

М. И. ВИТЕНБЕРГ

Расчет электромагнитных реле
для аппаратуры автоматики и связи

Госэнергоиздат 1956

內 容 提 要

本書闡述了自动裝置与通信設備用的直流与交流电磁繼电器的理論和設計問題；介紹了設計电磁繼电器的数学分析法和圖解分析法；此外，还描述了自动裝置与通信設備用的几种主要标准类型电磁繼电器的結構，并有大量实用数据資料和計算圖表。

本書对自动控制、电器以及电信專業方面的研究設計，制造、維護人員都有重要参考价值，并可作为高等学校有关專業的教学参考書。

自动裝置和通信設備用
电磁繼电器的設計

著 者：苏联 М. И. 維 金 別 尔 格

譯 者：丁 光 蔚 符 致 中

出版者：人 民 郵 電 出 版 社

北京东四六条13号

(北京市書刊出版登記證出字第〇四八号)

印刷者：北 京 市 印 刷 一 厂

發行者：新 華 書 店

开本 850×1168 1/32

1959年8月北京第一版

印张 15 26/32 頁數 253

1959年8月北京第一次印刷

印刷字數 424,000 字

印量 1—2,490 册

統一書号：15045·总1077-有234

定价：(10) 2.25 元

目 录

序言 緒論

第一篇 直流繼电器

第 一 章 繼电器結構簡述	1
1-1 PTH 型扁平形鉄心繼电器	1
1-2 PKH 型圓形鉄心繼电器	4
1-3 PKM 型和 PKM-1 型繼电器	7
1-4 100 型繼电器	9
1-5 MPL-1 型小型电话繼电器	11
1-6 PC-13 型小型电磁繼电器	12
1-7 PCM 型 超小型电磁繼电器	13
1-8 “西方电气公司”生产的繼电器	15
1-9 繼电器的主要参数	16
第 二 章 繼电器的机械特性曲线	30
2-1 概論	30
2-2 触点簧片撓度的計算	32
2-3 簧片撓度的近似計算法	43
2-4 梯形簧片撓度的計算	43
2-5 标准类型触点簧片組机械特性的計算	46
2-6 螺旋彈簧机械特性的計算	51
2-7 例題	52
第 三 章 彈簧的計算	58
3-1 概論	58
3-2 簧片	59
3-3 螺旋彈簧	63
3-4 触点簧片束	63

3-5 例题	65
第 四 章 磁路计算	66
4-1 磁性材料的特性	66
4-2 继电器磁路基本方程式	78
4-3 铁心与底铁接合部分的磁阻的影响	83
4-4 钢的磁阻的估算	86
4-5 磁路气隙磁导的确定	88
4-6 继电器的电感	92
4-7 磁能与吸力	97
4-8 负载特性曲线与电气机械(吸力)特性曲线	102
4-9 继电器的拟定功	108
4-10 导磁体主要尺寸的决定	110
4-11 例题	121
第 五 章 标准类型继电器的安匝计算	124
5-1 计算安匝的数学分析法	124
5-2 安全系数	126
5-3 确定安匝值的表解法	127
5-4 计算继电器吸合安匝与不吸动安匝的等值负载法	129
5-5 计算吸合安匝的等值数量法	141
5-6 保持安匝与释放安匝的计算	143
5-7 例题	148
第 六 章 继电器绕组的設計	150
6-1 绕组的匝数与电阻	150
6-2 绕组电阻与匝数的关系	153
6-3 双绕组与三绕组线圈的设计	154
6-4 组合绕组的设计	154
6-5 导线直径的选择	158
6-6 继电器线圈的外形尺寸	160
6-7 绕组的绝缘	161
6-8 设计继电器绕组用的表格	163
6-9 设计继电器绕组用的曲线图	166
6-10 例题	169

第 七 章 接入各种电路的繼电器的設計	172
7-1 电路中繼电器繞組的基本設計方法	172
7-2 与电阻串連的、綫圈全部繞綫空間都被繞滿的 繼电器的設計	173
7-3 根据耗銅量为最小的条件設計与电阻串連的繼电器	177
7-4 接入复杂电路中的繼电器的設計	179
7-5 在局部电路中工作的繼电器的設計	182
7-6 与电阻串連的两个串連繼电器的設計	184
7-7 与电阻串連的两个并連繼电器的設計	187
7-8 “綫路”繼电器的設計	190
7-9 “羣”繼电器的設計	191
第 八 章 电话局饋电繼电器的設計	193
8-1 直流饋电繼电器的設計	193
8-2 繼电器在交流电流时的电感	195
8-3 在交流电流时饋电繼电器繞組的設計	199
8-4 計算标准类型繼电器电感的曲綫	200
8-5 例题	201
第 九 章 繼电器繞組的發热	207
9-1 輸入功率恒定不变时的發热	207
9-2 供电电压恒定不变时的發热	209
9-3 流过繼电器繞組中的电流恒定不变时的發热	211
9-4 繞組的短时接通	212
9-5 散热系数	213
9-6 繼电器繞組的容許負載	214
9-7 溫度沿繞組高度的分佈	217
9-8 絕緣材料的使用寿命	219
9-9 例题	222
第 十 章 繼电器的吸合時間	223
10-1 繼电器接通时的过渡过程	223
10-2 銜鉄的触动時間	225
10-3 銜鉄的运动時間	229
10-4 繼电器的最大吸合時間	233

10-5	继电器的最小吸合时间	237
10-6	计算继电器吸合时间的图解分析法	239
10-7	计算标准类型继电器吸合时间的曲线	247
10-8	电容对继电器吸合时间的影响	269
10-9	例题	276
第十一章 继电器的释放时间		278
11-1	继电器断开时的过渡过程	278
11-2	短接继电器绕组时的释放时间	279
11-3	断开继电器绕组电流时的释放时间	282
11-4	由涡流引起的继电器触动时间的增长	286
11-5	衔铁的释放运动时间	287
11-6	继电器短路绕组的最适宜尺寸	289
11-7	标准继电器与缓动继电器释放触动时间的关系	290
11-8	计算继电器释放时间的图解分析法	292
11-9	计算继电器释放时间的曲线	291
11-10	在脉冲工作状态下工作的继电器的释放时间	304
11-11	电容对继电器释放时间的影响	311
11-12	例题	316

第二篇 交流继电器

第十二章 交流继电器结构简述		319
12-1	消除衔铁颤动的主要方法	319
12-2	РКП型交流继电器	320
12-3	РПТУ型交流继电器	321
12-4	РПП型交流继电器	323
12-5	РВ型交流继电器	324
第十三章 交流继电器磁路的计算		325
13-1	吸力和励磁安匝	325
13-2	导磁体主要尺寸的确定	333
13-3	电感、有效电阻和损失角	340
第十四章 交流继电器绕组的设计		347

14-1 在局部电路中工作的繼电器繞組的設計	347
14-2 在長距離綫路終端工作的繼电器繞組的設計	352
14-3 双相繼电器繞組的設計	356
第十五章 标准类型交流繼电器的設計	365
15-1 确定吸合安匝以及系数 u_0 , K 和 C	365
15-2 例題	378

第三篇 極化繼电器

第十六章 極化繼电器的結構	382
16-1 概論	382
16-2 極化繼电器的分类	384
16-3 ПП-4 型, ПП-5 型和 ПП-7 型極化繼电器	386
16-4 ТРМ 型極化局部繼电器	390
16-5 ТРЛ 型極化綫路繼电器	392
第十七章 極化繼电器的特性曲綫	394
17-1 在繞組中沒有电流流过时極化繼电器的特性曲綫	394
17-2 在繞組中有电流流过时極化繼电器的特性曲綫	395
17-3 具有銜鉄支承簧片的極化繼电器的特性曲綫	397
第十八章 極化繼电器的吸合時間	400
18-1 銜鉄的运动時間	400
18-2 銜鉄的彈动	402
18-3 吸合時間的圖解計算法	403
第十九章 触点与灭火花电路	405
19-1 触点的接触电阻	405
19-2 触点的磨損	407
19-3 触点材料	415
19-4 触点的尺寸、形狀与触点間的距离	422
19-5 触点的电气負載与使用寿命	424
19-6 特殊的触点結構	426
19-7 触点工作的可靠性	427
19-8 灭火花电路	429

19-9 例题	435
---------------	-----

第四篇 大功率继电器,

整流式继电器与双金属继电器

第二十章 大功率继电器	437
-------------------	-----

20-1 PKC 型大功率继电器	437
20-2 具有高强度触点的 PKC-2 型继电器	439
20-3 MKV-48 型多触点标准继电器	440

第二十一章 半导体整流器的计算	447
-----------------------	-----

21-1 关于整流器的一般概念	447
21-2 整流器的正向电阻	449
21-3 整流器的反向电阻	452
21-4 整流器在低电压时的电阻与电容	454
21-5 整流系数与品质因数	454
21-6 整流单元的尺寸与数量的确定	456
21-7 半导体整流器的发热	458
21-8 整流器的电阻与温度的关系	460
21-9 在交流电流时整流器的计算	463
21-10 整流器的效率	464

第二十二章 整流式继电器	466
--------------------	-----

22-1 基本的整流电路	466
22-2 PTCB-1 型与 PTCB-2 型整流式继电器	469
22-3 100 型整流式继电器	471
22-4 整流式继电器电路电流的基本方程式	472
22-5 整流式继电器绕组的設計	476

第二十三章 双金属继电器	479
--------------------	-----

23-1 ТГ-а 型, ТГ-П 型和 ТГ-3 型热继电器	479
23-2 双金属片的挠度和触点压力	481
23-3 双金属片的内应力	482
23-4 热继电器总延时的确定	482
23-5 例题	484

附录 某些标准类型继电器的技术数据	485
-------------------------	-----

参考文献	487
------------	-----

第一篇 直流繼电器

第一章 繼电器結構簡述

1-1 PPH 型扁平形鉄心繼电器

PPH 型扁平形鉄心繼电器，在固定的自动裝置、遙控裝置和通信設備中应用最廣。这种繼电器的概示圖繪于圖 1-1。PPH 型繼电器的磁系統，由一个冲压成的并与底鉄組成一个整体的矩形（ 4×10.5 公厘）鉄心，和一个 U-形扁平銜鉄組成。这个 U-形扁平銜鉄繞过綫圈，并与鉄心平行地裝置着。銜鉄的長度为 90 公厘。

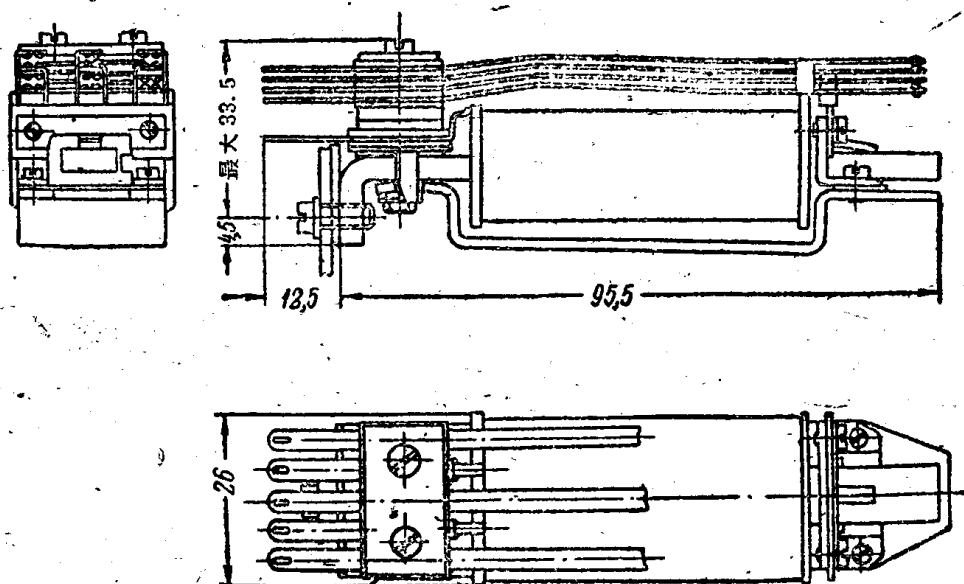


圖 1-1 PPH 型繼电器

截面为 1.8×23 公厘。鉄心的計算長度为 74 公厘，工作極面为 9.4×17 公厘。繼电器的銜鉄用一片狀彈簧緊緊地压向底鉄，并且支靠在一个固定于引綫組下面的特殊支承角（导向支架）上。

繼电器的鉄心和銜鉄，均采用已退火的 3A 牌号电工軟鋼板制成。为了防止腐蝕，繼电器的鉄心和銜鉄上均鍍上一層鎳。

在繼电器的鉄心上，嵌入兩塊由膠紙板（厚度为 1.5 公厘）制成的矩形頰板，以構成繼电器繞組（綫圈）的骨架。綫圈的前頰板同时还用作繼电器触点簧片的攔架。繼电器繞組的引綫組固定在綫圈后端的底鉄上，引綫組有五片接綫片，用以鉚接繼电器繞組的出綫端。

繼电器的繞組和鉄心間，用 ПШ-1 牌号絲質漆布（絕緣綢）或厚度为 0.1 公厘的浸漆紙（1 壹層）加以絕緣。繼电器的繞組，用直徑为 0.05 到 1.0 公厘的 ПЭЛ 牌号漆包紫銅導綫繞成，但是，使用最多的还是直徑为 0.08 到 0.35 公厘的導綫。

ПНН型繼电器的触点系統，可以由一个、两个或者三个触点組組成，并用兩個螺釘緊固成一个总的触点簧片束。每一个触点簧片組約有兩個到六个触点簧片。

繼电器触点簧片的寬度为 3.5 公厘，計算（有效）長度为 74 公厘，由厚度为 0.5 公厘的 МН15-20 牌号特硬德銀帶制成。触点簧片間相互用厚度为 1.0 公厘的膠紙垫片絕緣。

触点簧片的頂端，分开成兩半，在每一半上，都鉚有一个由 CP999 牌号純銀制成的半球狀触点（直徑为 2 公厘）。用来控制選擇器电路（1 安——60 伏）的繼电器的触点，則用鉑或者鉑鈦合金制成。

銜鉄的作用力借可动的膠紙板薄片（推动片）傳遞到触点簧片上。这一膠紙板薄片裝在黃銅触桥上，后者又以兩個螺釘固紧在銜鉄上。防止銜鉄粘牢的釋放垫片，也用這兩個螺釘来固定。

黃銅触桥上有一个特別突出的部分（它也称作銜鉄复原止挡——譯者），靠在繼电器鉄心上，用来調整和限制繼电器的銜鉄

行程。

根据触点組的特性，銜鉄行程約在 1.1 到 1.5 公厘範圍內；对于較复杂的触点組，銜鉄行程需为 1.3—1.5 公厘。

釋放垫片的标准厚度为 0.2—0.3 公厘；而 对于緩动繼電器，則采用較薄的垫片，它的厚度仅为 0.1 公厘。为了减小釋放時間，脉冲繼電器釋放垫片的厚度 应为 0.5—1.0 公厘。

РПН 型繼電器的缺点之一就是，它的銜鉄不平衡，重量太大（連同触桥一起重达 34 克）以及固有振動頻率太低。

为了消除銜鉄重量对于繼電器灵敏度的影响，和减少触点表面塵土的沉积，在正常位置时，繼電器的銜鉄（和触点簧片）应处于垂直平面內。

РПН 型繼電器仅能用在固定設備中，因为，裝置的偏斜和外界的振動都会严重的影响到它的工作可靠性。

РПН 型繼電器的結構較簡單，差不多所有的零件都是冲压而成的；因此，它的价格大約比 РКН 型繼電器便宜一半。РПН 型繼電器系用一个螺釘（直徑为 4 公厘）固定在底板上，繼電器的外壳無需与底板絕緣。

РПН 型緩动繼電器的鉄心上（在工作繞組下面），裝有一个由直徑为 0.5 公厘的裸銅綫繞成的短路繞組。根据延时程度的不同，短路繞組的高度可以为 1 公厘、2 公厘或者 3 公厘（由 2 層、4 層或者 6 層導綫繞成），并且，在繼電器鉄心的末端还作有相应的标记 K_1 、 K_2 和 K_3 。

对于切换較大电流（2—3 安）的断續器來說，应采用具有特制鎢触点（直徑为 2 公厘）的 РПН 型繼電器。

РПН 型繼電器的触点和繞組的工作电压为 60 伏。在触点負荷电流为 0.2 安和电压为 60 伏的純电阻負載时，繼電器（触点）的使用寿命为 1 千万次吸动。РПН 型繼電器适于在周圍溫度为 10—35°C，空气相对湿度为 45—75% ($\theta_0 = 20 \pm 5^\circ\text{C}$) 的正常气候条件下工作。

РПН 型继电器的主要参数列在后面的表 1-1 中。

1-2 PKH 型圆形铁心继电器

PKH 型圆形铁心继电器可以用在移动的自动控制仪器中，也可以用在各种不同的通信设备，信号装置和遥控装置中。这种继电器的概示图绘在图 1-2 上。

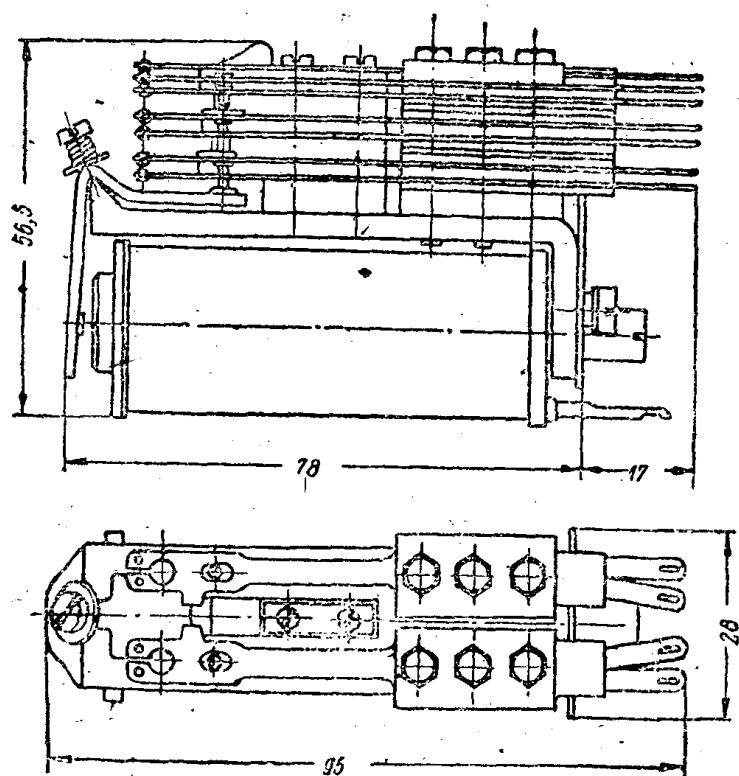


圖 1-2 PKH 型继电器(标准继电器)

PKH 型继电器的磁系统由厚度为 4 公厘的钢片弯成的构架，直径为 9 公厘的铁心以及 Γ 形衔铁所组成。

为了减小构架和衔铁接合处的磁阻，构架的末端制成一个三棱形的刀口支座，以支承衔铁。构架的宽度为 20.6 公厘，刀口支座

的高度為 8.2 公厘。

鐵心的頂端裝有極靴，極靴的直徑為 15 公厘，鐵心的計算長度為 70 公厘。鐵心系用特殊的鋼質圓柱螺帽固緊在構架上。銜鐵由厚度為 2 公厘的鋼片彎成，其上裝有一個黃銅銷釘和兩個膠木觸桿。這兩個觸桿用來將銜鐵的作用力傳遞給觸點組的推動桿。銜鐵的寬度為 20.6 公厘。

銜鐵用圓柱彈簧借特制螺釘壓緊在刀口支座的刃口上。銜鐵的行程，靠使用專用工具彎曲銜鐵來進行調整。導磁體的另件，皆由 9A 牌號電工鋼制成，並且表面鍍鎳。

為了消滅繼電器工作時銜鐵的彈動和消除觸點簧片的顫動，繞圈前頰板用紫銅制成（頰板的厚度為 1.6 公厘）。

繞組和紫銅頰板間，用附加的膠紙板頰板絕緣。

繞圈的后頰板用厚度為 3 公厘的膠紙板制成。后頰板中還壓有 2 個到 5 個接線釘，以焊接繞組的出線端。

PKH 型繼電器的觸點系統由一個或者兩個觸點組組成；每一個觸點組有 2 個到 9 個觸點簧片。觸點簧片中間部分的寬度為 4 公厘，計算長度為 38 公厘，由厚度為 0.35 公厘的特硬德銀帶制成。

觸點簧片的頂端分成兩半，每一半上鉚有一個由 CP999 牌號純銀制成的半球形（直徑為 1.6 公厘）觸點。

在負載很大時，繼電器的觸點則採用鉑或鉑鈷合金制成。

繼電器的觸點簧片支靠在一個形狀複雜的特殊塑膠擱架上。塑膠擱架用兩個螺釘固緊在構架上，並且位於兩個簧片組的中間。繼電器銜鐵的標準行程為 0.8 公厘，釋放銷釘的高度約在 0.1 到 0.5 公厘的範圍內。

繼電器處於正常位置時，構架和觸點簧片應位於垂直平面內。

繼電器用兩個帶有塑膠絕緣套管的螺釘（直徑為 3 公厘）固緊在底板上。同時，繼電器構架和底板間也用膠紙板絕緣。

PKH 型快動作（測試）繼電器的鐵心沒有極靴。這種繼電器的繞圈前頰板是用膠紙板制成的。

為了減少發送脈沖的畸變，PKH 型脈沖繼電器（圖 1-3a）的銜鐵形狀特殊，其中間部分（有兩個切口）的截面積被減小為 2×6 公厘。

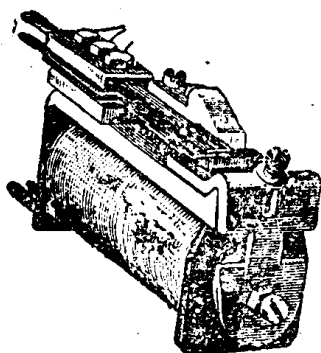


圖 1-3a PKH 型脈沖繼電器

在繼電器處於吸合位置時，銜鐵狹窄部分飽和，從而限制了繼電器導磁體中的磁通值，因此，就減小了繼電器的釋放時間。從數值上看，脈沖繼電器的釋放時間接近於吸合時間。

PKH 型緩動繼電器（圖 1-3b, 1-3b）的鐵心上，裝有一個厚大的紫銅套筒（套筒直徑為 25 公厘，長度為 12.8，25.5 或 38 公厘）。

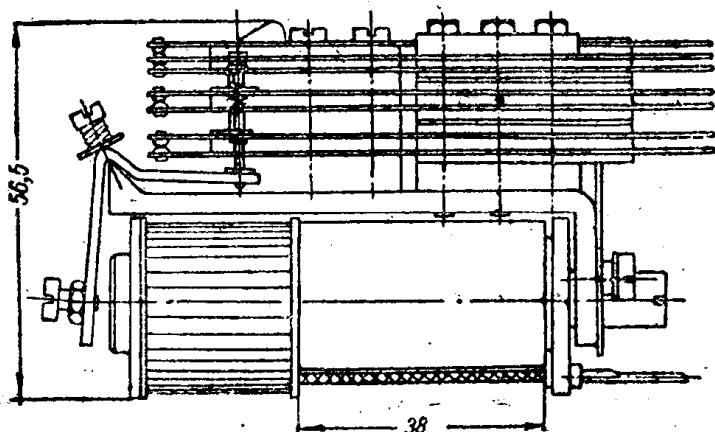


圖 1-3b PKH 型緩釋繼電器

在緩釋繼電器中，紫銅套筒裝在靠近底鐵的鐵心底端（在線圈的後端）；在緩吸繼電器中，則恰好相反，紫銅套筒是裝在鐵心的頂端（在線圈的前端）。

裝置在線圈前端的紫銅套筒，對於磁通的增長，起着電磁屏蔽的作用，它延緩了鐵間間隙中磁通的增長。通常，緩動繼電器都具

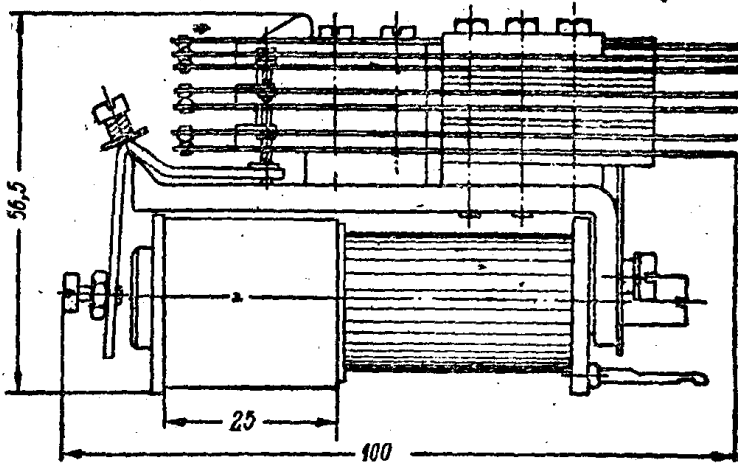


圖 1-30 PKH 型緩吸繼電器

有調整銷釘，以調整釋放時間。

PKH 型繼電器适于在正常气候条件下，以及頻率為 30 赫時，振動加速度達 1.8g 的振動條件下工作。

1-3 PKM 型和 PHM-1 型繼電器

小尺寸的 PKM 型圓形鐵心繼電器适于在可攜帶的和可移動的自動控制設備中使用，也可以用作自動電話交換機中的綫路繼電器和切斷繼電器。PKM 型繼電器的概示圖繪于圖 1-4。

PKM 型繼電器磁系統的結構和 PKH 型繼電器的相似，但是 PKM 型的尺寸較小，也沒有支承銜鐵的刀口支座。

PKM 型繼電器的構架由厚度為 2 公厘的鋼片彎成。構架的寬度為 20 公厘。鐵心的直徑為 7 公厘，長度為 55 公厘。極靴的直徑為 11 公厘。

PKM 型繼電器的銜鐵由厚度為 1.2 公厘的鋼片制成，并由截面為 0.15×5 公厘的磷青銅復原簧片支承着，用以將銜鐵恢復到初始位置上。綫圈的頰板由膠紙板制成，在綫圈的后頰板內，壓有四個鉚接繞組出綫端的接綫釘。

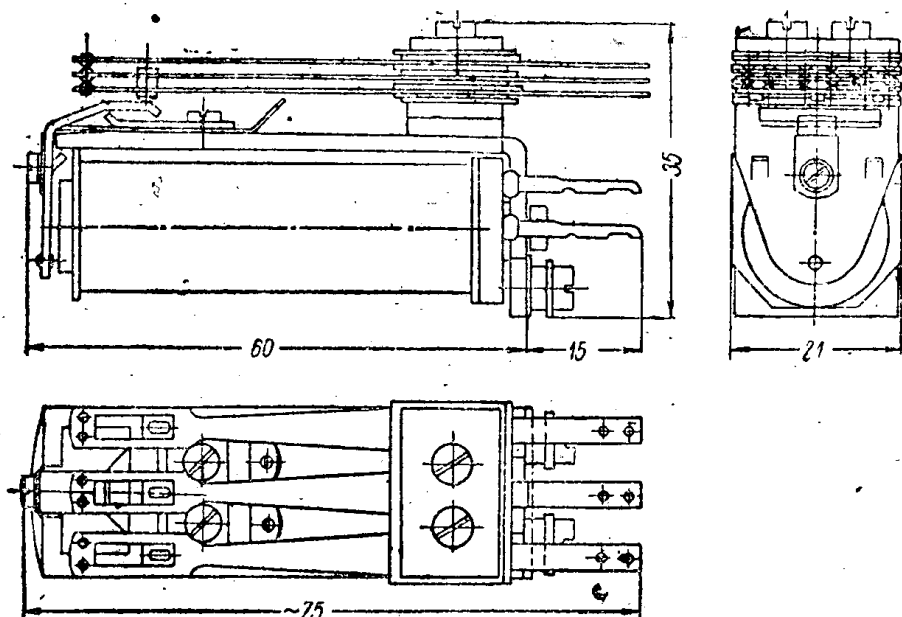


圖 1-4 PKM 型繼電器

繼電器的触点系統，由一個，兩個或者三個触点組組成，所有触点組均集中地裝成一個总的触点簧片束。

每一個触点組，可以有一個到五個触点簧片。触点簧片呈梯形，其根部寬度為 5 公厘，計算長度為 39 公厘。為了增大撓度，動簧片的根部沖有一個寬度為 2.5 公厘的矩形孔。

PKM 型繼電器的動簧片由厚度為 0.3 公厘的德銀帶或青銅帶制成。靜簧片由厚度為 0.8 公厘的德銀帶制成。

PKM 型繼電器沒有簧片擱架，它的動簧片即支靠在厚度為 0.8 公厘的德銀墊片（支持簧片）上。每一触点簧片上鉚有兩個由 CP999 牌號純銀制成的触点，其直徑為 2 公厘。繼電器銜鐵的標準行程為 1.1 公厘，釋放銷釘的高度為 0.1—0.2 公厘。

繼電器用兩個螺釘（直徑為 2.6 公厘）固定在底板上。繼電器的構架和底板間，用一塊膠紙板和兩個絕緣套管絕緣。

PKM 型緩動繼電器的鐵心上（繞組下面）裝有由直徑為 0.5 公

厘的裸紫銅導線繞制成的短路繞組。短路繞組的高度為 1 公厘或者 2 公厘（由 2 層或 4 層裸紫銅導線繞成）。

PKM-1 型繼電器是 PKM 型繼電器的改良產品。它與 PKM 型繼電器所不同的只是：其構架基礎結構更為堅固，而且，銜鐵懸架是非彈性的。

PKM-1 型繼電器的銜鐵，靠截面為 0.3×8 公厘的鋁青銅簧片的作用，以恢復到起始位置上。此鋁青銅簧片所產生的轉矩並不大。

沒有復原彈簧的 PKM-1 型繼電器的靈敏度，在負載很小時，差不多比 PKM 型繼電器的大一倍。

PKM 型繼電器適于在正常氣候條件下，以及在頻率為 30 赫時，振動加速度達 $1.8g$ 的振動條件下工作。

1-4 100 型繼電器

100 型繼電器應用在機動制自動電話交換機和共電式 (LIB-2) 交換機中。100 型繼電器的概示圖繪于圖 1-5。

100 型繼電器的磁系統包括有由厚度為 2.5 公厘的鋼片彎成的 Γ -形構架，直徑為 8 公厘的鐵心和厚度為 2 公厘的扁平銜鐵。在構架的端面，壓有二個懸承銜鐵的青銅銷釘和一個固定復原彈簧的小鈎。構架的寬度為 35 公厘。鐵心沒有極靴。鐵心的長度為 76 公厘，用鋼質平頭螺母固接在構架上。

100 型標準繼電器和緩動繼電器的鐵心都是用 3A 牌號電工鋼制成的。為了減小渦流的影响，快動作繼電器和饋電繼電器的鐵心，系由圓截面的硅鋼棒（含硅量約為 4%）制成。

黃銅觸橋用兩個螺釘固緊在銜鐵上，觸橋上裝有調整銜鐵行程和拉緊復原彈簧的螺釘。導磁體的所有零件均鍍鋅以防腐蝕。繼電器的繞圈骨架由塑料制成，並且壓套在鐵心上。繼電器繞組的出線端鉗在特殊的引線組簧片上，引線組固定在繼電器的構架上。

繼電器的觸點系統由 1 個或者 2 個觸點組組成，每一個觸點組有二個到五個觸點簧片。

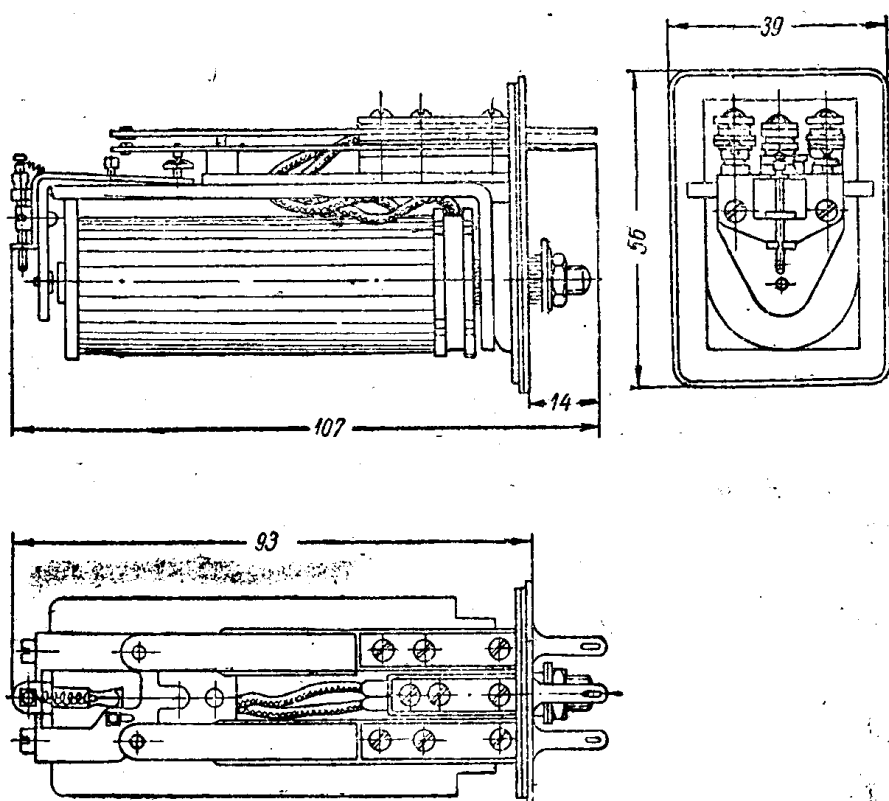


圖 1-5 100 型繼電器

触点簧片由特硬德銀帶或鋁青銅帶制成，它的寬度為 6 公厘，計算長度為 40.5 公厘。動簧片的厚度為 0.35 公厘，靜簧片的厚度為 0.45 公厘。

100 型繼電器的觸點是單面的平尖形觸點，用 CP900 牌號白銀制成。

繼電器銜鐵的標準行程為 0.7 公厘。釋放銷釘的高度可以在 0.05 到 0.5 公厘的範圍內變動。

100 型繼電器有一個可以取下的，用來屏蔽和防塵的鋼質外罩。繼電器的背面，裝有鋼質護板和絕緣護板。鐵心的自由端帶有螺紋並備有附屬的螺帽，以便於固定在底板上。100 型緩動繼電