

TF8-65C3

69905

電弧冶金爐自動裝置



重工業出版社

電弧冶金爐自動裝置

Ю. Е. 耶夫洛莫維奇著

中央重工業部翻譯科 孫 韓 朱鑑誌 譯

重工業出版社

電弧冶金爐自動裝置

АВТОМАТИКА ДУГОВЫХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПЕЧЕЙ

原著者: Ю. Е. ЕФРОЙМОВИЧ

原出版者: МЕТАЛЛУРГИЗДАТ (МОСКВА 1952)

中央重工業部翻譯科 孫競 朱鎮華 譯

重工業出版社 (北京東交民巷26號) 出版 新華書店發行

25開本 • 共 184 面 • 定價18,000元

初版 (1—4,000冊) 一九五四年四月北京市印刷一廠印

目次

序言	(1)
第一章 控制與操作設備	(4)
1、 控制電弧爐電極用PБЭ—2及PЭ—3型電磁式繼電器	(4)
2、 PЭ—100、ЭPЭ—100、PЭ—180及ЭPЭ—180型電磁式繼電器	(13)
3、 ЭТ—520 型電磁式繼電器	(15)
4、 ИТ—80 型感應式繼電器	(17)
5、 熱繼電器	(19)
6、 交流及直流接觸器	(21)
7、 制動電磁鐵	(28)
8、 反饋變阻箱	(29)
9、 筒形控制器	(33)
10、 操縱器械	(36)
11、 電阻器	(39)
12、 半導體整流器	(41)
13、 變壓係數均勻調整的自耦變壓器	(48)
14、 自動操作線路圖的繪製	(50)
第二章 交流及直流電力傳動裝置的操作	(57)
1、 電弧爐機械裝置的電力傳動	(57)
2、 鼠籠式感應電動機的操作	(57)
3、 用控制器操作爐體傾動電動機	(59)
4、 用接觸器操作繞線轉子式感應電動機	(61)
5、 電壓級段變換裝置的遠距離操作	(66)
6、 直流電動機的操作	(68)
第三章 電弧爐的電氣特性及能量平衡	(74)
1、 導電線路之電氣參數	(74)

2、設備的短路電流	(78)
3、電爐電氣工作條件之特性	(79)
4、電弧煉鋼爐的能量平衡	(82)
5、交流電的強力弧光放電	(85)
第四章 電弧爐用繼電接觸式調整器	(87)
1、繼電接觸式調整器的主要型類和對它們的要求	(87)
2、電弧煉鋼爐用最簡單的繼電接觸式調整器	(88)
3、煉鋼爐用 XЭМЗ 型繼電接觸式調整器	(95)
4、煉鋼爐用 ЦПА 型繼電接觸式調整器	(97)
5、熔礦爐用帶感應電動機的繼電接觸式調整器	(101)
6、煉鋼爐調整器在工作中的主要故障及其檢查和消除的方法	(106)
7、熔礦爐調整器在工作中的主要故障及其檢查和消除的方法	(110)
8、調整器的操作、維護及定期檢修	(113)
第五章 繼電電機式調整器	(116)
1、繼電電機式調整器的構造及其作用原理	(116)
2、改進的繼電電機式調整器	(123)
3、繼電電機式調整器在工作中的主要故障及其檢查和消除的方法	(127)
4、調整器的操作、維護及定期檢修	(129)
第六章 電機式調整器	(131)
1、功率放大機的作用原理	(131)
2、電機式調整器的被調整值測定及比較系統	(136)
3、調整器的靜特性	(138)
4、反饋線圈的用途和作用	(142)
5、接線系統中穩定元件作用之分析	(145)
6、帶再生式功率放大機的調整器	(149)
7、帶反應式功率放大機的調整器	(154)
8、調整器在工作中的主要故障及其檢查和消除的方	

法	(160)
9、調整器的維護及定期檢修	(162)
第七章 電弧爐的繼電保護裝置	(166)
1、總論	(166)
2、過電流保護	(168)
3、用瓦斯繼電器保護變壓器	(174)
參考文獻	(177)

序 言

電弧煉鋼爐及熔礦爐主要是用以熔煉高質量特殊鋼和合金。

一般說來，所有的電弧煉鋼爐及熔礦爐均配有電極自動操作裝置。

自動調整器保證準確地維持規定的電氣工作條件，使設備獲得較高的生產率，減少電能及電極的消耗量，以及提高所熔煉的金屬和合金的質量。

煉鋼爐的主要熱能是取自強力的弧光放電。熔礦爐的熱能則根據合金的物理性質及電氣工作條件，其大部分或小部分是靠電流通過爐料所發生之熱而獲得的。

在電爐的電氣參數、技術操作過程為正常和電極不動的情形下，熔礦爐的爐內電流及其所需之功率，或在數分鐘內根本不發生變化，或者有時與額定值只發生較小百分數的偏差。

因為熔礦爐的最大生產率與平穩的操作及向爐內輸入最大允許功率有關，所以在這種情形下調整器的任務，是在電極升降次數為最少的條件下，自動地維持着適宜的電氣工作條件。通常熔礦爐電能的最大輸入量是在電流維持正常時獲得。因此，熔礦爐的調整器，一般是測定電爐的每相電流並及時地維持其正常值，為此，由爐料內提出電極或將電極放入爐料內，直至爐內電流達到規定值時為止。

由於熔礦爐的工作條件具有穩定的變化特性，可以用手動操作三個電極來保證電流值的調整。但是，這時功率的偏差一般地較自動操作電極時大3—4倍。因此，自動化電爐的生產率有所提高，而電能消耗量減小。

電弧煉鋼爐的調整條件及任務頗為複雜。在熔化冷料時，長度數公厘的電弧在不甚大的範圍內就產生出功率達數千瓩的電能。此時，電弧的溫度達數千度。在這種情況下，金屬於電極之下迅速而激烈地熔化、蒸發、飛濺，並且電弧移到附近的金屬塊上，於是電弧長度，電流及功率迅速不斷地發生變化。

電流小於額定值時，輸入爐內之電能減少，熔化時間拖長，電能及電極之消耗量增大等。電流大大增高時，雖僅是數秒鐘，亦能使線路內之電能損失增大，減少輸入爐內的電能及降低設備的上述各種工作指標。此時，電弧長度大大縮短，特別是電極與赤熱或液體金屬接觸時，實際上會使金屬遭受增炭的危險，而這種現象在熔煉各種主要的鋼和合金時是不容許有的。

於是，於電弧煉鋼爐內維持其適宜的電氣工作條件乃是一項特別艱難的任務。熔煉出來的金屬之價值及設備的大功率均視此一重要任務完成的如何而

定。此任務通過調整器完成的愈完滿和愈好，則設備的生產率、金屬質量及其他各種技術和經濟工作指標就愈高。

對煉鋼爐來說，操作人員不可能依手動方法完滿地担负起調整電極位置的任務。由手動操作改為自動操作，可使熔煉時間縮短13—16%，而電能的消耗量則可減低8—9%。

但是，並不是所有自動調整器都能保證電爐的最高工作指標。

十五年前，有些電爐所使用的繼電接觸式和繼電電機式調整器均有很多缺點，並且不能保證所需要的調整準確度及向爐內輸入電能的均勻性。

甚至在許多煉鋼爐上試驗使用的外國製造的新式電機式調整器亦僅能保證很低的調整質量。這就是說或者調整的準確度及電極昇降速度低，或者使電極隨着金屬熔化過程而發生串動現象。

產生上述情況大半是由於對交流強力電弧及其調整條件未加以充份研究的緣故。

電弧及第一個弧光燈差動調整器的發明權威和榮譽是屬於俄國學者們的（科學院士 В. В. 別特洛夫於1802年發明電弧，科學家 В. Н. 契克列夫於前世紀七十年代發明弧光燈差動調整器），他們曾特別地明確了關於交流強力電弧的規律性及保證煉鋼爐和熔礦爐適宜工作所需之條件等問題。基於科學工作者們，首先是 С. И. 特里斯教授多年所進行的電爐電弧及電氣工作條件的試驗，電弧爐調整的基本理論得到了發展，並且製造了國產的電機式調整器，這是一種最先進和具有最大經濟技術效應的調整器。於是，以國產 AP—2型電機式調整器代替列奧納爾德——奇里（Леонард—тирриль）型繼電接觸式調整器，就能夠保證使電爐生產率提高4.4%，電能消耗量減少5.5%，大量節省電極，並能使廢品減少四分之三，以及增加高級不銹鋼的產量等。

但是，改善電爐的工作，不只是限於更換以較為先進的調整器這一途徑上。許多工廠在改善金屬質量的條件下，曾以 ХЭМЗ 型繼電接觸式調整器大大縮短了熔化時間（至12%），並節省了電極消耗量（2%）；有許多設備甚至用改善繼電電機式調整器的方法亦改善了它們的工作。所有這些調整器及其改善的方法均於本書各章內分別敘述。

使所有設備精確地工作並沒有停工現象，這對自動化電弧冶金爐的工作指標具有重大意義。應當指出，例如若於每次熔煉時間內停工時間增加10分鐘時，則電爐的生產率平均降低2.5%以上，電能消耗量增加0.6%。

正確組織操作，仔細檢視設備，及時組織定期檢修，嚴格遵守調整器維護規程及各種定額就能保證使自動化設備的電氣裝置不停歇地工作，並能使電弧冶金

爐獲得較爲良好的工作指標。

只有清楚地理解理論及每件器械和整個線路的作用原理，才能正確地操作自動調整器。

使電氣冶金設備精確而無故障地工作，担任操作和定期檢修電氣設備工作的中級和初級技術人員在這方面負有重大責任。

第一章 控制與操作設備

1. 控制電弧爐電極用 $PEB-2$ 及 $PB-3$ 型電磁式繼電器

電磁式平衡繼電器通常用在煉鋼、煉低碳鉻鐵及其他合金等電弧爐的電極自動操作線路中。電磁式電流繼電器則用在熔煉過程穩定的鐵合金爐的電極自動操作線路中。此種鐵合金爐用以熔煉矽鐵、錳鐵、矽錳及其他合金等。

現有的許多電爐，其中大部分是採用哈爾科夫電機工廠 ($ХЭМЗ$) 製的、與二〇——三〇年期間的結構相似的平衡及電流繼電器。在結構上較為先進而完善的，便是 $УЛА$ (註) 工廠製的 $PEB-2$ 及 $PB-3$ 型繼電器，現敘述於下。

$PEB-2$ 型繼電器 ($PEB-2$ 表示：平衡，電磁，第二次改製) 的外形如圖 1 所示。

繼電器的構造和作用原理於圖 2 中示出。

繼電器由四個主要部件組成：測定系統，接觸裝置，電磁式阻尼器及反饋線圈。

測定系統內包括以下幾種主要原件：測定線圈 1 及 2；兩個可動鐵心 3；滾動銅筒 4；兩個螺旋彈簧 5，銅筒 4 用來帶動可動觸點，同時並是阻尼器裝置的一部分。

當有電流通過測定線圈時，每個測定線圈就力圖吸引鋼質鐵心 3。

線圈引力 P 與電流平方成正比，可由下列方程式計算得出：

$$P = KI^2 \text{ 克} \quad (1)$$

式中： K ——常數，與繼電器參數有關。

I ——通過線圈之電流。

$PEB-2$ 型繼電器的 $K = 185 \text{ 克/安}^2$ 。

例如，若 $I = 0.8$ 安時，繼電器引力則等於： $P = 185 \cdot 0.8^2 = 185 \cdot 0.64 = 119 \text{ 克}$ ；而 $I = 1$ 安時，則 $P = 185 \cdot 1^2 = 185 \cdot 1 = 185 \text{ 克}$ 。

電磁式繼電器所產生的引力與鐵心和線圈的相互位置有關 (圖 3)。如果鐵心中心點與線圈中心點之間的距離 l 等於零，即鐵心與線圈之位置互為對稱時，繼電器所產生之引力則等於零。

引力隨着鐵心下移而迅速增加，當 $l = l_0$ 時便達到最大值。鐵心再繼續下移

註：黑色冶金部黑色冶金電氣公司 (Энергочермет. МЧМ) 自動裝置中央試驗所。

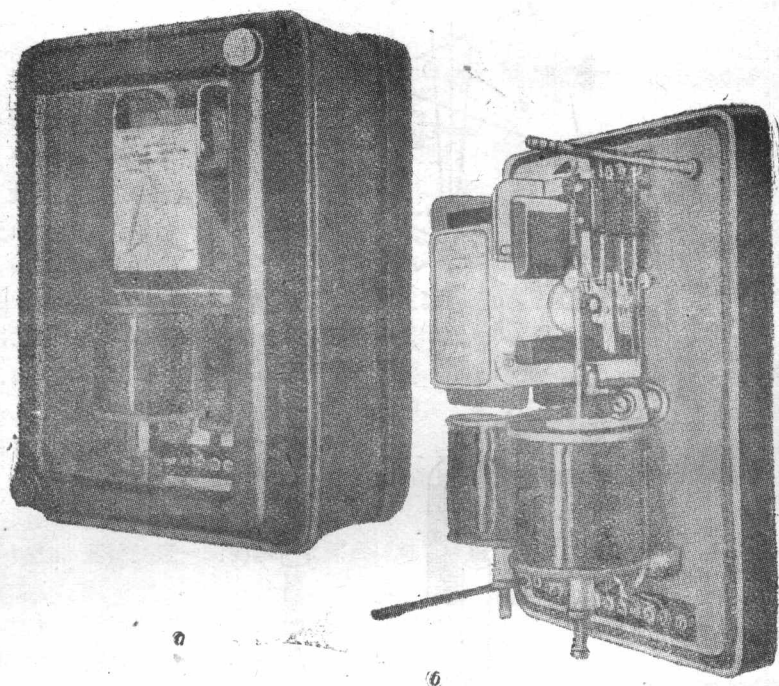


圖 1 PB3—2型電磁式平衡繼電器
a——繼電器外形；b——不帶外殼時。

時，引力却減少。 l 等於無限大時，引力則近似於零。

PB3—2 型繼電器的鐵心中心點應固定於距離線圈中心點為 l_0 之處， l_0 約等於18公厘。在這種情況下，用最小的電流即可取得所需之引力，從而繼電器線圈之溫升亦為最低。

在鐵心位置 l_0 變動不大的情況下，引力不發生變化。這時引力只與線圈內的電流有關，而與鐵心在必要的移動範圍內的位置並無關係。

PB3—2型繼電器測定線圈的額定電流等於0.9安。因而，每個測定線圈所產生的引力等於150克。

繼電器的接觸裝置（見圖2）由六個觸點組成。正中兩個觸點6固定於銅筒上，並隨之一同轉動。觸點間的距離，可以用調整螺絲7來變更。兩個中間觸點8，稱做繼電器正常觸點，固定於兩個彈簧片的端部上。每個正常觸點8均有兩

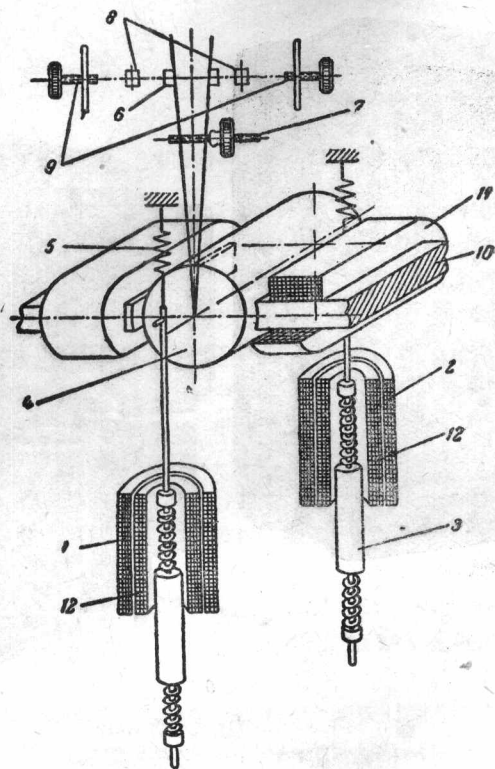


圖 2 PB3-2型繼電器的構造簡圖

1及2—繼電器測定線圈；3—鐵心；4—銅筒；5—彈簧；6—繼電器可動觸點；7—調整螺絲；8—正常觸點；9—強制觸點；10—阻尼器鐵心；11—阻尼器線圈；12—反饋線圈。

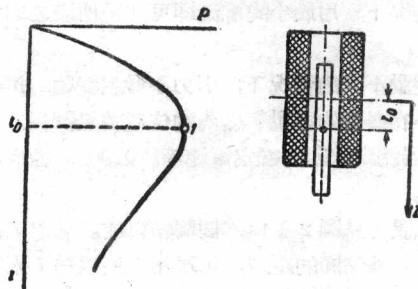


圖 3 繼電器引力與鐵心位置的關係

個工作接觸面朝向觸點6及觸點9。

端側的兩個固定觸點9，稱做繼電器強制觸點，此觸點安置在異型螺絲上，轉動螺絲即可調整它與觸點8之間的距離。

如果兩個測定線圈內通過相等的電流，則作用於繼電器每個鐵心上的引力相等，此時，作用於銅筒4上的合力等於零。由於螺旋彈簧5的作用，銅筒位置發生變更，使繼電器的所有觸點離開。

如果測定線圈內電流發生不等現象，這時作用於繼電器兩個鐵心上的引力也就開始不等。例如，若右側線圈內電流等於1安而左側等於0.8安時，則右側線圈之引力較左側大於： $185 \times 1^2 - 185 \times 0.8^2 = 185 - 119 = 66$ 克。

由於此多餘引力之作用，銅筒開始迴轉，直至彈簧5之拉力與此引力平衡時為止。彈簧5是這樣設計的，欲使其長度發生一公分之變化，必須於繼電器鐵心上加以220克之外力。

繼電器通常這樣調節，當鐵心3移動，並且彈簧5之長度變更0.1公分時，左側或右側的一對觸點6及8就閉合。

因此，若使任意一對觸點6及8閉合，加在彈簧上的外力就必須等於 $220 \times 0.1 = 22$ 克。

因為在所述例題中餘力等於66克，所以銅筒便迴轉一適當角度，保證左側一對觸點6及8閉合，觸點上的壓力約等於 $66 - 22 = 44$ 克。

若作用於兩個鐵心上的引力之差小於22克，銅筒就不能迴轉至使繼電器觸點閉合所需之角度。

如果兩個測定線圈內電流與額定值相差甚大，並且其中一個與額定值之差較大，而另個較小，則這時作用於銅筒上的合力就要很大。在這種情況下，觸點6便壓在彈簧觸點8上，直至後者與觸點9相接觸時為止。

要使此種現象發生，經鐵心而作用於銅筒上的合力就應等於145克左右。

某一鐵心內電流等於額定值，即0.9安時，要獲得這種餘力，就應使另一鐵心之線圈電流增加0.36安或等於額定電流的140%。

如果按時針方向扭轉觸點9的螺絲，使強制觸點靠近於正常觸點，則在銅筒上加以較小的外力和繼電器測定線圈內電流發生較小之變化，即可使正常觸點8與強制觸點9閉合。

用這種方法就可以調整繼電器強制觸點的作用。

變更兩觸點6之間的距離同時，我們還可以改變觸點6及8之間的空隙。用這種方法來調整繼電器的非作用範圍。

銅筒由適於左側觸點6及8接觸的位置，迴轉到適於右側觸點6及8接觸的位置

時，繼電器一個線圈內所必需的電流變化（此時，另一線圈內保持着額定電流）稱做繼電器的非作用範圍。

求繼電器的非作用範圍時，應使一個測定線圈，如左側線圈內的電流等於額定值，即0.9安培，並逐漸地增加右側線圈內的電流，直至左側一對觸點6及8閉合時為止。假設適合於觸點閉合的電流等於0.955安。然後，再逐漸減少右側線圈內的電流，直至右側觸點6及8相互接觸時為止。設這時繼電器右側線圈內電流為0.845安，那麼使繼電器某一對觸點首先接觸、然後另一對觸點接觸時，電流之變化應為0.955安—0.845安=0.11安。

所求得之值就是繼電器的非作用範圍。非作用範圍通常以其與額定電流之百分比來表示，其符號為 $\delta_i\%$ 。

現在我們來求所述例題中的 $\delta_i\%$ ：

$$\delta_i = \frac{0.955 - 0.845}{0.9} \times 100 = \frac{0.11}{0.9} \times 100 \approx 12\%$$

調整電弧煉鋼爐時，通常繼電器的非作用範圍大約整定為12%。

繼電器強制觸點的位置經常是這樣調整，當某一測定線圈內電流與額定值之差達+40%及—40%時，這強制觸點就應閉合。此時，另一線圈內之電流仍保持額定值—0.9安。

電磁式阻尼器的用途，是使繼電器免受突然發生並立刻迅速消失的這種電流變化之影響。

阻尼器（見圖2）乃由磁力系統10，線圈11及銅筒4組成。

磁力系統包括鋼製鐵心和放在銅筒內的實心鋼柱，鐵心各極將整個銅筒4完全包圍。在磁力系統10的鐵心上繞有線圈11，此線圈由線路供給直流電。於鐵心內構成一強力磁場，磁力線由一磁極通過銅筒和實心鋼柱達到另一磁極而閉合。若銅筒轉動，則於其自身內，如同直流發電機之電樞導體一樣產生一電動勢，並有電流通。

阻尼器磁系統之各極和銅筒皆於圖4中簡明示出。銅筒按反時針方向轉動時，筒內有電流通，其方向如圖所示。

電流之方向矢線無論是經過筒的端斷面（矢線1、2、3、4）或者是經過旁側面（矢線5）均呈閉合。

$$\text{銅筒內所流通的總電流為：} i_6 = c_1 \Phi \cdot n \quad (2)$$

式中： Φ ——通過銅筒的磁通；

n ——銅筒迴轉速度；

c_1 ——比例常數。

在磁通不變的情況下，銅筒迴轉愈快，其電流就愈大。

由於筒內電流與磁通相互作用，產生一反對銅筒迴轉的力，其值等於

$$F = c_2 \cdot \Phi \cdot i_6 = c_1 \cdot c_2 \cdot \Phi^2 \cdot n. \quad (3)$$

因此，如果由於測定線圈作用，使銅筒迅速迴轉時，彈簧拉力和阻尼器制動力就對此產生反作用，銅筒磁通及其迴轉速度愈大，阻尼器制動力就愈大。減少或增加磁導體內之磁通，便能調整阻尼器的作用。

為此目的，РБЭ—2 型繼電器內裝有專用變阻器，用來變更阻尼器線圈內之電流。

反饋線圈12（見圖2）裝置在測定線圈之內側，包圍着鐵心。若其中任意一個線圈內有電流通過，則反饋線圈所產生之磁通便與相當的測定線圈之磁通合併在一起，結果增加了作用於彼此二線圈所包圍着的鐵心上的引力。關於反饋線圈的用途將於另節敘述。

繼電器的構造

繼電器的所有部件皆裝置於一個鑄造的鋁質底座上。此底座可用四個螺絲固定在調整器盤上。繼電器外殼部分為鑄造的，外殼的正面鑲有玻璃。如圖1a所示，此外殼由兩個異型螺帽固定在繼電器的底座上。繼電器外殼製造嚴密，灰塵不能進入。

線圈1及12（見圖2）纏繞在骨架上，此骨架由開口的黃銅襯筒和5公厘的紙質膠木盤構成，並被兩個異型角鐵和兩個螺絲固定於繼電器底座上。

反饋線圈由直徑一公厘的 ПЭ 號導線繞成，匝數為500。在此線圈表面上加上絕緣層以後，再用同樣導線繞成1500匝的測定線圈。外層線圈之電阻為6.3歐姆，內層的為1.2歐姆。電阻值之允許誤差為±5%。

外層線圈內有交流電通過時，其視在電阻等於36歐姆。

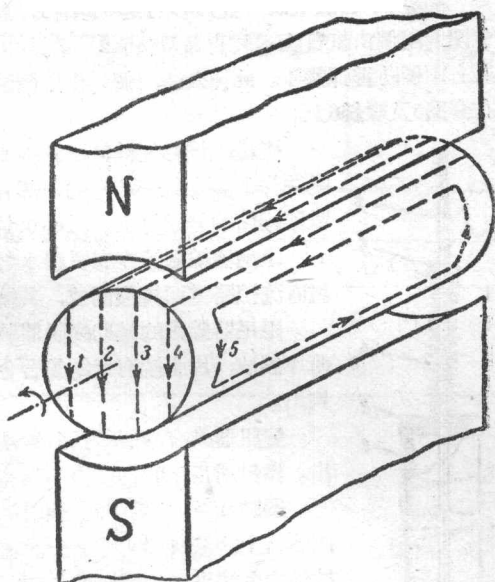


圖4 阻尼器銅筒內電流分佈情形

圖5所示之繼電器可動鐵心乃是一鋼管1，此鋼管被分割成兩部分，於其兩側包圍有兩個由紙質膠木製的異型墊圈2。沿鐵心中心線有黃銅芯桿3穿過，芯桿上具有兩個防震彈簧4。此彈簧將兩個異型墊圈緊壓於鐵心之上，彈簧本身並支持在套圈5及螺絲6上。

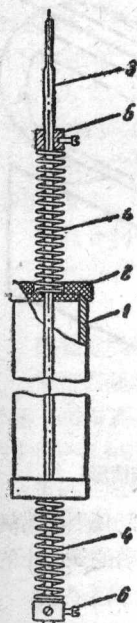


圖5 PB3-2型繼電器的鐵心
1—鋼製鐵心；2—紙質膠木製的異型墊圈；3—芯桿；4—彈簧；5—套圈；6—螺絲。

這樣，鐵心便被緊壓於彈簧之間，並通過後者將外力傳至黃銅芯桿上。在黃銅芯桿的上部有一圓孔，芯桿依此圓孔懸掛於繼電器銅筒的無頭釘上。鐵心重量約為90克。

阻尼器線圈繞在布質膠木製的骨架上。線圈按110及220伏兩種直流線路電壓繞製而成，其繞製數據於表1a內列出。

阻尼器線圈的輔助變阻器裝置於繼電器的上部，由布質膠木薄片製成，片上繞有錳銅鎳合金線。變阻器的繞製數據於表16中列出。

變阻器具有兩個帶指針的滑動觸頭。指針皆在儀表正面露出。指針所指示的刻度表示衰減因數的近似值。

觸點8及9（見圖2）裝置於紙質膠木板上。觸點6則固定於銅筒蓋上的紙質膠木塊之上。電流通過磷青銅製的扁螺旋彈簧而被導向各觸點。可動觸點6和固定觸點9的製造材料為鎢；觸點8則由白金製成。

各觸點的引出線皆適宜於由後側進行接線。

鐵合金熔煉爐自動化用PB3-3型繼電器

由PB3-2型電磁式平衡繼電器容易改製成電流繼電器。因此，這種電流繼電器獲得PB3-3之名稱（見圖6）。

為此目的，PB3-2型繼電器的構造應作如下改變。

1. 拆去左側測定線圈及其鐵心。
2. 變更右側測定線圈的繞製數據。在線圈的骨架上，用直徑為1公厘的漆包線繞成兩個各為1000匝的線圈，並使兩線圈既能相互串聯又能相互並聯。為此，兩個線圈在繼電器盤上引出四個接頭。

外層線圈的電阻為4.85歐姆，內層的則為2.64歐姆。

3. 在右側線圈的鐵心上，嵌以鐵製異型墊圈和鉛錘（墊圈）。圖7為PB3-3型繼電器的鐵心。

4. 取下阻尼器線圈變阻器的後側滑動觸頭。

表 1a

電壓(伏)	匝 數	導線標號及直徑(公厘)	電阻(歐姆)
110	7100	ПЭ—0.33	423
220	13700	ПЭ—0.23	1530

表 16

電壓(伏)	匝 數	導 線 直 徑(公厘)
110	215	0.3
220	300	0.5

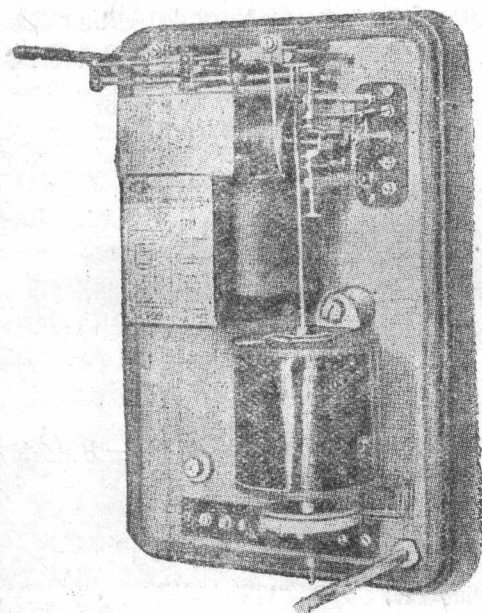
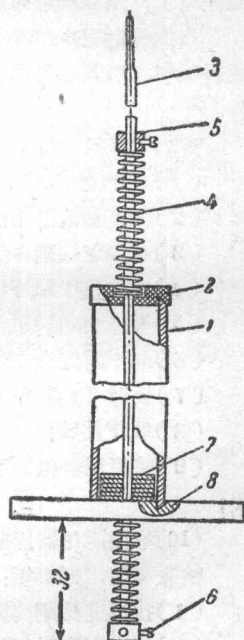


圖 6 外殼取下時，PЭ—3型繼電器外形

圖 7 PЭ—3型繼電器鐵心
7—鉛質墊圈；8—鋼質異型墊圈（其他標號參看圖5）。