

基本馆藏

11150

電器繼電器 原理與設計

楊傑 沈善澄 編著



中國科學圖書儀器公司

出版

電話繼電器原理與設計

楊 傑 沈善澄 編著

中國科學圖書儀器公司

出 版

內 容 提 要

本書係著者根據在工廠中實際工作的經驗及在浙江大學執教時常用的資料編寫而成。全書共分九章，首先講述一般電話繼電器的原理和設計，其次討論交流及極化繼電器的原理和設計，最後專論電話繼電器的定時原理。

本書可供高等學校有線電訊或其他有關專業系科作為教材之用，亦可供電訊工作人員和研究自動化裝置的同志們作為參考之用。

電話繼電器原理與設計

編 著 者 楊 傑 沈 善 澄

出 版 者 中 國 科 學 電 氣 工 業 公 司

上海延安中路537號 電話 64515

上海市書刊出版業營業許可證出字第二七號

經 售 者 新 華 書 店 上 海 發 行 所

★ 有 版 權 ★

EE. 30—012 147千字·開本：(762×1056)公·印張：8.64

定價 ¥ 11,300 1954年11月初版第1次印刷 1—2,000

序 言

在祖國進行社會主義工業化的時候，許多規模巨大的各種工廠將有計劃地迅速地建立起來。爲了提高機械的生產力與減輕體力勞動，我們就需要學習蘇聯的先進技術經驗，在各種複雜的生產過程中，全部或局部採用自動化的裝置。但是依照我國目前的情況，離開這個要求還是很遠的。除了依靠蘇聯的無私援助外，就需要我們大家在這方面多作努力，也就是對於自動化裝置的理論和機械，加以很好的研究，以適應祖國社會主義工業化的需要。

自動裝置的主要機件，就是各種不同類型的繼電器。它的功用就相當於一只電氣開關。關於專門討論各種繼電器的原理，設計和製造等的書籍，目前在國內尚很缺乏，就連一本有系統而比較完整的著作，也找不出來。這確是國內工程技術書籍方面所亟須填補的一個缺陷。本人前在工廠裏工作時，對於電話繼電器定時問題很有興趣，曾下了一番工夫，加以研究。在解放後執教於浙江大學，因教學上的需要，蒐集了一些關於電話繼電器的教材。因此，很早就想把這些資料，加以整理和組織，寫成一本專門討論各種電話繼電器的原理和設計的書籍。可是因爲教學工作的繁忙，未克如願。在去年秋天偶然與沈善澄同志談及此事，他非但給我很大的鼓勵，並且自願承擔一部份編寫工作，即本書中的第三、四、五、章由他負責。故本書由於沈同志的合作，於今年三月間就全部脫稿。這一點是值得特別提出加以說明的。

本書內容共分九章，從第一到第六章講解一般電話繼電器的原

理和設計，第七第八兩章討論交流及極化繼電器的原理和設計，末了一章專門討論電話繼電器的定時原理。本書所採用的單位，為合理化的米，千克，秒制，以符合實用上的需要。雖然本書的篇幅不長，討論亦不夠深入，但關於各種電話繼電器的基本原理與設計，已作適當詳盡的討論。用於自動化裝置中的其他類型的繼電器其基本原理和設計要點，與電話繼電器亦大同小異。故本書可作高等學校有線電或其他有關專業的教本及電訊工作人員和研究自動化裝置的同志們的參考資料。

本書是在短的時間內編寫而成。在編寫的過程中，雖然抱着鄭重負責的態度，但錯誤的地方，在所難免。希望讀者予以指正和批評，以便在再版時加以修正。這是萬分歡迎的。

楊傑寫於浙江大學

一九五四，四，四。

目 錄

第一章 繼電器的概論	1
1-1 概論.....	1
1-2 繼電器的種類.....	2
1-3 繼電器理論一般的分析.....	2
第二章 電磁鐵的設計	5
2-1 概論.....	5
2-2 力的關係.....	5
2-3 磁性材料的性質.....	5
2-4 空氣隙的影響.....	7
2-5 實驗的結果.....	8
2-6 鐵芯的截面積與極面面積.....	11
2-7 拉力與負載特性.....	14
2-8 漏磁通與有用磁通.....	15
2-9 磁感應強度.....	15
2-10 安匝的積極比值.....	18
2-11 各種形狀的空氣隙的磁阻計 算.....	18
2-12 特殊問題.....	21
第三章 繞組的設計	25
3-1 繞組一般的要求.....	25
3-2 匝數與電阻的關係.....	25
3-3 幾種有用的關係.....	30
3-4 單繞式繞組的實用求法.....	33
3-5 經濟問題.....	41
3-6 絕緣問題.....	49
第四章 溫度特性	54
4-1 概論.....	54
4-2 繼電器的溫度限制.....	54
4-3 繼電器中熱的各種關係.....	58
4-4 溫度的測定.....	70
第五章 接觸釘的製造與設計	72
5-1 概論.....	72
5-2 一般的要求.....	72
5-3 接觸釘材料.....	73
5-4 工程上的問題.....	75
5-5 接觸釘的設計.....	82
第六章 接觸簧片的設計	84
6-1 概論.....	84
6-2 簧片的應力和彎曲.....	85
6-3 實用簧片組合設計.....	96
6-4 避免顫動的簧片設計.....	102

第七章 交流繼電器..... 112

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| 7-1 概論..... 112 | 7-5 消除銜鐵的振動——慣性法 120 |
| 7-2 交流繼電器的特性..... 113 | 7-7 消除銜鐵的振動——雙銜鐵法..... 120 |
| 7-3 交流繼電器的損耗..... 115 | 7-8 消除銜鐵的振動——散極法 122 |
| 7-4 短比繞組的效應..... 118 | 7-9 銅環的計算..... 129 |
| 7-5 有效電阻和電抗..... 118 | |

第八章 極化繼電器..... 132

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 8-1 概論..... 132 | 8-3 永久磁鐵的設計..... 140 |
| 8-2 動作的一般原理..... 133 | 8-4 極化繼電器的應用..... 153 |

第九章 繼電器定時的原理..... 163

- | | |
|-----------------------|-----------------------|
| 9-1 概論..... 163 | 9-3 繼電器的釋放時間..... 189 |
| 9-2 繼電器的動作時間..... 163 | 9-4 時間的測定..... 199 |

第一章

繼電器的概論

1-1 概論 繼電器是一種電動的開關。它的主要功用，當它的繞組內有電流繼續流過或中斷的時候，能使一個電路開啓或閉合。但在某種應用場合中，只是依靠它的繞組內電流大小的變動，也能得到同樣的結果。繼電器的主要類型雖為電磁式，但亦包括其他類型如真空管或氬氣放電管等。因為在某種情況之下，它們也能完成上述的作用。按照定義，電磁式繼電器可分為兩個不同類型：(1)電磁接觸器(有時也叫做繼電器)，是控制大的電動機或其他之用。它能容受大的電流。(2)電磁繼電器，是專供通信，信號，自動化裝置及遙遠控制之用。它們的動作電流，一般都是小的。

以上第一種類型的接觸器，在工業各部門中現已很廣泛地應用。這種接觸器需要長的衝程與大的拉力的電磁鐵。因為它們是在電力系統內動作，故電力費用不是很重要的因素，重要的是它們的結構的大小及製造費用。所以在設計這種類型的接觸器時，溫升即被認為一個重要的限制。本書對這種類型的接觸器，不擬加以討論。

關於第二種類型的繼電器，目前應用範圍，已日見增大。它們需要短的衝程和小的拉力的電磁鐵。這種類型繼電器的設計，與上面所講的接觸器不同之點，就是須將電力費用或靈敏度作為我們設計時重要的限制，而發熱問題反處於次要的地位。在新型自動電話中，這種繼電器應用數目之多，不下數千種。正因為電路中包

括繼電器的數字越來越多，所以電路設計，也就愈來愈複雜。在這種情況之下，繼電器的定時問題，就成為設計上一個急需解決的問題。

1-2 繼電器的種類 在 1-1 節中所討論的小電流繼電器，可以分類如下：

- (1) 信號：其主要的應用為
 - (a) 鐵路
 - (b) 交通
 - (c) 其他：火警，盜警等
- (2) 通信：其主要的應用為
 - (a) 電話
 - (b) 電報
 - (c) 無線電
- (3) 遙遠控制及自動化裝置：其主要的應用為
 - (a) 電壓調整器
 - (b) 電流調整器
 - (c) 溫度調整器
 - (d) 濕度調整器
 - (e) 速度調整器

以上所說的調整與控制工作，完全根據電壓，電流，溫度，濕度速度等的變動，而使繼電器發生動作來完成的。

1-3 繼電器理論一般的分析 根據以上所述，雖然繼電器的式樣很多，但它們的基本原理却是大同小異。繼電器的組成部份，--

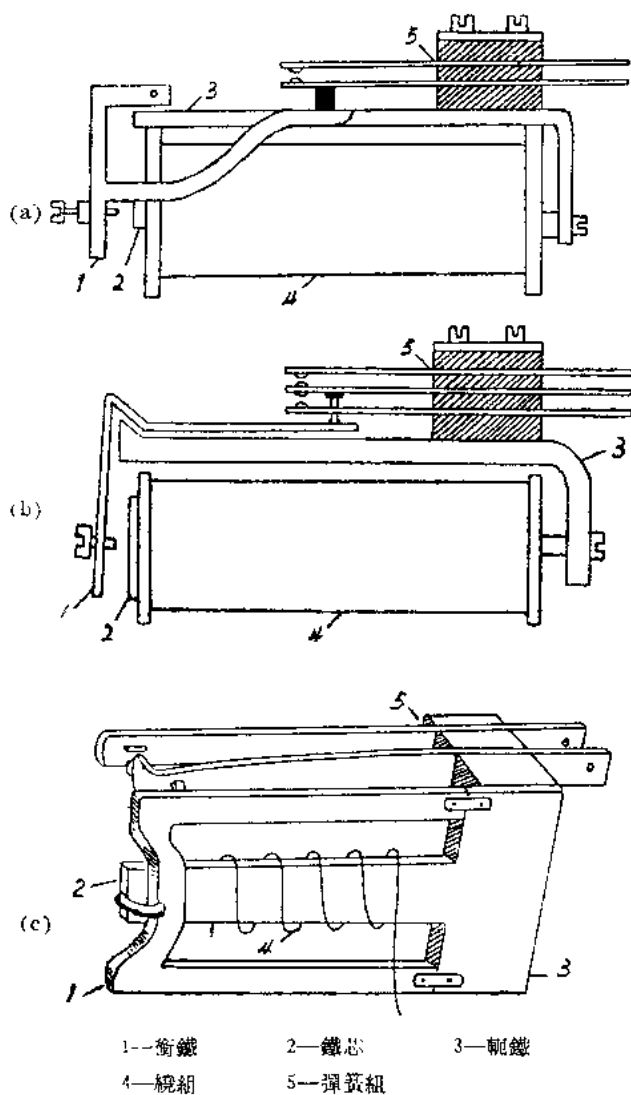


圖 1-1 現用的電話繼電器

般可分為鐵芯，軛鐵，銜鐵，繞組及彈簧組等五部分。茲為便於說明起見，將現用的電話繼電器由圖 1-1 表示之。

繼電器的磁路部份包括一般都用軟鐵做成的鐵芯，軛鐵及銜鐵三部分。但為了達到某種需要的目的，這數部份有時也用特殊材料來製造。在磁路內因為鐵芯（極面）與銜鐵間的空氣隙為磁阻的主要部份。故在某定值電流流過繞組時，銜鐵的位置為決定磁通大小的重要因素。

繼電器的繞組是在鐵芯的外面。有效的繞線空間是隨鐵芯直徑的大小，軛鐵的厚薄，以及繼電器的類型而定。如繼電器裝有銅環時，則繞線空間將被減小。

繼電器的彈簧部份（彈簧組），一端固定於軛鐵的後端，另一端可以自由移動為了各彈簧間能互相很好的接合或分離，彈簧接點間不但須有足夠的距離，而且接觸釘在接觸時須具有適當的壓力。

以上所講的繼電器各部份，如果加以適當的裝置，在有電流流過繞組時，鐵芯即被磁化，使磁路內產生磁通，而銜鐵即被鐵芯吸引。因此，彈簧組中某些簧片被銜鐵的一端所推動。以致各簧片間就產生預定的動作。某些簧片互相分離而另一些簧片互相接合。當繞組內電流中斷時，磁路內磁通即行減小，銜鐵因受到簧片的壓力作用而回到原來的位置。

根據以上簡單的說明，已很清楚地知道繼電器的磁路及繞組兩部份，將輸入電能變為機械動作，再利用機械動作而轉使某些簧片閉合或分離。這樣，我們就可利用繼電器的動作來控制所要控制的電路，以完成一定的任務。

第二章

電磁鐵的設計

2-1 概論 從上面第一章的討論，知道繼電器的磁路，由鐵芯，軛鐵及銜鐵三部份組成。由於磁路與電路頗為相似，所以也可應用歐姆定律或克希荷夫定律來計算磁路問題。但在實際應用時，不像電路那樣簡單。例如，在電路中所有電流可以限制在導線內流過，但是在磁路內所有的磁通，不能很好地約束在我們所需要的途徑中，而常有向外散放的現象，成為漏磁。所以在設計電磁鐵的時候，對於這個漏磁問題，就需要加以特別注意。

2-2 力的關係 一般計算電磁鐵的拉力，都以磁路空氣隙中所通過的磁感應強度來決定。它的關係，可用下列公式表示之。

$$F = \frac{B^2 S}{2\mu_0} \dots\dots \text{牛頓} \quad (2-1)$$

上式中， $S \dots\dots$ 表示氣隙截面積(平方米)

$B \dots\dots$ 表示氣隙中的磁感應強度(韋/米²)

上式的應用，僅在下面所講的兩個條件完全符合時，方為正確。
第一兩極面必須互相平行。第二，磁通的方向須與極面互成垂直。當氣隙相當長時，因磁通的散放作用，致使磁通的方向不能與極面成垂直，於是空氣隙的有效截面積亦因而減小。

2-3 磁性材料的性質 在討論電磁鐵設計之前，對於經常應用

的幾種重要材料的性質，應該有適當的認識。茲將繼電器設計的幾個重要因素，羅列於下列兩表。

表 2-1

材 料	最大磁感應強度 韋/米 ² ($H = 3200$ 安匝/米)	相對數值		剩磁 (B_r) 韋/米 ²	矯磁力 (H_c) 安匝/米	電 阻 率	
		最大 導磁率	磁感應 強度			$\mu\Omega$ /厘米 ² $T = 20^\circ\text{C}$	比價
磁 性 鐵	1.65	.00535	.87	1.26	80	10	1
矽 鋼 4%	1.48	.00840	.48	.7	40	55	.8
45 錳鐵合金	1.56	.029	.55	.75	24	45	5.5
78.5 錳鐵合金	1.08	.0126	.80	.80	4	16	6.5

表 2-2

材 料	磁 化 度 (單位面積可能 最大拉力)	磁化難易 (導磁率)	操作性能	相 對 的		磁的前 史效應	價格
				動作速度	釋放速度		
磁 性 鐵	好	尚 好	好	差	差	重 要	低
4% 矽 鋼	尚 好	尚 好	差	好	好	中 度	低
45 錳鐵合金	尚 好	好	尚 好	好	好	很 小	高
78.5 錳鐵合金	差	很好	尚 好	尚 好	尚 好	略去不計	高

通常設計一繼電器時必須先知道下列所述各點：

- (1) 繼電器所要動作或釋放的負載
- (2) 繼電器裝置的空間
- (3) 動作或釋放的速度
- (4) 功率消耗的重要性
- (5) 設備的初建費用
- (6) 維護

設計時可從上面兩表中，根據不同的需要，選擇適當的材料。例如，從表 2-1 中，可知磁性鐵能供給最大的磁感應強度，因此，在需要用較小的磁性材料，而能推動較大的負載時，磁性鐵最為適宜。並且它的價值也比較便宜。如果所設計的繼電器的重點，是在動作或釋放速度時，則磁性鐵的低電阻率，因渦流關係，將使磁通的增加或減少而有延遲作用，以致影響繼電器的動作或釋放速度，所以在這種情形之下，不能採用磁性鐵。

以上所講的幾種材料的應用情形，可總述如下：

- (1) 磁性鐵…用於一般的繼電器
- (2) 矽鋼…用於高阻抗繼電器及交流電鈴(輕負載)
- (3) 45 鎳鐵合金…用於一般的快動與快放繼電器
- (4) 78.5 鎳鐵合金…用於長迴路或短迴路裏的信號繼電器，極化繼電器等

2-4 空氣隙的效應 磁路中的空氣隙或缺口能產生“自去磁”的作用。在需要除去原有磁場強度的情況下，此種作用是有很大的用處。總而言之，空氣隙的作用是增加磁路內的磁阻。從實驗中知道，如果將一條棒形的磁性物質，切割成為二部份後，再使接合。它的磁化率就大為減少，即使將切割兩端的表面，加以磨光，並儘可能的使之接觸良好，但對於磁感應強度也增加了一顯著的阻力。

計算磁路內接合處的作用，其簡便方法，是假定物質的導磁率與如何切割完全無關的條件下，來算出與接合處具有相同磁阻的空氣隙的闊度。

假定 $B =$ 由 H_1' 或 H_2' 所得到的磁感應強度

H'_1 = 棒未切割時所需的磁場強度

H'_2 = 棒已切割時所需的磁場強度

l = 棒的長度

A = 棒的截面積

X = 空氣隙的相當的闊度

根據磁路的基本原理,則得到

$$H'_1 l = \frac{B}{\mu} l \quad (2-2)$$

$$H'_2 l = \frac{B}{\mu} l + \frac{BX}{\mu_0} \quad (2-3)$$

由以上兩式得,

$$\frac{BX}{\mu_0} = H'_2 l - H'_1 l \quad \therefore X = \frac{\mu_0(H'_2 - H'_1) l}{B} \quad (2-4)$$

我們必須先從磁化曲線,依據相同的 B 值,來找出 H'_1 與 H'_2 的數值,從而再算出空氣隙的相當的闊度 X 。同時,我們知道 $\mu_0(H'_2 - H'_1)l$ 為使相同的磁感應強度通過接合處所增加的磁勢。在設計工作時,往往先假定一個相當的空氣隙。下列所說的一般原則,在設計工作上是很適用的。

光滑的接合面兩端不加壓力時,則並不比粗糙的接合面(即車床上割下後不加刮平)為好,它的磁阻相當於 .003 到 .005 厘米的空氣隙。如果在兩端施加壓力,則光滑接合面的磁阻,幾乎可以完全消滅,但粗糙接合面並不因增加壓力而磁阻有了大的改變。

2-5 實驗的結果 電磁鐵的設計,不能完全以理論計算為依據,但必須用實際試驗結果,作為最後決定的準繩。由試驗得出來的結果,不但予設計者提供了與預期的要求是否相符合的證明,而

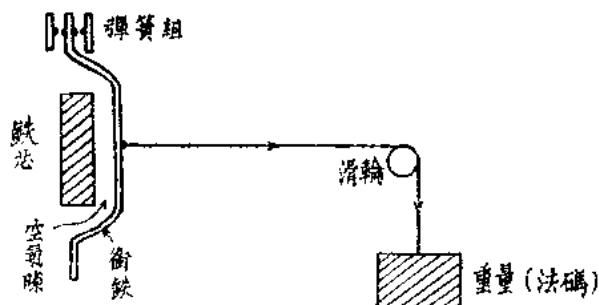


圖 2-1 拉 力 試 驗 裝 置

且也可幫助他們發現缺點以便加以改進。

由圖 2-1 的裝置，所得的拉力曲線，實為設計繼電器的有用資料。首先將空氣隙保持一定的長度，用不同數值的安匝，分別測出銜鐵上所受到不同的拉力。如果將空氣隙變為另一長度時，亦可按照上面的方法，得出另一組的變化。今若以橫坐標代表安匝，直

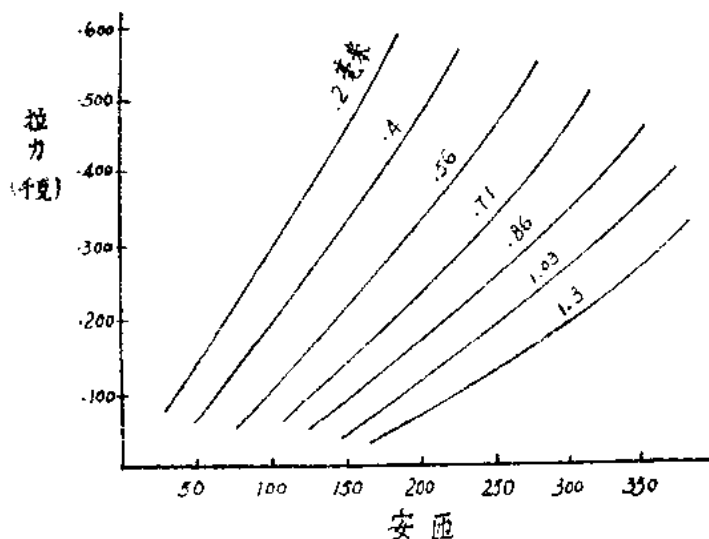


圖 2-2 安 匝 與 拉 力 關 係

坐標代表拉力，則畫成曲線如圖 2-2 所示。這種曲線的變化，說明了衝鐵與鐵芯間的空氣隙固定在某一定值時，繼電器輸入安匝與鐵芯所產生的拉力的關係。

從圖 2-2 所示曲線，又可推導出另一曲線如圖 2-3 所示。這曲線就說明了，當繼電器輸入安匝為一常數時，衝鐵的拉力與空氣隙的關係。在空氣隙小時，拉力很大。空氣隙逐漸加大時，拉力亦隨之減小。

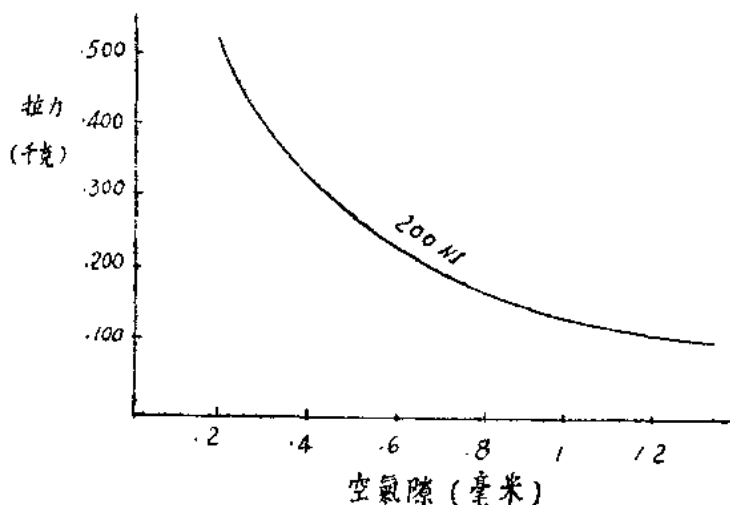


圖 2-3 空氣隙與拉力關係

如果在某一輸入安匝時，將拉力與空氣隙的長度相乘之積，與空氣隙的關係，繪出曲線如圖 2-4 所示。從這個曲線上可以發現在某一空氣隙時曲線顯示出特別高。就拿這個例子來說，拉力乘空氣隙長度的最高一點，適在空氣隙長度為 0.056 厘米的位置。因此，在已知空氣隙長度及負載的條件下，來設計一個電磁鐵，最好的設計，將用適當長度的工作空氣隙，來担负最大的負載。爲了要達到