

52821

送電線路 自動重合閘裝置

劉 繼 編 譯

5

大東書局出版

送電線路 自動重合閘裝置

劉 繼 編 譯

大東書局出版

自動重合開裝置是蘇聯近來在電力事業上的卓越成就之一，這種自動重合開裝置，在提高供電可靠性上能起巨大的作用。本書內容主要介紹：①各種自動重合開裝置的應用效能及循環時間下自動重合開的捕荷係數；②自動重合開裝置的基本理論、分類（共分三大類十餘種型式）及其特點和適用範圍；③自動重合開裝置的設計和運行上所必需的理論；④自動重合開裝置與系統繼電器保護裝置在動作時間上的配合；⑤單相與三相自動重合開裝置的比較；⑥自動重合開裝置對開關設備特性的要求和配合（附蘇聯設備特性數據）；⑦單相和三相自動重合開裝置的消弧時間計算；⑧近來蘇聯幾個大電力系統在多次動作式自動重合開裝置方面的運行經驗；⑨自動重合開裝置的前途和發展方向；⑩安裝自動重合開裝置的設計原則。本書為電力系統、繼電器保護、送配電方面的工程師及大學畢業的技術人員、助理工程師作參考；亦為大學或專科學校的電機系作送配電、電力系統和繼電器保護裝置的教材和主要參考書。

劉 繼 編譯

1953年11月發排 · 1954年4月上海第一版

1954年10月上海第二次印刷(3001—5000冊)

書號：3122·36"×42"· $\frac{1}{25}$ ·80千字4 $\frac{16}{25}$ 印張·定價6,000元

大東書局(上海福州路310號)出版發行

上海市書刊出版業營業許可證出○四三號 · 上海市書刊發行業營業許可證發○六一號

三星印刷廠(上海浙江北路129弄5號)印刷

序

1953 年是我國開始進入大規模建設的一年，是實行偉大的第一個五年建設計劃的第一年。電業部門無論在送電線路的建設上，或對原有電力系統的整頓和改進上，其規模之大，均遠遠超過以往的任何時期。因此，儘速地和最大限度地吸收蘇聯先進經驗，就成為當前的重要課題。

如所週知，在電力系統中，廣泛採用自動重合閘裝置是提高供電可靠性的有效方法；蘇聯的運行經驗更確切地證實了這一點。今天，電業部門在新建工程中，由蘇聯訂購的開關控制設備都附有自動重合閘裝置。所以爲了正確地運用這些設備，以及從速將舊有設備改裝成附有自動重合閘裝置的設備，就要求我們具有更多的關於自動重合閘裝置的專門技術知識。但關於這門新的技術，國內還沒有有系統的專門書籍。有鑒於此，編者乃以過去在東北某電力系統中研究改裝自動重合閘裝置時所彙集的有關資料爲基礎，加以整理和補充而成本書。

本書以 И. И. Соловьев 所著 Автоматизация Энергетических систем (ГЭИ. 1950) 爲基礎，又參考了 Эксплуатация Воздушных линий Электропередачи (ГЭИ. 1952), М. В. Костенко. Перенапряжения и Грозозащита Высоковольтных Установок (ГЭИ. 1949), В. С. Кондахчан. Эксплуатация Трансформаторов 和 Kimbark • Power System Stability (Vol. II, 1950) 各書，以及 Электричество, Электрические Станции 等雜誌中三年來(1950-52)的有關論文編譯而成。

本書可供設計人員及一般電力工程技術人員參考，希望對於電力系統和送變電工程師也能有一些幫助。大學或專科學校電力工程系可

作為送電和電力系統方面的補充教材及參考書籍。

編者對唐錫成和王錫良兩位同志，特別是唐錫成同志，表示深刻的感謝，本書中絕大部份的插圖都是他們繪製的。王秋雲同志對本書的編譯工作也給了很大幫助，她代我整理了書中的插圖和大部份原稿，在本書排印中，又協助校稿；並經常給我以關心和鼓勵。

讀者有何意見和指正，請隨時函知編者。

劉 繼 1953年7月

於瀋陽東北電業管理局設計處

目 錄

序

一、緒 論	1
二、手動合閘開關的機械式自動重合閘裝置	7
三、無同期檢驗的三相自動重合閘裝置	9
四、兩方供電線路的自動重合閘裝置	31
五、按相自動重合閘	51
六、送電線路採用自動重合閘時,切除故障段後,電弧消滅的時間及其條件	70
七、關於油開關用於自動重合閘的適應性問題	81
八、關於電力系統迅速裝設自動重合閘問題	87
九、自動重合閘的運行經驗	91
十、自動重合閘的發展方向	95
十一、在線路上裝設自動重合閘的設計原則	99
附 錄 自動裝置基本元件的代表符號圖	
參考文獻	

一 緒 論〔文獻1〕

送電線路——特別是架空送電線路，是電力系統中最容易發生事故的一環，架空線路的大部份事故是由雷電所引起的。

在一切情形中，都利用建設並聯回路以得到完全的備用線路，這需要大量額外的物資消耗，是很不合經濟原則的。

即使在雙回路線路中，也不能完全保證得到送電的不間斷性。在運行的實踐中，觀察到有同時故障和同時切斷並聯線路的情形。

高壓電力網的運行經驗表明，如果故障線路迅速切斷（即迅速去掉所加的電壓），則在絕大多數的情形中，能够消除事故，使線路不經修理即能從新加入運行。

這是不難理解的，因為架空線路的絕大多數故障，不是由於線路的嚴重損壞（如導線熔斷、絕緣子損壞、瓷表面熔融、橫擔燒毀或劈裂等），而是由於雷電放電，有風時導線短時間相碰，鳥類以及碰觸導線的樹枝將導線短路等。由於雷電放電或導線短時間相碰，發生了電弧短路。而在切斷線路，電弧消滅之後，於線路重新合閘時，通常不致重新發生電弧，當導線因落下的樹枝而被短路時，通常樹枝被燒焦，並發生電弧。如此，於線路切斷後，再從新合閘時，將不再發生電弧。對於通常發生的樹枝碰觸導線和因鳥類而生的短路，同樣也只是暫時性的。因而於重新合閘之後，線路能繼續安全供電。

遠在1916年就已開始進行了線路自動重合閘的試驗。即於線路發生故障之後，迅速切斷線路，並迅速合閘，使線路重新加入運行。這種使線路實行重合閘的裝置，即被稱為線路自動重合閘裝置，簡稱AΠБ。近

年來，自動重合閘在蘇聯已經得到了廣泛的應用。

統計數字表明，在高壓架空送電線路應用自動重合閘，線路全部事故切斷中，能有 60-90% 的情形保持向用戶供電。

在蘇聯電力系統中，近幾年的自動重合閘運行經驗表明，平均每組自動重合閘每年消除 0.5-1.0 次故障。

在由單一架空線路向用戶供電時，採用自動重合閘，相當大地提高了供電的可靠性。例如，在蘇聯某電力網中，由於使用自動重合閘，把雷電事故減少了 2.6 倍。這一記錄曾維持三年之久〔文獻 2〕。

在蘇聯為執行列寧——斯大林電氣化計劃而進行的送電線路建設中，自動重合閘曾起了而且今天還在起着重大的作用。現在我國正開始大規模基本建設，毫無疑問，它將起着同樣的作用。由於使用自動重合閘將使所有的線路大大提高其供電可靠性，而在一系列情形中，可以省去為防止雷電超電壓而裝設的避雷線和管型避雷器。這就使得線路的建設費大為降低。

使用自動重合閘，在國民經濟上有很大的經濟價值。裝設自動重合閘所需的費用與其所能得到的經濟效果相比是小得很的。

在線路使用期間內採用自動重合閘所收到的經濟效果，可以近似地按建設送電線第二回路所需的費用來計算。因為某些重要用戶，若不採用自動重合閘以提高其供電可靠性，常常為了防止雷電事故而需建設第二條線路（並聯運行以提高可靠性）。或者採用自動重合閘的經濟效果，可按使用自動重合閘時，由於少停電而使設備增多生產所獲的價值來估計。

自動重合閘可以不僅是一次的，也可做成兩次或三次的。在原理上，實行多次自動重合閘沒有什麼困難。然而根據統計數據，自動重合閘第二、三循環的效果比較不高：第二次重合閘的效果約為 5-15%，

而第三次重合閘只有 1.5-3.0%。

同時，與多次自動重合閘相關聯的是合閘和跳閘次數的加多；因而開關裝置需要時常檢查。所以到現在為止，多次自動重合閘在蘇聯仍未廣泛應用。根據 1951 年 5 月份材料，在蘇聯全部自動重合閘裝置中，97.2% 是一次動作的，只有 2.8% 是兩次動作的〔文獻 3〕。

自動重合閘動作的效果不僅決定於線路重合閘成功的次數，而且還決定於重合閘後，未破壞正常運行之用戶的數量。從這一觀點出發，自動重合閘的快速動作，換言之，即向用戶供電間斷的時間，實具有極其重大的意義。例如，當此時間在 0.5 秒以下時，工業負荷和日常負荷的捕荷（載荷）係數^①平均值約為 90-100%，而當此時間增大至 1-1.5 秒時，捕荷係數即降至 70-50%〔文獻 4〕。

關於用戶供電所允許的間斷時間，蘇聯電廠部規定不得大於 0.5-1.5 秒〔文獻 1，第 81 頁〕。這將是自動重合閘動作時間的最大限度。

從保持電力系統穩定性的觀點出發，希望自動重合閘能够盡可能快地動作。然而這種速度又為加壓後電弧可能重燃的條件所限制。線路切斷狀態的時間應當能使故障週圍可靠地完成其消電離過程。在惡劣條件下，線路短路故障可能恢復，以致線路又重新由保護裝置跳閘。如此，自動重合閘動作即未獲得成功。

所以，從切斷線路到再度加壓的間斷時間 t_{nep} ，應大於介質消電離時間 $t_{d.c.}$ ，即：

$$t_{nep} > t_{d.c.}$$

廣泛使用的開關，其自身動作時間比介質消電離時間長得多。表

① 捕荷係數 (коэффициент подхвата) 即當線路自動重合閘後，負荷（例如電動機）能維持正常運行的數目與未跳閘前線路的總負荷數目之比。例如當間斷時間在 0.5 秒以下時，重合閘後能有 90-100% 負荷維持正常運行。

1 爲一些開關的比較數據。這些數據是得自試驗方法的，能得到近似結果。

表 1

電壓與開關型式	合閘時間(秒)	消電離時間(秒)
35仟伏以下	0.27—0.30	0.07
110仟伏(MKII-160)	0.80	0.15
220仟伏(MKII-274)	1.50	0.30

必須指出，當應用自動重合閘時，開關的運行條件總的說來，較普通情形(未用自動重合閘)爲沉重。對於油開關就更是如此。實際上，當第一次切斷短路事故時，開放接點處周圍的油，在電弧作用之下即被分解和炭化，因而失去了自身的絕緣性。爲恢復油的絕緣性需要某些時間，因爲在此之前，炭化的一部份不能達到箱底，開放接點間的空間未能充以純油。假若短路事故是穩定性的，則開關還應動作數次，使電路在強大電流下斷開。此時，電弧的消滅是在開放接點處的油降低了電氣強度的條件下進行的。在這種情況下，開關的極限遮斷容量即被降低，其降低之值隨開關的型式而異。

在第七節中，給出蘇聯“電器”工廠在使用自動重合閘時關於油開關及操作裝置運行條件的指示。這些指示係取自蘇聯電廠部技術處1942年出版的關於自動重合閘的指示。

決定油室充油時間的試驗結果列於表5，這一試驗是在油室內充有空氣時進行的。在實際情形中，開關的油室，於跳閘之後，充滿着熾熱氣體和油的蒸氣，這些氣體在強大的壓力下即被凝縮，因而加速油室的充油過程。

1945年，當蘇聯在使用 MKII-274 Д 型油開關的 220 仟伏線路上

裝設按相自動重合閘時，蘇聯電廠部技術處會同莫斯科電力網，採取了試驗性的決定，即不使自動重合閘的動作因油開關油室的充油時間而加限時。如此，自動重合閘全循環時間決定為1.5-1.75秒。在該線路的五年運行期間內，自動重合閘於大容量短路下的多次動作中，在油開關的特性上並未呈現任何不正常的現象。最後，應當指出，表5中所示的時間數值，實際上應當降低很多。

壓縮空氣式開關在自動重合閘循環中運行的可能性，實際上只決定於容器內所有壓縮空氣的數量和壓力。如果考慮到開關的重合閘，壓縮空氣已有富裕，則在實行自動重合閘上，這種開關不會遇到任何困難。

當在使用自動重合閘系統中，採用具有消弧室的油開關時，如果自動重合閘循環時間小於保證的試驗循環時間，則在這種條件下，其極限遮斷容量之值應予降低。

開關極限遮斷容量降低的標準依不同的循環而異。

關於開關施行自動重合閘循環時，其遮斷容量的降低問題，現在仍無完整的決定。當油室部份(不完全的)充油時，油室的額定遮斷容量即被降低。

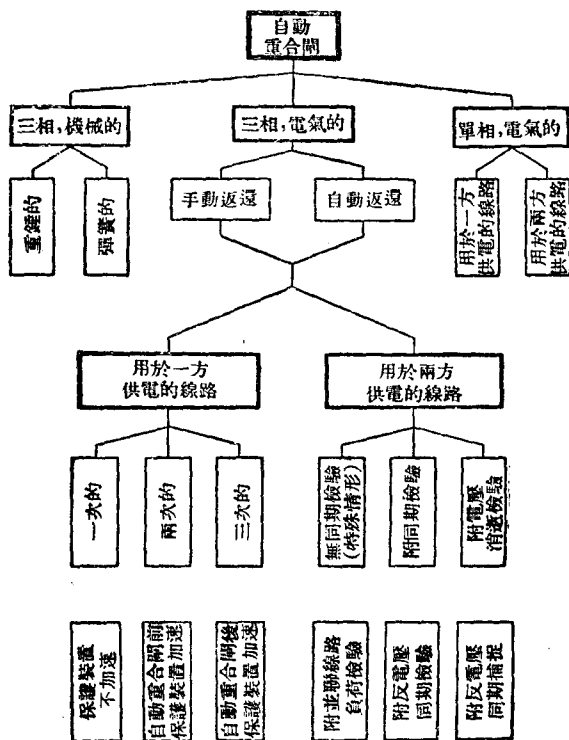
由於上述原因，在開關應用於自動重合閘時，開關的遮斷容量實際上採取較型錄上額定遮斷容量為低的數值。遮斷容量降低的程度以係數來表示，並與每循環單位操作次數及其間隔時間有關。所以開關的標準試驗循環應補充能使自動重合閘得到保證操作的循環試驗。為了估計實際上在決定關於消弧室油開關^①遮斷容量降低數值的問題時，可應用第七節中表6，該表係蘇聯“電器”工廠所作成者。然而必須指出：實踐表明，表中所列係數之值是很有富裕的。幾種開關合閘與跳閘時間

① камерные масляные выключатель.

數值如表 7 所示。

在蘇聯電力系統中，使用着很多種自動重合開裝置。其中最基本的幾種如表 2 所示。

自動重合開 表 2



所有蘇聯電力系統向蘇聯電廠部統一系統的劃一及其運行經驗的總結，使得蘇聯電力工程積累了豐富的經驗，證實了大量不同方式的自動重合開效果，並在這些問題上得到了獨立的觀點，在一系列的情形中，技術成就遠勝過其他國家。

後面各節分別說明幾種重要的典型自動重合開方式。

二 手動合閘開關的機械式 自動重合閘裝置〔文獻1〕

在實際的運行上，實行機械式的自動重合閘有很多種構造不同的裝置。其中最多的是利用特殊的彈簧（彈簧式自動重合閘）或特殊的重錘重量（重錘式自動重合閘）合閘。

圖1爲重錘式自動重合閘 KAM 型操作裝置的外形圖^①。

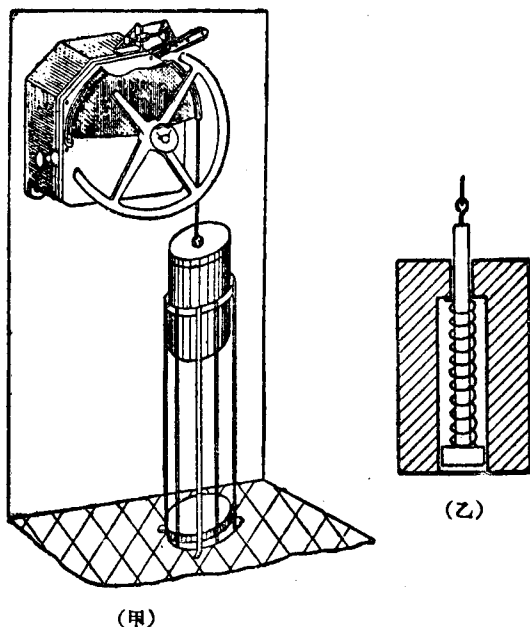


圖 1. 重錘式自動重合閘裝置外形圖

① В. М. Иванов, Новая Конструкция Грузового АПВ к Приводу Кам.
“электрические станции” N.9. 1946

彈簧式自動重合閘較為簡單，但只有在用質量高的彈簧時，才能得到足夠的可靠性。

簡單的彈簧式自動重合閘，在開關槓桿行程的開始，由於此時彈簧拉得最緊，故所受之力最大。在槓桿行程的末端，即在開關接點閉合的時刻，彈簧的力量即行減鬆。這就構成了開關合閘不完全的原因。這種缺點可用連桿式彈簧操作裝置來改善。在重錘式操作裝置，開關槓桿在重錘落下行程的終點，亦即開關接點閉合時得到最大的運動速度。所以重錘式自動重合閘很容易使開關得到可靠的合閘。

當重錘很大時，開關接點受到很重的衝擊。這種衝擊可用特殊的緩衝裝置（緩衝器）^①來緩和（圖1乙）。

經驗證明：機械式自動重合閘裝置，其開關需要具有自由改用手動操縱的可能性。

在用戶線路上具有重錘和彈簧操作裝置的機械式自動重合閘至今仍未獲得廣泛的應用，這只是由於對它未能給以足夠的注意。然而經驗證明：在3-6-10仟伏配電網中，具有機械操作裝置的大量開關適於裝設機械式自動重合閘。附帶說明：最近由蘇聯購到的35仟伏少油式開關均附有彈簧式自動重合閘裝置。

在機械式自動重合閘的實施上，可以一次動作，也可以多次動作。具有自動更換保險絲的高壓電力保險器，實際上也實行自動重合閘。在最近的將來，特別是在實行大規模的農村電氣化時，各種構造均將獲得廣泛的應用。

① амортизатор

三 無同期檢驗的三相自動重合閘裝置〔文獻1〕

(1) 手動返還的自動重合閘裝置

具有電氣操作裝置的開關，其自動重合閘裝置按構造可分為如下兩類：

自動重合閘具有一個類似蘇聯 ХЭМЗ 工廠 РП-2 繼電器的電氣繼電器；自動重合閘具有蘇聯 Горэнерго 構造的機械繼電器。

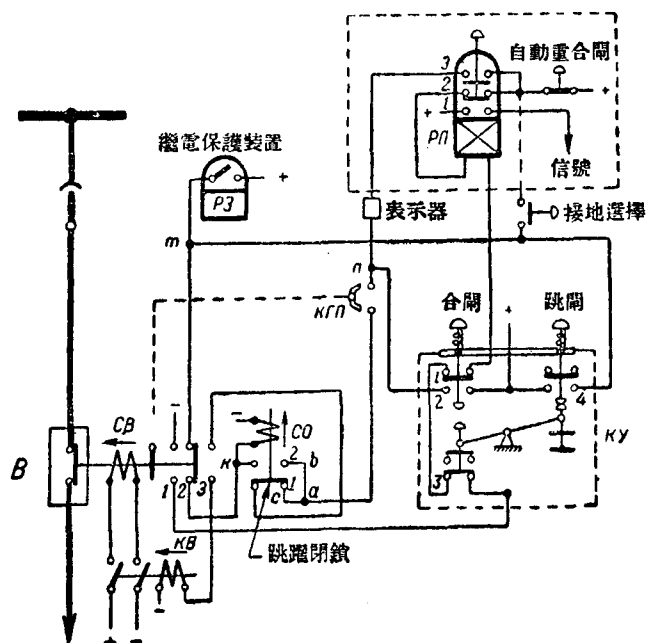
第一種方式首先由蘇聯 Глабураэнерго 造成；並已得到廣泛的應用。

第二種裝置首先由 А. Г. Акимов 工程師 (Ивэнерго) 提出，後由 Е. А. Рязанцев 工程師 (Горэнерго) 在構造上作了改進^①。這種裝置未廣泛應用。

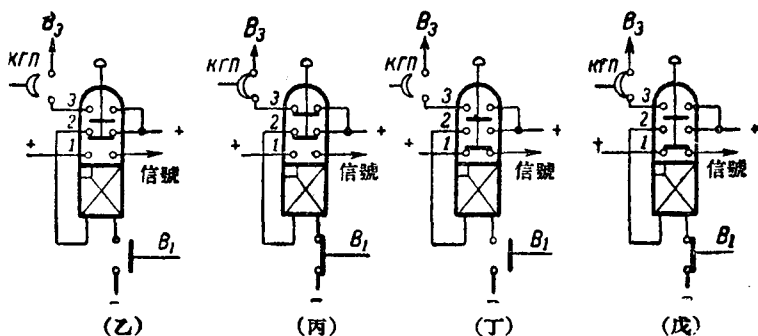
具有電氣繼電器的自動重合閘方式(蘇聯 Урал 電力系統的近代化方式)，其原理圖如圖 2 所示，展開圖如圖 3 所示。接點位置：開關已合閘；自動重合閘準備動作。

由圖可知自動裝置實質上係由一個現代化的 РП-2 型中間繼電器所組成。近代化的繼電器包含一個被門子鎖住的下落的瓣(圖 4)，關於圖 4 中的接點加速問題，將在下面加以說明。由於門子上揚，瓣亦稍有上昇；此時接點 2 閉合，並準備了 РП 繼電器線圈回路。當開關跳開時，補助接點 B_1 閉合，此繼電器的回路即被完成。繼電器動作，其瓣昇高到最上邊的位置；此時接點 2 仍舊保持閉合(只是壓力加大些)，接點 3 被

① А. Г. Акимов и Е. А. Рязанцев, Механические Реле к АПВ. Электрические Станции, N. 4—5, 1946.



(甲)



(乙)

(丙)

(丁)

(戊)

圖 2. 手動返還的電氣自動重合閘結線圖

- 甲——手動返還的電氣自動重合閘原理圖；
 乙——開關已合閘，自動重合閘準備動作；
 丙——開關自動跳閘，繼電器動作，開關合閘；
 丁——開關已由自動重合閘裝置合閘，自動重合閘脫離作用；
 戊——開關再由保護裝置跳閘；繼電器不復動作，開關不再進行合閘。

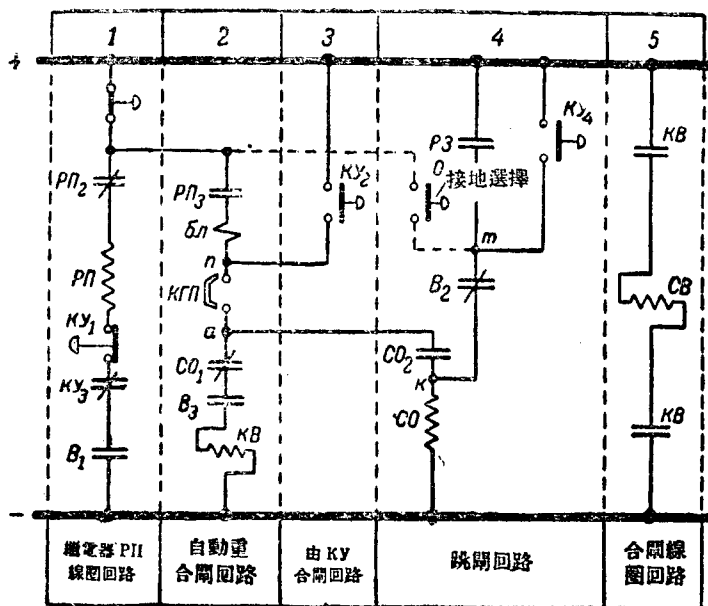


圖 3. 電氣自動重合閘(圖 2)的展開結線圖。

合閉，支持在中間位置的瓣(圖 4)得到自由，並且下落。閉合的接點 3 給開關準備了合閉回路。合閉回路最後由開關操作裝置準備接點 $KPII$ 的閉合來完成。 $KPII$ 只是在操作裝置的機構返還原來位置之後才能閉合。在 $KPII$ 閉合後，開關合閉，繼電器線圈回路由開關補助接點 B_1 斷開。沒有門子支持的繼電器鐵心下落到最下邊的位置，下部接點 1 閉合，並給出信號。線圈回路在繼電器 PI 接點已斷開，自動重合閉不能再行動作。為使自動重合閉準備以後的動作，需用手將繼電器門子加入。

必須指出，並非所有操作裝置的構造都有 $KPII$ 。當無 $KPII$ 時，可用 0.3~0.5 秒的時間繼電器來代替，此時自動重合閉的結線便複雜化

① КОНТАКТ ГОТОВНОСТИ ПРИВОДА— $KPII$ 。