

哈爾濱工業大學講義

繼電保護及系統自動化 實驗指導

發電廠教研室編

1955

繼電保護及系統自動化實驗指導

發 電 廠 教 研 室 編

前 言

1952 年在蘇聯專家魯靜同志 (я. л. рузин) 的幫助下，我校開始建立了繼電保護及系統自動化實驗室。當時爲了配合教學上的迫切需要，取得了企業的支援，匆匆的準備了六個實驗，經過了兩年半來教研室成員及研究生的努力，增開了新實驗，舊實驗在原有的基礎上也得到了補充，爲了進一步滿足教學上的要求，將原有的實驗大綱，改寫爲實驗指導。

就目前所開出的實驗而言，無論在數量上或在質量上都遠遠不能滿足「繼電保護及系統自動化」課教學的要求，有待進一步的改善和提高。實驗指導的編寫，也反應出了上述缺點，在內容上感到水平不高和經驗不足，又因編出時間倉促錯誤之處在所難免，希讀者予以指正。

發電廠教研室 1955 年 2 月 17 日

目 錄

實驗一	感應型電流繼電器 ИТ—80 之研究.....	1
實驗二	電磁型電流繼電器 ЭТ—520 之研究.....	9
實驗三	感應型差動電流繼電器 ИДБ—211 之研究.....	16
實驗四	電力方向繼電器 ИМБ170之研究.....	27
實驗五	變壓器差動保護之研究.....	34
實驗六	變流器的研究.....	49
實驗七	ТНП 型零序電流互感器之研究	64
實驗八	自動重合閘之研究.....	73
實驗九	Асы—11 型自動整步裝置之研究.....	83
實驗十	發電機自整步之研究.....	94
實驗十一	電子式電壓調整器之研究.....	102
實驗十二	複式勵磁之研究.....	107

實 驗 一

第 一 部 份

感應型電流繼電器HT-80之研究

§1. 實 驗 目 的

本實驗的目的為瞭解HT-80型繼電器的構造，測定其起動電流、返還電流及返還係數，並測繪其動作時間特性曲線。

§2. 繼電器的構造與動作原理

繼電器的構造見圖 1。它的動作基於感應原理，但附有電磁元件。它的限時特性是局部反限時式。

感應元件包括電磁鐵 1，其兩極的同一側都有短路線圈。電磁鐵的兩極間有鋁盤 3，鋁盤的軸支持在活動的支架 4 上，支架 4 可繞固定軸 0—0 旋轉。在正常情況下，彈簧 5 拉住支架 4，因而鋁盤軸上的蝸桿 7 與扇形齒輪 8 分離。當通過繼電器的電流達到其起動電流的 20—40% 時，鋁盤由於力 f_1 （電磁鐵所產生）的作用，開始旋轉。由於鋁盤的旋轉，永久磁鐵 6 在鋁盤上產生掣動力 f_2 。通過繼電器的電流愈大，鋁盤轉速愈高，力 f_2 愈大。由於 f_1 與 f_2 兩力的作用，活動支架上受到一個繞 0—0 軸的力矩，該力矩與彈簧 5 的作用相反。當通過繼電器的電流達到起動值時， f_1 與 f_2 的合力克服彈簧 5 的拉力，活動支架轉過來，蝸桿 7 與扇形齒輪 8 耦合。由此，扇形齒輪 8 開始上升，經過一定時間（決定於扇形齒輪的傾斜角）後，它的端點頂起橫桿 11 的左部彎桿 10。橫桿 11 右端與電磁鐵間的空氣隙減小，橫桿右端遂被吸向電磁鐵。此時彎桿 10 迅速將繼電器的活動接點 13 推上，與固定接點 12 接合。

鐵柄 9 的功用如下：當繼電器動作時，扇形齒輪 8 開始上升後，鋁盤轉速減低，蝸桿與扇形齒輪可能脫離。但電磁鐵 1 的漏磁通作用於鐵柄 9，使支架 4 受一附加力，可避免前述情況。

橫桿 11 的右部受電磁元件動作的控制，該元件的鐵心由電磁鐵 1 的一部分和附加磁導體 17 構成。當通過繼電器的電流達到其起動電流的一定倍數時，橫桿不待扇形齒輪的動作而瞬時被吸向電磁鐵，於是繼電器接點不經限時而接合（速斷）。

感應元件起動電流的調整是藉助於其線圈圈數的改變，即利用插頭裝置 15。但當拔出插頭時，變流器的電路即被打開，而這是不容許的。為免此弊，必須利用後備插頭。當改變起動電流時，首先將後備插頭插入所需之孔內，然後把原來的工作插頭拔出，插入後備孔內。這樣改變起動電流時，起動所需的安培匝數不變。

當改變感應元件的起動電流時，電磁元件的起動電流也隨着改變，因為兩個元件合用一個電磁鐵，另外，電磁元件起動電流的調整可藉助於螺釘 16，即利用它來改變電磁鐵

1 與橫桿11右端間的空隙的大小。

當流過繼電器的電流達到起動值，活動支架及鋁盤轉過一邊，扇形齒輪與蝸桿嚙合而開始上升後，如果電流又減小，減小到一定值時，彈簧把支架和鋁盤拉回原處，扇形齒輪與蝸桿分離而落回原處，繼電器停止動作，這時的電流稱為返還電流。

利用調整限時裝置可調整繼電器的限時，即移動抵住扇形齒輪 8 端點的支桿，亦即改變扇形齒輪的原始地位。繼電器的限時特性曲線見圖 2。特性的反限時部分對應於下述情況，即：繼電器鋁盤的轉速隨線圈中的電流而增加。而從繼電器起動電流一定的倍數開始，鋁盤的轉速不再隨電流而增加，這對應於特性的定限時部分。

ИТ型繼電器的基本優點為：

1. 慣性誤差較小。返還較快，繼電器開始動作後，如電流忽降至返還值以下，扇形齒輪立即與蝸桿分離，繼電器即回復原狀。
2. 當改變線圈匝數以調整感應元件的起動電流時，限時特性曲線不變。
3. 在正常情況下，繼電器的鋁盤經常旋轉，由此可知繼電器工作良好與否。
4. 附屬的電磁元件可起速斷的作用，並在感應元件動作時，保證接點的可靠動作。

繼電器的缺點為構造較複雜。

§3. 實 驗 內 容

1. 觀察繼電器的構造
2. 測定起動電流與返還電流

按圖 3 接好線路（不需週波計算器，在接點迴路內接信號燈）。

將電流整定端子（即圖 1 上插頭裝置 15）放在標尺上各個位置，測出起動電流 I_{cp} 及返還電流 I_a ，並算出返還係數 K_n 。在報告中將諸數據用表列出，並繪下列曲線：

- (1) 起動電流 I_{cp} 對於標尺電流 I_{ycr} 。(2) 返還電對於 I_{ycr} 。(3) 返還係數對於 I_{ycr} 。
- (4) 誤差 $\Delta I\%$ ($= \frac{I_{cp} - I_{ycr}}{I_{ycr}} \cdot 100$) 對於 I_{ycr} 。

3. 測繪限時特性曲線

仍用圖 3 的線路，但接點迴路內不接信號燈，而接週波計算器。

將電流整定端子及時間整定把手各放在某一位置（由實驗指導教師決定），以不同電流 I_p （等於起動電流及其倍數）通入繼電器，量出繼電器的動作時間 I_{cp} 。在報告中用表列出諸數據，並繪曲線 $I_{cp} = \psi(K)$ ，此處 K 為 I_p 對於 I_{ycr} 的倍數。

將時間整定把手放在另一位置上，作同樣試驗。

4. 試驗速斷部分

將速斷整定子（即圖 1 上的螺釘 16）放在不同位置上，測定速斷部分的起動電流。將本實驗所得結果與繼電器說明書所述者作一比較。

第 二 部 份

直流與交流時間繼電器的試驗

§1. 實 驗 目 的

瞭解直流與交流時間繼電器 (ЭВ—180型與ЭВ—200型) 的構造、動作情形, 測定其最低起動電壓, 校驗其動作時間。

§2. 繼電器的構造與動作原理

ЭВ—180型直流時間繼電器的構造見圖4。

當電流通過電磁鐵 1 的線圈時, 其鐵心被從左邊吸到右方, 通過齒柱 9 和長齒輪 10 的作用而轉動曲柄 3 (順時針方向轉動)。曲柄 3 旋緊螺旋彈簧 4, 彈簧 4 轉動軸 11 (長齒輪 10 的軸和轉動部分的軸 11 無聯系)。在軸 11 上裝有大齒輪 16, 它與鐘錶機構 5 相連接, 該鐘錶機構使繼電器的轉動部分有一定的轉速。軸 11 上裝有動接點 12, 它隨軸 11 而轉動。當軸 11 轉動到使動接點 12 抵住在靜接點 13 上的時候, 繼電器的轉動部分就停住。這時, 繼電器閉合操作電路 (繼電器已動作)。

當電磁鐵 1 的線圈中電流停止後, 它的鐵心被彈簧 2 拉回左邊, 於是繼電器的轉動部分全部迅速歸還原處。

繼電器動作時間的調整是藉助於動接點 12 和靜接點 13 之間距離的改變, 靜接點 13 固定在標尺 15 上。要得到某一動作時間 (時間整定), 只要把靜接點 13 在標尺 15 上移動, 把它固定在所需的刻度上。繼電器的標尺刻度以秒來表示。

必須注意: 繼電器的電磁鐵 1 的線圈只能耐短時的電流——不超過 30 秒。如果電流通過的時間太長, 線圈可能燒燬。

在 ЭВ—180 型直流時間繼電器上, 與電磁鐵線圈並聯地接有一個電阻和一個容電器, 其作用如下 (圖 5):

一般, 時間繼電器多由過流繼電器來起動。當過流繼電器返還時, 其接點分離, 由於時間繼電器線圈電感的作用, 這接點上將有電弧。與時間繼電器線圈並聯的電阻和電容可減弱這電弧, 使過流繼電器的接點不易損壞。

交流時間繼電器 (ЭВ—200型) 的構造與直流型的相同, 但沒有與線圈並聯的電阻和容電器。

§3. 實 驗 內 容

1. 觀察繼電器構造

2. 測定能使繼電器可靠地動作的最低電壓, 以額定電壓的百分數表示之

當加在繼電器線圈上的電壓較低時, 繼電器也能動作, 但鐵心被吸入線圈較慢, 因此所得的限時不準確, 這樣的電壓不能視作繼電器的起動電壓。我們所要求的最小起動電壓是能使鐵心被瞬時吸入線圈的電壓。

時間繼電器必須能在較額定電壓為低的電壓下可靠地動作，因為：

1) 在交流時間繼電器的情况：其動作電源是電壓互感器，接於網絡。當網絡中發生故障時，電壓降低，但這時必須保證時間繼電器的動作。

2) 在直流時間繼電器的情况：其動作電源是蓄電池。有時，當時間繼電器必須動作時，適逢斷路器合閘，或由於其它緣故，蓄電池的電壓降低。

作本試驗時，線路圖由學生自擬。

3. 在時間標尺上各個整定位置，測定繼電器的動作時間

做這個試驗時必須將繼電器的額定電壓加於繼電器。

試驗直流時間繼電器時，用圖 6 所示線路圖。

試驗交流時間繼電器時，線路圖由學生自擬。

所得數據在報告中用表列出並繪動作時間 t_{cp} 與整定時間 $t_{уст}$ 的關係曲線以及誤差

$\Delta t\% \left(= \frac{t_{cp} - t_{уст}}{t_{уст}} 100 \right)$ 與 $t_{уст}$ 的關係曲線。

將所得結果與繼電器說明書所述者作一比較。

在本實驗的報告中應繪出 ИТ 型和 ЭВ 型繼電器的構造草圖和內部結線圖。

參 考 資 料

1. А.М. Федосеев—Релейная Защита Электрических систем, Госэнергоиздат, 1952, 82—84頁。
2. Л. Н. Баптиданов и В. И. Тарасов.—Электрооборудование Электрических станций и подстанций, том III. Госэнергоиздат, 1953, 20頁。

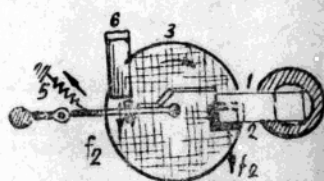
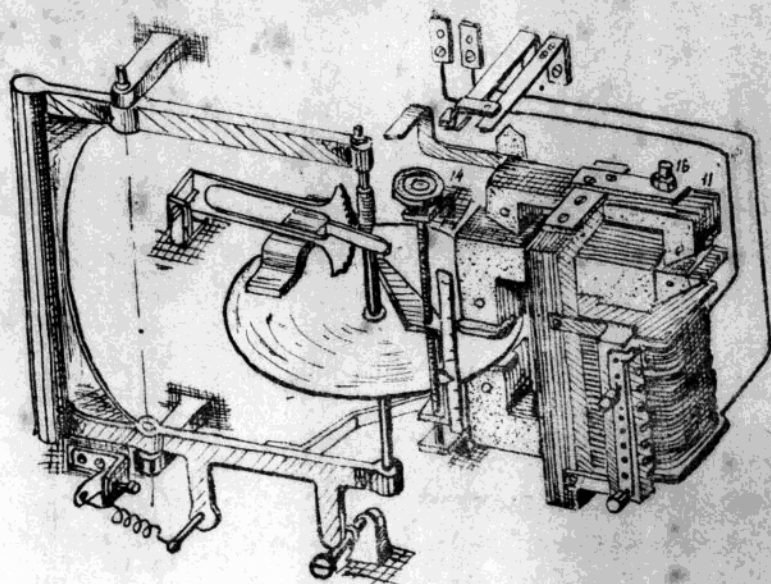


圖 1 IT—80型繼電器的構造

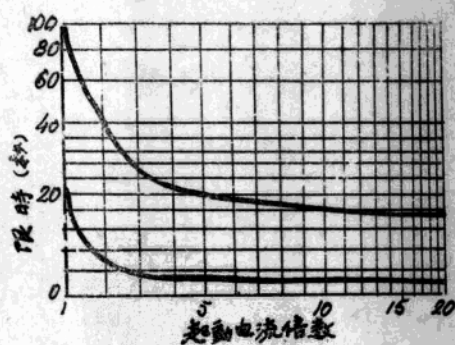


圖 2 IT—80型繼電器的限時特性曲線

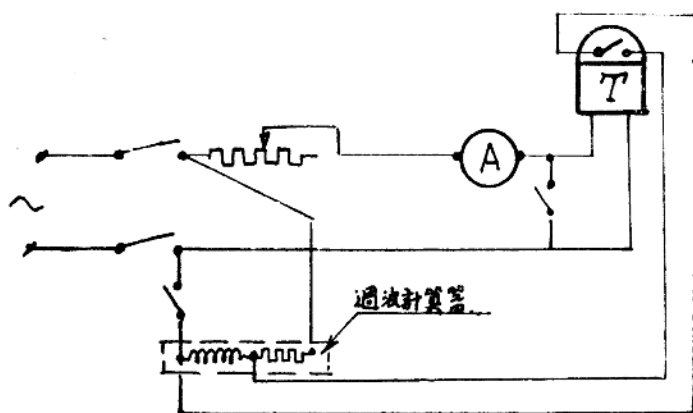


图 3

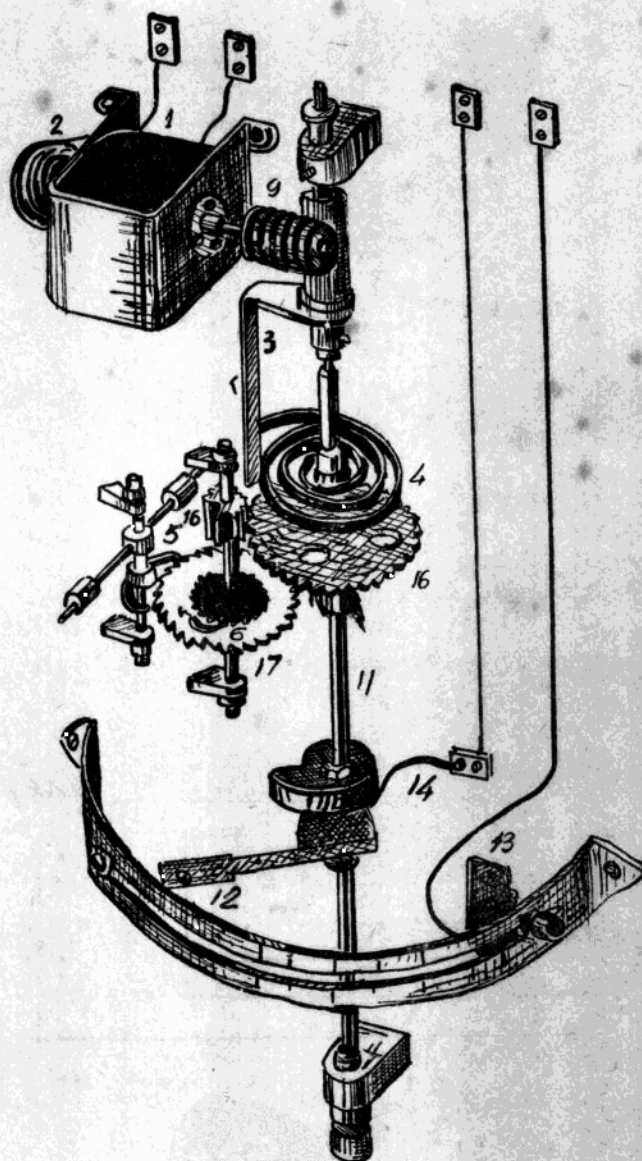


圖 4 3B—180型繼電器的構造

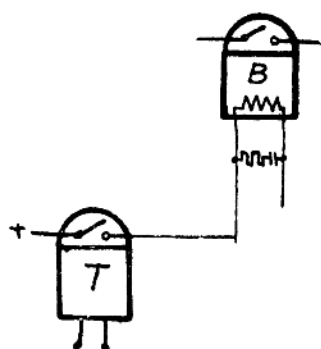


圖 5

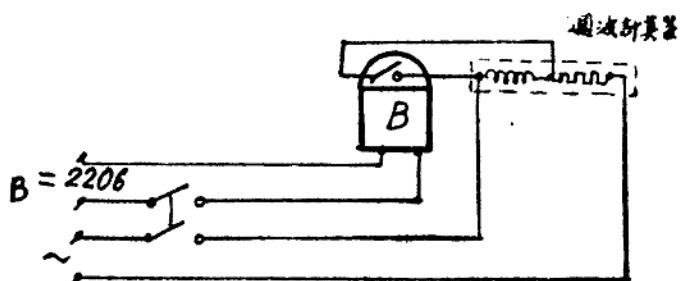


圖 6

實 驗 二

電磁式電流繼電器 3T-520 之研究

§1. 實 驗 目 的

熟悉 3T 型電磁式電流繼電器之構造及特性，其試驗分下列幾部份：

1. 觀察繼電器的構造並繪結構略圖；
2. 起動電流的試驗；
3. 動作時間的試驗。

§2. 實 驗 原 理

1. 繼電器的構造及動作原理

3T 型電磁式過電流繼電器是由一個繞有線圈的鐵心及一活動的鐵心所組成的，當線圈通以電流時，它即形成一個磁場，並作用於活動的鐵心上，其電磁吸力的瞬時值 F_{3t} 與空氣間隙的磁通之平方成比例。

$$F_{3t} = K_1 \Phi_t^2$$

因此吸力的方向不隨磁通 Φ_t 的極性而變化，即是與電流的極性無關，所以電磁場的產生可用直流，亦可用交流。繼電器活動的鐵心有旋轉的（圖 1 及圖 2）及向前移動的（圖 3 及圖 4）二種，由於鐵心的旋轉（或移動）而使接點接通（開路式繼電器）或斷路（閉路式繼電器），因此保護動作。

2. 起動電流的試驗

繼電器的鐵心通常受一螺旋形彈簧的反作用力而保持在原始位置，當鐵心轉動時即使彈簧的張力改變，亦即改變反作用力矩 M_{np} ，阻擋活動鐵心動作還有摩擦力 M_{rp} ，因此繼電器動作的條件為：

$$M_{cp} \geq M_{np} + M_{rp}$$

產生起動力矩 M_{cp} 的電流叫做啟動電流 I_{cp} 。

在繼電器的銘牌上刻有起動電流的標尺，為了校驗其標尺是否準確，而進行啟動電流的試驗。

起動電流的調整有下列幾種方法：

- ① 改變開始的阻抗轉矩（即變更彈簧的開始張力）。
- ② 改變線圈的圈數， M_{np} 開始點空氣間隙保持不變，則線圈的圈數減少 n 倍時，起動電流要增加 n 倍。
- ③ 改變開始點的空氣間隙。

通常廣泛使用第一種方法，其優點是可以正確的調整到任意需要的 I_{cp} 值。

3. 動作時間的試驗

電磁型繼電器的動作時間 t_{cp} 是由兩部份組成： t_H 及 t_a 。 t_H 是磁束增加到一定值

使活動鐵心開始動作的時間； t_a 是活動鐵心開始動作到繼電器接點接觸的時間。但整個時間 t_{cp} 幾乎完全決定於 t_a ，亦即活動鐵心轉動（或移動）的距離。一般的講電磁型繼電器的動作是「瞬時的」，由百分之幾秒到十分之幾秒，不能保證動作上必須的選擇性。如必須限時動作時，則應利用一限時繼電器，接成如圖（5），電流繼電器動作後，將限時繼電器接通操作電源，經一定限時，而保護動作。

4. 使用一個繼電器作各種相間故障保護時，起動電流的試驗

此種接線方式如圖（6）所示，使用DT型繼電器，其兩線圈分別繞在上部磁極B與下部磁極H上，如二線圈的電流同相，其磁化力 F_H 與 F_B 相加，如圖（7）所示。假如上下二線圈通以方向相反的電流，則 F_H 與 F_B 的方向相反，但繼電器仍能動作，不過其啟動電流增大了，其值等於上下二線圈串聯時的二倍即 $I_{cp} = 2 I_y$ ，產生這種現象的原因主要是磁通通過漏洩磁路如圖（8）所示，此漏洩磁路阻抗較大，因此動作電流也需較大，如通以三相對稱電流，則其啟動電流約為上下二線圈串聯時啟動電流的 1.5 倍即 $I_{cp} = 1.5 I_y$ 。

由於有上述的現象就可以使用一個繼電器來作相間故障的保護，在各種不同的相間短路時其啟動電流為二線圈串聯的 K 倍，今將 K 的數值列於下面：

故障種類	K 的數值
三相短路時.....	1.5
裝設電流互感器的二相短路時.....	2
裝設電流互感器的二相與另一相短路時.....	1.8
二相短路發生在Y/Δ變壓器以外使裝設電流互感器的二相電流相等時.....	1
二相故障發生在Y/Δ變壓器以外，使裝設電流互感器的二相電流相差一倍時.....	1.1

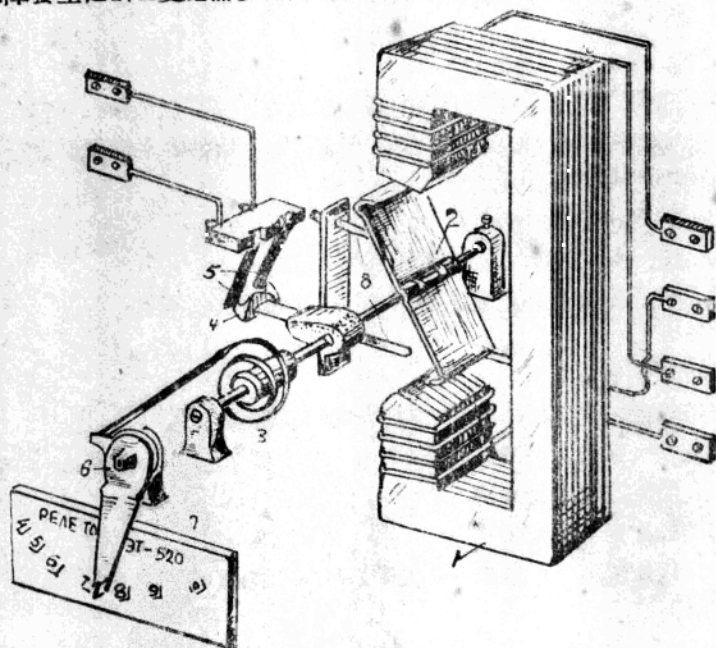


圖 1

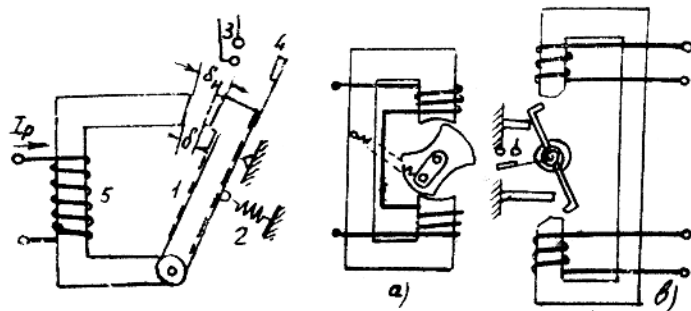


圖 2

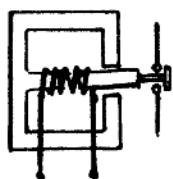


圖 3

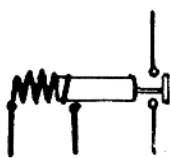


圖 4

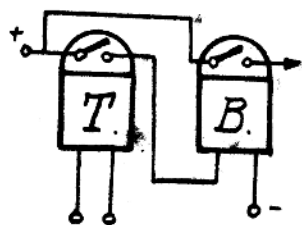


圖 5

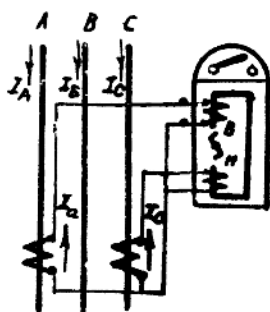


圖 6

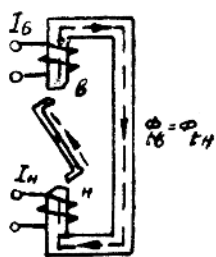


圖 7

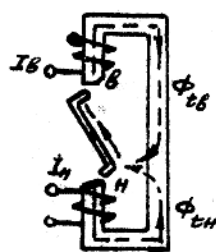


圖 8

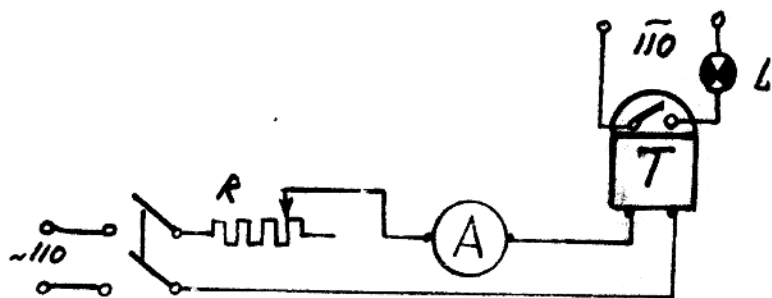


圖 9

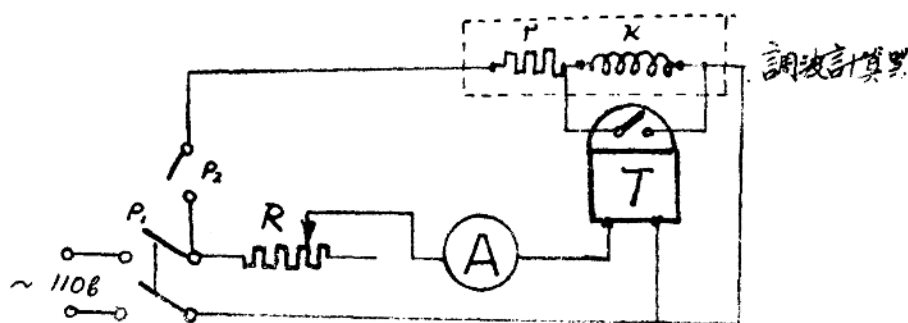


圖 10

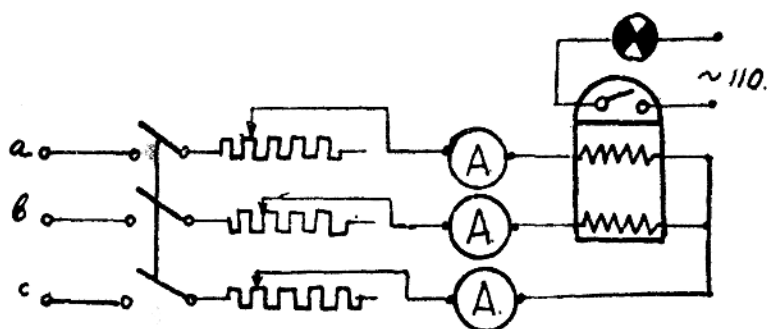


圖 11

§3. 實驗步驟

1. 觀察繼電器的構造

2. 啟動電流的試驗

- ① 按圖(9)接好線路。
- ② 串聯繼電器的二線圈，將整定的把手放在標度尺上第一刻度，將可變電阻調至最大值，再將刀閘 P 合上，均勻的減小電阻，使繼電器電流增大，至繼電器接點接觸（信號燈 L 亮）為止，記下 I_{cp} 的數值。
- ③ 均勻的增大可變電阻 R，至信號燈熄滅（即繼電器接點分開），記下此時電流值，即返還電流 I_B ，算出返還係數 K_B 。
- ④ 將整定把手放在其他標尺上，重複同樣的試驗。
- ⑤ 在報告中用表列出諸數據，並繪出下列曲線：
 - a. 起動電流 I_{cp} 對於標電流 I_{yct} ；
 - b. 返還電流 I_B 對於 I_{yct} ；
 - b. 返還係數 K_B 對 I_{yct} ；
 - г. 誤差 $\Delta I\% (= \frac{I_{cp} - I_{yct}}{I_{yct}} \%)$ 對於 I_{yct} 。
- ⑥ 並聯二繼電器的二線圈，重複上述的步驟，記錄諸數及作出曲線。

3. 動作時間的試驗

- ① 按圖(10)接好線路(接週波計算器時,必須將電源接在電阻 r 和線圈 k 串聯的二端,如圖示,否則就會將週波計算器燒燬)。
- ② 串聯繼電器的二個線圈,將整定把手放標尺上最小和最大刻度,調節 R 使 (A) 所示為啟動電流值(調節電流時打開 P_2) 打開 P_1 ,再依次合上 P_2 和 P_1 記下週波繼算器的讀數,重複三次取其平均值。

4. 使用一個繼電器作各種相間故障保護時,啟動電流的實驗

- ① 以不同電流通入繼電器的兩個線圈,將整定把手放在標尺上的各個位置,測定啟動電流 I_{cp} , 求出 $K = \frac{I_{cp}}{I_{ycr}}$

a. $I_1; I_2 = -I_1$

按接線圖 12

б. $I_1; I_2 = 0$

按接線圖 13

в. $I_1 = 0; I_2$ 按接線圖 14

г. $I_1 = I_2$ 按接線圖 15

д. $I_1; I_2 = -\frac{1}{2} I_1$ 按接線圖 16

е. $I_1; I_2 = -2I_1$ 按接線圖 16

- ② 作出 K 對 I_{ycr} 的曲線圖

§4. 試驗結果

1. 起動電流試驗的記錄數據

I_{ycr}					*
I_{cp}					
I_B				.	
K_B					
$\Delta I\%$					

2. 使用一個繼電器作各種相間故障保護時,啟動電流的實驗的記錄

I_{ycr}					
I_{cp}					
K					