



瓦特小時計

莊標文 楊肇燦 編譯

電工圖書出版社印行

電 工 技 術 叢 書

瓦 特 小 時 計

莊 標 文 楊 肇 熾 編 譯

電 工 圖 書 出 版 社 印 行
上 海

中國科學社工程叢書

電工技術叢書

瓦特小時計

Watthour Meters

一九四五年一月初版

一九五〇年九月三版

版權所有 翻印必究

原著者 O. J. Bushnell

編譯者 莊標文 楊肇燦

出版者 電工圖書出版社

發行者 張惠康

經銷處 中國科學圖書儀器公司
印刷所 上海(18)延安中路537號

電工技術叢書

第一集

主編者 楊肇熾 裘維裕 楊孝述

電學與磁學	裘維裕
交流電學	裘維裕
直流電動機與發電機	毛啓爽
交流電動機與發電機	丁舜年
電動機運用與電機試驗	胡汝鼎
整流機與換流機	胡汝鼎
變壓器	周琦
發電廠	毛啓爽 吳玉麟
蓄電池	毛啓爽
保護替續器	丁舜年
磁鐵及電磁鐵設計	丁舜年
司路機鍵	壽俊良
電壓調整	壽俊良
電工儀器及量法	楊肇熾
瓦特小時計	莊標文 楊肇熾
電照學	趙富鑫
電熱	趙富鑫
線路傳輸及計算	曹鳳山
實用電工敷線法	莊標文
工用電子管理論	史鍾奇
電燈線路之電子管控制	李志熙
電動升降機 (二冊)	吳沈鈺

凡 例

- (一)本叢書編譯之目的，係爲訓練電機工程事業各項中級工程師及高級技工之用；職業學校，函授學校等採作課本，最爲適合；卽爲有志自修者，亦極合用；而大學生備作參考，以補大學教本略於實用之不足，裨益亦非淺鮮。
- (二)本叢書係用美國國際函授學校 (International Correspondence School)所編之教本爲依據，延聘專家，從事編譯；原書優點爲(1)注重實用，(2)說理淺顯；(3)插圖豐富詳明，尤以插圖多經精心繪製，與正文相得益彰，最爲特色。
- (三)本叢書一面採用國外已見成效之書籍爲藍本，一面力求適合國情，盡量加入國內已有之材料及法規，庶免隔閡之弊。
- (四)本叢書對於原書之優點，力爲發揮，惟原書若有舛誤或欠妥，亦不事盲從，而惟求其至是，不憚加以修正，以免遺誤。
- (五)本叢書側重中級電工教育，對於高深精確之理論，大都從略，間有必須牽涉之處，亦祇能取譬於日常切近之事物，出以通俗近似之陳述，精確之度難免犧牲，讀者諒之。
- (六)本叢書中所用各項單位，均取國際制，凡原書用英美制之處，則加註國際制之當量值。

- (七)本叢書在原則上遵用教育部頒之名詞。凡名詞若爲部頒所無者，或部頒名詞在實用上有窒礙者，則有編輯會議商定之。
- (八)本叢書各冊名詞力求統一，惟卷帙甚繁，編輯部同人校訂難免疏漏，所望讀者發現矛盾或不一致之處，惠予指正，以期再版時收統一之效。
- (九)本叢書中重要名詞後均附註英文名詞，並於每冊後附英漢對照名詞彙。
- (十)本叢書爲普及起見，用語體文撰述。
- (十一)本叢書第一集共二十三冊，電工各門大致俱備，其他門類，如電信等，擬陸續另出第二集補成之。
- (十二)本叢書編輯同人均以業餘之暇從事撰述，疏誤在所難免，所望海內方家，不吝見教，俾於再版時得以更正，不獨同人個人之幸，亦中國電工教育之幸也，

編譯者序

電能的供給，在電力公司和用戶雙方都有計量的必要，而且要具相當的準確度，方為公允。所以瓦特小時計很為重要，電力公司的從業員對之應具充分的知識，固不用說，就是一般使用電能的人，也須明其大略。本書對於這類需要，甚為適合，舉凡各種電能計器的類型構造，瓦特小時計的應用檢驗，維護和裝置，都有詳明的敘述，最後對於最大需要計和需要價額也有專章討論，可算是應有盡有了。原著人 O.J. Bushnell 是美國芝加哥 Commonwealth Edison Co. 計器部的監督，來寫這本書，自然是勝任愉快。

本書的逐譯，前三章是由季璠擔任，其餘部分以及『問題及習題』，是由標文擔任，合行聲明於此；疏悞在所難免，甚望讀者指正。

譯文脫藁後承楊允中先生校閱一過，編譯人深所感謝。

莊 標 文

楊 肇 燦

民國三十五年一月

目 錄

第一章 電能量度儀器之型式----- 1

1.1 緒論----- 1

量度的單位 用各種效應作
量度 電計器的分類

1.2 化學效應型計器----- 3

愛迪生化效計器 巴斯倩電
解計器

1.3 電動機型計器----- 4

整流器型計器:通用原理
整流器型計器示例 汞導型
計器:通用原理 汞導型計

器舉例 感應型計器:大概
比較 單相感應計器的原理
溫度誤差的改正 矩重比
單相感應瓦特小時計的實例
多相感應瓦特小時計:一般
構造 感應計器的大小 過
載量

1.4 特種計器-----29

預付電費瓦特小時計 二率
計器的用途和構造

第二章 瓦特小時計之應用-----32

2.1 配電制-----32

概論

2.2 直流制和單相交流制-----32

二線電路 三線電路

2.3 多相制-----36

概說 二相制 三相制 三

計器法 二計器法 一具單
相計器法 三相三線制上所
用多相計器 三相四線系統
上所用的多相計器 三相四
線副網絡系統

第三章 瓦特小時計之檢驗.....47

3.1 檢驗之分類.....47

概論 實驗室檢驗 裝置檢驗 按期檢驗 申請檢驗及其他

3.2 檢驗的方法.....50

3.3 指示儀器法.....50

通用原理 計算法 豫備和更改

3.4 轉動標準法.....55

通用原理和計算法 連接法

3.5 檢驗上的一般指示.....56

矯設負載 校準檢驗 在服務中的計器的檢驗 多相計器的檢驗

3.6 計器不準確的原因.....59

主要原因 整流器型計器的弊病 感應型計器的弊病

第四章 瓦特小時計之維護察讀和裝置.....62

4.1 瓦特小時計的維護.....62

整流器和電刷 支承 蠕動 嗡嗡聲響 記示器

4.2 瓦特小時計之察讀.....65

技術名詞定義 晷盤制及其標誌 關於察讀瓦特小時計的指示 瓦特小時計讀數舉例 用戶帳單計算法

4.3 瓦特小時計之裝置.....70

地點 接線情形 敷線法 三相電路中多相計器各項連

接之檢驗

4.4 儀器用變流器之使用.....77

性行通說 變量比率 極性 開斷的副電路 檢驗概說 極性的覆核 比率檢驗——二安培計法 比率檢驗——二瓦特小時計法

4.5 儀器用變壓器之使用.....83

概說 比率檢驗 極性的覆核

第五章 最大需要計和需要價額	85
5.1 概說	85
供應電能的成本 各別價額制	
5.2 需要諸名詞釋義	86
5.3 負載因數及其計算法	88
5.4 需要計之分類	89
通說 自繪曲線型儀器	
累計型需要計: <i>MD-7</i> 指示型需要計	
<i>M-12</i> 指示型需要計	
<i>P</i> 型計印器 <i>PD</i> 型計印器	
有圖形圖表紙的 <i>G</i>	
-9 型需要計 <i>RA</i> 型紀錄需要計	
落後指示需要計	
5.5 需要計的檢驗	102
通論及可能弊病一覽	
線示需要計及累計需要計的檢驗	
落後指示需要計的檢驗	
5.6 需要價額	105
定義及賴特氏需要價額制	
霍浦金生氏需要價額制	
5.7 需要計的裝置	107
概說 需要計的地點	
問題及習題	109
英漢名詞對照索引	115

瓦特小時計

第一章

電能量度儀器之型式

1.1 緒論

量度的單位 為種種用途而供應的電，常須加以量度 (measurement)。量度所依據的單位 (unit) 有以下三項：電流 (electric current) 的單位，安培 (ampere)；電動勢 (electromotive force) 或電壓 (voltage) 的單位，伏特 (volt)；和電功率 (electric power) 的單位，瓦特 (watt)。從第一和第三項單位又推出兩項單位；一是安培小時，就是一安培的電流持續一小時所表的電量 (quantity of electricity)；另一是瓦特小時 (watt hour)，就是一瓦特的電功率持續一小時所表的電功 (electric work) 或電能 (electric energy)。因為這兩單位乃由時率 (time rate) 和時間兩因素所組成，所以很適於供電的量度，這就是說，適於電量和電功 (或電能) 的量度。這兩單位中以瓦特小時為用較廣，因其為電功的直接量度之故，而其倍量 (multiple) 仟瓦特小時 (kilowatt hour) (即1000瓦特小時的總量名) 乃商業上通用的單位。

安培小時計 (amperehour meter) 和瓦特小時計 (watt-hour meter) 乃由其所記示的單位而得名。安培小時計的效用在將電流和時間的乘積累計起來。由此言之，惟有在祇須求出電量的時候，安培小時計方纔有用，譬如蓄電池組 (storage battery) 充電 (charging) 的時候，或者電鍍 (electroplating) 的時候，或者要求出恆勢電路 (constant potential circuit) 上有電量若干的時候，方纔用得着。在恆勢電路上，若要計算供給的能量 (energy)，可以將計器 (meter) 所記的安培小時數，用電路中勢差 (potential difference) 的伏特數相乘，便得能量的瓦特小時數。在商業實用上，線路電壓 (line voltage) 難免時有漲落，若從安培小時計的讀數來計算能量往往欠準確，原因即在於此，但是在電壓調整 (voltage regulation) 頗為妥善的電路上，這宗不準確的程度還低，所以安培小時計如此用法也略有用途，雖然在一般的習慣上還是要用瓦特小時計。

用各種效應作量度 電流所生的效應 (effect) 有三種。第一是化學效應 (chemical effect)，像電解質 (electrolyte) 的分解 (decomposition) 便是。第二是磁效應 (magnetic effect)，凡在電流的周遭都是磁場 (magnetic field)，可以施磁力 (magnetic force) 於磁體 (magnet) 上。第三是熱效應 (heating effect)，凡電流通過導體 (conductor)，導體的溫度 (temperature) 便要增高。這些效應的強弱依電流的強弱而定，因此就可以藉來作供電的量度。

電計器的分類 依着所藉效應的不同，電計器(electrical meter)可分為三類，就是化學效應類，磁效應類和熱效應類。在供電的量度上，以磁效應類最為普遍，通用的是所謂電動機型(motor type)，尋常的瓦特小時計和安培小時計都屬於這一型。凡是這型的計器，其中都備有三項主要元件(element)：(1) 電動機(motor)，藉以發生轉動(rotation)；(2) 一種設置，藉以供給應有的負載(load)或牽制(drag)；(3) 記錄機構(recording mechanism)，藉以累計(integrating) 通過計器中的電能的即時量值(instantaneous value)。依照所用電動機的種類，瓦特小時計又可再分為三型，即整流器型(commutator type)，汞導型(mercury type)，和感應型(induction type)。我們在下面將各項重要的型式分別加以敘述。

1.2 化學效應型計器

愛迪生化效計器 愛迪生(Edison)化效計器 (chemical meter) 乃商用直流(direct current)計器中最早的一型。牠的設計是依據一條電化定律(electrochemical law)。這條定律說：若取鋅(zinc)板兩塊，分開浸入鋅鹽溶液(zinc salt solution)中，而任1安培小時的電量在兩板間通過，那末從一板轉運至另一板的鋅量為1,224毫克(milligramme)。這計器的構造是依照分流原理(shunt principle)，通過量度池(measuring cell)的電流不過主流的千分之一或更少；所謂量度池乃一玻璃池，其中裝有硫酸鋅(zinc sulphate)溶液和兩塊鋅板。通過計

器的電量的安培小時數，是從陽板(positive plate)所失的質量(mass)來計算。這宗計器雖然一時行用很廣，但現在在實用上已經絕迹了。

巴斯倩電解計器 巴斯倩電解計器(Bastian electrolytic meter) 所依據的原理就是：由通電而分解的水量與電流成正比例。這計器乃一玻璃管，管內裝水，其中浸有大小適宜的電極(electrode)兩個。由於器中通電，水被分解為無色的氣體(gas)，管中水面位(water level)就會降低，電量的安培小時數就能從一妥為校準的標尺(calibrated scale)上察讀。凡遇電壓固定之處，這標尺也可校準使讀瓦特小時數或仟瓦小時數。水面須用油層保護，以免蒸發，而於水內加少量的苛性碳酸鈉(caustic soda)，就能防止凍凝。這計器祇合直流之用，而止為量度小量電流而設，所以用途很有限。

1.3 電動機型計器

整流器型計器

通用原理 圖 1.1 所示乃一整流器型瓦特小時計的方案。通常有兩副斷路繞的磁場錄卷(open-wound field coil) b (又叫作電流錄卷(current coil)) 接入待量的電路之中。在這兩副錄卷之間有一能轉動的電樞(armature) a , a 的繞組(winding) 就跨接在電路上。另置一高電阻(high resistance) r 與電樞串聯(in series), 以使電樞中的電流減至很小。因為電樞轉動的速率(speed)很慢，在事實上可算並不發生反電動勢(counter elec

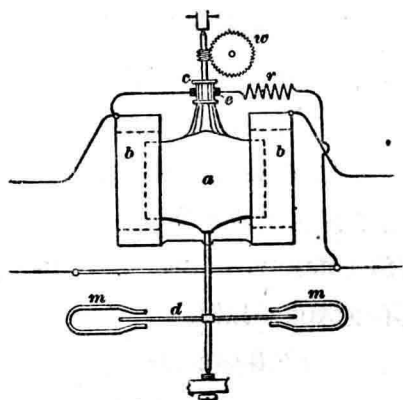


圖1.1 整流器型瓦特小時計方案圖

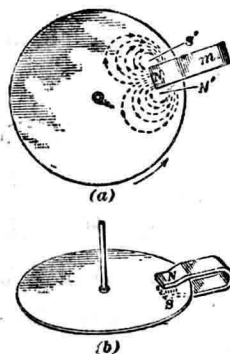


圖1.2 瓦特小時計圓盤的俯視景

-tromotive force), 因此電樞中的電流就與電路的電壓成正比例。因為電樞電路,當計器使用的時候,總是固定的連通(closed),電流就在電樞中繼續不斷的流行。然而磁場線卷中的電流,就要看計器連入的電路所用能量多寡而定。磁場線卷中的電流產生磁通量(magnetic flux),而這磁通又和電樞導體(conductor)中電流所生的磁通互施作用,於是就使電樞轉動起來。圖中 *c* 為整流器, *e* 為按在 *c* 上的靜定電刷(stationary brush), *c* 的職務在將行達有作用的位置的線卷依次接入於電路之中。

瓦特小時計的動件(moving element) 所受的轉力矩(torque) 是與磁場線卷和電樞中兩電流的乘積成比例。磁場線卷所載的乃線路主電流 (mainline current) 的全部或其確定的部分,而電樞電流係與主流的電壓成比例;由此推之,瓦特小時計的轉力矩是與電路中消用能量的時率成比例。要使計器的速率

與轉矩成比例，必須備置直接隨速率而變的負載。為達此目的，另設一發電機 (generator)，此機有兩部分，一部分是銅或鋁製的圓盤 d ，裝在電樞的軸上，另一部分為二永久磁鐵 (permanent magnet) m ， d 就在 m 的兩顎之間旋轉。圓盤 d 成了實際上電阻恆定的通路導體，其中所生的渦電流 (eddy current)，是與在一定時間內被割的磁力線 (magnetic lines of force) 數成正比例，換句話說，與計器的速率成正比例。

圓盤 d 中所生的渦流，相對於永久磁鐵的兩極，其流向如圖 1.2 (a) 所示，這圖乃圓盤的俯視景，並假定圓盤的在磁鐵兩極之間依着反時鐘向轉動。磁鐵 m 的極性 (polarity) 是用 N 和 S 兩字母來表示，見圖 1.2 (b)。渦電流所生磁通的極性則用 N' 和 S' 來表示，見圖 1.2 (a)。磁極 (pole) N 要推斥 N' 而吸引 S' ；同樣的，磁極 S 要推斥和吸引在圓盤下面 (從圖上看不見) 的磁極。所有這些推力和引力都與圓盤的運動取向相反。這反抗的磁通既是與渦流成比例，所以也與圓盤的速率成比例；因此，計器的發電元件 (generator element) 在電動元件 (motor element) 上所施的牽制是與圓盤的速率成正比例。

瓦特小時計轉動元件所作的轉數 (number of revolutions) 是用齒輪 (gear) 嚙合在軸 (shaft) 上的適當記錄機構來記錄。這機構的一部分從圖 1.1 可見，其中 W 為一齒輪，是由計器轉動元件軸上的螺桿 (worm) 來驅動。

整流器型計器示例 圖 1.3 所示湯姆生 (Thomson) 瓦特小

時計，乃整流器型瓦特小時計的一例，器蓋和記示標 (register) 都已安好。圖 1.4 乃同一計器，不過已將器蓋和記示標拆去，以便顯出運用的機構 (operating organism)。此計有一球形電樞 a ，在兩副圓形磁場錄卷 b 之中旋轉。凡額量 (rated capacity) 不同的計器，其磁場錄卷上繞錄的粗細隨之不同，但其設計總是依照一個標準的規定，即一切額量所用磁場錄卷在滿載時所生效應皆為 600 安培匝數 (ampere turn)。準此，5 安培的計器要有錄 120 匝 (turn)，而 300 安培的計器祇有 2 匝。在二錄計 (two wire meter) 中，電路祇有一邊的錄通過磁場錄卷，但在三錄計 (three-wire meter) 中，因為電路的兩邊都必須通過計器，所以每一外錄 (outside wire) 各與一電流錄卷相接。

計中整流器是用若干銀條所製，集合在轉軸的上端，但是與轉軸絕緣 (insulated)，而且各條互相絕緣。沿着整流器的周緣有若干電刷 (brush)，每刷是用兩根細銅錄所作。刷上裝有正交的支承臂 (pivoted arm)，刷上裝有衡體 (counter weight)，因

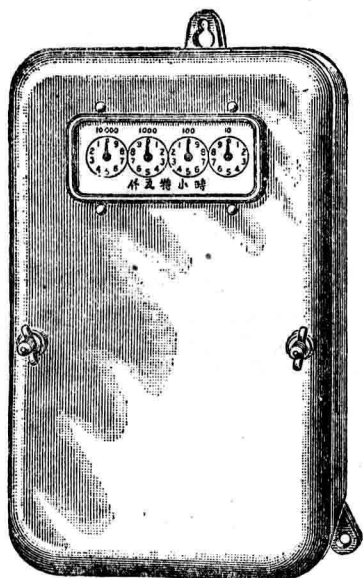


圖 1.3 湯姆生瓦特小時計外觀