

142045

高等学校教师用书

动力系统的自动化

上册

苏联 И. И. 索洛维叶夫著

电力工业出版社

4032.2

К1

內 容 提 要

动力系統的自动化(上册)專門講解下列几种技术操作的理論基础和实际完成方法,即电动机的启动和停止的自动控制,后备电源和设备的自动投入,輸电綫路和变电所母綫的自动重合閘,利用准确整步和自整步的方法的發电机自动投入等。

本書是动力和电工院系的教科書,但也可供从事动力系統自动化工作的技術人員閱讀。

И.И. СОЛОВЬЕВ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ГОСЭНЕРГОИЗДАТ МОСКВА 1956

动力系統的自动化 上册

根据苏联国立动力出版社 1956 年莫斯科修訂第 2 版翻譯

哈爾濱工業大学电力系統自动化及繼电保护教研室譯

*

723D264

电力工業出版社出版(北京复兴門外社倉路)

北京市書刊出版業營業許可証出字第 082 号

电力工業出版社印刷厂印刷 新華書店發行

*

787×1092 $\frac{1}{16}$ 开本 * 8 号印張 * 191 千字 * 定价(第10类)1.10 元

1958 年 1 月北京第 1 版

1958 年 1 月北京第 1 次印刷(0001—5,100册)

第二版序

自本書第一版問世后已經過了六年。在這一時期內，動力系統自動裝置的研究及應用都發生了顯著的變化。自動化的任務擴大了，對很多問題的观点改變了，並且也積累了在高等學校教授本門課程的新的經驗。

所有這些因素以及讀者寄來的對第一版書的寶貴意見和希望，在編寫第二版的時候，著者都尽可能考慮在內了。

動力系統自動化這門課綜合了許多方面的問題，其中任一問題在很大程度上都是獨立的。同時只有這些問題的總和，才能使人對現代動力系統自動化的基本內容及其進一步發展的方向有個初步的概念。

上述情況給講授本門課程的安排上及如何在一本書的範圍內闡述這門課帶來了一定的困難。

本書篇幅不允許對所有的問題作深入及全面的探討，以便在解決大量的各種類型的實際工程問題時，可以把它當作手冊及指導書使用。著者也未曾給自己確定這樣的任務，因為在一門課的範圍內這樣的任務是不能完成的。本門課程的任務在於使讀者對現代動力系統中各種類型的自動裝置有一個总的初步概念，這是考慮到，對某種類型自動裝置的更深入的研究，是在讀者已經結束了高等學校的學習後在他要工作的那個比較狹窄的範圍內，因開始進行實際工程工作的需要而將繼續進行的。

榮膺列寧勳章的以莫洛托夫命名的莫斯科動力學院電力系動力系統繼電保護及自動化教研室全體成員在著者直接參加下所制訂的教學大綱及教學法，作為編寫本課程的基礎。

對於提供了文獻中還未發表的材料、閱讀初稿並對其個別章節提出了寶貴意見的高爾德發阿爾伯 Л. С. (第十一章)，卡贊斯基 В. Е. (第六及十章)，考吉斯 В. Л. (第七、八及九章)，考佩洛夫 И. В. (第九章)，瑪洛夫 В. С. (第六章)，瑪米考尼揚茲 Л. Г. (第五章)，帕烏琴 Н. В. (第九章)，西洛琴斯基 Е. Л. (第五章) 及斯米耶爾尼茨基 С. Г. (第九章)，著者愉快地表示自己的感謝。

著者向在最後修改初稿時給予作者以極大幫助的評閱人：М. И. 查列夫和 А. В. 切爾寧，以及編輯 М. А. 別爾考維契，表示衷心的感謝。

М. Г. 奇里根，А. М. 費道塞也夫，В. М. 冒蘭恰克教授及教研室全體成員，提供了使著者能夠完成及繕改原稿以付印的條件，這對著者也是一個很大幫助。

對上述各位同志著者表示衷心的感謝。

著者

緒 論

在現代技術發展水平上，生產過程的自動化起着首要的作用。

可以斷言，如果沒有自動化不可能達到現代的技術水平及使技術進一步發展。

自動技術日益深入到國民經濟的各個部門中，特別是動力系統。

很早以前就有了這樣的思想：必須尋求一些技術手段，使它能在沒有人本身的直接參加下操縱人的無生命的“助手”——機器——的工作。此外，對那些在速度及性質上不可能由人直接操縱的過程，也必須尋求及研究出控制的手段。這樣一來，就必須創造出能使機器、器械、甚至整個工廠在沒有人的經常參加下執行給定任務的技術手段。

“АВТО”(希臘語)有“本身”的意思，所以所有冠以“АВТО”的字就意味着，某物件自己控制着自己，或控制着交給它的工作。

控制生產過程的裝置叫做自動裝置，而使過程轉變為自動控制叫做過程的自動化。

國民經濟各部門內自動裝置的作用原理在很大程度上是共同的。但是隨着應用條件及地點的不同、所執行任務及欲達到目的的性質的不同，往往要求發展特種類型的自動裝置，它只對某一技術領域有效用，而對其他技術領域則很少適用。

現在動力系統自動裝置也自己形成了一個獨立的領域。

在動力系統中自動技術是比較“年輕”的技術。可是即使在此種情況下，它也已經獲得廣泛的發展，以致在一門課程的範圍內來討論它的全部類型是不可能的。除此之外，作為很狹窄的一個技術領域的動力系統自動化同時也顯得是那樣的廣闊，要全面及深入地掌握它是一個人畢生精力所不能達到的。

實際上，這門課中所講的每一部分的自動裝置都是一個職業對象，即一個電力工程師一生活動的對象。

應用於動力系統中的自動裝置，按其功用可以分為下列幾個主要類型：

- 1) 完成人力本身不可能完成的任務；
- 2) 代替人的活動，以消除人在執行某些生產操作時可能發生的不準確及錯誤；
- 3) 完成某些減輕人的勞動的任務，這些勞動有時是繁重及危險的；
- 4) 把人從一些費力的生產活動中解脫出來，以提高勞動生產率及降低產品成本。

許多自動裝置很難歸屬於上述某一個類型。在應用自動裝置時，往往要求同時達到幾個目的。

在本課程中沒有對動力系統自動裝置的全部類型都加以討論。特別是它的最發達的一個類型——繼電保護——是在另外一門獨立的課程內來討論的。對發電站熱力過程、調度控制裝置、通訊等的自動化的討論也超出了本課程的範圍。

在本課程中基本上只討論下列幾種動力系統自動裝置：

- 1) 動力系統中的電動機及機組的啟動及停止的自動控制；

- 2) 备用电源及裝置的自动投入;
- 3) 輸电綫及变电所母綫的自动重合閘;
- 4) 發電机的自动投入于并聯工作(整步);
- 5) 电压及頻率的自动調节, 以及在并聯工作的發電机之間的無功及有功負荷的分配;
- 6) 远距离控制动力裝置的原理。

上列問題討論的广度及深度并不希望給讀者在做实际工作时以全面及完善的工程指导。在一門課的範圍內完成这一任务是不可能的。但是为了解决上列任一类型自动裝置中的实际工程任务, 就必须对动力系統的全套現代自动裝置、解决这些任务的途徑、以及在动力系統基本理論和自动裝置应用經驗的基础上及其技术上实现的可能性等方面, 有总的概念。本書就是为了完成这些簡單的任务而写的, 它的編写大綱是經苏联高等教育部批准的。

目 录

第二版序

緒論

上册 动力系統中的自动控制

第一章 自动控制及檢查用电器	5	4-7. 測量(抽取)綫路电压的方法	66
1-1. 自动裝置元件的标記和接綫 圖表示法	5	4-8. 綫路电压抽取裝置接綫圖	66
1-2. 自动控制用电器	6	4-9. 檢查綫路無电压和檢查綫路 与变电所母綫間相遇电压 同期的 АПВ 裝置	71
1-3. 自动檢查用电器	12	4-10. 捕捉同期瞬間的 АПВ 裝置	73
1-4. 复習問題	15	4-11. 兩端供电綫路 АПВ 裝置中 各元件的整定参数	76
第二章 电动机及同步补偿机的啓 动与停止的自动控制	15	4-12. 变压器及变电所母綫的自动 重合閘	78
2-1. 概說	15	4-13. 帶有水电站發电机自整步的 綫路重合閘	79
2-2. 啓动过程中作用于电动机中 的电量及机械量之間的基 本关系	18	4-14. 多次动作三相 АПВ 裝置	81
2-3. 电动机投入及啓动的控制原 理接綫圖	25	4-15. 輸电綫單相自动重合閘(ОАПВ)	82
2-4. 电动机啓动自动控制裝置的 各元件整定参数的計算	36	4-16. 复習問題	90
2-5. 复習問題	38	第五章 发电机的自动整步	91
第三章 后备电源和設備的自动投 入 ABP	39	5-1. 概說	91
3-1. 概說	39	5-2. 发电机的自整步	92
3-2. 后备电源及設備自动投入裝 置(ABP)的标准接綫圖	44	5-3. 按低啓动特性啓动, 并使透 平轉速自动趋近于正常值 的自动自整步裝置的接綫 圖	99
3-3. 复習問題	51	5-4. 发电机的准确整步	101
第四章 自动重合閘(АПВ)	52	5-5. 自动整步仅标准結構的例子	105
4-1. 概說	52	5-6. 准确整步的計算	112
4-2. 單端供电綫路上用手动或距 离合閘断路器的一次动作 的三相机械重合閘裝置	54	5-7. 电压和旋轉角速度平衡器	119
4-3. 單端供电綫路一次动作的三 相电气 АПВ 裝置	55	5-8. 复習問題	124
4-4. 單端供电綫路一次动作三相 АПВ 裝置各元件的整定参 数	60	第六章 远程机械在动力系統自动 化方面的应用(动力設 备的远程监查和控制)	125
4-5. 單端供电綫路上 АПВ 和繼 电保护裝置动作的配合	61	6-1. 概說	125
4-6. 兩端供电綫路自动重合閘的 特点	64	6-2. 远程控制和远程信号	126
		6-3. 远程測量	130
		6-4. 远程測量裝置的原理圖	132
		6-5. 远程測量功率时的示度相加	136
		6-6. 复習問題	137

上册 动力系统中的自动控制

第一章 自动控制及检查用电器

1-1. 自动装置元件的标记和 接线图表示法

当设计、安装、运行、描述和研究自动装置的时候，利用标记来作出电路接线图。为了达到统一起见，必须确定一定的系统：其中包括自动装置元件的标记法；自动装置电路接线图的画法和电器接点位置（闭合的或断开的）的选择和其他。

元件的标记可采用任意的形式，因为反正是假定的表示法；或是采用某一种形式，它们能近似地反映出被表示元件的物理或构造上的特点。

第二种方法是比較恰当的，因为它能使人们更容易了解用图表示出来的自动装置。因此它应该被推广。

上面所说的意思可以由图 1-1 的实例加以阐明：图上表示出电器绕圈的四种广泛应用的标记方法： a 、 b 、 c 和 d 。如所见，图 1-1, d 方法最真实的表示了绕圈的构造，因此画在图上它是較其他的表示方法更容易理解。但是用这种符号来表示绕圈較其他方法难画一些。这情况在实际应用中应当考虑；尤其是当同一种符号在图上多次重复出现的时候。为了画起来容易起见，图 1-1, c 中的绕圈符号可以用其他一种来代替，例如（图 1-1, b ）的符号或其他的，它能較明显的反映出被表示元件构造上的特点。

其他元件表示方法的选择应与此类似。

然而应当注意，任一种系统的标记都应保证在图上能被明显的表示出来，并且

容易被理解。因此对于制图的准确和明显的要求成为重要的和必需的条件。

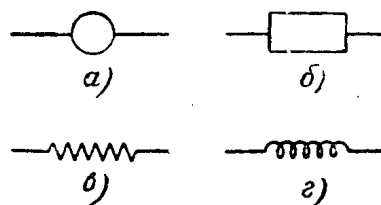


图 1-1 电器绕圈的标记举例

标记的统一系统到现在还没有确立。苏联各机构和外国公司采用着不同的标记。

在表 1-1 中，列出了在本书中应用最广泛的电器绕圈和接点的标记。

采用以下三种形式的接线图来表示自动装置的电路联接图：原理图，原理展开图和安装图。

安装图表示自动装置各元件及导线在配电盘上及其连接处的精确位置。图上指示出所有元件及其接头的记号，以及导线、控制电缆和各电缆心的标号。这种接线图在自动装置安装、调整和运行试验时使用，在本书中不予研究。

原理图表示在整套自动装置中各元件间的连接，并间接反映这些元件构造上的特点（接点的数目，直流和交流绕圈的数目，与供给操作电流的电源的联系，与电流互感器和电压互感器的联系等）。

原理图对于研究自动装置的作用原理是具有明显优点的。因为它们使研究者容易体会在成套自动装置中各元件的物理和构造上的特点，以及它们相互间联系的概况（参阅图 4-4, a ）。然而实际上这些优点只在自动装置的接线图比較简单时才存在。在复杂的装置中，原理接线图失去了明显

表 1-1

名 称	圖 例	
	第一种方法	第二种方法
电器繞組		
用短路繞圈或銅線繞來實現時滯的繼電器繞組		
常开接点		
常閉接点		
延时闭合的常开接点		
延时打开的常开接点		
延时打开的常閉接点		
延时闭合的常閉接点		
切换接点		
上面是滑动的接点,下面是固定的接点		

附註：1. 电器繞圈中無电流时接点的位置認為是接点的正常位置。

2. 当电器繞圈中的电流超过动作值时，假定接点动作方向从左向右，或是从上向下；当电流消失时接点运动方向正好相反。

性，因为各电路的连接和交叉很多，这就比較难以分辨各电路的始和末。

从上述观点看来，原理展开圖比原理圖具有一定的优点。

展开圖明确地展示出每个单独电路的始和末，并且足够清楚地表示出各种操作的順序。在展开圖中把保証完成前后相随各种操作的元件回路按一定順序排列：从上到下或从左到右。在工程實踐中展开圖

越来越广泛的被应用了。在文献中原理圖和展开圖遇到的机会近似相等。

考虑到讀者对成套自动裝置中各元件的構造特点还不熟悉，在本書中同时采用原理圖和展开圖。

在接綫圖中也还没有統一的規則来表示电器的接点位置。在实际中采用兩種基本的方法。第一种方法表示出在所謂的电器“正常”位置时接点的位置，即当它們的綫圈中無电流时接点的位置，这与电器在完成給予它的任务之前的接点位置無關。第二种方法表示的是当裝置在完成給予它的任务之前的接点位置。在大多数情况下后一种方法使人易于了解自动裝置的动作原理，但是难以編写說明書和选择电器。

假如在兩種情况下对表示自动裝置元件的接点位置所依据的条件都加以說明的話就更合理了。

在本書中根据圖的特点和作用，采用两种表示接点位置的方法。

1-2. 自动控制用电器

a) 断路器及其操作機構

絕大多数自动裝置的动作归根結底是与接通和断开电路的断路器的动作有关，断路器具有手动或自动的操作機構。

高压断路器很少采用手动操作機構，而低压断路器就常采用。到現在为止，当电压超过 500 伏时，总是采用油断路器，而当电压低于 500 伏时采用空气的。

在最近期間，在高压电力網中(220 仟伏和 400 仟伏以下)空气断路器也得到广泛的应用。对于远方操作和自动控制的电气裝置，断路器必須用自动操作機構。

圖 1-2 表示电磁式操作機構的簡單構造原理圖和展开接綫圖。在接綫圖上的接点位置对应于断路器处于合閘状态。与断路器軸 BB 联接的是断路器主回路的活

动接点, 为了简化起见, 在接线图中未表示出来。

在绝大多数情况下, 断路器的断开是由于跳闸弹簧 F_{om} 的作用所致, 在断路器的投入过程中它被拉紧, 并用挡板或销子等形式的特殊机件来保持住。

使断路器的活动机构释放, 就足以使断路器断开。当进行自动和远方控制时, 这个任务由电磁式的特殊断开装置来完成(跳闸接触器 KO)。

断路器的自动投入一般是借助于电磁铁 CB 或特殊电动机(电动机式操作机构)

来进行的。

因为主合闸线圈 CB 的功率比其他操作机构线圈和辅助电器线圈的功率大很多倍, 因而它的线圈总是另外由大功率的操作电源供电(或是就用同一个电源, 但保险丝容量应大一些)。

为防止当网络内存在短路, 并当控制键按钮 B_{K1} 卡住在合闸位置时, 可能引起的断路器多次合闸, 活动接点 Π 与跳闸接触器 KO 的动铁心相联。由接点 KO_1 和 KO_2 组成的装置称为多次合闸的闭锁装置。

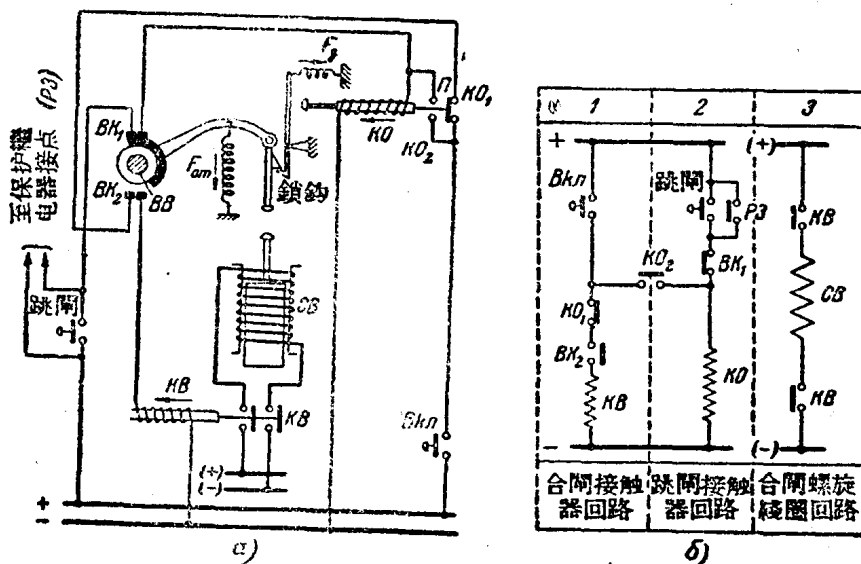


图 1-2 螺管式操作机构的接线图
a—构造原理图; b—展开图。

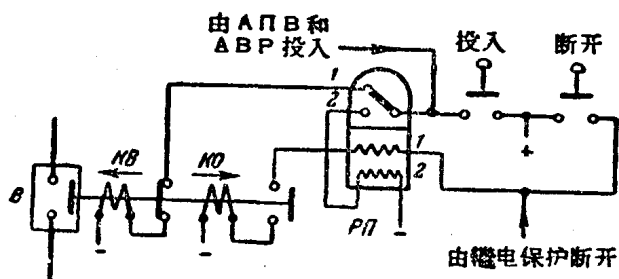


图 1-3 防止断路器多次合闸的电气闭锁接线图

运行经验表明, 在断路器操作机构上的机械闭锁接点是不够可靠的。因此电站部中央电工科学研究所(姆·依·查列夫, 姆·姆·保各依纳)提出用装在控制盘上

的中间继电器 PII 的闭锁接线图(图 1-3)。继电器 PII 的接点 1 是常闭的, 这个位置允许投入断路器。

当跳闸回路接通时, 继电器 PII 的接点由位置 1 切换到位置 2 上。假如此时它的线圈回路保持接通的话, 则继电器 PII 自保持, 不允许重复投入断路器。

6) 接 触 器

概論 在低压装置中, 特别是为了小功率电动机的起动和停止过程的自动化,

广泛地使用叫做接触器的开关。

接触器是用电力操作的低压（500 伏以下）的空气断路器。有很多不同形式的接触器：普通接触器，具有延时释放衔铁的接触器，具有锁钩的接触器等。

圖 1-4 表示接触器在三个位置时的简单构造圖。

接触器由以下基本元件組成：主接点 m 、 n 和具有线圈 KB （操作机构）的电磁铁。

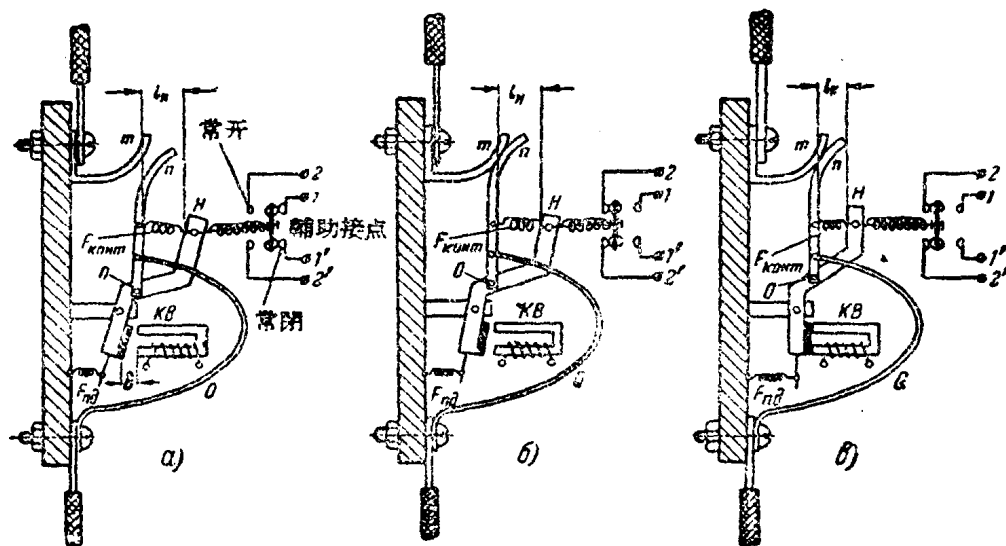


圖 1-4 接触器的简单构造圖
a—“分”位置；b—主接点开始接触时；c—“合”位置。

此外，接触器还有某些辅助元件：触头弹簧 $F_{конт}$ ，辅助接点，消弧室（圖中未示出）。

在所有接触器中，操作机构的作用是由具有线圈和铁心的电磁铁的衔铁来完成。

具有锁钩的接触器和断路器的合闸和跳闸电磁铁的线圈，只在合闸或跳闸过程的瞬间内有电流流过。而無锁钩的接触器的合闸线圈则在接触器处于合闸状态的全部时间内都有电流流过，它也是根据这种情况设计的。

假如线圈 KB 回路接通并在其中有电流流过，则电磁铁的衔铁和横杆 H 的下部被铁心 KB 吸住，同时接触器的主接点 m 和 n 闭合。假如随后线圈 KB 回路断开，则流经其中的电流停止，电磁铁的衔铁随着释放，同时主接点 m 和 n 分开。

当带有主接点 n 的横杆 H 移动时，对应的辅助接点就分开或闭合，这些辅助接点的数目是不一定的，它们的作用是检查（发出信号）接触器的位置和执行各种辅助任务，这些作用是使某一个过程自动化所必需的，以后还要详述。

为了消除合闸时主接点的振动和使各相主接点有足够的压力，在多极接触器上装有弹簧 $F_{конт}$ 。由圖可見，当投入接触器时横杆 H 的上端不是直接与带电的主接点 m 接触，而是经过弹簧 $F_{конт}$ 作用在绕 O 点旋转的附加横杆 n 上。当电磁铁 KB 线圈回路断开时，电磁铁的衔铁在本身重量的作用下（或在附加的反作用弹簧 $F_{но}$ 的作用下）释放了，同时接点 m 和 n 分开（圖 1-4, a）。假如在电磁铁 KB 的线圈中出现足够的电流，则电磁铁的衔铁被吸住。在此情况下当接点 m 和 n 开始接触

的瞬間彈簧 $F_{\text{сотм}}$ 的長度 l_n 保持不變 (圖 1-4, б)。當銜鐵被吸到最後位置時, 彈簧被壓縮到長度 l_k (圖 1-4, в), 就這樣保證了各相主接點的必要的壓力。彈簧長度的變量 $\Delta l = l_n - l_k$ 稱為接觸器的超額行程。超額行程最好等於主接點片的厚度, 即 4—5 毫米。

活動接點 n 用軟連接導線 Q 與引出端相連接。

在某些工藝過程中, 接觸器在相當短的時間內要進行多次關合和斷開動作。因此與一般的自動開關不同, 接觸器應具有較大的, 在機械強度與耐熱方面穩定的接點。

接觸器操作機構的電磁系統主要有三種型式: 螺管式的, Π 型和 III 型的。

螺管式磁系統產生的力最小, 因此通常只用在小功率的接觸器上。從產生力的觀點看來, 最好是採用 III 型的磁系統。但是這種磁系統在投入瞬間產生最大的電流衝擊 (Π -型系統是 3—6 倍, 而它能達到 15 倍)。

III 形系統實際上只用在功率比較大的接觸器中。

從動作可靠和耐熱強度的觀點看來, 接觸器必須滿足下列要求: 它們必須當電壓為 $(0.8-0.85)U_n$ 時能可靠地啟動 (此處 U_n 為額定電壓); 在長期工作條件下當電壓 $U = 1.1U_n$ 時, 不應過熱而超過允許溫度 (85°C)。

直流與交流接觸器的主要不同特點

根據電流種類的不同, 接觸器無論在主接點系統方面或在操作機構的構造方面都有顯著的不同。

用在直流回路中的接觸器總是單極的或是雙極的, 而用在交流回路中的接觸器則是三極的。

在直流接觸器中消弧室總是必需的,

而在交流接觸器中並非必要, 這決定於消弧的條件。

直流和交流接觸器操作機構的繞圈形狀和鐵心也有顯著的差別。

上述差異可用電磁鐵在直流和交流時的工作特點來說明。

直流電磁鐵繞圈中電流等於:

$$i = \frac{U}{R_{\text{об}}} \quad (1-1)$$

並且與空氣隙無關 (圖 1-5, а 的曲線 1)。

交流電磁鐵繞圈中電流等於:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_{\text{об}}^2 + X_{\text{об}}^2}} \approx \frac{U}{X_{\text{об}}} \quad (1-2)$$

(圖 1-5, а 的曲線 2), 當空氣隙增加時電流也增加, 因為此時在鐵心上的繞圈電抗減少了:

$$X_{\text{об}} = \frac{A}{\delta}, \quad (1-3)$$

$$\text{式中 } A = 0.4\pi\omega w^2 Q_{\text{с}} \cdot 10^{-8} \quad (1-4)$$

——是常數;

$Q_{\text{с}}$ ——磁導體的截面。

因此在穩定狀態下 (忽略過渡過程), 在電磁鐵繞圈中直流電流與空氣隙 δ 無關; 而交流電流與空氣隙 δ 有關, 當空氣隙 δ 增加時它也增加, 反之亦然。

吸引電磁鐵銜鐵的電磁力為:

$$F_{\text{ад}} \approx C_1 \left(\frac{Iw}{\delta} \right)^2 \quad (1-5)$$

(式中 w ——繞圈匝數), 對於直流電流, 電磁力與空氣隙 δ 的平方成反比 (圖 1-5, б 的曲線 1)。而對於交流電流它降低得較緩 (圖 1-5, б 的曲線 2)。

電磁鐵銜鐵的電磁吸力曲線與反作用彈簧特性曲線 (圖 1-5, б 上的虛線 3) 的交點表明: 當其他條件都相同, 而電磁鐵的銜鐵還能被吸住或保持時 ($F_{\text{ад}} \geq F_{\text{нр}}$) 的空氣隙的最大值 $\delta_{\text{макс}}$, 交流比直流時的值大得多。

在直流接觸器中, 空氣隙的增大使電

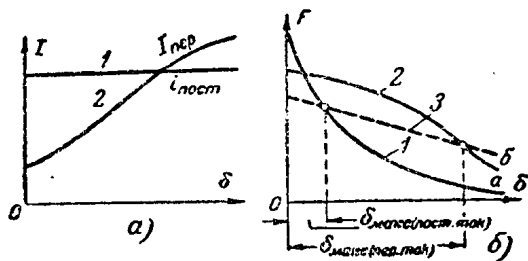


圖 1-5

a—电流与空气隙的关系曲线；b—电磁力与空气隙的关系曲线。

磁铁的启动功率大为增加，若在交流接触器中也同样增大空气隙时，则对启动功率的影响不大。

在交流接触器中，应选用对工作接点产生较小压力的接触弹簧，因为随着接触器合上的程度，线圈电流减少了，闭合接点的力相应地减少，如接触弹簧太强则接触器可能合不上。

直流接触器的返回系数很低(0.1—0.15以内)；而交流的大概为(0.4—0.5)。

为了给操作机构电磁铁的线圈创造良好的冷却条件，它们的直流线圈通常做成狭而长的形状(图1-6,a)。相反的，交流传动机构的线圈做成宽而短的(图1-6,b)，这样可减少铜的体积，于是由于磁滞和涡流而使铁心发热的功率损耗也减少。

直流线圈的匝数多，而导线的截面又较细；这可使线圈的热损失($i^2 R_{00}$)减少。相反的，为了减少感抗，交流线圈由匝数不多截面较大的导线绕成，以保证通过足够的电流。

表1-2中列入220伏交流和直流的某一种型号的接触器绕组的一些数据。

表 1-2

名称	匝数	导线直径毫米	有效电阻欧
直流接触器	20 200	0.25	1260
交流接触器	440	1.35	1.0

由于交流电磁铁衔铁的吸力脉振，引起磁系统的机械振动，发出难听的噪音，有时可使衔铁释放。为了减少衔铁的振动，通常在磁导体的铁心中镶入一个短路铜环。

当其他条件都相同时，具有交流接触器的动作速度比直流接触器快，因为在交流线圈时有效电流增长的速度比在直流线圈时直流电流增长速度大。

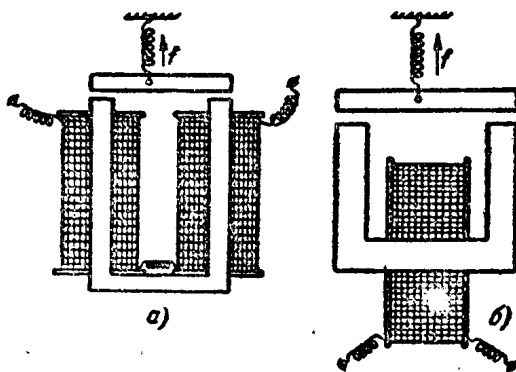


圖 1-6 接触器操作機構繞組线圈的構造
a—直流的；b—交流的。

带有过流保护元件的接触器 为了启动和停止电动机，时常采用带有过流保护元件的接触器。这种接触器通常称为磁启动器。

图1-7表示磁启动器的简单接线图，为了使图简化，只画出一相的保护元件(实际在两相上有)。按合闸按钮 B_{KA} 时， KB 线圈回路经过保护接点 $m'n'$ 而接通，接触器投入，主接点 mn 闭合。按钮 B_{KA} 释放后，合闸线圈回路经过辅助接点仍旧接通。

在 KB 线圈回路内有热继电器的接点 $m'n'$ ，继电器的热元件 T' 中有电动机的电流流过。当电动机过载时，继电器热元件的连片就变形，接点 $m'n'$ 将 KB 线圈回路断开。

这样，电动机就与网络断开。

应注意，当线圈 KB 的电源消失或加在其上的电压剧烈降低时，电动机也断

开。因此线圈 KB 也起低电压保护的作用。由于这个缘故，这种接触器不能保证电动机的自启动。

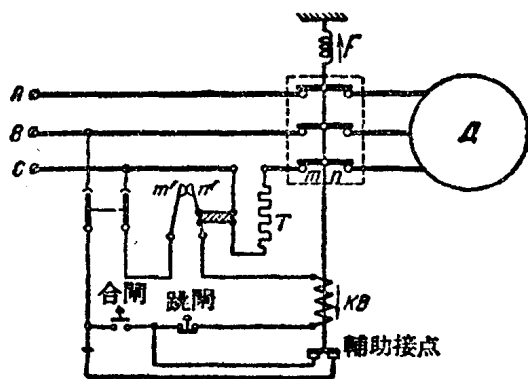


圖 1-7 帶有过电流保护元件的磁启动器的合闸简化接线图

在这种情况下为了保证自启动，用刀闸来替换按钮 B_{KL} ，当电动机启动时将它投入并且一直保持在投入的位置。

具有锁钩的接触器 假如由于某种原因在上述接触器中的合闸线圈 KB 回路被打开时，则接触器断开，使电动机与网络分开。在不允许由于上述原因而使接触器断开时，采用具有锁钩的接触器。圖 1-8 表示具有锁钩的接触器的操作机构接线图

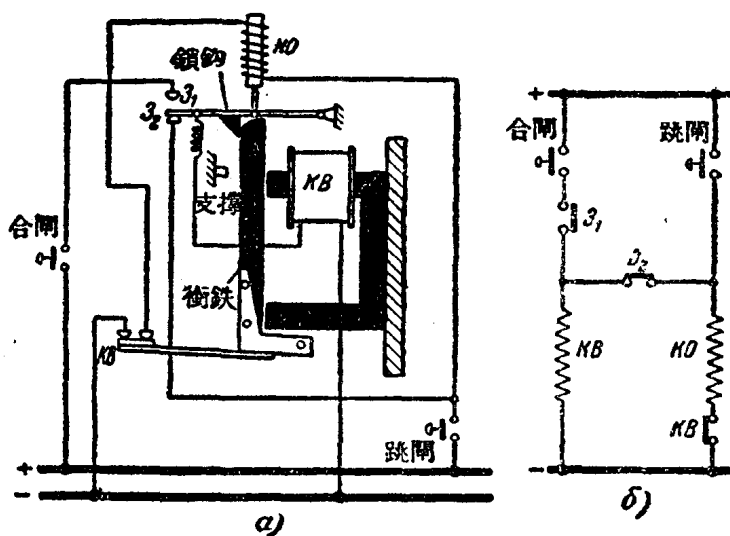


圖 1-8 具有鎖鈎接触器的操作机构接线图
a—構造原理圖； b—展开圖。

(接触器在合闸位置)。这种接触器启动后，其电磁铁的衔铁就机械地被锁钩锁住。

为了使接触器的衔铁释放，就必须使跳闸线圈 KO 的回路接通。当按钮 OTK 闭合时，合闸线圈 KB 的回路也瞬时接通。此时线圈 KB 瞬时将衔铁吸住并释放锁钩的齿。电磁铁 KO 的衔铁将锁钩抬起，将接触器的主衔铁释放同时打开接点 3_2 。于是，线圈 KB 回路断开，衔铁释放，接触器的主接点分开(圖 1-8 上未示出)。

接触器在分开位置时接点 3_1 闭合，因为此时锁钩的齿被衔铁活动部分的末端支住。当按钮 B_{KL} 闭合时，经接点 3_1 将接触器的合闸线圈 KB 回路接通，其衔铁被吸住并被锁钩锁住。此时接点 KB 和 3_2 闭合，而接点 3_1 打开。

衔铁延时释放的接触器 为了自动化的目的，不仅需要快速动作的接触器，并且还需要慢动作的接触器，因为在某些情况下控制回路的闭合和断开需要有时滞。采用特殊的时间继电器来达到这个目的是不适宜的，因为它们机构的钟摆机构很复杂，此外在四周空气不洁、潮湿和温度剧烈变化的条件下其动作也不够可靠。

同时对保证时滞准确度的要求也不高，时滞值不超过几分之一秒或者几秒。

因此在具有直流操作机构的接触器中，可利用电磁铁在动铁心释放时略具有的延时，这种延时可由经过接点 K 而短路的线圈(圖 1-9)中的过渡过程得到，或是利用装在电磁铁铁心上一个大的铜楔管来产生。

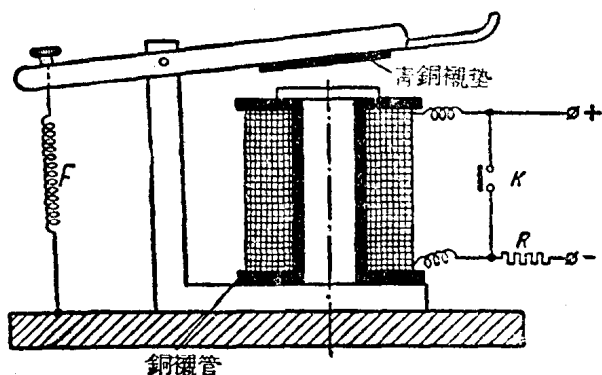


圖 1-9 銜鐵延時釋放的接觸器的操作機構構造原理圖

实际上，假如流过电流 i 的綫圈（圖 1-9）被接点 K 短路，則綫圈中电流不是瞬时消失，而是由于自感应的作用逐渐减少的（圖 1-10 中的曲綫 a ）。由此鉄心中的磁通也是逐渐减少的（圖 1-10 中的曲綫 δ ），这样就可以在某一定時間內使接觸器的銜鉄保持在被吸住的位置。

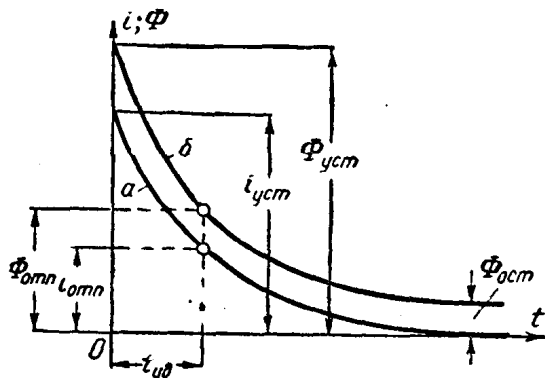


圖 1-10 具有短路綫圈（或匝）的电磁鉄內电流和磁通随時間变化的曲綫

众所周知，随時間变化的电流可用下列方程式表示：

$$L_{o\delta} \frac{di}{dt} + R_{o\delta} i = 0,$$

$$\text{由此 } dt = -\frac{L_{o\delta}}{R_{o\delta}} \frac{di}{i}.$$

銜鉄繼續保持在吸引状态时的時間 $t_{y\delta}$ ：

$$\begin{aligned} t_{y\delta} &= -\int_{i_{ycm}}^{i_{omn}} \frac{L_{o\delta}}{R_{o\delta}} \frac{di}{i} \\ &= \int_{i_{omn}}^{i_{ycm}} \frac{L_{o\delta}}{R_{o\delta}} \frac{di}{i}, \end{aligned} \quad (1-6)$$

式中 i_{ycm} ——接点 K 閉合前电流的稳定值；

i_{omn} ——鉄心銜鉄釋放时电流的最大值；

$R_{o\delta}$ ——电磁鉄綫圈的有效电阻；

$L_{o\delta}$ ——电磁鉄綫圈的自感系数。

同样的現象也發生在銅套內，它是由單匝綫圈組成的。

由所引用的方程式看出，銜鉄的延时间与綫圈銅套的时间常数 $T = \frac{L_{o\delta}}{R_{o\delta}}$ 有关，即綫圈（或銅套）的电阻 $R_{o\delta}$ 越小，則在其中所感应的电流和对应的磁通的衰減時間常数也越大。为了减少剩磁的磁通 Φ_{ocm} ，最好应用阿姆可（Армко）型号的鋼制成鋼心（ $B_{ocm} = 7500$ 高斯）。

为了避免銜鉄粘着不动的可能性，可在銜鉄上加釘一塊用非磁性材料（磷青銅）做成的特种襯墊。此外，可以由襯墊的厚度来調节銜鉄釋放的时滯，因为这样可以改变吸住銜鉄的磁通值。电机工業部契柏克薩尔斯基工厂出产的 PЭ-100 和 PЭ-180 型繼电器可以获得 2 和 10 秒以內的时滯。

1-3. 自动檢查用电器

a) 檢查非電量的繼电器的各种主要形式

任何自动裝置都由一些电器来启动，这些电器或檢查某一些量的变化，或監視某些机件或机組的位置，或是監視某一过程进行的特性，它們时常称为启动元件或启动機構。

在大多数情况下，启动機構的作用是由电的繼电器来完成，这些繼电器与繼电保护技术中所用的相似。但是也常常采用監視或測量非電量的繼电器来作为启动和控制機構。

最典型和常用的非电量继电器如下：
液面监视继电器；液体流速监视继电器；
压力监视继电器；转速监视继电器；等等。

液面监视继电器 圖1-11示出这种继电器的简图。

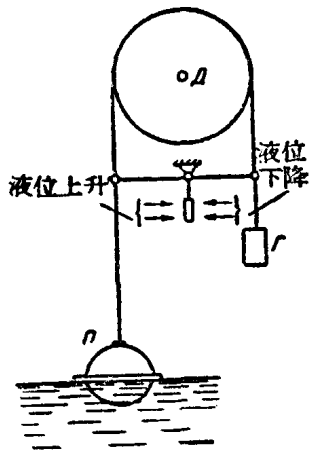


圖 1-11 液面監視繼電器的簡圖

用柔軟的綫將浮子 n 懸掛到圓盤 A 上，并用重物 r 使其均衡。綫的兩端由附有活動接頭的硬性橫臂連接着。當液面變更時，浮子相應的上升或下降。重物 r 也同樣的上升或下降，同時把圓盤 A 轉過某一角度。與綫兩端連接的橫臂將改變位置，使活動接頭與左面的或右面的靜接頭閉合。這些接點可以用來接通相應水泵的電動機的控制回路或是水力發電機的啓動和停止的控制回路。

液体流速監視繼電器 圖1-12示出这种继电器的简图。

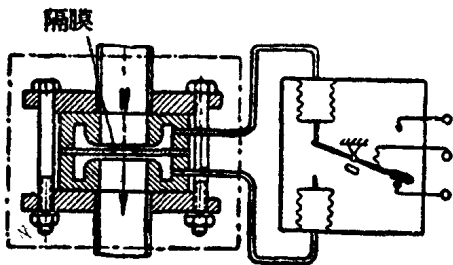


圖 1-12 液体流速監視的簡圖

在監視液体流速的管子里裝着一塊具有小孔的隔膜。液体流动时在隔膜前后所

产生的压降，經過連接管傳到具有能变化長度的擴張器的特殊继电器上。繞 O 点轉动的接觸槓桿的一端裝在擴張器中間。當压力差很大時，上面擴張器較長而使活動接點與上面的固定接點接通。假如液体流动停止時，則在隔膜上的压差也消失；在連接管中液体压力平衡，上面擴張器的長度收縮，这时候如圖1-12所示下面的固定接點與活動接點接通。接頭的这种切换可以用來使裝置的工作情况隨导管中液体流速的改变或液体流动的停止作相应的改变，例如使备用水泵启动。

压力監視繼電器(圖1-13) 这种继电器是以压力計的原理为基础的。把被監視的壓縮空气、蒸汽或液体送入管子，当压力改变时管子随着弯曲并改变着指針或接觸槓桿的偏差角。

因此，当被監視的压力改变时，指針或接觸槓桿对应地向右或向左偏移，把某些个接點接通。接觸槓桿的偏移可以用來改变裝置的工作情况。

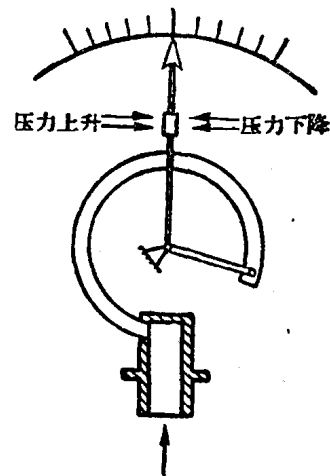


圖 1-13 压力監視繼電器的簡單構造原理圖

旋轉角速監視繼電器 圖1-14表示这种继电器的可能結構之一的簡圖。當軸的轉速改变時，受重物离心力的影响，与重物相联接的接合器就上升或下降。与接合器相联的接觸槓桿位置改变时就对应地將上面或下面的接點閉合。后者可用來改

变裝置的运行情况。

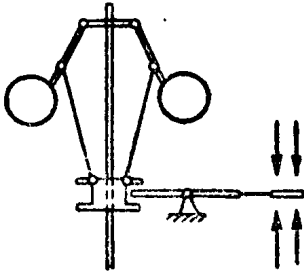


圖 1-14 旋轉角速監視繼電器的簡單構造原理圖

6) 監視機件軸轉動角度的儀器

在远处監視軸或軸心轉角通常采用自动同步儀器，在文献中称为自动同步器。儀器是根据交流电机原理而动作的。儀器具有三相轉子和三相定子；三相轉子和單相定子以及單相轉子三相定子。

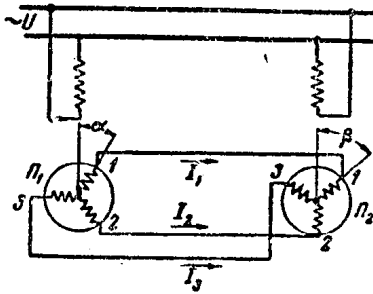


圖 1-15 自动同步儀器(自动同步器)連接的簡單接綫圖

圖 1-15 表示儀器定子為單相，而轉子為三相時的接入簡單接綫圖。儀器 Π_1 与系統相聯，該系統的軸的轉角是被監視的（傳送器）。儀器 Π_2 （接受器）与另一系統的軸相聯，這一個系統軸的轉角必須与被監視系統的軸的轉角相對應。在每個儀器定子繞組中的電流所產生的磁通在轉子的繞組中感應出對應的電動勢，它与轉子繞組對於定子繞組的磁通方向所轉動的角度有關。如圖 1-15 所示當相對位移角度為 α 和 β 時，在儀器的轉子繞組中感應出如下的電動勢：

在儀器 Π_1 中（傳送器）：

$$E_{\partial 1} = E_M \cos \alpha,$$

$$E_{\partial 2} = E_M \cos(\alpha - 120^\circ),$$

$$E_{\partial 3} = E_M \cos(\alpha - 240^\circ);$$

在儀器 Π_2 中（接受器）

$$E_{n1} = E_M \cos \beta,$$

$$E_{n2} = E_M \cos(\beta - 120^\circ),$$

$$E_{n3} = E_M \cos(\beta - 240^\circ),$$

式中 E_M ——轉子繞組与定子繞組軸重合時在轉子繞組中的電動勢。

在儀器 Π_1 和 Π_2 的相應各相中的綜合電動勢為：

$$E_{pe1} = E_{n1} - E_{\partial 1} = E_M (\cos \alpha - \cos \beta)$$

$$= 2E_M \sin \frac{\alpha + \beta}{2} \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$E_{pe2} = E_{n2} - E_{\partial 2}$$

$$= 2E_M \sin \left(\frac{\alpha + \beta}{2} - 120^\circ \right) \sin \frac{\alpha - \beta}{2};$$

$$E_{pe3} = E_{n3} - E_{\partial 3}$$

$$= 2E_M \sin \left(\frac{\alpha + \beta}{2} - 240^\circ \right) \sin \frac{\alpha - \beta}{2},$$

式中 $\alpha - \beta = \theta$ ——儀器 Π_1 和 Π_2 轉子位置不一致所形成的角度。

由于電勢差的作用，在轉子繞組中流過的電流 I_1, I_2 和 I_3 所產生的旋轉力矩：

$$M_{ep} = M_{ep.M} \sin \theta,$$

該力矩作用在儀器 Π_2 的轉子上，并且使它和儀器 Π_1 的轉子位置相一致。由最后方程式可以看出，當 $\theta = \alpha - \beta = 0$ 時，電動勢之差等於零，因而轉子繞組中的電流也等於零。這表明，略去損耗不計，當轉子位置不一致形成的角度 θ 等於零時，即當儀器 Π_2 轉子的位置与儀器 Π_1 轉子的位置正好一致時， Π_2 轉子的轉動就停止。

只有在這些條件下作用在轉子上的旋轉力矩 $M_{ep} = 0$ 。

自动同步儀器可用來監視彼此有一定關係的軸的轉動角度的情況。差動的自动同步儀器（差動式自动同步器，圖 1-16）也

被应用着。

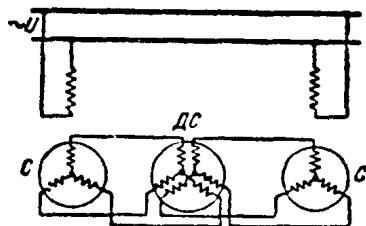


圖 1-16 差动式自动同步仪器的简单接线图
C—简单仪器；AC—差动式仪器。

当使用这种仪器时，它指示出对应的轴的转动角度之间的差值，或是发电机间或动力系统各部分间被比较的电角速度之差。

1-4. 复习问题

1-1. 将(图 1-3)的原理接线图化为展开图。

1-2. 将(图 4-33)的展开图化为原理接线图。

1-3. 利用接线图(图 1-2)来分析：假如将断路器投入正有短路的网络上，而按钮 B_{KA} 长期保持在闭合位置时，若没有防止多次合闸的闭锁装置，则断路器的电磁操作机构将如何动作。

1-4. 为什么当其他条件都相同时，交流接触器比直流接触器动作迅速？

1-5. 当具有锁钩的接触器的按钮 O_{TKA} 按下时，它的合闸线圈回路接通是为了什么？此时接触器如何断开？

1-6. 为什么直流接触器线圈的高度和宽度与交流的不同？

1-7. 接触器操作机构的线圈与普通断路器和具有锁钩的接触器操作机构的线圈所需满足的条件有何原则上的区别？

1-8. 在交流的铁心中为何要插入一短路圈？

第二章 电动机及同步补偿机的启动与停止的自动控制

2-1. 概 说

a) 用在发电厂中的电动机的类型

在现代发电厂特别是在火电厂的生产的工艺过程中，应用大量的电动机。在大多数情况下都采用鼠笼型异步电动机；在新式发电厂中很少采用绕线式电动机，仅在旧式发电厂中还可能见到。为了提高动力系统负荷的功率因数($\cos\varphi$)，近来扩大了同步电动机的应用范围(循环水泵、给水泵等)。按工艺过程的性质需要在大的范围内均匀地调节电动机转速时(如煤粉式发电厂中的给粉机等)，采用直流电动机。

众所周知，一切电动机都有相应的启动、停止、工作状态监视及在必要时调节转速的装置。对转速调节方法的研讨超出了本书的范围。在专门的电力驱动课程中

研究这些问题。本书所研讨的只是在电力系统中应用的电动机和同步补偿机的启动及停止的问题，这些问题在这里比在其他许多工业领域内较易解决。

电动机启动的自动控制的任务在于执行以下几种主要职能：

1) 保证把电动机正确的投入电力网；

2) 保证使电动机尽可能快的由静止状态达到额定转速；

3) 把转子及定子回路中的电流限制到允许值(在需要这种限制的地方)。

同时必须竭力保证自动装置的构造及运行中的维护尽可能的简单化。

在自动化的生产过程中，运行人员，或相应的监视电动机工作状态及生产过程的继电器和电器，都能够发出启动和停止电动机或改变其工作状态的原始信号(命令)。所以在研究电动机的启动及停止装