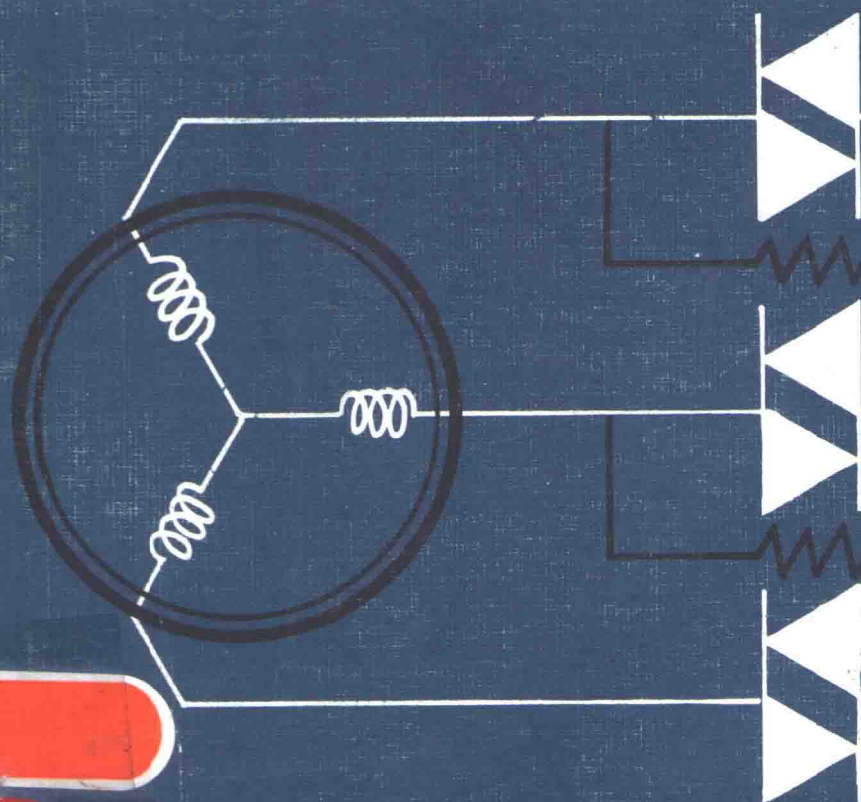


工業機械電子控制

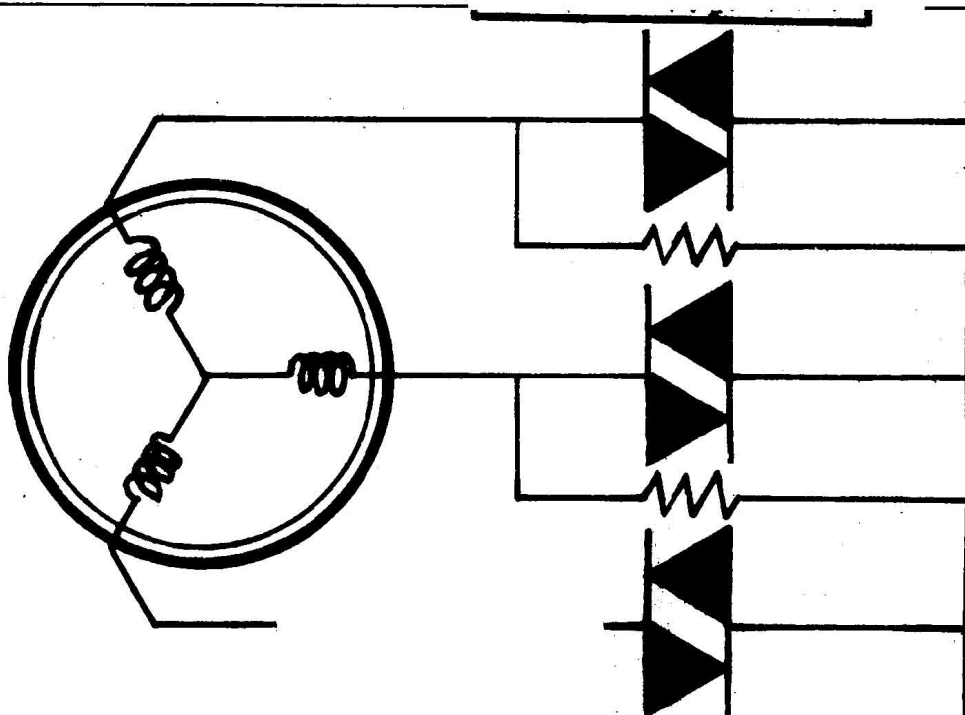
林逸人 編著



全華科技圖書公司印行

工業機械電子控制

林逸人 編著



全華科技圖書公司印行



全華圖書 版權所有 翻印必究

局版台業字第0223號

工業機械電子控制

林逸人 編著

出版者 全華科技圖書公司
北市建國北路85巷9號
電話:581-1300-564-1819
發行者 蕭 而 鄭
印刷者 慶福彩色印刷廠
東南亞 港 明 書 店
總經銷 香港九龍彌敦道500號2樓
電話:3-302846-3-309095
定 價 新臺幣 100 元
海外定價 港 幣 20 元
初 版 中華民國67年6月
再 版 中華民國68年2月

謝謝您選購全華圖書！

希望本書能滿足您求知的慾望！

序

由於電子技術的進步，使得各種機器設備均邁入電子化的世界。尤其最近幾十年，積體電路與矽控整流器等產品的出現，更提供了許多新的知識和技術。因此我們應該不斷的吸取這些知識，配合並改進自己的技術，俾能使我們的技術迎頭趕上歐美各先進國家，而達國際的水準。

目前國內對於「工業電子」方面的書籍較為缺乏，且技術方面的參考資料亦少。筆者認為發展國內工業技術，這方面的書籍是不可或缺的，因此不揣冒昧將本人研究多年的一些心得，提出來供讀者們做參考。同時使讀者對於一些新產品、新裝置的原理、用途及發展的趨向，有個概括的瞭解，進而加以改進其缺點，使能更適合大眾的需要，乃筆者最大的希望。

本書所搜集的資料，有些屬於專利產品，故內容新穎獨具創意。凡是對設計工作有興趣的同好，相信這是一本很好的參考資料。書中內容注重控制系統方面的線路設計，對於一般性的理論及基本電學常識均不詳加說明，以免累贅。此外，本書之表達方式不同於其他書籍，此乃因大部份資料取之於專利案件的原稿。屬筆者之作品計有：

1. 自動復閉式電源開關（發明專利）
2. 三相馬達用「電子開關」（新型專利）
3. 三相變流器（64 年度教育部技術發明獎）
4. 安全駕駛警示器（65 年度教育部技術發明獎）
5. 電腦洗衣機（新型專利、66 年度發明協會榮譽獎）
（66 年度教育部技術發明獎）

筆者才疏學淺難免有謬誤之處，盼各界賢達不吝指正，俾於再版時修正之。

編者 林逸人

圖書之可貴 在其量也在其質

量指圖書內容充實、質指資料新穎够水準，我們就是本著這個原則，竭心盡力地為國家科學中文化努力，貢獻給您這一本全是精華的全華圖書。

目 錄

第一章	SCR式控制與保護裝置	1
1-1	直流開關器	2
1-1-1	直流過載開關	2
1-1-2	直流過壓&欠壓開關	5
1-1-3	直流穩壓器	7
1-2	單相開關器	9
1-2-1	交流過載開關	9
1-2-2	交流過壓&欠壓開關	13
1-2-3	交流穩壓器	14
1-3	三相開關器	17
1-3-1	三相過載開關	17
1-3-2	交流過壓&欠壓開關（參考 1-2-2 說明）	
1-3-3	交流穩壓器（參考 1-2-3 說明）	
1-4	自動化控制	23
1-4-1	自動復閉式單相電源開關	24
1-4-2	附故障指示三相電源開關	26
1-4-3	液面自動控制	38
1-4-4	溫度自動控制	42
1-5	參考資料	44
1-5-1	開關原理	44
1-5-2	保護開關	45
1-5-3	控制開關	46

第二章 電機機械電子控制	47
2-1 直流電動機	48
2-1-1 串激電動機速度控制	48
2-1-2 串激電動機正逆 & 控速運轉	50
2-1-3 並激電動機速度控制	53
2-1-4 並激電動機正逆 & 控速運轉	55
2-1-5 華德李翁式正逆 & 控速運轉	58
2-2 單相電動機	67
2-2-1 推斥電動機速度控制	67
2-2-2 電容電動機速度控制	70
2-2-3 單相電動機正逆 & 控速運轉	72
2-3 三相電動機	77
2-3-1 Y - Δ 自動啓動裝置	77
2-3-2 感應電動機正逆 & 控速運轉(一)	82
2-3-3 感應電動機正逆 & 控速運轉(二)	91
2-3-4 同步電動機正逆 & 控速運轉	98
2-3-5 同步電動機功因調整自動控制	106
2-4 自動化控制	111
2-4-1 自動順序控制裝置	111
2-4-2 連續寸動正逆運轉	115
2-4-3 自動往返正逆運轉	122
2-4-4 自動定位定時運轉	127
2-5 參考資料	132
2-5-1 電動機原理	132
2-5-2 電動機種類 & 特性	134
2-5-3 電動機轉矩 & 速率特性	138
2-5-4 電動機控制方式	140
2-5-5 三相感應電動機規格	141

第三章 工業機械邏輯設計..... 145

3-1 電焊機械.....	145
3-1-1 電阻焊機.....	146
3-1-2 電弧焊機.....	152
3-2 高週波熔接機械.....	157
3-2-1 金屬熔接機械.....	157
3-2-2 塑膠熔接機械.....	163
3-3 金屬加工機床.....	171
3-3-1 放電加工機床.....	171
3-3-2 金屬切削機械.....	179
3-4 電鍍設備.....	187
3-4-1 金屬電鍍設備.....	187
3-4-2 塑膠電鍍設備.....	191
3-5 參考資料.....	191
3-5-1 電焊機械.....	191
3-5-2 高週波熔接機械.....	196
3-5-3 金屬加工機床.....	201
3-5-4 電鍍設備.....	204
3-5-5 電弧特性.....	207

第四章 附 錄.....213

4-1 電晶體 & 矽控整流器規格.....	213
4-1-1 高壓大電力輸出用電晶體.....	214
4-1-2 小信號控制用矽控整流器.....	215
4-1-3 高壓大輸出用矽控整流器.....	216
4-1-4 高壓輸出用雙向閘流體.....	219

4-1-5	穩壓用二極體 & 積體電路	220
4-1-6	發光二極體	221
4-2	積體電路規格 & 應用回路	222
4-2-1	COMPARATORS	222
4-2-2	OPERATIONAL AMPLIFIERS	229
4-2-3	SPECIAL FUNCTIONS	237
4-2-4	VOLTAGE REGULATORS	244
4-2-5	DIGITAL	251
4-3	半導體電阻器	263
4-3-1	熱敏電阻	263
4-3-2	溫度檢出器	268

1

SCR式控制與保護裝置

工業上使用之電機容量大且電壓高，為配合自動控制往往應用各種開關、按鈕、接觸器、繼電器、電阻器等，以進行電動機的保護、啟動與停止、正轉與逆轉等控制。這些控制設備均為接觸型開關，除裝置體積龐大外，且開關動作時所引起的電弧損傷與機械震動，均會縮短開關壽命，同時對其他電氣設備亦有不良影響。

目前 SCR 在工業上有廣泛的應用，主要是 SCR 可組成靜態開關以避免火花的發生，且 SCR 裝置具有小容量輸入，控制大容量電力輸出回路的通斷，動作時間甚短又體積小。更由於積體電路（IC）的普遍應用，已使電機機械的控制趨向自動化、電子化的路徑。

開關有保護與控制作用之分，前者除了職司正常電路的通斷外，在電路發生故障時仍能安全正確地啟斷；而控制開關係使負載（機器）在電路中操作通斷作用，不具有啟斷故障電流的能力。現行之保護裝置有保險絲、過載繼電器、無熔絲開關等；而控制開關則有閘刀開關、壓扣開關與接觸器等；但相信不久以後將被 SCR 開關器所取代。

2 工業機械電子控制

利用 SCR 組成無接點（靜態）開關以代替機械接點開關，其優點有

1. 導通時，電流容量大，壓降小。
2. 啓斷時漏電流小。
3. 沒有損耗壽命長，亦不需維護。
4. 利用小信號電流，就能控制大功率的輸出。
5. 反應速度快，適用於高頻工作。

1-1 直流開關器

1-1-1 直流過載開關

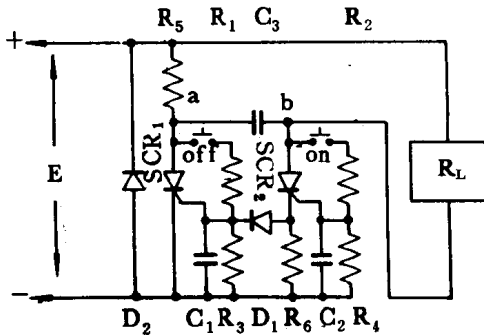


圖 1-1

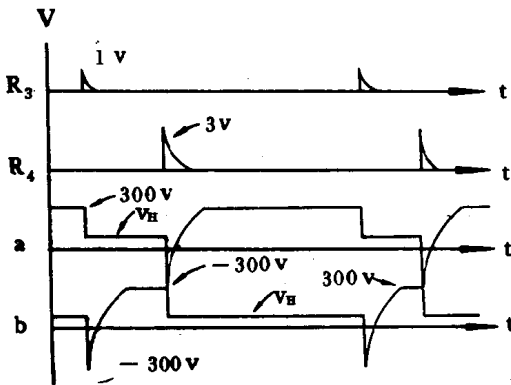


圖 1-2

規格：

額定電壓	DC 300 V
額定電流	10 A
反應速度	0.05 sec 以下
啓斷容量	6 KVA
啓斷時間	瞬時：20 μ s
	延遲：30 sec

原理說明：

1. 通常情況令負載斷電，即 SCR₁ 「ON」，SCR₂ 「OFF」。電流經 R_L 向 C₃ 充電，b 點為正電位。
2. 當按 ON 鈕，SCR₂ 「ON」，負載受電。同時 C₃ 以 -E 電壓加於 SCR₁ 之 A-K 端，SCR₁ 乃受逆向偏壓而啓斷。同時 C₃ 之電荷經 SCR₁ → D₂ → R_L 放電，C₃ 放電結束後，電流經 R_L 給予 C₃ 逆向充電至 E 電位。
3. 當按 OFF 鈕，SCR₁ 「ON」，a 點電位由 +E 下降至 V_F（約 1 V 左右），b 點電位由 V_F 下降至 -E，亦即 SCR₂ 之 A-K 端受 -E 的逆向偏壓而啓斷。同時 C₃ 之電荷經 SCR₂ → D₂ → R₅ 放電，當 C₃ 放電結束後，電源經 R₅ 給予 C₃ 逆向充電至 -E 電位。
4. 設若負載超過額定，則產生在 R₆ 之壓降令 SCR₁ 「ON」，亦即 SCR₂ 「OFF」，負載斷電，達到過載保護的作用。
5. ON 與 OFF 之按鈕不得同時按下，否則會造成轉流失敗，即 OFF 鈕將失去控制作用。
6. 如圖 1-1，SCR₂ 與負載串聯，而負載之另一端直接電源，因而在負載上工作時（如修理）須將電流側之主開關開啓，以免發生觸電危險。

零件設計：

1. 設本開關之最大額定為 300 VDC，10 A。由規格表查出適當之 SCR₂ 為 11 RC 40。

4 工業機械電子控制

2 SCR₂ (或SCR₁)由「ON」被迫為「OFF」時,所需之轉流電容

C₃ 必須要求: $C_3 > \frac{t_{off}}{R_L \cdot \ln 2}$ 通常 SCR 之啓斷時間均在 20 μs 以內

。得 $C_3 > \frac{20}{30 \times 0.693}$, 即 $C_3 > 0.96 \mu f$, 取 $C_3 = 2 \mu f$ 。若取 C₃

值大於計算值的 4 倍以上,會造成電流波形之下降率延長。

3 取 $R_5 \gg R_L$, 已知 $R_L = 30 \Omega$, 得 $R_5 > 300 \Omega$ (負載斷電時,因 R₅ 會消耗電力,應取愈大愈好)。因要求反應速度為 50 ms 以內,故 $4 R_5 C_3 < 50 \text{ms}$, 得 $R_5 < 6.25 \text{K}$, 取 $R_5 = 6 \text{K}$ (25 W)。

4 SCR₁ 之 $I_F = E/R_5 = 50 \text{ma}$; 其 $I_{avg} = E/R_L = 10 \text{A}$, 由規格表得知適當之 SCR₁ 為 2SF108。

5 SCR₁ 點弧回路要求: $R_3 E / (R_1 + R_3) > V_{GT}$ (因 SCR₁ 點弧時 a 點之電位為 +E, 故此式之分母不必為 $R_1 + R_3 + R_5$ 。), 且 $(E - V_{GT}) / R_1 = V_{GT} / R_3 + I_{GT}$, 已知 SCR₁ 之閘極最小激發電壓 $V_{GT} = 3 \text{V}$, 閘極最小激發電流 $I_{GT} = 40 \text{ma}$, 得 $R_3 > 0$, 取 $R_3 = 1 \text{K}$; 得 $R_1 < 99 \text{K}$, 取 $R_1 = 75 \text{K}$ 。

6 SCR₂ 點弧回路要求: $R_4 E / (R_2 + R_4) > V_{GT}$, 且 $(E - V_{GT}) / R_2 = V_{GT} / R_4 + I_{GT}$ 。已知 SCR₂ 之閘極最小激發電壓 $V_{GT} = 1.0 \text{V}$, 閘極最小激發電流 $I_{GT} = 0.5 \text{ma}$, 得 $R_4 > 0$, 取 $R_4 = 1 \text{K}$, 得 $R_2 < 299 \text{K}$, 取 $R_2 = 250 \text{K}$ 。

7 SCR₁ 與 SCR₂ 之閘極並聯有一電容器,其目的為減小 dv/dt 值所引起的誤動作,同時亦可旁路閘極端子引線所檢取的感應電壓。通常 C₁、C₂ 值取 0.2 μf 左右。

8 令 $R_6 \times I_L < V_{GT} + V_r$, 已知 $I_L (\text{max}) = 300/10 = 30 \text{A}$, SCR₁ 之 $V_{GT} = 1.0 \text{V}$, D₁ 之 $V_r = 0.5 \text{V}$, 故知 $R_6 \leq 0.05 \Omega$ 。

9 當負載端發生故障時,本開關將在 20 μs 內啓斷。因為最長啓斷時間 $t = 4 R_6 C_1 + t_{on} (\text{SCR}_1) + t_{off} (\text{SCR}_2)$ 。通常 t_{on} 在 2 μs 以內, t_{off} 在 20 μs 以內。故 $t \leq 4 \times 0.05 \times 0.2 + 2 + 20 \approx 20 \mu s$ 。

10. 負載發生故障時，其故障電流不得超過 20 A，否則發生轉流失敗，失去保護過載之作用；同時亦將使 SCR₂ 燒燬。若欲增加啓斷容量，必須加大 C₃ 電容量，雖然會造成轉流電流（波形）下降率延長，但並無大妨礙，唯反應時間稍為增長。
11. 設若按下 ON 鈕後負載立即發生故障，因 a 點之電位還未上升至 +E，C₃ 無法發生轉流作用，造成 SCR₁ 與 SCR₂ 均「ON」，必須即刻切斷主開關，否則負載與 SCR₂ 將遭到破壞。
12. 如果負載為直流馬達，因啓動時電流很大，可能超過本開關之額定，造成第 11 項之情況。防制之對策為：拿掉 R₃ 電阻，D₁ 串接電阻 R₇，同時加大 C₁ 電容量；令 $4R_7C_1 > T$ ，設啓動時間 30 秒，當 R₇ = 100 KΩ 時，得 C₁ = 100 μf。
13. 如第 11 項，當啓動時間結束後再發生故障，則本開關必須延滯一段時間才有能力啓斷故障，其啓斷時間之長短與負載電流（決定 C₁ 初次充電電壓）、故障電流（決定 C₁ 再次充電速度）成正比。同時 11 項之情況將不會發生轉流失敗。

1-1-2 直流過壓 & 欠壓開關

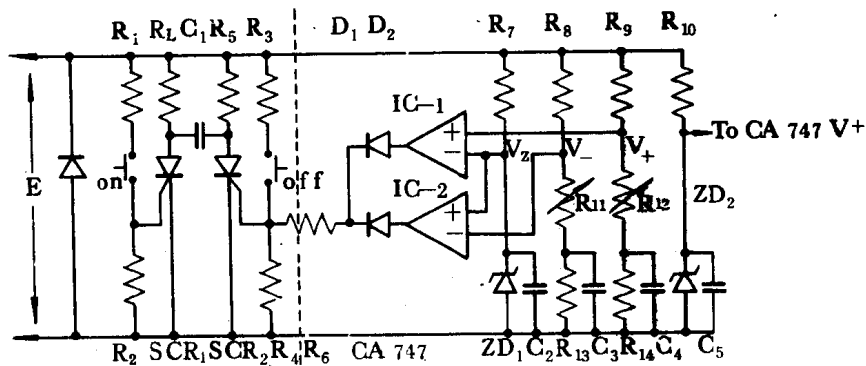


圖 1-3

規格：

額定電壓	DC 300 V
容許壓升	0 ~ + 20 %
容許壓降	0 ~ - 20 %
反應速度	0.5 sec 以下
備註	過壓 附 欠壓 保護

原理說明：

1. 正常情況下，本開關聯司 ON - OFF 動作，圖 1-3 虛線所示左方為控制電路，其原理詳 1-1-1 所述。
2. 令 IC - 1 與 IC - 2 為比較器，分別控制「過壓」與「欠壓」的信號檢出。設 ZD₁ 為 1N 751，其 $V_z = 5\text{ V}$ 。
3. 當電源電壓大於額定（含容許壓升）時，令 $V_+ > V_z$ ，使得 IC - 1 之 V_o 為「1」，SCR₂「ON」，C₁ 轉流令 SCR₁「OFF」，負載（R_L）不受電。
4. 當電源電壓小於額定（含容許壓降）時，令 $V_- < V_z$ ，使得 IC - 2 之 V_o 為「1」，SCR₂「ON」，C₁ 轉流令 SCR₁「OFF」，負載（R_L）斷電。
5. R₁₂ 與 R₁₁ 為「容許壓升」與「容許壓降」的調整，其控制範圍為 0 ~ ± 20%。

零件設計：

1. 因 1N 751 消耗功率為 400 mw，即 $I_z(\text{max}) = 80\text{ ma}$ ，故要求 $(E - V_z)/R_7 < 80\text{ ma}$ ，得 $R_7 > 37.5\text{ K}$ ，取 $R_7 = 100\text{ K}$ 。
2. 因 ZD₁ 之 $V_z = 5\text{ V}$ ，當 R₁₂ 與 R₁₁ 調至 0 值時，令本開關之「容許壓升」與「容許壓降」為 0%，知

$$\frac{R_{14}}{R_9 + R_{14}} \times E \leq 5, \quad \frac{R_{13}}{R_8 + R_{13}} \times E \geq 5$$

設 $R_8 = R_9 = 10\text{ K}$ ，得 $R_{14} \leq 170\ \Omega$ ， $R_{13} \geq 170\ \Omega$ ，取 $R_{13} = R_{14} = 170\ \Omega$ 。

3. 當 R_{12} 與 R_{11} 調至最大值時，即「容許壓升」與「容許壓降」為 20%，知

$$\frac{R_{14} + R_{12}}{R_9 + R_{14} + R_{12}} \times (1 + 20\%) E \leq 5,$$

$$\frac{R_{13} + R_{11}}{R_8 + R_{13} + R_{11}} \times (1 + 20\%) E \geq 5,$$

得 $R_{12} \leq 29\ \Omega$ ， $R_{11} \geq 29\ \Omega$ ；取 $R_{12} = R_{11} = 29\ \Omega$ 。

4. R_{13} 、 R_{14} 並聯 C_3 、 C_4 之目的為反應速度之設定，電容量越大反應速度越慢，即含有延遲特性。 C_3 、 C_4 值之決定應考慮 R_L 對「瞬時過壓」、「瞬時欠壓」的容忍度如何。通常在 $100\ \mu\text{f}$ 以下。

1-1-3 直流穩壓器

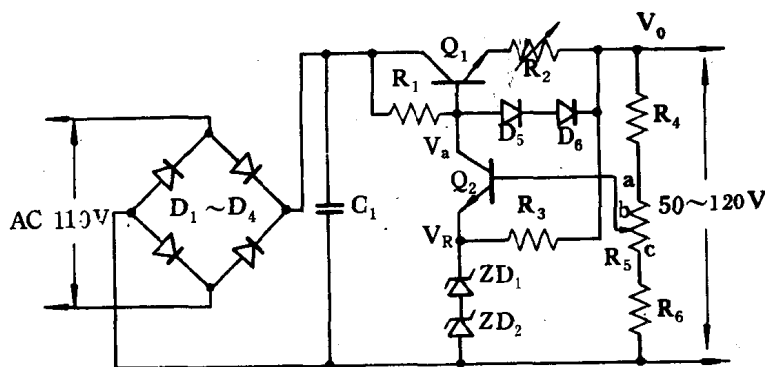


圖 1-4

規格：

輸入電壓	AC 110V $\pm 10\%$
輸出電壓	DC 50 ~ 120 V
額定電流	0.1 ~ 10 A
調整因數	5% 以下
備註	附限流調整