河第一机械工业部）

机械工业出版社出版（北京苏州胡同 141 号）

（北京市书刊出版业营业許可証出字第 117 号）

五三五工厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ · 印张 $16 \frac{1}{2}$ · 字数 388 千字

1961 年 10 月北京第一版

1965 年 5 月北京新一版 · 1965 年 5 月北京第一次印刷

印数 0,001—4,000 · 定价（科五）1.90 元

*

統一书号：K15033 · 388^A

前 言

本书为高等工业院校工业企业电气化专业、电机与电器专业电机专门化“电器学”课程的教学参考书，同时亦可作为电气测量专业“自动电磁装置”课程的教学参考书。

本书曾于1955年在哈尔滨工业大学第一次作为交流讲义印刷，后在1957年和1959年作了二次较大的修改和补充。趁这次公开出版之际，编者对本书又作了一些修改和补充。书编完后，有几个问题需要说明一下：

1. 编者在教研室具体帮助下，在绪论中增加了电器的发生和发展概论一节并在叙述具体电器时尽量抓住主要矛盾。希望通过这一节以及后面具体电器的学习能达到下面的要求：

(1) 初步了解电器的发展规律，培养同学从生产实际出发和勇于革新的精神；(2) 对各类电器的相互关系和它们的个性与共性有一总体的认识，避免过去学习时存在的“只见树木，不见森林”的缺点，从而使同学能够主动和灵活地掌握这些电器。此外，在讲授电器概论一节时，如能结合实物教学和现场参观，不仅激发了同学学习热情，而且提供了电器的感性认识和初步理性认识，使电器理论基础几章的教学目的性明确，易于做到理论联系实际。

2. 按照教学大纲，在电器的理论基础中有电弧和电接触二章。由于电弧和电接触是同一个触头的二个方面的物理现象，它们统一在触头工作的性能上，所以本书尝试把这两章合并成“触头的工作”一章。这样，围绕电器的触头统一讲授这二部分的理论，预计效果可能好些。

3. 为了加强理论基础和结合专业要求，本书适当扩充了磁路与电磁机构一章的内容，增加了电磁铁的工程实用算法一节。该章的讲授建议与第五章“电磁铁与电磁联轴器”，相衔接。

4. 为了满足工企专业和电机专门化的要求，编者力图不从电器设计的观点而是从电器应用的观点来叙述各种电器。在内容的选取上，着重叙述电器的基本特性、叙述它的基本结构、叙述各种参数以及使用条件对电器性能的影响，从而为正确地选择、使用电器打好坚实的基础。

5. 从电机电器、工企、电测等专业对电器学的要求来看，本课程侧重于讲授电器的基础理论以及低压控制及配电方面的具体电器结构，而高压电器方面的知识比较起来是次要的。根据传统做法，电机专门化在“发电厂、电网与电力系统”课程中，工企专业在“工厂供电”课程中都要讲到高压电器的有关内容。为了避免重复和节省本书篇幅，所以有关高压电器的内容不编入本书中。同样理由，本书中没有编入电网用继电保护用继电器以及自动电压调节器。

最后，应该特别指出，本书是在党的领导下，是在教研室集体帮助下写成的。同时这本书的编成也是和兄弟学校电器教研组的支持与帮助分不开的，例如清华大学曾经详细审阅过本书，西安交通大学提供讲义资料，编者对此表示感谢。

由于编者水平所限，加以出版匆促，书中不妥之处在所难免。编者衷心地请各位授课老师、使用本书的同学提出宝贵意见，以便再版时订正。意见请寄福州市福州大学电机电器教研室。

编 者

1961.6.

目 录

前言	
緒論	7
第一章 电器的发热与冷却	17
1-1 概述	17
1-2 热计算原理	18
1-3 发热体的工作制	21
1-4 测量温度的方法	27
第二章 触头的工作	30
2-1 概述	30
2-2 触头开断时电弧的物理过程	30
2-3 直流电弧及其熄灭条件	32
2-4 交流电弧的特点及其熄灭条件	35
2-5 典型熄弧装置	37
2-6 触头接通时的物理过程	42
2-7 处于闭合状态下的触头工作	43
2-8 触头的材料、结构及其检修和维护	46
第三章 磁路与电磁机构	48
3-1 概述	48
3-2 电磁铁的能量转换	49
3-3 电磁铁的吸力	50
3-4 电磁铁的等值图及磁路计算基本定律	52
3-5 空心磁导与气隙磁导	53
3-6 直流磁路计算	57
3-7 交流磁路计算	61
3-8 交流电磁铁的分磁环	67
3-9 电磁铁工作的过渡过程	70
3-10 电磁机构的线圈	72
3-11 电磁铁的工程实用算法	77
第四章 饱和电抗器与磁放大器	82
4-1 概述	82
4-2 简单磁放大器的工作原理	83
4-3 磁放大器交直流线圈的联接方式	84
4-4 理想磁放大器及其特性	86
4-5 实际磁放大器及其特性	90
4-6 磁放大器的反馈和位移	91
4-7 双拍式磁放大器线路	93
4-8 磁放大器的过渡过程	95
4-9 磁放大器的设计	98
4-10 影响磁放大器工作的因素	103
4-11 磁放大器的检查和调整	104
4-12 快速磁放大器线路及磁性逻辑元件的概念	104
第五章 电磁铁与电磁联轴器	109
5-1 牵引电磁铁与制动电磁铁	109
5-2 举重电磁铁	118
5-3 电磁卡盘	119
5-4 电磁联轴器	120
第六章 继电器	127
6-1 概述	127
6-2 电磁式电流、电压和中间继电器	129
6-3 热继电器	136
6-4 时间继电器	142
6-5 极化继电器	149
6-6 计数、光电、速度继电器和分配器	150
6-7 无触点继电器的概念	152
6-8 继电器的选择运行及维护	154
第七章 接触器	158
7-1 概述	158
7-2 接触器的结构及其分析	159
7-3 直流接触器	161
7-4 交流接触器	168
7-5 扣锁接触器、串激接触器、延时接触器及高频接触器的概念	175
7-6 接触器的选择、运行及维护	179
第八章 主令电器	185
8-1 概述	185
8-2 按钮开关	185
8-3 万能转换开关	186
8-4 主令控制器	187
8-5 行程开关和终点开关	189
第九章 刀开关、转换开关和控制器	191
9-1 刀开关	191
9-2 盒式转换开关(组合开关)	195
9-3 面板式控制器	196
9-4 鼓形控制器	197
9-5 凸轮式控制器	201

第十章 电阻与变阻器	204	12-2 自动空气断路器的结构及其分析	241
10-1 概述	204	12-3 非快速自动空气断路器	243
10-2 变阻器的换接装置和接线图	205	12-4 快速空气断路器的概念	249
10-3 电阻元件的结构	208	12-5 自动灭磁开关的概念	250
10-4 电阻元件的选择(热计算)	215	第十三章 成套电器	253
10-5 磁场调节变阻器的容量功率	221	13-1 概述	253
10-6 油变阻器与水变阻器	222	13-2 磁力起动器	253
第十一章 低压熔断器	225	13-3 电磁控制站的一般介绍	254
11-1 概述	225	附录	
11-2 熔断器工作的物理过程	226	I 表(电阻元件参数)	256
11-3 熔断器的结构	231	II 下标符号	260
11-4 熔断器的计算、选择和维护	234	III 国产低压电器产品简明对照表	261
第十二章 自动空气断路器	240	IV 参考文献	263
12-1 概述	240		

緒 論

I. 电器的定义和分类

凡是根据外界指定訊号自动或手动地接通和断开电路、实现对电路或非电对象控制的电工設備叫做**电器**。簡言之，电器就是一种电的控制工具。

电器品种繁多，五花八門，为了概括地掌握这些电器，必須对它进行分类。目前有很多分类法，其中最基本的分类法，乃是从生产实际出发并以电器的服务对象为中心的分类法。

一般来讲，电器控制的对象有**二大系統**：

1. 电气拖动控制系統，简称拖动系統；
2. 电力网輸配电系統，简称电网系統。

在拖动系統中工作的电器主要有：主令电器，继电器，接触器，控制器，变阻器，电磁鉄，电磁联軸器和磁放大器等。对这些电器的要求是：在正常操作情况下工作准确可靠，寿命长，操作頻率高和尺寸小。

在电网系統中工作的电器主要有：刀开关，熔断器以及自动开关和继电器等。对这些电器的要求是：在故障情况下有足够的切断短路电流的能力和有足够的电动稳定性和热稳定性(即具有抗电动力和抗热的足够强度)。它的操作次数很少，所以对长寿命，高操作頻率的要求不如前者。

二个系統的电器又可根据使用場合分为：

1. 一般工业企业用电器——适用于大部分工业企业的环境；
2. 特殊工矿企业用电器——适用于矿山以及特殊化学工业的环境；
3. 牵引电器以及汽車、拖拉机用电器；
4. 船舶电器；
5. 航空电器。

本书将着重叙述一般工业企业用电气拖动控制电器以及低压电力网系統电器，所叙述的电器都选自生产中常用的并且具有典型意义的。为了使讀者能够系統的掌握电器的全貌，本书将嘗試先讲电器的概論一节，在这一节中从生产力的要求出发，着重叙述电的系統一方(电气拖动控制系統和电网輸配电系統)和控制器具一方間的矛盾(简称电和器的矛盾)，叙述各种电器在为系統服务过程中彼此間上下左右的关系，叙述它們的发生和发展过程，这部分内容为以后讲授具体电器創造好条件，希望通过这种安排，避免孤立、靜止地讲授各个电器的毛病。

为了照顾到工企专业电机专业和电測专业等各方面的要求，本书尽量从运行、选择和維護的观点来分析和叙述具体电器。要透彻而不是肤浅的掌握这些或那些电器的性能和参数，必須熟悉电器賴以工作的各种理論基础，例如电弧、电接触、发热和磁路等。在本书中，这些理論的内容和分量一方面是为了掌握所叙述的电器工作性能而設，另一方面也給电器的初步計算打下了基础，讀者如需精确和細致地設計这个或那个电器，可在这基础上深入钻研电

器制造原理和电器设计与结构方面的文献。

II. 电器的任务和对国民经济的意义

生产力的不断发展推动了科学技术的发展。目前,无论在工厂、矿山以及交通运输方面都普遍地采用机械化、半机械化、自动化及半自动化,生产过程的自动化意味着带有电气拖动的许多工作枢纽间密切和可靠地组合。它们间的密切联系和相互配合已不能光靠机械的装置去完成,而必须更多地借助于电器。举例来说,一个多电动机传动的巨型龙门刨床,它的主电动机带动工作台,而工作台在切削时要向前移动,以后又要向后退回。在向前进行切削的时候,速度要慢些,而在空刀时则要快些;需要在试车的时候慢些,在正常工作的时候快些;又需要在切削过载时自动地减轻负载,当油泵电动机没有启动以前工作台电动机不能启动……等等。这些要求无疑地要由许多电器来完成。再看一下冶金轧压工厂:在主电室内往往有数十块控制盘,每块盘上都有数十个电器。例如一个初轧机的控制盘就有七八十块之多。正因为这些电器的可靠工作,才保证了工作效率极高的大规模生产,保证了产品的质量,减轻了工人的体力劳动。

在不同的社会制度下,和其它一切机器设备一样,电器完成任务时所起的客观效果是不同的。在社会主义制度下,生产过程的自动化,大量电器的被采用的结果是发展了生产,改善了劳动人民的生活。例如有个工厂建立了一根丝锥生产自动线使生产率提高了12倍,产量提高了8倍,每班工人由原来的16名减为3名,节约下来的劳动力可以调整到最需要的地方去,或给职工安排了政治、文化和技术学习,为以后的技术革新和技术革命又创造了良好的条件。

相反,在资本主义社会中,垄断资本家利用电器,利用一切自动化工具作为产业工人的后备军,生产的自动化意味着劳动人民的失业和贫困,意味着垄断资本家的残酷的剥削和获得巨额的利润。

电器作为自动化的一个工具,不仅在工业中广泛应用,而且在农业方面、交通运输业方面以及国防军事方面都大量应用。根据国外的统计资料看来,每1000千瓦容量的发电机平均需要电器控制设备的容量达2200千瓦。随着我国工农业的发展,发电容量的增加,自动化程度的扩大,我国电器设备的需要量就将越来越显得可观。由此可见,工作可靠,性能良好和指标先进的“轻小简廉”的电器的制造,在国民经济中有着重要的意义。

III. 我国电器制造发展简史及其今后远景

解放前,我国电器制造工业的面貌是一穷二白。

解放后,随着经济建设的发展,各部门对电器制造工业提出了一系列的要求。党和政府很重视电器工业的发展。建国初期,在党的领导下,好几个专业的电器工厂建立了并且陆续地投入了生产。这些工厂所生产的电器产品初步满足了国民经济的需要。

第一个五年计划期间,我国先后试制成功了刀开关、接触器和自动开关等成百种系列的电器。这些产品有力地支援了各地工矿的建设,尤其是支援了我国重工业的建设。我国工业的飞速发展促进了电器工厂的发展。

1958年起我国人民进入了第二个五年计划。发电设备有了巨大增长,这就要求电器的

生产必須紧跟上去。电器生产的全体职工为发展电器新产品、采用新材料、推行新工艺、扩大生产等方面作出了不少貢獻。由于坚持政治挂帅、破除迷信、反对保守和大搞群众运动,無論在生产、設計和研究方面都涌现出很多新的气象,技术革新和技术革命風起云涌。

一系列新的电器产品設計制造出来了。这些新的产品都是由我国的工程技术人员以及工人亲自設計研究和制造出来的。这些产品在技术經濟指标方面有的已經达到了国际的水平,有的則接近于国际先进水平。例如我国在 1958~1959 年設計成功的交流接触器比过去 (1953年)生产的接触器有很大的跃进。前者的重量仅为后者的 25%, 而它的使用寿命却提高了四倍。而美国阿罗工厂, 从 1930年到 1950年的二十个年头內, 該厂生产出来的接触器的体积只縮小了 50%。由此可見, 我国电器生产的跃进是資本主义国家所望尘莫及的。这也是社会主义制度优越的又一証明。

在第一个五年計划期間, 我国电器产品基本上集中于几个地区的几个大工厂生产。在該时期, 全国生产电器的工厂不过十几个而已, 而現在全国已有大中小电器工厂有几百个之多。它們星罗棋布, 遍及全国各个地区。許多新建立的中小型工厂都是在总路綫的光輝照耀下, 发揚自力更生, 奋发图强的精神搞起来的。这些工厂的投資少、建厂快、生产的电器产品有力地支援了当地的經濟建設。

党和政府为了办好电器工业, 不仅建設了大規模的工厂、研究室和試驗基地, 而且在高等工业学校和中等专业学校內开办了电器专门化, 培养电器制造的科学技术人材。

总之, 我国的电器工业在解放后短短十年左右的时间內, 取得了史无前例的輝煌成就。这些成就归納起来为: 电器产品的数量和质量有了巨大的跃进; 形成了大中小結合的星罗棋布的电器工厂, 培养了大批优秀工人、技术員和工程师形成了一支技术队伍; 工厂的工艺装备与进行生产的物质設備有了良好的基础, 这些成就的取得完全是党中央和毛主席英明领导的結果, 是总路綫光輝照耀的結果。

虽然我国的电器制造业在短短十几年的时间內走完了資本主义需要化几十年時間所走的路程, 但是随着技术革新和技术革命运动的迅速开展, 随着机械化、半机械化、自动化和半自动化的迅速开展, 必須更加多快好省地发展电器产品。

IV. 电器的发生和发展概論

电器的发生和发展是和电的发现和广泛使用分不开的。电被发现后, 在二大領域中被人們应用着: 一是电訊, 如電話、电报、无綫电和雷达等, 通称为弱电領域; 另一是电动机、电灯照明、电热、电焊和电解等, 通称为强电領域。在强电領域中, 根据电器所控制的对象, 有电力拖动系統和电网系統。

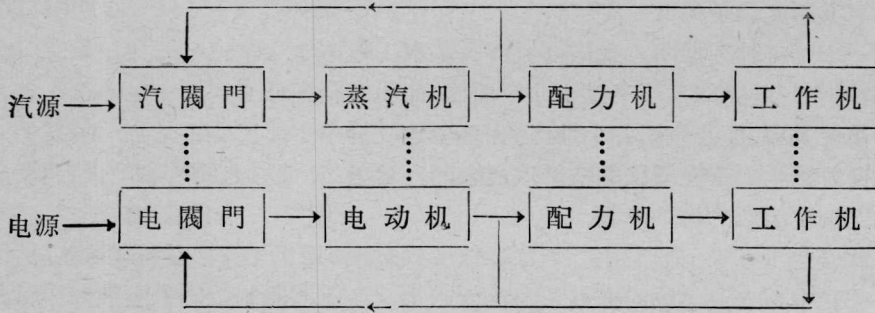
生产力的发展使电力拖动和电网系統不断发展, 它們对电器提出一系列的要求。系統对电器提出的要求和电器的技术經濟指标方面存在着矛盾。这个系統和元件間的矛盾, 在这里就是“电”和“器”的矛盾。“电”和“器”的矛盾貫穿在整个电器发展的过程中, 它是电器发展的依据和动力。

最初, 由于作为电的統一体的电源和負載具有簡單的形式, 无所谓电网系統和拖动系統, 所以控制电源和負載双方的电器只具有簡單的形式。例如最初使用的电源可能是一个伏打电池, 而它的負載可能是一个綫圈, 而对电流实现接通与断开的电器可能就是導綫的連

接端鈕或者是一般的電鍵。

随着生产力的发展,在工农业各个方面都广泛地使用机器。根据馬克思的經典定义“一切发展了的机器都由三个在本质上不同的部分——发动机、配力机与工具机(即工作机)构成”。电动机的出現不仅是一个原动机的革命,而且也促进了配力机和工具机的革命。机器的不断进步推动了生产力的不断发展。这样一来,控制机器的电器亦随着生产力的发展而获得了广泛使用和不断提高。

电动机代替蒸汽机后必須解决它的控制工具問題。此时电动机的控制过程沿袭了蒸汽机的控制过程。



由上图可見,汽閥門的作用是“开”汽与“关”汽,或者是根据蒸汽机的速度以及工具机的負荷来調节汽量大小。簡言之,汽閥門具有“开关”和“調节”两大作用,而电閥門亦相类似,亦具有“开关”和“調节”的两大作用。

最初用来控制电动机的电閥門就是刀开关和变阻調节器。

刀开关的結構原理見图0-1所示。它的主要部件一是刀极, 另一是夹座。前者又叫做动触头,后者则叫做靜触头。靜触头接电源一端,动触头接負載一端, 施机械外力于刀极使之与夹座接触, 則电路接通; 反之, 将刀极从夹座中移出, 則电路开断。

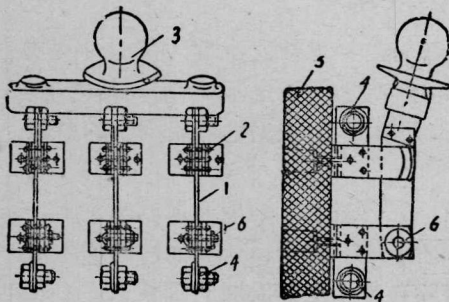


图 0-1 刀开关

1—刀极; 2—刀夹座; 3—手柄; 4—接綫端鈕;
5—絕緣底板; 6—鉸鏈枢鈕

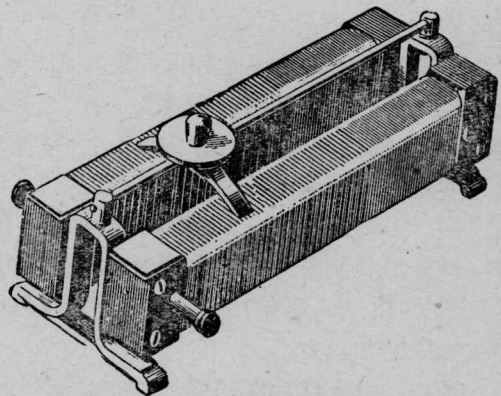


图 0-2 滑杆变阻器

变阻器的結構是由电阻和换接电阻的装置做成。頂簡單的变阻器就是滑杆式变阻器。这种变阻器的电阻繞在絕緣和耐热的瓷筒上, 刷子及滑块沿导杆滑动。在电流較大的情况

下,換接裝置常做成轉動式。

在十九世紀末叶,上述最簡單的電器——刀開關和變阻器是控制電動機或其它電路負載的主要工具。由於這種電器結構簡單、操作方便和價格便宜,所以在目前一些簡單的手動控制中仍有應用。

機器的組成部分中的原動機既然革了命,而工作機又是不斷演變不斷革新的,所以在一定時期影響機器發展的主要矛盾就可能轉向配力機。

原來作為配力機的最初形式是所謂天軸式聯動拖動。這種拖動沿用了蒸汽原動機時代的天軸與地軸拖動。這種聯動拖動的特點是很多工作機由一台原動機拖動。很明顯,這種聯動拖動的效率較低,不能充分滿足各個工作機的要求,加以工作不可靠,對工人的勞動條件又不利,所以必須改革。為了簡化配力機,改善機器的性能以便提高生產率,所以在聯動拖動的基礎上逐步採用單獨電力拖動。

單獨電力拖動是指一台工作機由一台電動機帶動而言。採用單獨電力拖動以後,原動機和工作機間的距離縮短了,配力機簡化了,工作機的效率也進一步提高了。

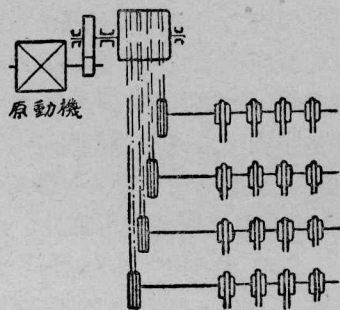


圖 0-3 聯動拖動示意圖

隨後,工作機完成的工作任務越來越複雜,體積也越來越龐大,單個電動機的拖動很難滿足工作機各運動系統的要求。因此,目前在較複雜的工作機上,例如巨型金屬切削加工機床、造紙機以及軋壓機等機器設備上應用了多電動機的電力拖動。所謂多電動機的電力拖動是指一台機器上採用好幾個電動機,每個電動機只負責一個局部的拖動。機器的各個運動部分通過自動控制電器或其它控制工具而相互聯繫起來組成自動化的電力拖動。這種多電動機的自動化電力拖動進一步提高了機器的生產率。

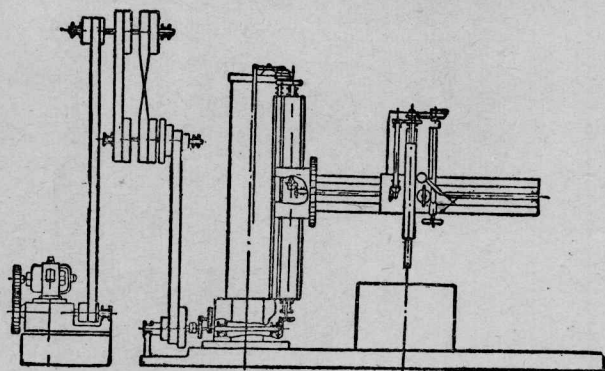


圖 0-4 單獨電力拖動

機器的各個運動部分通過自動控制電器或其它控制工具而相互聯繫起來組成自動化的電力拖動。這種多電動機的自動化電力拖動進一步提高了機器的生產率。

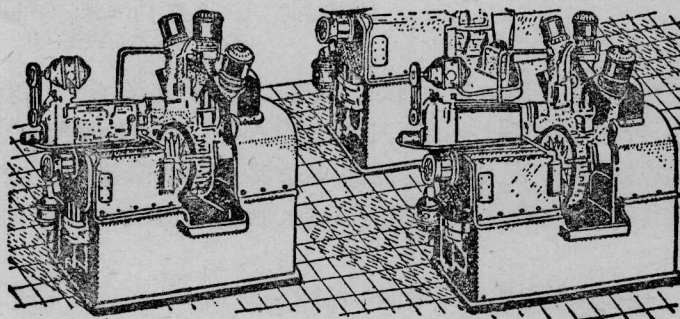


圖 0-5 多電動機拖動

工作機的不斷演變和革新推動了配力機的演變,它們的演變對電動機和電器產生了顯

著的影响。首先,电动机的数量增加了,控制电动机及工作机运动所需的电器的数量也增加了;其次,在原有手动控制电器基础上发展了自动控制的电器,电器的品种也增加了;最后,对电器质量的要求也越来越高了,例如工作准确可靠,快速动作,高操作频率、长寿命和小体积等。

从手动控制到自动控制,从手动电器到自动电器,这是一个跃进。但是手动控制电器如何发展成为自动电器的呢?仍以控制电动机为例。刀开关由于没有相应的接受外界操作讯号的感应机能,所以它不能完成自动控制的任务。很明显,假如在刀开关的结构中加上一个电磁铁,让电磁铁在外界特定讯号下产生足够的操作力使刀开关自动地合闸或掉闸,这样岂不是完成了自动控制的任务了吗?当刀开关和电磁铁融合在一个结构中时,产生了新的电器——电磁开关,或者叫做接触器。此时,相应于刀开关中的刀极部分是接触器的执行部分,而电磁铁则是感应部分。这样,接触器就实现了切换强电回路的自动控制的任务。

图 0-6 示出了接触器最初结构的示意,图 0-7 则示出了近代的直流接触器。当激磁线圈内通以控制电流时,衔铁被吸引使动触头和静触头电路被接通,当线圈中无电流时,衔铁恢复原有位置,动触头离开静触头,电路被开断。

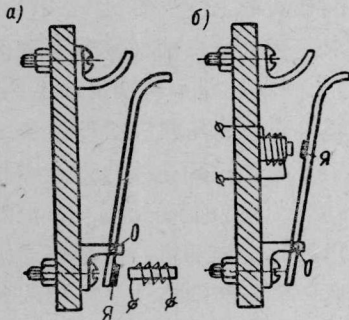


图 0-6 接触器最初结构示意

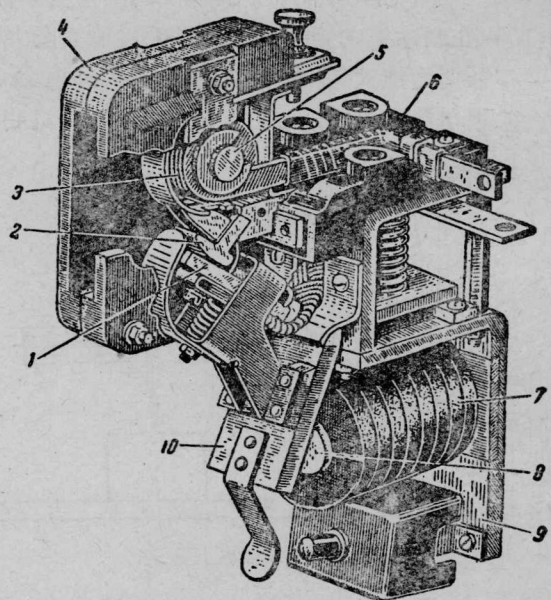


图 0-7 现代接触器

1—动触头; 2—静触头; 3—熄弧线圈; 4—熄弧室; 5—消弧线圈铁芯; 6—端接点引出线; 7—电磁铁; 8—电磁铁铁芯; 9—接触器底板; 10—衔铁

但是,电力拖动的自动控制是多方面的。随着工作机任务的不同,在整个控制中,有的要实现对机械位移(行程)的控制,有的要实现对速度的控制,有的要实现对时间的控制,有的要实现对温度的控制等等,这个时候就需要能够反映各种不同物理量并给出电的讯号的专门元件。这类元件实际上主要是起了感觉、比较、判断和反应的作用。继电器就是这类元件的重要方面之一。

图 0-8 示出了电磁式继电器的原理图,而图 0-9 则示出了近代电磁式继电器的结构。在继电器线圈内加上电压的讯号或者电流的讯号后,铁心磁化,将衔铁吸引,如果它的吸力大于释放弹簧的反作用力时,触头动作,输出接通或断开的执行讯号。这个讯号便可作为其它自动电器的输入讯号,命令其它自动电器动作(例如命令接触器动作)。如果继电器输出

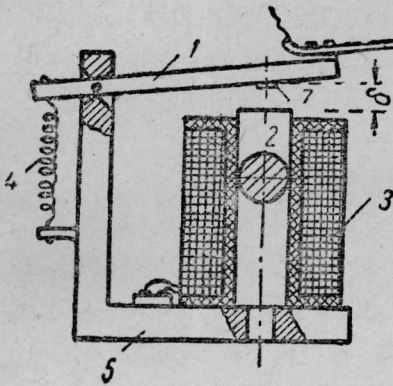


图 0-8 电磁式继电器原理

1—衔铁；2—铁心；3—激磁线圈；4—释放弹簧；
5—铁轭；6—触头；7—非磁性垫片

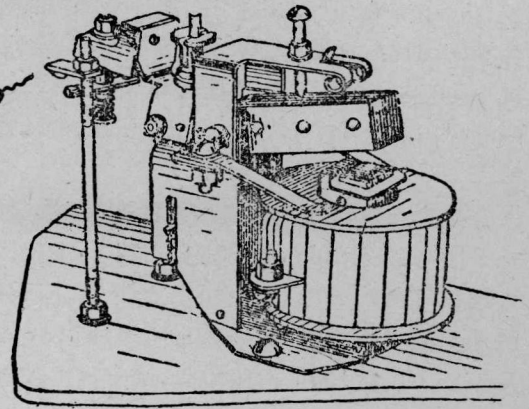
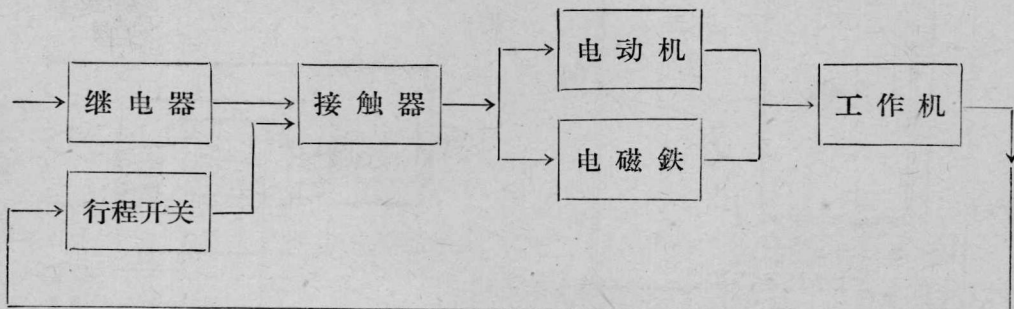


图 0-9 交流电磁式继电器

的讯号足够大时,还可以直接操作小电动机或者是小容量的电磁铁

继电器用于电讯领域已经由来已久,但是用之于拖动控制方面只是在产生了接触器之后。这是因为控制对象的容量一般较大,继电器感应机能强而执行机能弱,即它的触点小,不能直接用来接通或断开较大的电流,而接触器则相反,它的感应机能弱而执行机能强,即它的触头大,可以用来切换强电的回路,所以继电器与接触器结合起来,“取长补短”,便可完成自动控制的复杂任务。

继电器和接触器结合后形成了继电器——接触电力拖动控制系统。由于继电器和接触器使用方便,价格便宜,所以继电器——接触控制系统得到了广泛的使用。根据我们在1960年年底对十一个工厂的调查,发现一般工业企业用的自动控制其中95%以上是继电器——接触的控制系統。常用的电器元件除刀开关和按钮以外,主要的是电磁铁、接触器、继电器和行程开关(包括微动开关)。它们间的关系是:



上面谈的刀开关、继电器、接触器以及行程开关、按钮等都是具有运动的触头部件,它们或者处于接通的位置(使触头上的电流流通)或者处于开断的位置(使触头上的电流停止流通),也就是说它们起了“电阀门”中“开关”的作用。从控制的观点看来,这种元件的输入讯号无论是连续变化或者是断续的脉冲性质,它们的输出讯号都是所谓二进制断续式。因此继电器和接触器组成的继电器——接触系统有时也叫做断续控制系统,而继电器和接触器有时称之为断续控制元件。

在电力拖动自动控制中,有不少场合需要平滑地调节电流的大小,使被控制对象在受到外界的干扰后仍能按照给定的规律和给定的准确度工作,用变阻器调节直流电动机(或发电机)激磁电流的大小有可能使电动机维持在一定速度下工作。这种元件的输入信号是连续的而输出信号也是连续的。上面说的滑杆式变阻器就是一种典型的、最原始的连续控制元件。

生产上对自动调节提出新的要求,推动了自动调节器的发展。

图0-10示出了碳质电压调节器。随着发电机端电压的升高,接在该发电机端接点上的电磁铁线圈就感受了这个电压的升高,因而产生较大的电磁吸力,该力使作用于碳精电阻的压力减少,碳质变阻器的电阻增加,发电机的激磁回路中电流下降,从而使发电机的端电压下降。反之,如果电压较低,则发电机激磁电流将自动增加,发电机的端电压将回升。

控制电流的平滑变化不仅可以应用变阻器,而且还可以应用非线性电感——饱和电抗器。

饱和电抗器是一个具有交直流同时激磁的扼流线圈。它的交流线圈连接于被控制对象的回路中,当它的直流激磁线圈的电流稍有改变时,它的交流线圈中的电感有较大的变化,从而引起负载电流的改变。这样我们便可以用较小功率的直流电控制较大功率的交流负载,因此这种电器元件还称之为磁放大器。磁放大器的感应机能比较发达,它可以接受很多的直流控制信号(交流信号须经过整流)经过综合判断,然后命令交流侧作相应的输出。可以说,磁放大器的执行部分就是交流绕组的端接点。磁放大器广泛地应用于电力拖动自动控制和调节系统中,它和其它电器一起组成了磁放大器的自动调节器。

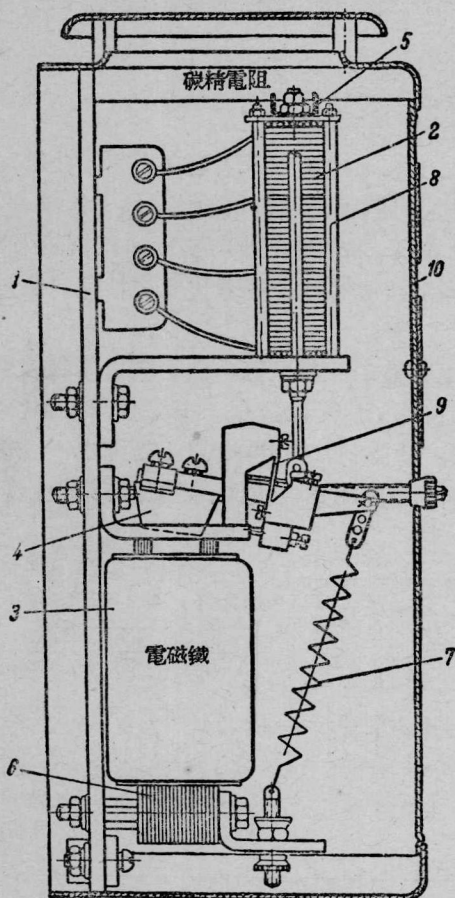


图0-10 碳质电压调节器

- 1—底板; 2—碳迭片; 3—电磁铁线圈; 4—衔铁;
5—压力轆; 6—铁芯; 7—弹簧; 8—绝缘螺丝;
9—片状弹簧; 10—外壳

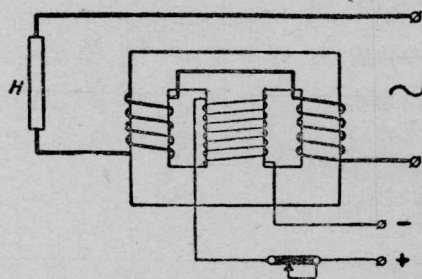


图0-11 磁放大器原理图

滑杆变阻器、碳质调节器以及磁放大器等元件不仅具有输出连续变化的特点,而且执行部分,大多没有运动的动触头(滑杆变阻器除外),所以这种电器有时称之为无触点电器。

电力拖动自动控制多方面的要求推动了断续式电器、连续式电器、有触点电器和无触点电器的不断革新和进步。可以预言，随着电力拖动进一步自动化，必将涌现更多更新的电器。

上面谈的主要是电力拖动领域中系统和元件，“电”和“器”矛盾斗争的情况。在电网领域中，电器的发生和发展演变过程亦有相类似之处。

电动机广泛代替蒸汽机，电能的广泛被利用使电源和负载间的矛盾逐步尖锐化。十九世纪初，由于继承了原有的蒸汽机作为发电机的原动机，所以往往形成了一厂一户的单一发电和单一用电。随后，新的工厂盖起来了，加上各家各户电灯照明的需要，有专门成立“发电工厂”的必要，开始了集中发电和分散用电。这样，用电的经济性提出来了，开始了高压输电和低压配电；用电的可靠性提出来了，需要各种保护和操作的电器。

起初，低电压的电网系统中广泛使用刀开关和熔断器。刀开关起正常情况下切换的作用，而熔断器则在故障的情况下起过载和短路电流保护的作用。

作为一个电器，一般必须同时具有感应和执行的二大机能。熔断器的结构虽然简单（最简单的就是一根铅锡合金做成的细丝），但是它已具备了一个完备电器所必需的感应和执行机能，不过这二种机能共存于一根熔丝中而已。

熔断器结构简单，但是只能一次操作，刀开关只能手动投入，不能实现遥远操作，也没有低压的释放装置，在三相系统中往往造成单相运转，不能充分满足电网操作和保护的要求。低压自动开关的发明初步缓和了“电”和“器”在上述要求上的矛盾。低压自动开关（图0-12）具有灭弧装置的触头和带有自动脱扣和合闸的机构。前者专门担负“执行”的任务，而后者则专门担负了“感应”的任务。和熔断器比较，自动开关的感应和执行部分不是融合于一体，而是分裂成二个独立的部件，这样它的结构就复杂起来了。

随着生产力的发展，电能利用的范围更加扩大，一方面，电网逐步向高电压、远距离、自动化和区域联合的高压电力系统发展，另一方面，低压配电网更多具有闭式网、环行供电的形式。

随着生产力的发展，电能利用范围扩大。电网的电压逐步提高。十九世纪末叶，输电线路的电压最高达10千伏。与此同时，电网的容量也逐渐增大，所以短路电流值也相应地提高。这样，原来电压较低的自动开关必须在结构上改变来适应电压提高的要求。

大家知道，电压升高后，电器的绝缘尺寸就要放大。自动开关的结构将做得很庞大。同时，高电压和大电流下的电弧比低电压小电流下的电弧要严重得多。在这种情况下一般的自动开关越来越难地对付这个电弧。这是一方面。

另外一方面。电网的距离长了电压高了，自动保护的要求也多样化了。原来低压自动开关中的感应部分也越来越不能满足高压电网保护的要求。

在这种情况下，原来自动开关的执行部分发展成为一个独立的断路器，而它的感应部分则发展成为一整套继电保护装置。

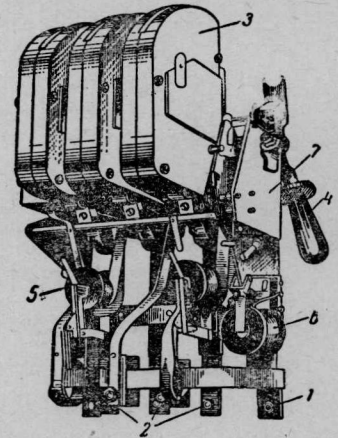


图0-12 低压自动开关

- 1, 2—导电端钮；3—触头及灭弧系统；4—操作手柄；5—过流脱扣器；6—低压脱扣器；7—自由脱扣机构

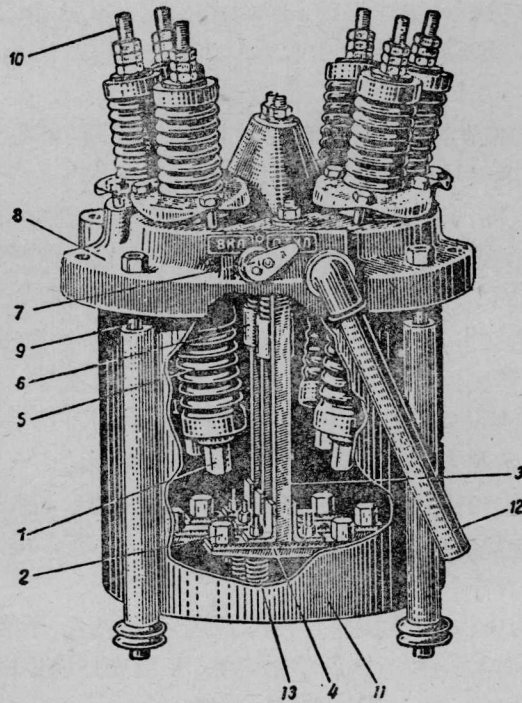


图 0-13 油断路器

1—静触头；2—动触头；3—导杆；4—接触横梁；5—浸在油中的瓷套管；6—开释弹簧；7—开关位置指示器(开或关)；8—桶盖；9—卸油桶时的导杆；10—接线螺丝(电路所连接的地方)；11—油桶；12—放出气体的排气管；13—压在触头上的弹簧

断路器中应用油后，绝缘距离缩小了，断弧的能力提高了，这是断路器的结构上的一大跃进。之后，为了进一步增强执行能力和缩小体积，发展了用压缩空气来熄灭电弧的断路器。

为了使继电保护装置既反映高电压和大电流下的多种讯号进行应有的保护和操作，又不要和高电压和大电流直接接触，因此发展了高电压的互感器。

由于高压电工设备价格昂贵，为了避免雷击等过电压，因此发展了避雷器。

综上所述，可以看出：从刀开关、变阻器和熔断器最简单的电器开始到今日的多种继电器、接触器、磁放大器自动开关以及高压断路器等成套控制设备都是随着生产的要求(通过电力拖动和电网系统提出)而发生发展，各种结构的电器不过是一种特定条件下的历史形态而已，表征电力拖动和电网系统的“电”的要求和电器的水平间存在着互相推动和互相促进的关系，它们间的适应关系永远是不平衡——平衡——不平衡。电的系统处于变动状态，而电器亦处于变动状态。电的系统推动了器的变动，而器的变动又反过来促进了电的系统的发展。总之，事物的矛盾斗争是无止境的，所以“电”和“器”的平衡状态是相对的，而不平衡状态则是绝对的。了解了这一点，我们在认识各种具体电器时就掌握了主动权，我们就可以从电器的过去和现在的结构演变的规律来辨明电器的发展方向，从而为电器的技术革命和技术革新打下良好的基础。