

198.8-116.4

电压与电流的 稳定装置

苏联 B. B. 培特劳夫 B. A. 彼昂得高夫斯基合著

奚 良 译

人民邮电出版社

目 錄

第一章 交流電氣機械調整器

第一節 一般概念	(1)
第二節 感應調整器	(1)
第三節 調壓器	(4)
第四節 具有可動短路線捲的自耦變壓器	(8)

第二章 自動炭質調整器(PVH)

第一節 構造及動作原理	(12)
第二節 炭質調整器中的電磁繼電器	(15)
第三節 調整發電機電壓用的炭質調整器的選擇	(19)
第四節 炭質調整器的動態工作穩定度	(21)
第五節 炭質調整器用作爲工作電路中的穩定器	(23)

第三章 利用非線性元件形成的電流電壓穩定器

第一節 穩壓管	(24)
第二節 鎮流管	(30)
第三節 碲電阻	(34)
第四節 熱電阻	(36)
第五節 反壓電池	(44)

第四章 電磁穩定器

第一節 工作原理及電路	(51)
第二節 電磁電壓穩定器的設計	(55)

第五章 閘流管整流器

第一節 工作原理	(60)
第二節 起輝角的調節法	(63)

第六章 飽和扼流圈

第一節 工作原理及基本關係	(67)
第二節 飽和扼流圈的結構	(75)

第三節 飽和扼流圈的製作設計	(77)
----------------------	--------

第七章 同授穩壓器

第一節 具有受炭質調整器控制的飽和扼流圈的穩壓器	(83)
第二節 有用電子管調整器控制的飽和扼流圈的穩定器	(85)
第三節 具有用閘流管調整器控制的飽和扼流圈的穩定器	(88)
第四節 有受磁力放大器控制的飽和扼流圈式穩壓器	(92)
第五節 有串聯調整管的穩壓器	(103)
第六節 自動穩壓式閘流管整流器	(108)
第七節 有串聯變壓器的穩壓器	(110)

參攷書籍

第一章

交流電氣機械調整器

第一節 一般概念

電氣機械式調整器是用來調整及穩定功率由數百瓦至數十瓩的交流電壓。這種調整器也可以接在各種用交流電源供電的整流器電路中，用來調整或平穩直流（整流過的）電壓。

實際工作中應用最廣的電氣機械調整器計有感應調整器、調壓器及帶有可動短路線捲的自耦變壓器。

電氣機械調整器不會使交流電流的曲線失真；它的特點是效率高，並能保證（調壓器除外）電壓的調整完全均勻。因為電氣機械調整器是靠移動其機械系統內的各個零件來達到調整的目的，所以這些調整器都是不能即刻完成調整作用的調整器，但是在規定的工作狀況下，它們的調整速度實際上還是足夠高的。

電氣機械調整器可以用來在機件接入時逐步提高電壓，並且也可作人工或自動地穩定電壓之用。

第二節 感應調整器

感應調整器乃是一只交流異步電動機，在它的轉子部分有一相位線捲，它能受機械力而被卡住。三相感應調整器的定子線捲與轉子線捲都接在電源電路內，如圖 1.1 所示。調整器的一對線捲之間具有電的及磁的耦合。

知道了加到初級線捲（定子線捲）上的電壓 U_1 ，及由次級線捲（轉子線捲）引起的電壓 U_2 之值後，就可以利用圖 1.2 所示的向量圖求出在感應調整器輸出端的電壓（ U_B ）變化的規律。輸出端電壓由向量 $\vec{U}_1$ 及 $\vec{U}_2$ 之和決定：

$$\overline{U}_B = \overline{U}_1 + \overline{U}_2, \quad (1.1)$$

其中 $\overline{U}_1$ 是固定的，而 $\overline{U}_2$ 以向量 $\overline{U}_1$ 的終端為中心，用自己的終端作圓周運動。

圖 1.2 所示的圓為調整器輸出端各相位電壓的向量端點的幾何位置。

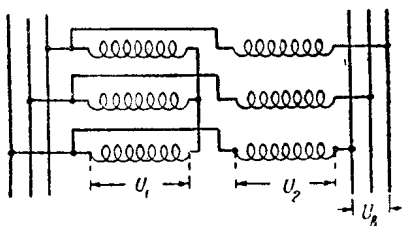


圖 1.1 三相感應調整器的線捲的接線原理圖

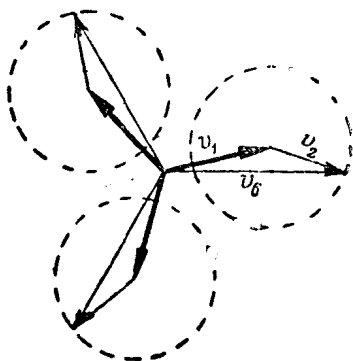


圖 1.2 理想的三相感應調整器的向量圖

當定子電壓向量與轉子電壓向量之間的差角為零度時，輸出電壓最大，而當它們的差角為 180° 時，所得的輸出電壓最小。因此調整器輸出電壓的最大或最小值 $U_{\max}$ 及 $U_{\min}$ 可用次級線捲及初級線捲電壓的算術和及差求得：

$$U_{\max} = U_1 + U_2, \quad (1.2)$$

$$U_{\min} = U_1 - U_2. \quad (1.3)$$

若初級及次級線捲上的電壓相等，則輸出端的最小電壓 $U_{\min}$ 為零。

當被調電壓變化時，三相調整器的輸出電壓不僅在大小上有變化，在相位上也有變化；在單相調整器中，這個輸出電壓與初級線捲電壓完全一致，因為在單相調整器中沒有旋轉磁場，而只有脈動磁場。

與普通的自耦變壓器一樣，在感應調整器中也應區別三種功率：

表 1.1 蘇聯國產感應電壓調整器的技術數據

類 型	功 率 (千伏安)		電 壓 (伏)		電 荷 壓 最 電 大 流， 時， 的(安)	效 率 %	轉 軸 位 置	傳 動 裝 置	尺 寸 (公 厘)			重 量 (公斤)
	通 過	被 耗	初 級	次 級					闊	高		
										長	高	
單 相												
ОПР-21	4.0	4.4	220	10—400	10.0	91	水	平	610	765	760	370
								電動機，AT—7型， 75 瓦，127/220 伏， 每秒 2800 轉				
ОПР-22	6.5	7.06	220	10—400	16.5	92	水	平	610	780	760	380
								人工—螺旋傳遞				
ОПР-25	15.0	16.20	220	20—420	35.7	93	水	平	700	890	841	500
								人工—螺旋傳遞				
三 相												
301	3.05	3.28	127	10—220	8.0	93	垂	直	246	300	448	81
								無聯動機。主軸一端 有可動的游輪				
ПР-221	7.0	7.68	220	105—150	27.0	91	水	平	610	780	760	380
								人工—螺旋傳遞				
ПР-22	10.0	10.65	220	25—400	14.4	94	水	平	610	780	760	380
								人工—螺旋傳遞				
1976	14.5	16.20	127	10—127	60.0	96	垂	直	246	300	508	86
								與 301 型同				

- a) 送到用電設備去的功率——通過的功率；
- b) 電源部分總共消耗掉的功率——被耗功率；
- c) 內部本身的功率，它是通過的功率的一部分，是由電磁的感應從初級線捲傳到次級線捲去的。這功率的大小決定了調整器的類型。

調整範圍視次級線捲（轉子線捲）中所引起的電壓數值 U_2 而定。

調整器固定部分與旋轉部分之間的空氣隙能引起磁漏，因之使 $\cos\varphi$ 降低。

因為調整器是靠轉子的轉動進行調整，而轉子有機械惰性，因此均勻調整的速度就會受到限制。

為了能利用感應穩定器自動地穩定電壓，我們採用裝有電壓繼電器（伏特繼電器）的一種電路；在這種電路中，電壓繼電器通過一系列的中間繼電器迫使輔助電動機向某一方向旋轉，以改變轉子的位置。

感應調整器有兩種形式的出品：

- a) 轉子主軸位置為水平的普通電動機的形式；
- b) 變壓器的形式，其外線捲固定，而內部則置有圍繞垂直軸轉動的轉子。

感應調整器普通用自然冷却法或空氣冷却法。

蘇聯國產感應調整器的技術數據列於表 1.1。

第三節 調 壓 器

調壓器乃是一種特殊構造的自耦變壓器，它是供調整交流電壓之用。

圖 1.3、1.4 及 1.5 是國產調壓器的原理電路圖。

調壓器做成單相和三相兩種。

2 千伏安以下的小功率單相調壓器（圖 1.6），在構造上乃是一個環鐵，環鐵上緊密地繞着一層線捲。導磁體（磁路）由許多經過

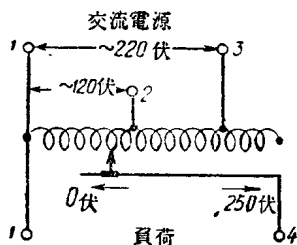


圖 1.3 藉改變次級線匝數而使電壓得到調整的調壓器電路圖

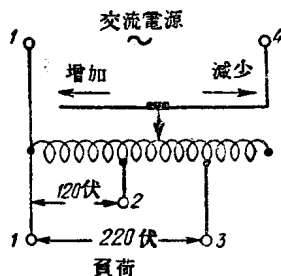


圖 1.4 藉改變初級線匝數而使電壓得到調整的調壓器電路圖

模壓的環狀變壓器鐵片(矽鋼片)膠合而成。有一個適當的機架,以便轉柄上的炭精滾動刷能根據需要在線捲頂端清除了絕緣的線匝上自由移動。另外還有一條薄彈簧,用以均勻地壓住轉柄上的炭精刷。固定線捲上的抽頭以及炭精刷的軟接線都引到帶有端子的底板上。轉動接線接觸刷上的搖柄便使電壓得到改變。

功率較大(5千伏安及5千伏安以上)的調壓器有軸心式的導磁體(圖1.7)。在單相調壓器的一對軸心或在三相調壓器的三只軸心上置有繞成單層的線捲。

沿着導磁軸心置有接觸軌,炭刷支持物循着這軌道移動,裝在炭刷支持物上的滾動炭刷就沿着去了絕緣的線匝滑動。在三相調壓器中,三只集流滾動刷在機械上緊固的聯系在一起。調壓器中滾刷可以用人工來轉動,也可以用馬達聯動裝置作人工的或自動的遙控。

調壓器的優點為效率高、內阻小、構造簡單、尺寸小及重量較輕。

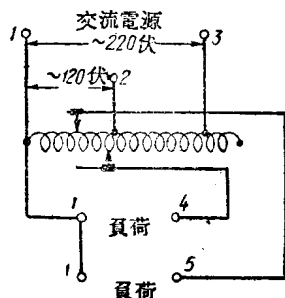


圖 1.5 獨立調整二個不同負荷電壓時應用的調壓器的電路圖

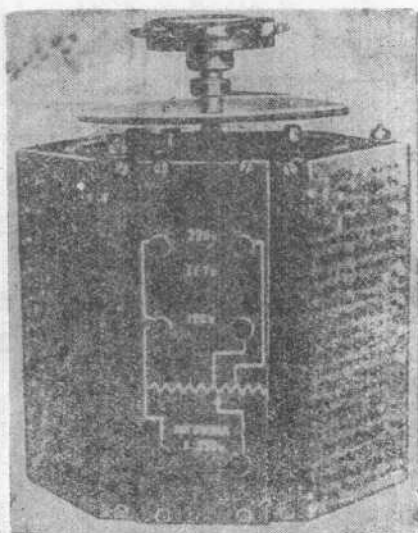


圖 1.6 2千伏安的單相調壓器的外形

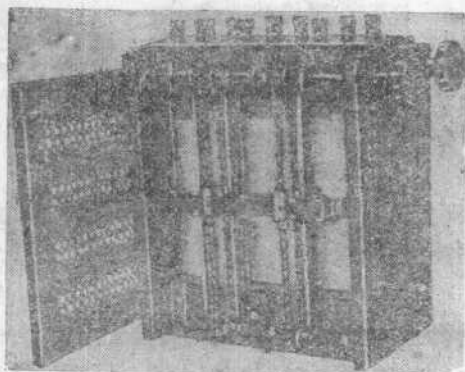


圖 1.7 7.5千伏安的三相調壓器($THH-120$)的外形

表 1.2 蘇 聯 國 產 調 壓 器 的 技 術 數 據

類 型	額 定 功 率 千伏安	額 定 電 源 電 壓 伏	次 級 被 調 電 壓 伏	調 整 電 路 數	可 通 流 移 動 的 中 最 大 允 許 電 安	外 殼 的 輪 廓 尺 寸 公 厘		重 量 公 斤	導 磁 體 形 狀	冷 却
						基 座	高 度			
單 相										
THH—35	0.5	120/220	0—250	1	2	160 註①	115	5	環 狀	空氣自然冷卻
THH—25	2	120/220	0—250	1	8	210 註①	185	15	環 狀	空氣自然冷卻
THH—45	5	120/220	0—250	2	20	220×240	415	40	柱 狀	空氣自然冷卻
THH—40	10	120/220	0—250	2	40	243×283	475	70	柱 狀	油 冷
三 相										
THH—120	7.5	120/220	0—220	2	20	220×354	415	60	柱 狀	空氣自然冷卻
THH—130	15	120/220	0—220	2	40	243×393	475	100	柱 狀	油 冷

① 基座為正六角形，所以此處所指係是外接於該六角基座的圖形的直徑。

用調壓器來作電壓調整，當有負荷時其調整也足夠均勻（大約每隔1伏）。同時電壓波形也不會失真。

蘇聯國產的調壓器（其數據列於表1.2）是設計在溫度為攝氏10至35°，相對濕度在80%以下的室內使用的。

第四節 具有可動短路線捲的自耦變壓器

調壓器的構造及其工作原理 本調整器（圖1.8）是一只自耦變壓器，它有二只固定線捲 a 及 b ，它們

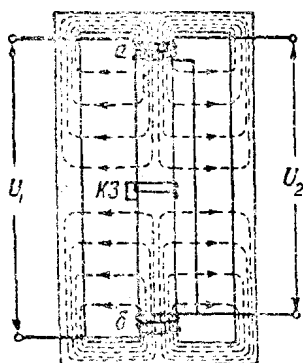


圖 1.8 有短路線捲的自耦變壓器電路圖

都裝在殼形導磁體的中央鐵心上。第三線捲— $K3$ —為一短接線捲，它安裝得能使它沿着公共軸上下移動，並能移得套到任一固定線捲上去。二固定線捲互相反接；並且它們之間既有電的耦合，又有磁的耦合。短接線捲與固定線捲之間僅有磁的耦合。

由線路圖上可以看出，初級電壓 U_1 加在一對串聯的固定線捲 a 及 b 上，而次級電壓僅取自線捲 a 。

當可動短接線捲 $K3$ 套在線捲 a 上時，線捲 a 的感抗最小，因之次級電壓 U_2 也最小。此時整個的電源電壓幾乎全部加在線捲 b 上。當可動短接線捲 $K3$ 套在線捲 b 上時，線捲 b 的感抗幾乎為零，此時因為繞組 b 上的電壓降很小，次級電壓 U_2 也差不多等於電源電壓 U_1 。當線捲 $K3$ 在各個中間位置時， U_2 也就等於各個中間值。

當短路線捲 $K3$ 移得套在線捲 a 或線捲 b 上時，線捲 a 及 b 的感抗不會為零，因為線捲 a 或 b 與線捲 $K3$ 之間的耦合係數永遠比一小一些。所以電壓 U_2 的變動不會超出從電源電壓 U_1 的0.95到0.05這一範圍。當然我們也可以做成昇壓的自耦變壓器。

在有可動短接線捲的調整器中，次級電壓的波形由負荷特性決定。當負荷為純電阻時，輸出電壓的波形為一沒有失真的正弦波。

當工作在非直線性負荷時，在調整器中就產生一個額外的電壓降，使正弦電壓失真。

此種電壓調整器可以在交流電力電源中用，或在單獨的整流裝置中用來穩定電壓。

電壓調整器可以按照自耦變壓器的電路或者具有各線捲分開的變壓器的電路製造。

圖 1.9 為一用傳動裝置來移動可動短接線捲以維持工作電壓於規定水平的自動控制電路圖。使短接線捲移動的電動機的供電電路和繼電器線捲的供電電路在圖中各自單獨畫出；這是因為多半這兩種電路需要，應用電壓不同的兩種電源。電路中的主要機件為一只控制工作電壓用的電壓繼電器 PH ，二只起中繼繼電器作用的熱電繼電器 TP_{σ} 及 TP_{π} ，以及和電動機（其作用是通過機械動作使短接線捲移動）相接的二只工作繼電器 PII_{σ} 及 PII_{π} 。 KB_1 及 KB_2 為一對終端斷路器。電動機由已穩定的電壓為 U_c 的電源供給。

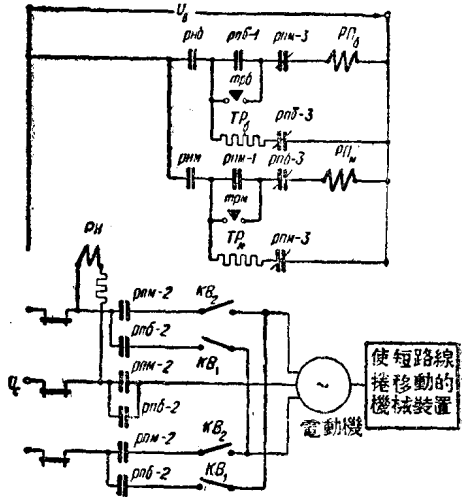


圖 1.9 使用傳動裝置作自動控制的調整器的電路圖

關於所有繼電器及接點的符號是這樣規定的，電壓提高時吸合的繼電器，加一 σ 字，電壓降低時吸合的繼電器，加一 π 字；所有的接點，平時閉合的接點，上面畫一斜線，平時分開的則無斜線。

我們先按照電壓 U_c 超過正常值的一種情況來說明自動電壓調整器电路的工作原理。此時繼電器 PH 使接點 PH_{σ} 接上，熱電繼電器 TP_{σ} 的線捲得到了電源，並經過某一時候使其本身接點 πp_{σ} 接上；因此，繼電器 PII_{σ} 的線捲中有電流流過，使其接點 $p_{\pi\sigma}-1$ 及 $p_{\pi\sigma}-2$

接上而使 $pn6-3$ 打開。結果繼電器 $P\Pi_6$ 的線捲可以不用經過熱電繼電器的接點，而由接點 $pn6$ ， $pn6-1$ ， $pnM-3$ 得到電源；而接點 $pn6-2$ 乃閉合電動機的供電電路，使電動機轉動，一直轉到繼電器 PH 由於電壓已經達到正常值而將接點 $pn6$ 斷開，並因而使 $P\Pi_6$ 線捲中的電流中斷為止。

若短接線捲移動到最高位置時，它就要通過機械動作使終端斷路器 KB_1 動作， KB_1 就切斷電動機的供電電路。當短接線捲移動到最低位置時，其情況相似；不過這時將是終端斷路器 KB_2 動作。

在正常情況下，終端斷路器在整個調整期間始終是接入的。因此，終端斷路器可以防止，由於被調電壓過高或過低，而使調整器的機械損壞。

有可動短接線捲的自耦變壓器的數據 在蘇聯國家工業上出產了三種均勻地調整電壓用的自耦變壓器。有可動短接線捲的自耦變壓器適宜於互相並聯運用，並允許在負荷電壓為額定值的 10% 到 100% 這一範圍的情況下調整。它設計得適於在周圍溫度不超過攝氏 35° 的室內工作。

10 千伏安的單相自耦變壓器用手轉動；25 和 100 千伏安的三相自耦變壓器可用手轉動及用電動傳動裝置轉動。用電動調整時，電壓由 $0.1 U_2$ 調到 $1.0 U_2$ 時，歷時一分鐘，而用手動調整，則需二分鐘。

蘇聯國產自耦變壓器的主要數據列於表 1.3。

所謂自耦變壓器的額定功率是指次級電壓最大時在次級方面的功率。當電壓小於最大值時，因為負荷電流在各種情形下都不得超過額定數值，所以輸出功率將降低了。

功率為 10 和 25 千伏安的，有可動短接線捲的自耦變壓器，用自然冷卻法或空氣冷卻法冷卻，而 100 千伏安的則用自然冷卻法或用油冷卻法冷卻。

第二章

自動炭質調整器 (ПУН)

第一節 構造及動作原理

炭質調整器主要是用來調整(穩定)直流及交流發電機的電壓。此外,自動炭質調整器還可以在應用自動變阻器原理的工作電路中調整電壓;並還可以接在有飽和扼流圈式穩定器的整流設備中,用來穩定電壓。

炭質調整器(圖 2.1)由二個主要部分組成: а) 炭質變阻器(炭柱) — $УР$; б) 電磁式電壓繼電器 — $ЭМ$ 。此外炭質調整器還裝有一個機械裝置,使電磁鐵銜鐵的位置和炭柱的壓縮比之間保持一定的關係。

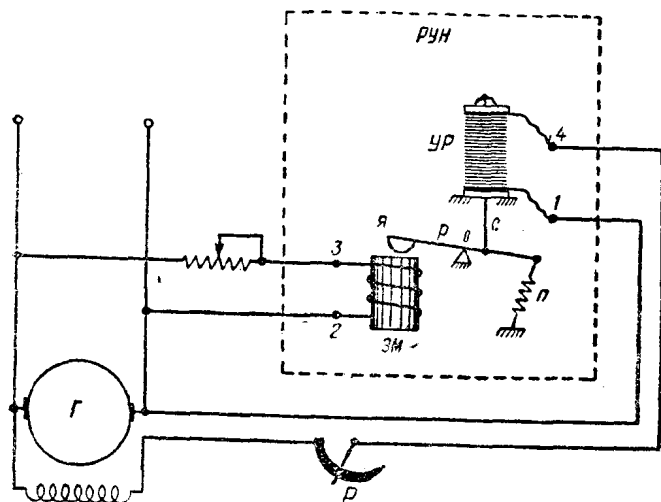


圖 2.1 穩定直流發電機電壓用的自動炭質調整器的接線圖

炭質調整器可以由一根或數根按照一定的電路連接的炭柱組成。每一根炭柱由許多炭質墊圈相互疊積而成。炭柱的電阻與壓縮的程度有關，壓得愈緊，電阻愈小。

我們現在把穩定直流發電機電壓的炭質調整器作為一個例子，來研究一下調整器的工作原理。由圖 2.1 所示的電路可以看到，炭質調整器的電磁鐵 ΘM 的線捲是連於發電機的輸出端上；而炭柱 VP 則與變阻器 P 串聯接入發電機的激磁回路內。響應發電機電壓變動的可動機件乃是電磁鐵的銜鐵 A 。這銜鐵 A 裝在轉軸經過 O 點的槓桿 P 上。槓桿 P 受着三個力的作用：彈簧 Π 的拉力，電磁鐵對銜鐵的吸力及炭柱的反抗彈力。彈簧迫使銜鐵順着時鐘方向旋轉，加在彈簧上的有兩個反作用力：即電磁鐵銜鐵的吸力和炭柱的反抗彈力。

因為由彈簧產生的轉動力矩比由炭柱的抗力所造成的轉動力矩要大好多倍，當電磁鐵 ΘM 的線捲內沒有電流通過時，彈簧 Π 使槓桿處於最極端的靠右位置。此時炭柱壓得最緊，電阻最小。當電磁鐵線捲中有電流通過時，銜鐵就更動到新的位置，直到三個力矩（電磁鐵的吸力所形成的力矩 M_{Θ} 、彈簧的拉力所形成的力矩 M_{Π} 和炭柱的彈力所形成的力矩 M_{γ} ）相等時，即當

$$M_{\Pi} - M_{\gamma} - M_{\Theta} = 0$$

時為止。

炭柱的彈力所形成的力矩 M_{γ} 比之彈簧拉力的力矩要小得多，為了調整過程研究起來方便起見，可以將力矩 M_{γ} 略去不計，於是上式就成為：

$$M_{\Pi} - M_{\Theta} = 0$$

現在來研究一下當電壓發生變化時平衡的恢復過程。先假定現在發電機的電壓是升高了，此時 M_{Θ} 值增加，並等於 $M_{\Theta} + \Delta M_{\Theta}$ ；因為 $M_{\Pi} - (M_{\Theta} + \Delta M_{\Theta}) \neq 0$ ，故平衡破壞，而銜鐵吸得很緊。這時炭柱更加放鬆，因而彈簧拉得更緊。其時由於炭柱電阻增加，使激磁電流有某種程度的減小，因而電壓就會回復原來的數值，而各個力矩又重新獲得平衡。電磁鐵力矩 ($M_{\Theta} + \Delta M_{\Theta}$) 的增加將使彈簧

的力矩 ($M_{\pi} + \Delta M_{\pi}$) 作對應的增加, 即

$$(M_{\pi} + \Delta M_{\pi}) - (M_{\theta} + \Delta M_{\theta}) = 0$$

因為電壓值 (因而也就是線捲中的電流值) 開始復原, 電磁鐵線捲將重新恢復原有那麼多的安培匝數。

於是就有這樣的一種情況, 在安培匝數不變的情況下, 只要使電磁鐵鐵心與銜鐵之間的空隙減小, 同樣也能夠增加電磁鐵的吸力, 以平衡彈簧拉力的增加。因為鐵心與銜鐵之間的空隙減小後, 磁流就會增多, 因之銜鐵的吸力也就增加了。

在炭質調整器中, 為了使所有電的和機械部分的力取得必要的協調, 必須適當地選擇彈簧及其拉力大小; 必須使槓桿上各着力點間有一定的距離; 最後, 還必須設計適合的電磁鐵, 尤其是它的銜鐵。當然首先要計算的是炭柱的電方面的以及機械方面的數據, 因為這些數據都是設計所需的原始數據。

炭柱是由電工石墨的炭片做成, 其電阻率在 0.003—0.010 歐姆公分之間。炭柱的總阻主要是由墊圈接觸處的接觸電阻, 柱中的墊圈數量及其連接電路圖決定。

接觸電阻與相鄰二墊圈之間的接觸面積有關。墊圈的表面是粗糙的, 而墊圈的本身又不像理想上那樣平, 所以使墊圈之間能保證電氣接觸的總的接觸面積與炭柱所受的壓力發生直接的關係。正如以前所講的那樣, 壓力增加, 炭柱電阻減少。壓力減小, 炭柱電阻增加。炭柱壓得很緊時, 電阻可能僅有幾分之一歐姆, 如不加壓力時, 可達數千歐姆甚至數千歐姆以上。

實際上, 不能使用炭柱電阻的整個可能變化範圍, 因為在壓力小的一段範圍內電阻的大小很不穩定, 它與許多額外的條件, 例如炭柱的位置, 外部的振動等等有關。在壓力較大的範圍內, 炭柱電阻的大小變動很少, 所以過度的提高壓力也是沒有效用的。

必須注意, 炭柱並非是絕對的彈性體。這一情況使調整器的正確性略為降低。在 *PVH* 型炭質調整器中炭柱是由下列兩種尺寸的墊圈組成: 即 18/13 和 32/26; 這裏的分子是表示墊圈的外徑 (公