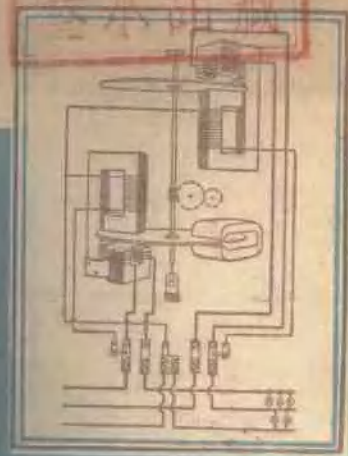


86299



電度表的檢修

劉國華 著 電力工業出版社

電力工業出版社

電 度 表 的 檢 修

蘇聯 恩·格·沃斯特羅克努塔夫著

屠大魯 沈慶輝譯

電 力 工 業 出 版 社

內 容 提 要

本書講述了怎樣組織電度表的檢修工作，說明了檢修的一般工序，檢修時必要的設備和工具，檢修後的驗收和電度表的調整工作等。

本書供擔任計算電能和檢修電度表工作的工人、技工及工程師參考。

Н. Г. ВОСТРОКНУТОВ

РЕМОНТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЧЕТЧИКОВ

根據蘇聯國立動力出版社1952年莫斯科版翻譯

電 度 表 的 檢 修

屠大魯 沈慶樞譯

•
123D35

電力工業出版社出版(北京府前街26號)

北京市書刊出版業營業許可證出字第002號

天津市第一印刷廠印刷 新華書店發行

•
編譯：陳維清 校對：周金英 趙桂芬

787×1092 $\frac{1}{16}$ 開本 • 6 疊印張 • 130千字 • 定價1.00元

1954年11月北京第1版

1956年7月天津第2次印刷(5,101—7,830冊)

序

我國（指蘇聯——譯者註）電氣化事業飛躍的發展，使得所用電度表的數量相應地有了增長。最近幾年來，由於巨大的斯大林共產主義建設——古比雪夫、斯大林格勒、卡霍夫卡發電站和土庫曼運河——的開始，有許多地區的動力管理局，其電度表的數量將以數十萬計。

要實行定期清理、檢修和調節這樣龐大數量的電度表，如果仍舊沿用目前還在許多地方所用的那種古老的半手工業的方式，勢已成為不可能了。各地都有必要組織新的修理廠或增添現有修理廠的設備，計劃每天檢修電度表的能力要到100—200個或更多。

這樣規模的修理廠的工作，已必然要仿照大規模生產那樣實行生產過程的流水作業法。

除了大力能系統的大型修理廠以外，在不大的都市裏還必需要有大量的小型修理廠。在編寫本書時即已考慮到此種情況，而在適當章節內指出在待修電度表數量不多的情況下解決機構和技術問題的方向。

本書因限於篇幅，對於現時應用得極少的直流電度表的檢修問題不予涉及。

電度表的檢修在目前還是輔助性的技術經濟工作，但是由於電度表數量增長的關係，已成為生產事業的獨立部門。有關電度表檢修的技術文獻以前是沒有的；而本書則係初次嘗試來闡述這一問題；在這一方面，莫斯科動力局、列寧格勒動力局和米其新斯克「電度表」工廠的負責同志給予很大的幫助，供給了許多寶貴的資料得以充實本書。

利用此機會，謹向熱心提供自己多年經驗的莫斯科動力局全體工作人員表示謝意。在編著本書時利用了他們的經驗，這些經驗對於在我們廣大的社會主義國家各個角落裏担任計算電能和檢修電度表工作的成千的工人、技師和工程師都會有所幫助。

作 者

目 錄

緒 論	4
0-1. 電度表的技術監察機構	4
第一章 電度表的構造	6
1-1. 交流電度表的作用原理	6
1-2. 電度表裏的調節裝置	8
1-3. 三相電度表	12
1-4. 無功能量電度表	14
1-5. 一般用途的部件和零件	18
1-6. 電磁元件	19
1-7. 圓盤和它的支柱	22
1-8. 計算機構	26
1-9. 制動磁鐵	29
1-10. 備用零件	30
第二章 電度表修配廠	31
2-1. 修配廠的工作內容	31
2-2. 修理工作的組織方式	33
第三章 修配廠的設備	38
3-1. 倉庫的設備	38
3-2. 準備間的設備	39
3-3. 機械間的設備	42
3-4. 調整間的設備	46
3-5. 實驗室的設備	49
3-6. 輔助設備	59
第四章 調整電流和電壓用的設備	63
4-1. 分離電路原理	63
4-2. 負載變壓器和升壓變壓器	64
4-3. 變阻器	66

4-4. 移相器	71
4-5. 調整用變壓器	73
第五章 檢驗裝置	74
5-1. 單相檢驗裝置的接線圖	74
5-2. 三相檢驗裝置的接線圖	77
第六章 電度表的修理	82
6-1. 準備開裏的工作	82
6-2. 機械間裏的工作	88
6-3. 線捲的計算與繞製	100
6-4. 齒輪的計算及製造	103
第七章 功率的測量	107
7-1. 直流電	107
7-2. 單相交流電	107
7-3. 三相交流電	111
7-4. 無功功率的測量	114
第八章 電度表的調整	116
8-1. 基本的公式和計算	116
8-2. 計算機構的計算	124
8-3. 電度表的容許誤差	131
8-4. 電度表調整前的準備工作	134
8-5. 單相電度表負載的計算	138
8-6. 單相電度表的調整	139
8-7. 同步調修法	146
8-8. 三相有功能量電度表的調整	148
8-9. 無功能量電度表的調整	153
8-10. 調整工人使用的工具	153
8-11. 調整工人的錯誤	160
8-12. 電度表的檢驗	161

緒 論

電度表的技術監察機構

無論在工業方面，或是日常生活方面，電度表都是有巨大意義的一種測量儀表。一切工業企業、輕重型工廠的工作，在現代均以電力驅動為基礎。由發電站所產生的億萬瓩時的電能，具有巨大的國民經濟價值，它的計算即有賴於電度表運用的準確性。

既因電度表具有巨大的國民經濟意義，故需要有系統的技術監察機構來監察它們的指示情況和準確性。

一切電度表，即使是裝配很好並已經調整過，在運行的過程中也會失去本身的精確性。使電度表失去運行的準確性的原因，可以分為經常性的和偶然性的兩種。

經常性的原因，在任何情況下，在任何電度表和運轉中的任何時候都起影響。屬於這類原因的是：

- 1) 豎軸軸承和軸承零件的磨損；
- 2) 在軸承和豎軸軸承內潤滑油的凝固；
- 3) 直流電度表整流子和電刷的磨損；
- 4) 有時可觀察到制動磁鐵隨時間而逐漸衰退。

偶然性的原因為：

1) 裝配的不正確和不小心，因此，雖在校驗時證明有圓滿的成績，但以後就迅速開始有不正確的讀數，甚或完全停止運行；

2) 由於在運輸和安裝時受到意外的強烈震動（跌落、打擊），致調整失效；

3) 電度表安裝在潮濕的或存在有害氣體的場所時，其個別零件生鏽；

4) 電度表的接線法不正確；

5) 一貫的大量過載。

為了保證能及時發現不正確運行的電度表，就應：1) 監察交

與了用戶的電度表；2) 定期檢查已安裝的電度表；3) 定期檢驗已安裝的電度表。

這些措施都是為及時查明電度表的運用和電能的計算屬於偶然性一類的正確性的好方法，並且還能查明如零件磨損和在豎軸軸承內、軸承內及計算機機內潤滑油的凝固等足以使電度表的運行惡劣的經常在影響着的原因。在這些原因的影響之下，電度表內的摩擦隨着時間的經過而日益增大，它的靈敏度則降低，由此引起電能的計算不足，特別是在輕載時為甚。

為了預防電能的計算不足和寶石的損壞，必需將全部電度表作預防性的檢修。經過一定的時間後，應按有計劃的步驟將電度表拆下並送入修理工廠，以清潔其機件並調整之。定期的預防性檢修日期，主要是由這種修理的細心程度和潤滑摩擦部分所用潤滑油的質量而決定。經多次的觀察，當潤滑油有高度的質量和很細心裝配時，電度表的誤差歷經 10—12 年仍能保持在許可值的範圍內，並且仍不能發現寶石或滾珠有磨損現象。

反之，如果在裝配豎軸軸承時，不重視足夠的清潔度，且潤滑油質量低劣時，寶石和滾珠經過 $1\frac{1}{2}$ —2 年即成無用。

根據多次的觀察和統計資料發現，經過五年的運行，已經約有 10% 的電度表有了 6% 以上的誤差。因此規定了交流單相電度表的國定校驗日期為 5 年一次。

三相電度表就本身的可靠程度而言，並不低於單相的，但它的國定校驗期限較短，為兩年一次。這是由於三相電度表的重要性更為巨大——由三相電度表所計算的電能要比由單相電度表所計算的電能超過許多倍。須知在此情況下因經常校驗所付出的附加費用足以為電能計算精確性的提高所抵償。但這種情況亦不應當認為是絕對的，因為根據定期校驗的更詳細研究結果，可以得到一個結論，就是三相電度表的預防性檢修日期可以增到每 4—5 年一次。

第一章 電度表的構造

1-1. 交流電度表的作用原理

一切交流電度表可以劃分為兩大類：單相電度表和三相電度表。

圖 1-1 所示為一單相電度表的構造示意圖，而圖 1-2 則為 B-2 型電度表的主要部分——電磁元件的實際構造圖。

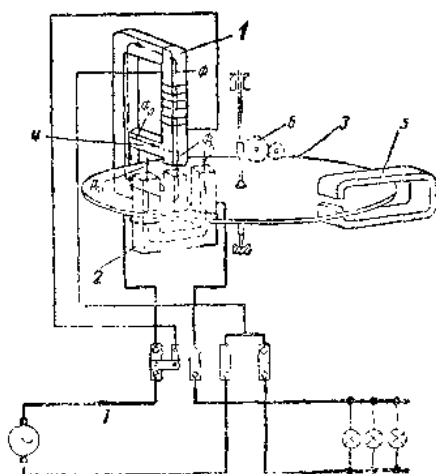


圖 1-1. 交流電度表的構造示意圖

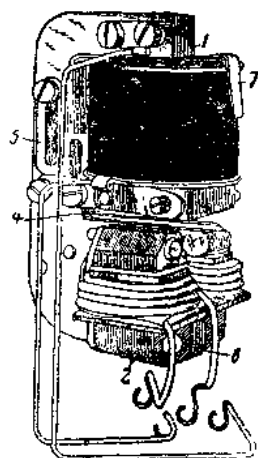


圖 1-2. B-2 型電度表的電磁元件

每個電度表有六個主要部分：

- 1) 電磁元件，有時稱它為主動部分；
- 2) 連軸的圓盤（活動部分）；
- 3) 制動磁鐵；
- 4) 計算機構；
- 5) 底座：豎軸軸承和軸承；
- 6) 端鉗盒。

組成電度表機構的這些主要部分，用底盤和支柱互相連成

一整體而用一罩以封閉之。

電度表的電磁元件是由薄矽鋼片疊成的兩塊磁導體 1 和 2 所組成。磁導體 1 之上繞匝數很多的 (8000—12000) 細絕緣銅絲的線捲，而是直接連在線路的全電壓之下的。這一線捲稱為並聯線捲或是電壓線捲；它有很大的感抗，因此通過它的電流只不過幾毫安。

磁導體 2 之上繞有串聯線捲，它是由匝數少但截面積相當大的導線組成。全部負載電流 I 都通過它。

通過並聯線捲的電流，產生交變的磁通，可將它分為 Φ_n 和 Φ_p 兩部分。磁通 Φ_n 通過鋁盤 3 是使圓盤旋轉所必需的工作磁通。通磁 Φ_p 不通過圓盤，而通過磁分路 4，稱為漏磁通，可作調整電度表運行的正確性之用。

通過串聯線捲的負載電流 I ，在磁導體 2 內產生磁通 Φ_m ，此 Φ 以不同的方向通過圓盤 3 兩次。

並聯電路的工作磁通 Φ_n 通過圓盤，在其內引起電流 I_n 的出現 (圓盤的作用正如變壓器的短接副線捲)。圖 1-3 a 表示某一瞬間圓盤內電流 I_n 和磁通 Φ_n 及 Φ 的分佈情況。

根據左手定則可以決定當磁通 Φ_n 和電流 I_n 如所示之方向時，它們之間的相互作用使圓盤向順時針方向旋轉。因為電度表被連接在交流電路中，因而經過了某些時間後，磁通 Φ_m 的方向變

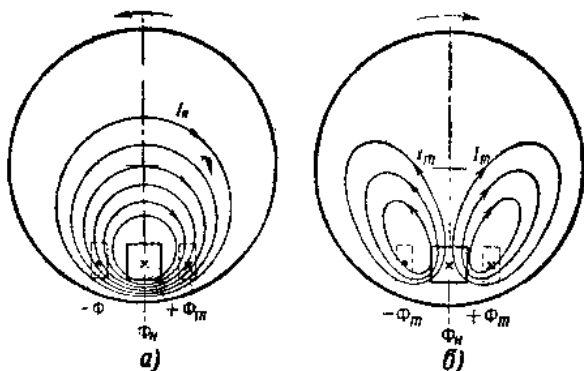


圖 1-3.

或與圖 1-3 a 所示者相反，但電流的方向亦同時改變，因此它們之間相互作用的方向仍與前相同（仍為順時針方向）。

圓盤內除了電流 I_n 外，還會有電流 I_m 環流，如圖 1-3 b 所示。電流 I_m 是因磁通 Φ_m 的作用而得，且是處於磁通 Φ_m 的磁場之內。

圓盤中電流 I_n 和磁通 Φ_n 的相互作用與電流 I_m 和磁通 Φ_m 的作用相疊加。

電磁元件對圓盤的作用，使圓盤以與負載功率成正比例的速度旋轉，但此比例只能在圓盤運動緩慢的條件下才能保持住。

為了保證這個條件，可利用制動的永久磁鐵 5，由它來限制圓盤在滿載下每分鐘的轉速在 40—60 週之內。在這種條件下，圓盤的轉速，即其每秒鐘的週數，會與負載的功率成正比例，而在某一時間內圓盤的全部週數將會隨負載功率和它接用的時間而定。設當負載為 100 瓦時，電度表的圓盤每分鐘轉 5 週，則圓盤轉 5 週相當於消耗電能為 $60 \times 100 = 6000$ 瓦秒，或每轉一週為 $6000 : 5 = 1200$ 瓦秒。

如果負載增加一倍，即為 200 瓦，則圓盤旋轉的速度亦增加一倍，它每秒鐘便轉 10 週。在此情況下，圓盤轉 10 週將為 $200 \times 60 = 12000$ 瓦秒，即每週仍為 $12000 : 10 = 1200$ 瓦秒。因此，可見相當於該電度表圓盤轉一週的電能永遠保持同一數值。

圓盤轉一週所必須的瓦秒數稱做電度表的[常數]。

在電度表上會將常數寫出，例如：

圓盤 1 週 = 0.01 瓩時。

知道了電度表的常數並算出了圓盤的週數，便可以求得電度表在整個接用時間內所消耗的電能。圖 1-1 所示的特種計算機構 6 就是用於這個目的上時。

1-2. 電度表裏的調節裝置

電度表計算機構的讀數，只有在當電度表的實際常數等於其額定常數時的條件下，才與通過的電能的數量正確相符。要保證這

一點，每一隻電度表的圓盤轉速，必須根據寫在它上面的常數加以調節。

圓盤轉速的基本調節，可藉制動磁鐵來實現，然而這種調節只有當用戶的負載在某一種情況下，例如當電流為額定值的 50% 且 $\cos \varphi = 1$ 時，才能使電度表的運用正確。

在其餘的電流值之下，以及有同一的電流值，但 $\cos \varphi$ 小於 1 時，電度表將會有相當大的誤差。為了保證電度表在寬闊範圍的負載下和在 $\cos \varphi$ 為任意值之下都能運用正確，可在電度表內設置附加的調節裝置：相位調整器和摩擦補償器。

相位調整器 為了在不同的 $\cos \varphi$ 的數值之下，使電度表有正確的運轉，必須在有效負載 ($\cos \varphi = 1$) 之下，使磁通 Φ_k 的相位較磁通 Φ_m 的相位滯後 90° 。如果滿足了這個條件，那末無論是在有效負載下，或在感性負載下，電度表都能正確地運轉。試驗磁通 Φ_k 和 Φ_m 兩者是否真正有 90° 的相位差，其方法是將電度表接在 $\cos \varphi = 0$ 的負載之下，這時電度表的圓盤應當保持不動。在 $\cos \varphi = 0$ 時如果電度表的圓盤往這一方或那一方向旋轉，這就說明磁通 Φ_k 與磁通 Φ_m 的相位差不是正好 90° ，而略為大些或小些，就必需將電度表再作調整。

這個調整要靠特種裝置——相位調整器來進行。

在 B-2 型電度表裏（參看圖 1-2），夾在磁分路 4 空隙裏的銅片 5 就是作相位調整器之用。漏磁通 Φ_p 穿過磁分路。當磁通 Φ_k 的路徑內有了銅片時， Φ_p 的大小和相位就會稍為改變，於是工作磁通 Φ_m 的相位也隨着同時改變。將銅片往磁分路的間隙裏推進以改變 Φ_p 的大小，便可以在有 $\cos \varphi = 0$ 的負載時，使圓盤完全停住不動，這樣以保證電度表的運用正確。在 B-2 型電度表內，還有一種裝置可用來作預先和粗略的相位調整，這就是如圖 1-2 所示鉚接在串聯電路磁導體上銅線繞成的短路線匝 6。除去一些原有的或加添一些新的補充的線匝，便可以改變磁通 Φ_m 與磁通 Φ_k 的相位關係。

在 CO 型電度表內，有一個繞置在串聯磁導體上和由鋁線製

的環所接通的不大線捲，就是當作相位調整器之用的。在環線上有一個螺絲的接頭，把它沿着環線移動，便可改變環線的電阻。這樣來減少或增加繞在磁導體上線捲的作用。這種裝置的圖形在圖 1-8 中示出。

摩擦補償器 在圓盤的軸承內和計算機構內的摩擦作用，對於電度表的正確運行具有很重大的影響。當負載小於額定值的 20% 時，因摩擦所產生對圓盤運動的阻力，同電磁元件的作用比較起來佔相當大的比例，為了保證在輕載下電度表能運行正確，必須有一種特殊的裝置——摩擦補償器。

電度表內有這樣一種裝置稱做摩擦補償器，靠了它，電磁元件產生一個不大的旋轉力，此力只有當線路中有電壓時才作用於電度表的圓盤，而與在串聯線捲中有無電流無關。這個附加的力是這樣來選擇和調節的，就是要使它等於或略大於活動部分的摩擦。摩擦既被補償，因而無論在輕載或滿載下，電度表都能運行正確。

圖 1-4 所示的是示於圖 1-2 的 B-2 型電度表內摩擦補償器的構造原理圖

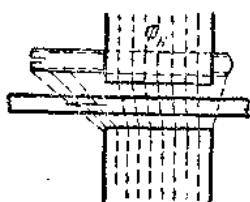


圖 1-4.

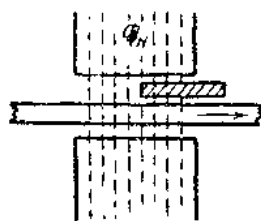


圖 1-5.

將一條長的鋼螺絲桿，旋進電壓電路磁導體的上部磁極裏。結果便從工作磁通 Φ 分出為數不多的磁力線，這些磁力線自螺桿兩端出發，通過圓盤而到達下部磁極。如果螺桿伸出磁極的兩端是均等的，那麼螺桿兩端的磁力線分佈是對稱的，而電度表的圓盤（當串聯線捲更故無電流時，將發生不顯）當旋出或旋進螺桿時，磁場不再對稱，這就引起一個不大的力，它對圓盤作用的方向

是在螺桿旋出較多的一面。

圖 1-5 所示的是某些外國公司出品的電度表裏所採用的另一種摩擦補償器的構造原理圖。

在並聯磁導體的磁極下面裝有與它不對稱的銅片，在此銅片裏面，也像在圓盤裏一樣，有電流出現，這電流與圓盤中電流的相互作用便產生為補償摩擦所必需的力。

制動鈎 摩擦補償器可能引起電度表的自轉，也就是在沒有負載時電樞可能旋轉。電樞的運動和與其有關的計算機構讀數的改變，將是極慢而斷續的，但這種現象是不希望有的，並且會引起用戶的抗議。為了防止自轉，在電度表的軸上裝有由鋼線做成的制動鈎，當圓盤旋轉時，這制動鈎子通過連在並聯磁導體上並被電壓線捲所磁化的特殊鋼舌 7 的旁邊（圖 1-2）。

當制動鈎處在直接面對着已磁化的鋼舌 7 的位置時，它們之間的吸力達到最大值，就在這個位置上，圓盤便停止自轉。

當用戶有了極輕微的負載時，也就是在電度表的串聯線捲裏出現了電流時，電磁元件的作用勝過制動鈎的吸力，電度表的圓盤就開始連續地旋轉。

把制動鈎的長度改變，或者把磁化鋼舌 7 彎曲，可以使它們之間的距離改變到最為接近，從而獲得這種情況，就是電度表沒有自轉現象並具有足夠的靈敏度。

有時候在電度表裏亦有用另外一種反自轉的裝置來代替制動鈎。例如在「電工儀表」工廠的 II 類三相電度表，為了消除自轉，在電度表的圓盤上鑽了一個直徑約為 3 公厘的小圓孔。當這小孔通過並聯電磁鐵的磁極下時，在圓盤內由工作磁通所感生的電流，其分佈發生這樣的改變，使得圓盤停止住。這種消除自轉的方法有很大的缺點，就是實際上不可能調整電度表的靈敏度。減小靈敏度可以用的方法是在圓盤上磨鑽小孔，但如果靈敏度不足，那麼要想提高它是不可能的。

在某些外國公司出品的電度表裏，在它的圓盤上用含鐵的塗料畫一斑點。刮去一部分塗料，就可以增加靈敏度。

1-3. 三相電度表

前面所講的單相電度表，不但可供在單相交流電路內計算電能之用，並且在三相交流電路裏也同樣可用。要計算四線制線路中（有中線）的電能，需要按圖 1-6 所示的接線圖所連接的三具電度表。並聯線捲連接到相電壓上，因此，這些線捲應當是以線間電壓的 $\frac{1}{1.73}$ 的電壓為額定電壓，也就是要計算 220/127 伏線路中的電能，需要 120 或 127 伏的單相電度表；而要計算 380/220 伏的線路中的電能則必需用額定電壓為 220 伏的電度表。

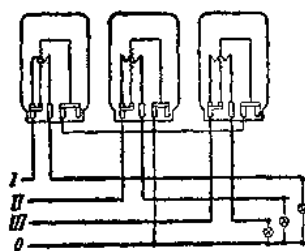


圖 1-6. 三隻電度表計算
三相四線制電力網中電能
的接線圖

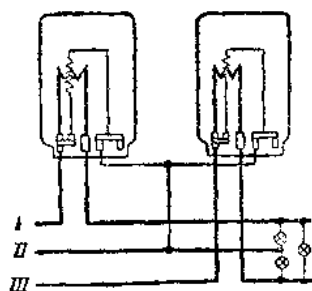


圖 1-7. 三相三線制電力網
中用兩隻單相電度表計算
電能的接線圖

要計算三線制線路中的電能，只要依據圖 1-7 的接線圖連接而用兩具單相電度表就夠了。這時消耗的電能是等於兩具電度表讀數的總和。當負載的功率因數大於 0.5 時，兩具電度表的圓盤均向外罩上或字盤上箭頭所指的規定方向旋轉。當 $\cos \varphi = 0.5$ 時，其中一隻電度表的圓盤停止旋轉，而當 $\cos \varphi$ 小於 0.5 時，圓盤就向與規定方向相反的方向旋轉，而計算機構的讀數會減少。如果在某一段時間內有一具電度表的讀數改變了 W_1 ，而另一具的讀數改變了 W_2 ，那麼用戶所消耗的電能可按下式求出：

$$W = W_1 + W_2$$

在上式中，(±) 兩符號表示：如果兩表的讀數均為正的，也就是兩表的讀數都是增加的，那麼電度表的讀數就相加。如果其中有

一具電度表的讀數是減少的，那麼兩表的讀數就相減。

在三相線路中用三具或兩具單相電度表來計算電能，必須要將讀數相加（有時是相減）。由於這個關係，具有不止一個主動部分，而是有兩個或三個主動部分的特殊三相電度表是更為便利的。

圖 1-8 所示為這種電度表的構造圖。在一根公共的軸上安裝着兩個或三個圓盤，照圖 1-6 的接線圖所連接的三個單獨的主動部分對這些圓盤起作用。由於是一根公共的軸，兩個電磁元件的作用應當相加，所以計算機構的讀數相當於三相線路總共所消耗的電能。

要計算三線制線路中的電能，可採用按照圖 1-7 的接線圖所連接的只有兩個主動部分的電度表。這種電度表的構造圖和接線圖如圖 1-9 所示。

當 $\cos \varphi$ 大於 0.5 時，各電磁元件對圓盤的作用是向同一方向的，也就是它們的作用是相加的。如果 $\cos \varphi$ 小於 0.5，則其中一個主動部分使圓盤向與規定方向相反的方向旋轉，也就是它的作用要從另一主動部分的作用中減去。按照圖 1-7 的接線圖所連接的單相電度表讀數的相加或相減，在兩元件電度表中是自動進行的。計算機構直接表示出用戶所消耗的全部電能。

圖 1-9 所示的兩元件三相電度表有兩個圓盤，但這並不是必需的；可以只有一個圓盤，使它受兩個電磁元件的作用，如圖 1-8 的三元件電度表的上部一部分那樣。[電工儀表]工廠就是根據這接線圖（兩元件——一圓盤）製造了 II, III, IV 型電度表。

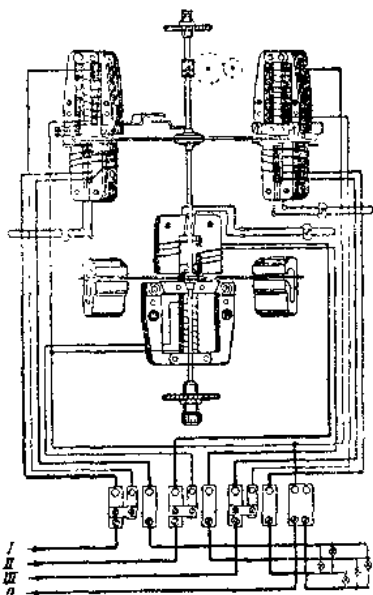


圖 1-8. 計算四線制電力網中電能的電度表的構造和接線圖

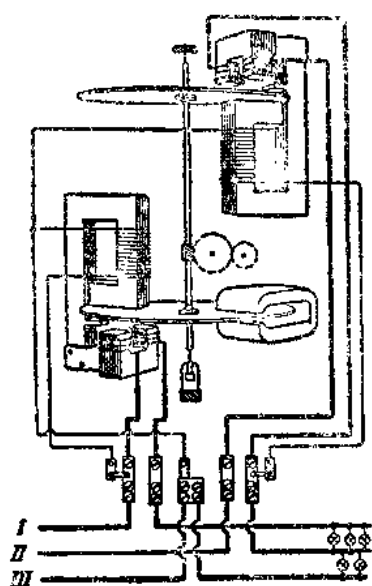


圖 1-9. 計算三線制電力網中電能的三相電度表的構造圖和接線圖

和 II-1 型電度表就是有這樣的構造。這種電度表雖則在製造上比三元件電度表簡單並且價廉，但在運行方面也有很多缺點。

兩盤和三盤的三相電度表與單相電度表所不同的是它不止一個，而有兩個制動磁鐵並且有用以調整由各電磁元件所產生旋轉力的附加裝置。圖 1-12 所示即為這種裝置的構造的例子。將鋼螺釘 2 旋入固定在並聯磁導體上的鋼筒裏。電壓電路的部分磁通穿過螺釘 2 而引出圓盤之外。當改變螺釘的位置時，電磁系統對圓盤的作用就增加或減少。就用這樣的方法使每一系統內圓盤上所受的作用達到均等。

1-4. 無功能量電度表

計算無功能量，可利用在線捲構造上或接線上略有改變的感應式電度表。單相線路用的無功能量電度表很難製造，但差不多也是很少用到的。因為無功能量的計算只有在巨大的工業用戶才

這種結構在製造上略為便利，但在運用方面有很大的缺點：電度表的讀數受線路相序的影響很大。如果在安裝電度表時，要是相序偶然裝得不是像調整時所試的那樣，則電度表的誤差可能超過允許值的限度以上。在這方面，[電度表]工廠所製造的兩盤三相電度表 (HT、HTP 型) 是比較好的，它的讀數隨相序而變的程度很小。

具有兩個電磁元件，但有三個串聯線捲的三相電度表是特別多和多樣的。總共只用兩個電磁元件專為計算四線制線路中電能用的 [電工儀表] 工廠出品的 II