

電力驅動的 接觸器控制線路

蘇聯 勒·普·彼得羅夫著

徐 俊 榮譯

燃料工業出版社

電力驅動的 接觸器控制線路

蘇聯 勒·普·彼得羅夫著

徐 俊 榮譯

燃料工業出版社

內 容 提 要

本書說明了工業電力驅動所用的繼電接觸器控制的主要典型線路，並且對各類電動機的控制線路的結構和製造原理也作了簡單的敘述。

本書可供從事自動化電力驅動裝置設計和運行的工程技術人員及電氣裝置專業學生參考之用。

電力驅動的接觸器控制線路

СХЕМЫ КОНТАКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ

根據蘇聯國立動力出版社(ГОСЭНЕРГОИЗДАТ)

1953年莫斯科俄文第一版翻譯

蘇聯 Л. П. ПЕТРОВ 著

徐 俊 榮 譯

燃料工業出版社出版

廠址：北京東長安街燃料工業部

北京市書刊出版業營業許可證出字第 012 號

北京市印刷一廠排印 新華書店發行

編輯：劉孝叔 廖美壁 校對：趙迦南

書號317 * 電137 * 787 × 1092 $\frac{1}{2}$ 開本 * 4 $\frac{1}{4}$ 印張 * 113千字 * 定價8,700元

一九五四年十二月北京第一版第一次印刷 (1—4,585冊)

原 序

在工業電氣裝置領域中，工作專業人員必須迅速地了解繼電接觸器自動裝置的線路，這種裝置已在生產機械的電力驅動控制上得到廣泛的採用。爲此，就不僅要懂得電器的裝置和各別控制過程自動化的原理，而且還要有一定的閱讀線路圖的經驗，並學習基本的典型線路組合。

本書的目的在於供給工業企業電氣裝置專業方面的初學者研究若干典型線路和線路組合的自學資料。同樣這對於那些要掌握在未來的生產活動中所應具備的技能的學生們也是有益的。

由於本書篇幅有限，不能充分發揮內容，只好把典型線路限制到最小數量，並且特殊線路幾乎完全沒有討論，所列舉的線路都反映了某些最流行的機器對電力驅動的特殊要求。發電機電動機系統的控制線路也沒有討論，因爲這些線路的結構在很大程度上與被驅動機械的工作特性有關，而且幾乎不包含典型的元件。

電動機的繼電接觸器的控制，在我們工業上已得到廣泛的採用。當使用這種控制時，不僅可以達到機械的遠距離控制，而且還使控制過程自動化。關於在蘇聯自 1951—1955 年內發展第五個五年計劃中，蘇聯共產黨第十九次代表大會指出了加強裝配和生產過程的自動化及笨重工作的機械化的必要性。若不廣泛地採用繼電接觸器的控制，則自動化和機械化是不可思議的。在蘇聯遵行由斯大林所創舉的社會主義的基本經濟法則，它要求在高度技術的基礎上，通過社會主義生產的不斷發展和改進，以保證整個社會的物質和文化生活不斷地增長，而自動化就是其中重要因素之一。因此，在蘇聯，自動化和機械化的發展提高了工業企業、運輸和農業的勞動生產率，並進一步改善了勞動人民的物質狀況。而在奉行資本主義基本經濟法則以保證最大利潤的資產階級的國家裏，生產的自動化就導致勞動人民物質狀況的惡化，使他們進一步

地遭到奴役，失業現象擴大而資本家的利潤增長。

著者對 B. Я. 加尼工程師和 И. В. 格拉西莫斯基副教授在選擇材料上的幫助和許多有益的意見表示感謝，並對評閱者 Л. И. 莫洛索夫教授和 Я. М. 保謝爾姆工程師，在審閱原稿時所作的許多寶貴指示，以及 Л. И. 哈利西捷夫工程碩士的精細校閱一並致謝。

著者希望讀者把任何意見和願望寄送[蘇聯國立動力出版社]莫斯科水閘河岸街 10 號。

著 者

目 錄

導言	5
第一章 鼠籠式感應電動機的控制線路	7
1. 控制電動機的基本操作	7
2. 電動機起動的控制線路	9
3. 採用電氣制動的控制線路	15
4. 多速電動機的控制線路	19
第二章 線繞式感應電動機的控制線路	24
5. 電動機控制過程自動化的原理	24
6. 反向控制的控制線路	26
7. 反向控制的控制線路	39
第三章 直流並激電動機的控制線路	48
8. 電動機控制過程自動化的原理	48
9. 小容量電動機的控制線路	50
10. 中等和大容量不調整電動機的控制線路	54
11. 中等和大容量可調整電動機的控制線路	58
第四章 直流串激電動機的控制線路	70
12. 串激電動機控制線路的特點	70
13. 小容量電動機的控制線路	71
14. 中等和大容量電動機的控制線路	73
第五章 直流復激電動機的控制線路	84
15. 復激電動機控制線路的特點	84
16. 雙電動機拖動的控制線路	86
第六章 同步電動機的控制線路	94
17. 控制線路的結構和整步控制的原理	94
18. 低壓電動機的控制線路	98
19. 高壓電動機的控制線路	103
第七章 複雜控制線路的幾種特殊組合	121

20. 司路器的接線圖	121
21. 自動起動, 反向和停車的線路組合	124
22. 控制信號和控制電路的自動供電線路	130
23. 計數線路	133
附錄 1. 主要圖示符號表	138
附錄 2. 主要字母符號	139

導 言

爲了控制工業的電力驅動，列舉了許多線路，這些線路的結構反映了各種生產機械的電力驅動各樣的要求。但是，由於控制過程自動化的原理還少，這些線路的區別，往往不是原則性的，甚至最複雜的線路，也是由某些有限數量的標準組合和聯結這些組合的簡單電路所組成。

正由於這種情況，所以工廠只能出產少數幾種標準接觸器盤或另以所謂磁力控制台來控制大多數的工業電力驅動。這也就是本書選擇線路的基礎，從這些包括電力驅動控制最常遇到的問題的典型解答的線路中選出主要的線路。

書中所有控制電動機所用的線路是按電動機的類型來選擇的，而在控制某一類型電動機的各種線路中，各線路是按它們的複雜程度的遞增而排列的，這常常適合於所控制電動機容量的遞增。這裏所謂小容量的電動機是指 10 仟瓦以下的，中等容量的電動機是屬於 60—100 仟瓦以下的，而大容量電動機則是 100 仟瓦以上的。在最末一章中介紹了複雜的自動控制線路的要點，主要是控制直流驅動，這些線路說明了某些較常見的特殊問題。

在研究線路時須注意下述的繪製元件(展開)圖時所通用的基本原則。圖中全部電器的接點的位置是相當於所謂「電器的正常位置」。在電器上沒有任何外加電氣或機械作用時的位置叫做正常位置。

不能明確規定正常位置的電器按下列狀態畫出：

- (1) 閘刀開關或換接開關——閘刀或觸頭畫成斷開的位置；
- (2) 變阻器——滑動觸點畫在某一中間位置；
- (3) 旋轉式行程開關的觸頭——畫在相當於行程開關所連接機械的起始時相應的位置；
- (4) 司路控制器的觸頭——畫在司路控制器的手柄處於零位

置時相應的位置。

同一電器的各別元件可以畫在線路的不同地點，以使線路中全部接線能短些，交叉點儘量能少些，看圖也就方便了。

由於控制線路內電器的圖示符號沒有規定的標準，在繪圖時採用設計機關和工廠實用方面最流行的符號。主要的圖示符號列如附錄 1。

線路中每種電器都註有字母的或混合的（數字的和字母的）符號，它反映出這電器在線路內的功用，並使它與其他的電器有所區別。線路內各個元件帶有所屬電器的符號。

爲了標明線路中同一種功用的每一個電器，在這些電器的共同字母符號之前，加上電器在該組內的順序號碼。主要的字母符號列如附錄 2。

爲了說明多位置電器（如司路控制器，行程開關等）的工作，在線路旁邊附有這些電器的單獨的工作圖表。

線路圖內的全部電路儘可能按照它們在時間上動作的次序自上而下排列，把電動機開始起動時當作起始位置。

同時必須注意，爲了正確的了解控制線路的工作，不僅要熟悉各種電器的構造特點和控制過程自動化的原理，而且對電動機的電氣機械性能和電力傳動過渡歷程的物理現象也要有明確的概念。

第一章 鼠籠式感應電動機的控制線路

1. 控制電動機的基本操作

鼠籠式感應電動機的控制,只需要完成一些很簡單的操作,因此,這類電動機的控制線路在原理上是最簡單的。

小容量和中等容量的電動機的起動,是把定子繞組接在電源的全電壓上(直接起動)。只是在有必要限制起動電流或起動轉矩的數值時,才採用降低電壓的起動,那就是把定子經由電阻(變阻器起動)或自耦變壓器(自耦變壓器起動)接到電源上。

變阻器起動的優點是:起動高度的均勻而迅速(由於定子上電壓隨轉差率的減小而不斷的增高),功率因數大,定子供電是連續的,線路簡單,電阻器的價格低廉以及操作簡單。電阻通常接在定子的每一相內。

自耦變壓器起動的優點是:起動電流較小(在相同的起動轉矩下),起動功率較小和損耗較低。因此自耦變壓器起動就用在中等和大容量的電動機上,這時減低起動電流是主要的要求。在兩種起動方法中,定子從低電壓到全電壓的換接,普通在一個步驟內完成,而換接的控制是隨時間而進行的。

電動機的制動,多半是在定子內送入直流電流電(動力制動),這就保證在小的功率損耗下很迅速地停車。直流電是從外面電源引入,或者在沒有這樣的電源時就由固體整流器供給。在電動機停車後就切斷直流電源。制動的控制與時間成函數關係。大都採用直流電的反接制動。在這種情況下,爲了防止電動機的反向,就採用特種繼電器來控制旋轉的方向,並使電動機停車後就與電源斷開。這種繼電器要有輔助的聯鎖而使線路非常複雜。在反接制動時,電動機的熱度要比動力制動時高得多。

當電動機反向時,只要簡單地把定子的兩相掉換一下就够了。

如果需要限制反向時所引起的動應力(特別在金屬切削機床上),就在電動機定子內接入電阻,以減低反接狀態時的電流和轉矩。爲了減少小容量的電動機在制動時的力矩,只要在定子的一個相內接入電阻就够了。

電動機轉速的改變是由磁極對數的轉換而得來的。雙速(定子有一組繞組)和四速(二組繞組)電動機的應用最爲廣泛。對四速電動機變換速度的接觸器的控制,需要用很多的接觸器,使線路趨於複雜,並使接觸器盤的尺寸大爲增加。所以速度的變換通常應用非自動的換接開關,而電鈕控制只保留作起動和停車之用。多速電動機的控制線路已經够複雜了,特別是在包含動力制動的元件時,那就更複雜了。

由於確立一定的操作程序而加入各種聯鎖裝置,或者由於電動機運轉的循環自動化,這自動化多半與行程或時間有關。電動機的控制線路就更複雜了。類似的線路,在金屬切削機床的驅動上採用得愈來愈多。電動機的過電流保護通常是用熔絲保險器和熱力繼電器。保險器保護電源,而熱力繼電器則防護電動機電路內的短路,但熱力繼電器也保護電動機的過負荷和單相運轉。保險器不能用來保護電動機的過負荷,因爲由於起動電流的影響,熔絲的額定電流就必須選擇得遠大於電動機的額定電流。反覆短時工作制的電動機,由於熱力繼電器和電動機的特性很難一致,所以不採用熱力繼電器。

瞬時動作的過電流繼電器不適宜做鼠籠式電動機的保護,雖然某些工廠出產帶有這種繼電器的盤。繼電器的動作電流超過起動電流,因此只有在電動機線路短路時才動作,而不能作爲電動機單相運轉或帶電停車的保護。在這情形下,短路是靠那些不預備切斷大電流的接觸器來切斷。於是接觸器的尺寸通常就必須比電動機容量所要求的大,以便接觸器的斷路容量能够與短路電流相當。

因此鼠籠式感應電動機的保護,有時採用三個瞬時繼電器的聯合過電流保護。其中一個繼電器通常是調整到超過起動電流,

但在電動機電路短路時，它保證把電動機斷開。其他兩個繼電器是調整到保證在單相運轉時把電動機斷開。在電動機起動時，這些繼電器的觸頭被特種定時繼電器的觸頭所並聯，這就保證只有在起動完畢之後，繼電器才能動作。只有電動機在低電壓下起動時才可以採用沒有這種聯鎖的瞬時動作的過電流繼電器。

避免重新自行起動的保護欠壓保護，多半利用同一線路接觸器，它在電壓消失或顯著降低時釋放。在反向控制中，為防止各逆轉接觸器由於同時閉合所引起的短路，在其中之一發生黏着或焊牢的情況下，作逆轉操作時，必須採用機械連鎖，避免反正轉接觸器的同時閉合。有時也採用接觸器的電氣聯鎖，但它的存在並不排除採用機械聯鎖的必要性。

如果需要限制機械運動部分的行程，可採用某些對線路接觸器起作用的終點開關。

2. 電動機起动的控制線路

為了起動容量不大的鼠籠式電動機，普遍採用所謂磁力起動器的設備。磁力起動器就是一個（不反向起動器）或兩個（反向起動器）交流的接觸器。在許多情形下，磁力起動器也利用附屬的熱力繼電器作為電動機過負荷的保護。

圖 1 是利用不反向起動器的鼠籠式電動機的控制線路。

按下起動電鈕時，起動器 ΠM 的線圈沿電路 $\Pi 3-3-1-2-\Pi 2$ 得到供電而使起動器閉合。起動器的主觸頭把電動機接通而它的副觸頭又使起動電鈕短路，這電鈕就不需要按住了。按下停止電鈕時，起動器線圈的供電在接點 2-1 間被斷開，起動器釋放，電動機與電源斷開。

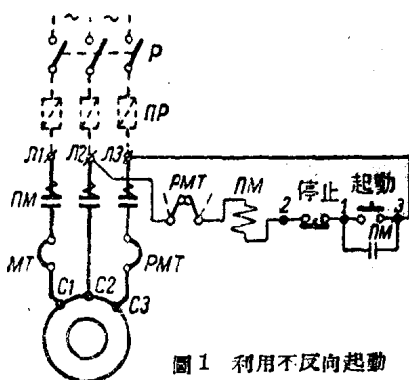


圖 1 利用不反向起動器的電動機控制線路

過負荷保護是用熱力繼電器 *PMT* 來做的，它的發熱元件接在定子的兩相內。如果電動機由於熱力繼電器動作而被斷開，則再次起動時，須先按特種回復電鈕，使繼電器 *PMT* 的觸頭回復到原來位置。*PMT* 的觸頭，只有在電動機斷路後經過繼電器冷卻所需的一定時間才能返回。

欠壓保護是用起動器的接觸器來做的，當電源消失或電壓顯著降低時，它就釋放。起動器的重行閉合，只有在電壓恢復後按起動電鈕才能辦到，因為起動器釋放時，跨接在電鈕上的副觸頭也被打開了。

保險器是用來防備短路的，它裝在配電盤上，電動機就從這盤上供電。那裏還可以裝置閘刀開關，以便在檢修時斷開線路。

起動器上引出三個線頭，相當於線路中的 1、2 和 3 三點，作為連接電鈕之用。

當電動機的旋轉方向需要改變的情形下，採用一種由兩個接觸器組成的反向磁力起動器，接觸器裝在一個公共的罩殼內，並且用機械連鎖耦合起來，以防止它們有同時閉合的可能。

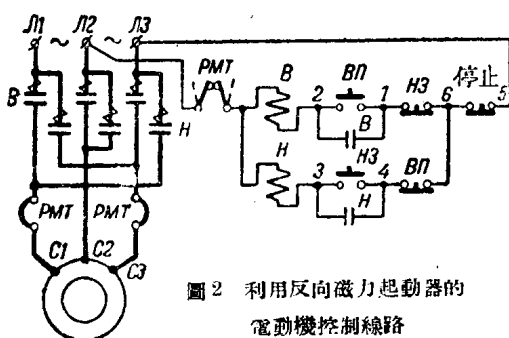


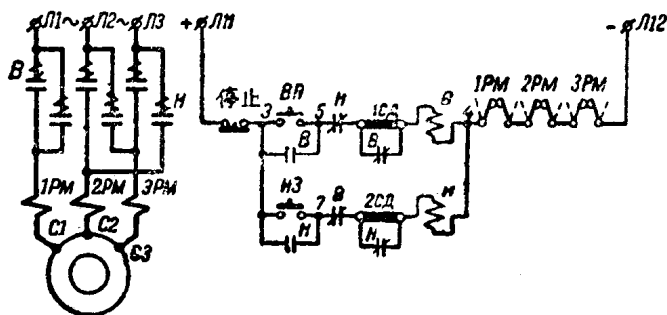
圖 2 利用反向磁力起動器的
電動機控制線路

採用反向起動器時，利用三個電鈕來控制：*BII*（正轉）*H3*（反轉）和 *Cmon*（停止）。起動器的線路如圖 2。

電鈕 *BII* 按下時，接觸器 *B* 閉合，並對電動機供給電壓。要改變電動機旋轉的方向，必須按下電鈕 *H3*。這時接觸器 *B* 的線圈電路在接點 1-6 間切斷，接觸器 *H* 的線圈沿電路 *Л2*-3-4 6 5-*Л3* 獲得供電而使接觸器 *H* 閉合。因此定子的兩相被換接，電動機開始在反方向旋轉。電動機用停止電鈕的方法來停車，按下停止電鈕就是在接點 6-5 間把線路裏的接觸器線圈電路切斷。於是後者就釋放。採用具有常開和常閉觸頭的雙路電鈕 *BII* 和 *H3* 時，就有可能作直

中等或大容量電動機的起動，除了磁力起動器之外，還採用磁力控制台（控制屏或控制盤），這上面裝有接觸器，過電流繼電器或保險器，有時又有熱力繼電器和閘刀開關。採用這種盤時，控制線路與磁力起動器的相似，只是在零件上與後者有所區別。

與反向磁力起動器的線路不同，這裏沒有過負荷和欠壓（防止交流電源的電壓消失時自行起動）保護。過電流繼電器用切斷反向接觸器線圈電路的方法對電動機線路實行短路保護。在這情況下，短路電流必須由這些接觸器來切斷。應該指出，過電流繼電器的線圈最好裝置在接觸器的主觸頭前面，以便在這些觸頭上發生閃路時，繼電器能保護電源。



這線路不僅採用機械聯鎖，而且還採用電氣聯鎖，依靠 B 和 H 的常閉副觸頭，來避免反向接觸器的同時閉合。由於這些觸頭的存在，例如在接觸器 B 閉合着時按下電鈕 $H3$ ，接觸器 H 的線圈仍然不會有電，這就減輕了機械聯鎖的工作，並增加了它的動作的可靠性。在前述的線路中，由於採用了雙路電鈕，這樣的輔助聯鎖就

不必要了。

附加電阻 $1C\Delta$ 和 $2C\Delta$ 使直流接觸器線圈的電阻增加，因而使電流的大小變成額定值。這些電阻在接觸器閉合時也建立必要的加快作用，以後由 B 和 H 的常閉副觸頭短路。

圖 4 所示的線路比上述的較為完善，並且對於開停頻繁的電動機，特別對各種冶金的驅動控制皆可應用。線路內採用直流的標準電器，這就增加了運轉的可靠性並提高了驅動的閉合次數。這裏因為五個直流單極的接觸器比兩個交流三極的接觸器所需的地域較小，接觸器盤的尺寸也減小了。

線路的主要特點是電動機的保護，它是由三個過電流繼電器所組成。兩個繼電器 ($1PM$ 和 $2PM$) 的動作電流調整略低於電動機單相運轉的堵轉電流的數值，以保護電動機的過負荷。第三個繼電器 ($3PM$) 調整比起動電流較大的數值，在短路時把電動機斷開。為了使繼電器 $1PM$ 和 $2PM$ 在起動和反向時不要動作，它們的觸頭被定時繼電器 PB 的觸頭並聯， PB 的時限應當比電動機的起動（或反向）時間長。這樣，電動機對於最常發生的事故——由於單相運轉的過負荷，有了相當完善的保護。

這線路的其他特點包括：採用司路控制器來發出指揮信號，用制動電磁鐵來控制和用終點開關來限制驅動的位移。所有這些元件對於反覆短時工作的驅動都是常用的。

這線路的作用如下：司路控制器在零位置時，它的觸頭是 $KK1$ 閉合的，因此，繼電器 PH 和 PB 也是閉合的。以後觸頭 $KK1$ 打開時， PH 的常開觸頭將保證控制電路的供電，並在直流電源電壓過分降低時實行欠壓保護。為了在具有大電感（三個接觸器的線圈有很大數值）的電路斷開時工作的便利，接觸器 PH 的兩個觸頭是串聯的。繼電器 PB 把繼電器 $1PM$ 和 $2PM$ 的觸頭短路，並且為反向接觸器準備供電電路。

當司路控制器手柄轉到正轉位置時，觸頭 $KK1$ 打開， $KK2$ 和 $KK3$ 閉合，因此接觸器 J 、 $1B$ 、 $2B$ 等閉合，把電動機接在電源上。 $1B$ 的副觸頭把制動接觸器 T 接通，保證制動電磁鐵 TM 的通路，並

使制動器解除制動。1B 的常閉副觸頭把繼電器 PB 的線圈電路切斷，經過一定時限，PB 釋放，並斷開自己的觸頭。PB 的觸頭 5-9 使過負荷的保護能起着作用，因為 2B 的常開副觸頭閉合着，PB 的觸頭 4-2 斷開時並不影響線路的工作。PB 的觸頭 4-2 是為了保證反向時線路能準確的工作而加入的，因為在反向中司路控制器手柄轉動時，由於反向接觸器的迅速換接，繼電器 PB 可能趕不及吸上。接點 4-2 間的線路組合使反向接觸器只能在繼電器 PB 吸上時才閉合，從而保證過電流繼電器 1PM 和 2PM 觸頭對短路的控制。

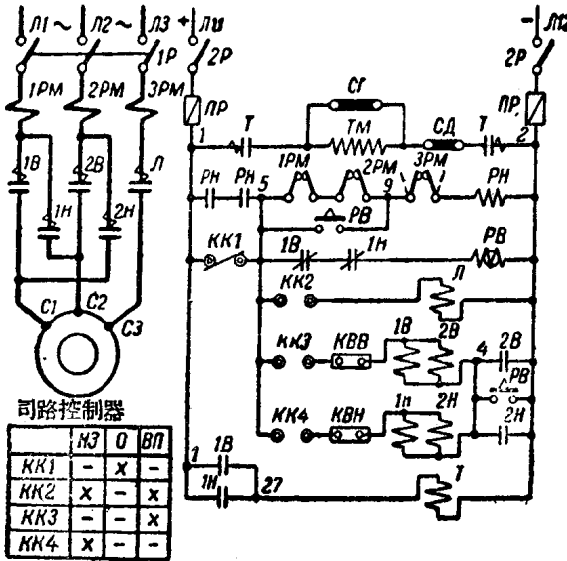


圖 4 利用直流電器的鼠籠式電動機的反向控制線路

這線路的缺點是：交流供電中斷時沒有自行起動的保護。此外，當接觸器 1B 或 1H 失去作用時，繼電器 PB 將始終得到供電。於是過負荷保護在電動機作單相運轉時也不起作用。要避免後面的缺點，或者需要依靠輔助聯鎖而使線路大為複雜，或者簡單的採用雙極接觸器。

當鼠籠式電動機的起動電流在供電線路上的電壓降落到允許極限時，就採用限制起動電流值的線路，限制的方法是在起動時降

低電動機的定子電壓。

圖 5 所示的線路通常用來起動中等容量的電動機。爲了降低電壓，裝設了聯結在定子的三相內的起動電阻。從低電壓到全電壓的換接與時間成函數關係。按下起動電鈕時，接觸器 Y 閉合，它把電動機經由起動電阻 CII 接到電源上。當接觸器閉合時，擺式繼電器就發生作用，這繼電器是通過槓桿與接觸器的活動系統聯系起來。經過繼電器整定的時間之後，繼電器的常開觸頭 $5-7$ 閉合，接觸器 J 沿電路 $1-3-5-7-8-2$ 通電，它的主要觸頭就把起動電阻短路。

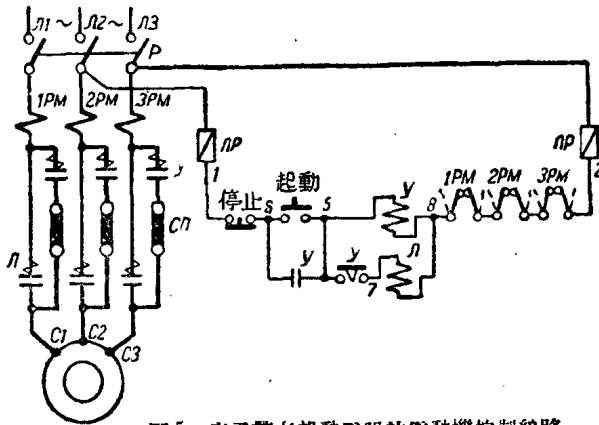


圖 5 定子帶有起動電阻的電動機控制線路

控制電路的短路保護是用熔絲保險器 $II P$ 。採用過電流繼電器作爲電動機保護是不妥當的，因爲繼電器既然要保護線路的短路或由於起動電阻的損壞而引起起動電流的增加，那末繼電器就不能保護電動機的過負荷。

類似的線路也可以用來起動容量大的電動機。在後者的情形下，通常採用電抗來代替起動電阻。

圖 6 是自耦變壓器的起動線路，在起動時電動機的控制採用三極接觸器 J 五極接觸器 Y 和具有獨立吸引線圈的擺式定時繼電器 PY 。

按下起動電鈕時，接觸器 Y 和繼電器 PY 閉合， PY 的常開觸頭立即把電鈕短路。隨着整定時限的消逝， PY 的常閉觸頭 $7-9$ 把接