



雷 达 技 术 小 丛 书

继 电 器

3. 3. 阿 施 著



國防工業出版社

继 电 器

3.9.阿 施 著

武震声 译 · 董克群 校



國防工業出版社

內 容 提 要

这本小册子讲述电磁继电器、热继电器和机械继电器的结构及工作原理。同时研究雷达站中采用的一些继电器线路。

本书可供运用各种无线电技术装置的军官们作参考。也为从事无线电研究的广大读者所欢迎，以便详细了解雷达站各个组件和元件的工作情况。

РЕЛЕ
З. Э. Аш
ВОЕНИЗДАТ 1957

继 电 器

武震声译

董克群校

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第 074 号

国防工业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

787×1092¹/₃₂ 印张 2¹/₈ 42 千字

1958年9月第一版 1963年9月第三次印刷 印数：6,601—10,250册

统一书号：15034·202 定价：(10)0.34元

目 录

序	5
繼电器的工作原理、参量和分类	8
概論	8
繼电器的工作原理	8
繼电器的基本参量	9
繼电器的分类	14
接点	15
接点的分类	16
接点的工作过程	18
火花熄灭电路	19
电繼电器	24
非极化电磁繼电器	24
极化电磁繼电器	31
电子繼电器	34
机械繼电器	40
热繼电器	44
限时繼电器	48
繼电器綫路	56
繼电器閉鎖綫路	58
保护电路	60
发射机工作的自动操縱	64
跟踪系統的繼电器放大器	68

序

在我們的时代里，如不广泛采用能对各种类型机械和机組进行操縱、监督、調节和保护自动装置和遙控装置，技术的进一步发展是不可想象的。

在現在的机器里，許多工作过程都进行得非常快，以致人們沒有各种类型自动装置的帮助，就不能及时地用所需的准确度去操縱它們。尤其是对于雷达站，那里的工作过程是在千百万分之一秒的时间里进行的。現代飞机速度很高，要及时而准确地确定它們的座标，就必须实现自动化。甚至过去由观测員手操縱或通过电动机操縱的目标距离跟踪和角座标跟踪，也都需要自动化。

在雷达站里自动装置获得十分广泛的应用，高度准确、可靠的仪表及装置，代替人去完成各种技术过程。但是这并不意味着自动雷达站里全部过程都独立进行，而不用人来管理。观测員所起的作用不仅沒有降低，反而提高了，他負有更加重大的責任。現代的雷达站是一种复杂的自动化系統，要保証这个系統的正常工作的一个繁难的任务，因此比起操縱普通未自动化雷达站来，要求工作人員有更加高的技能。

繼电器是自动装置中最常用的元件之一。繼电器是这样一种仪器：在某种物理因素（电、热、机械等等）达到規定值时，它就在这种因素的作用下自动对被操縱系統里的物理过程，实行突然变换。

用来操縱电路的繼电器得到了最大的推广。这种繼电器当它所能反应的参量（譬如电流、电压、温度、压力等等）达到規定值时，其接点就对电路实行接通、切断或轉換。

繼电器的一个主要优良性能就是能以很小的功率去操縱大的功率，这一性能在很大程度上决定了繼电器在自动化线路中的广泛应用。譬如，只要几分之一微瓦功率的操縱信号就足够使电子繼电器工作，而該繼电器的接点在执行电路里却能完成几十瓦功率的轉換，也就是說这种繼电器的放大系数，或通常称为“操縱系数”可达 10^9 。

繼电器另一重要特性就是：能用各种不同的物理現象来操縱利用其他任何一种現象的系統。例如，可以利用电能来操縱温度、声音、光綫、运动、压力等等，又可以利用热能来操縱电流、声音、光綫、运动、压力等等，也可以利用机械能来操縱电流、温度、声音、光綫等等。

第一个电气繼电器是在1832年由俄国天才学者П.Л.細林格（1786~1837年）設計的，并应用于同年他所发明的电报机中。这个发明很快就超出了这个专用范围，現在已在所有的技术部門中应用着。

在細林格的发明以后，繼电器立刻就被广泛应用在当时其他俄国学者們的設計研究中去了。

譬如，在1839年科学院院士B.C.亚科必实现了在沙皇村（普希金城）与彼得堡（列宁格勒）之間的电报通信，当时就采用了电磁繼电器的原始設計。

在1844年K.И.康斯坦金諾夫研制出用来决定炮弹飞行速度的自动化系統，在这个系統里就采用了电磁繼电器。

在1863年A.П.达維多夫制造了原始电磁繼电器——

“中繼器”运用在他所发明的自动水雷里。

最后，在天才无线电发明家 A . C . 波波夫的第一台无线电接收机里（1895年），事实上也有繼电器线路。

苏維埃时代的学者、工程师、技术員、工人——做为生产革新者，对苏联工业所生产的各种各样的繼电器的計算和設計方面提出了許多新的东西。在研究各种电工合金的性質上，他們解决了一系列复杂任务，因而获得了許多新的电工材料，运用在各种电路中。

在偉大的卫国战争以后的时期里，自动化得到繼續发展，并应用到国民經济所有各个部門中，还更进一步过渡到整个工厂和电站的全盘自动化。

繼电器的工作原理、参量和分类

概 論

如上所述,繼电器是当它所能反应的参量达到規定值时,就以突变方式来操縱电的、机械的或任何其他装置。因此,繼电器通常由三个基本构件組成:

敏感(灵敏)构件——感受操縱作用,并使之轉变成对过渡构件的作用;

过渡构件——当操縱作用达到規定值时,过渡构件即将此作用轉給执行构件;

执行构件——实现被操縱量的突变。

用来操縱电路工作的繼电器,作为执行构件的是接点,但是也有不带接点的电子繼电器。

繼电器的工作原理

繼电器可以制成各种不同型式,用来感受各种物理現象(如电、磁、光、声、热、机械等)的作用。繼电器的敏感构件和过渡构件通常是将所感受到的作用轉变成接点的机械移动。

譬如,在电磁繼电器中(图1)敏感构件是电磁鉄,它把通过綫圈的电能轉变成在鉄心里的磁能。磁場作用于过渡构件——衔鉄(带反拉彈簧),产生将衔鉄吸向鉄心的力。当綫圈中电流超过規定值时,磁場就克服彈簧的反作用,衔

鉄即被吸向鉄心，因而实现接点系統（执行构件）的轉換。由此可見，在电磁繼电器的过渡构件里，磁能轉变成了推动銜鉄和活动接点的机械能。

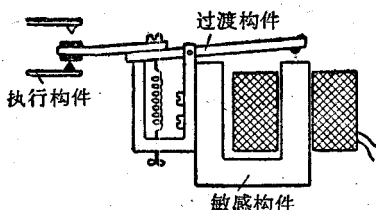


图 1 电磁繼电器的主要組成部分

热偶式电測繼电器^①的敏感构件是加热元件，它把电能轉变成热能，并将热能傳給过渡构件——双金屬片。双金屬片受热而弯曲，于是热能就轉变成机械

位移。在双金屬片达到一定温度时，也就是加热元件里电流达到預定值时，接点即閉合（或切断），从而实现被操縱电路的轉換。

由上述两个例子中，可获得关于繼电器各組成部分的功用及其相互作用的明确概念。

繼电器的基本参量

現在以直流非极化电磁繼电器为例，来研究一下繼电器的各特征阶段。

若將繼电器的綫圈接以直流电压，則綫圈里的电流將按指数增强，因为带有鉄心的綫圈具有很大的电感。电流增强的速度决定于电路的时间常数

$$\tau = \frac{L_K}{R_K},$$

式中 L_K ——在銜鉄移动的整个行程中綫圈电感量平均

① 这种繼电器将在后面作較詳細的討論。

值^①；

R_k ——线圈的有效电阻。

时间常数 τ 通常也可以由这样的时间间隔来决定：即从接入继电器时算起，到电流达到稳定值的0.632时为止。

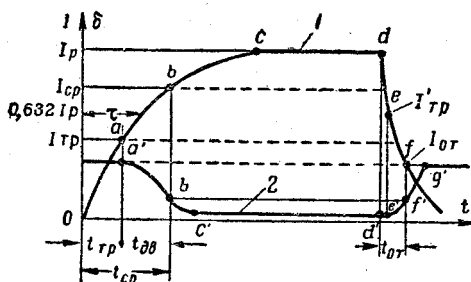


图 2 电磁继电器接通及切断时的瞬变状态曲线：

1—继电器线圈中电流的变化曲线；2—磁系统的空隙 δ 的变化曲线。

图 2 绘出的是：由接通继电器到切断继电器后电流完全回落为止，这段时间内其线圈中电流 I 的变化曲线（曲线 1）和衔铁与铁心间空隙 δ 的变化曲线（曲线 2）。绘制空隙变化曲线（曲线 2）时，没有考虑衔铁和与它联结活动部分的机械惯性。向继电器的线圈供电的瞬间，算作记录时间的起点（ $t=0$ ）。

继电器的全部工作循环可以分为四个阶段：吸合、工作阶段、释放和静止阶段。

吸合阶段是由继电器线圈接通电压起，到接点闭合为止的时间间隔。在该阶段内又可分为两个有代表性的瞬间：衔

^① 当衔铁运动时，线圈电感量的变化规律十分复杂。为了简便，我们取电感量平均值。

鉄始动瞬間 (a' 点) 和接点閉合瞬間 (b' 点) ①。

繼电器銜鉄开始运动所需要的电流量 (a 点), 称为吸合起动电流 I_{Tp} ; 而由供給电压起到銜鉄开始运动的时间間隔, 称为吸合起动時間 t_{Tp} 。起动电流值表示繼电器的不灵敏限度。

能使接点閉合的电流 (b 点), 称为吸合电流 I_{cp} , 而由供給电压起到接点閉合止的时间間隔, 称为吸合時間 t_{cp} 。

由銜鉄开始运动到接点閉合所对应的時間間隔, 称为运动時間 t_{db} 。由曲綫图可以看出, 吸合時間等于起动時間和运动時間的和:

$$t_{cp} = t_{Tp} + t_{db}$$

吸合电流值是表示繼电器灵敏度的一个十分重要的参量。用下面的方法可以改变繼电器的吸合电流值 (起动电流也同时改变): 例如調整反拉彈簧的拉力, 接入分流器并改变其阻值, 改变銜鉄和鉄心間的空隙等等。以上列举的几种調整方法 (尤其前两种), 多用在电流、电压过载繼电器及电流、电压低載繼电器中 (在电压繼电器中不用分流器而用附加电阻)。

工作阶段由开始对被操縱电路起作用 (接点閉合或切断) 时起, 到中断操縱信号 (即繼电器的綫圈与直流电源切断) 时为止。为使繼电器的接点閉合时保持可靠的接触, 必須使綫圈中电流的稳定值 (工作值) I_p 大于吸合电流 I_{cp} 。工作电

① 接点閉合后, 銜鉄仍繼續移动, 直到与接点彈簧的反作用力相抵消, 空隙成为一稳定值 (c' 点) 时为止。

流值与吸合电流值的比，称为安全系数 k_s 。

$$k_s = \frac{I_p}{I_{cp}}。$$

按照繼电器的工作条件，安全系数可有由1.5~4的不同数值。

繼电器的主要参量还有：連續工作时繼电器敏感构件（綫圈）所需要的功率 P_p ，被操縱电路的功率 P_y （接点所切換的功率），和操縱系数 k_y 。操縱系数表示在被操縱电路里的功率比敏感构件所需的功率大多少倍：

$$k_y = \frac{P_y}{P_p}。$$

很明显，这个系数是越大越好。操縱系数最大的要算电子繼电器（达 10^9 ）。非极化电磁繼电器的操縱系数在100以內。

釋放阶段由操縱信号中断（即繼电器的綫圈与电源切断）时起，到繼电器对被操縱电路的作用中断为止，即到接点断开为止（ $d'e'f'$ 段）。

將繼电器綫圈与电源切断时，綫圈里的电流不立刻减少到零值，而要經過一定的時間。曲綫1上的点d对应着繼电器的切断瞬間，而def段則表示电流降落的情况。

繼电器切断后，銜鉄在一定的時間里，仍处在吸合状态。当綫圈里电流减少到釋放起动值 I'_{rp} 时，銜鉄便开始被釋放。由切断繼电器时起，到銜鉄开始运动的这段時間間隔 $d'e'$ 称为釋放起动時間 t'_{rp} 。

銜鉄开始运动以后經過一定的時間（ $e'f'$ 段）接点便断开（ f' 点）。这个时刻称为繼电器釋放瞬間。接点断开时繼

电器线圈里的电流，称为释放电流 I_{or} ，而由切断继电器到接点断开所需时间，称为释放时间 t_{or} 。

继电器的释放电流通常要比吸合电流小些。释放电流与吸合电流之比，称为继电器的恢复系数；

$$k_n = \frac{I_{or}}{I_{cp}}。$$

这个系数^①对过载与低载继电器有十分重要的意义。

为了便于说明，现在探讨下面的例子。假定有一个监督电压的低载继电器，其额定电压为1000伏，应在850伏时动作。这就是说电压为1000伏时衔铁应被吸合，接点亦闭合，而当电压为850伏时接点应断开。为了满足这个工作条件，继电器的恢复系数应当是：

$$k_n = \frac{U_{or}}{U_{cp}} = \frac{850}{1000} = 0.85。$$

如果恢复系数小于0.85，则该低载继电器不在850伏时切断电路，或不在1000伏时闭合电路。如果恢复系数大于0.85，则低载继电器在电压还未减少到850伏时就切断电路，这也是所不希望的。

静止阶段由继电器对被操纵电路的作用中断（即接点断开）时起，到下一个操纵信号的始点（即到供给继电器线圈电压时）为止。在这段时间里继电器的衔铁和接点均处在起始位置（ g' 点）而继电器的线圈被遮断电流。

① 恢复系数，同样可以用释放电压与吸合电压的比来表示： $k_n = \frac{U_{or}}{U_{cp}}。$

繼电器的分类

繼电器可按照各种不同的特征来分类。

按照所感受的物理現象的种类，繼电器可分为电繼电器、热繼电器、机械繼电器、光学繼电器、声学繼电器等等。

按照敏感构件的作用原理和构造，电繼电器可分为电磁式（非极化的和极化的）、磁电式、电力式、电子式、离子式和感应式等等。热繼电器可分为热絲繼电器、双金屬繼电器^①、熔断繼电器等等。

按照敏感构件所感受的参量，电繼电器可分为：电流的、电压的、功率的、頻率的、相移的等等。机械繼电器可分为：作用力的、位移的、速度的、加速度的、頻率的等等。

按照用途（在雷达站里）可分为：

起动繼电器（接触器，磁起动器）——借助操縱台上的电鈕来接通和切断各种不同机組（雷达的个别部件和电动机等等）；

过载繼电器——当电流（电压、温度、压力等等）大于規定值时将所监督段电路切断；

低載繼电器——当电压（电流、温度、压力等等）小于規定值时将所监督段电路切断；

限时繼电器——在起动后經過一定時間才吸合，以保証接通电路时所必須的时延。

① 这种繼电器也可以叫热偶繼电器。——譯者

按照繼電器所能操縱的功率，可分以下幾類：

小功率繼電器（操縱功率 $P_y \leq 1$ 瓦）；

中功率繼電器（ $P_y = 1 \sim 10$ 瓦）；

強功率繼電器（ $P_y \geq 10$ 瓦）。

按照繼電器的吸合時間，可分為：

無慣性繼電器（吸合時間 $t_{ep} < 0.001$ 秒）；

速動繼電器（ $t_{ep} = 0.005 \sim 0.05$ 秒）；

普通繼電器（ $t_{ep} = 0.05 \sim 0.15$ 秒）；

緩動繼電器（ $t_{ep} = 0.15 \sim 1$ 秒）；

限時繼電器（ $t_{ep} > 1$ 秒）。

不言而喻，繼電器還可依據其他特征（如依據過渡構件與執行構件的結構原則）進行分類，但我們所舉的只限於雷達裝置里的繼電器的基本類型和分類法^①。

接 點

繼電器的工作質量在很大程度上決定於接點的工作，因為接點是執行構件，它實現必要的電路轉換。

對接點有以下要求：

電路連接的可靠性；

持久性（在長時間工作過程中，機械及電氣性能不變）；

不影響被操縱電路里的脈沖形狀和寬度。

最後的要求由以下條件來保證：

① 關於較詳細的繼電器分類，可參看例如B.C.索茨濶夫所著“
控設備元件”，蘇聯動力出版社，1950年版。

接点閉合后不发生振动;

接点压力的变化为最小(压力不稳定是接点之間电阻发生改变的原因, 因而使脉冲的形状和宽度发生畸变);

接点断开时不发生电弧(发生电弧就延长电路的切断时间, 因而使被操縱电路里的脉冲加宽)。

接点的分类

根据接点所切换的功率, 可分为小功率接点(1 仟瓦以下)和大功率接点(1 仟瓦以上)。用来将雷达站的个别部件或部分接通交流电压, 以及接通各种电动机和其他各种装置的起动繼电器, 几乎都带有大功率接点。

几乎所有操縱起动繼电器工作的輔助繼电器, 均带有小功率接点。而小功率接点常常又分为: 普通型(100 瓦以下), 加重型(由100 瓦到200 瓦)和最重型接点(达 1 仟瓦)。

按照接点的用途可分为以下三类(图 3):

动合接点;

靜合接点;

轉換接点。

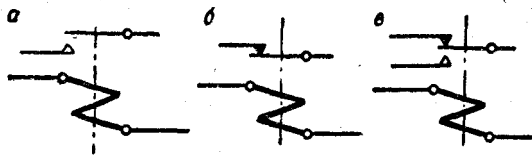


图 3 接点的分类:

a—动合接点; b—靜合接点; c—轉換接点。

当繼电器吸合后閉合的接点属于第一类。通过綫圈的电流值等于零时, 通常認為繼电器是处于正常状态。因此, 动合