

电气控制系统“五化”新技术

黑龙江省电业管理局“五化”研究小组
哈尔滨工业大学“五化”研究小组

編

黑龙江人民出版社

1960年·哈尔滨

編 者 的 話

電力工業電氣控制系統實現“遙控化、弱电化、操作交流化、遠動化和配電裝置操作安全聯鎖化”的新技術，是在黨的社會主義建設總路綫的光輝照耀下，在黨的英明領導下和大鬧技術革新和技術革命運動所取得的結果，是國民經濟全面持續大躍進的產物。這一經驗，可以為國家節約大量的電氣設備器材和有色金屬，保證安全生產、加快建設速度、提高勞動生產率，並為電器製造工業的技術改革指出了新的途徑。

為了迅速推行電氣控制系統“五化”新技術經驗，我們根據黑龍江省電業管理局電力科學研究所、電力設計所、電力建設公司、哈爾濱電業局、哈爾濱工業大學等單位進行該項研究的有關資料，並吸取了哈爾濱順鄉變電所與道里變電所實行“五化”的經驗，從理論到實際，進行了比較詳細的闡述，可供電力工業和有關部門的職工學習參考。

本書編寫時，由於時間倉促，水平有限，不妥之處在所難免，希望讀者批評指正。

1960年3月25日

目 录

緒 論	(1)
第一章 二次回路选綫化	(5)
第一节 概 述	(5)
第二节 选綫化的方式	(8)
第三节 测量仪表的选綫回路	(12)
第四节 控制、信号的选綫回路	(15)
第五节 繼电保护、自动装置回路	(20)
第六节 控制台和选位开关	(24)
第二章 二次回路弱电化	(29)
第一节 概 述	(29)
第二节 二次回路装置的参数	(30)
第三节 弱电化設備	(32)
第三章 操作交流化	(43)
第一节 概 述	(43)
第二节 交流操作电源	(44)
第三节 以引燃管作为合閘电源	(45)
第四节 复式整流	(58)
第五节 几点意見	(61)
第四章 运动化	(83)
第一节 概 述	(83)
第二节 运动化的内容及工作原理	(84)
第三节 遙测装置及通道	(86)

第四节 GrK—58型运动设备介绍..... (100)

第五节 运动设备的电源..... (126)

第六节 运动化与选线化、弱电化的配合..... (133)

第五章 配电设备的操作安全联锁化..... (136)

第一节 联锁化的意义..... (136)

第二节 联锁化的项目及说明..... (136)

緒 論

在党的社会主义建設总路綫的光輝照耀下，我国国民經济出現了全面持續大跃进的形势，电力工业的设备容量日益增加，电气控制系统日益复杂。探討簡化发电厂变电所二次回路以節約设备器材，加快建設速度，保証安全生产，以及提高劳动生产率，便成为当前电力工业技术革新与技术革命的重要課題。

在黑龙江省电业管理局电力科学研究所、电力設計所、电力建設公司、哈尔滨电业局、哈尔滨工业大学等五个单位的共同努力下，实现了哈尔滨顧乡变电所和道里变电所控制系统“五化”技术大改革，从而改变了变电所的設計、施工、运行管理和电器制造等方面的面貌。

“五化”内容包括下列几方面：

选綫化——是把变电所的控制、測量、信号设备等合理地集中使用，利用选位繼电器来選擇使用某些綫路、仪表等，来达到預定的操作監視目的。

弱电化——是把变电所的控制、測量、信号设备及其二次回路改成低电压、小电流的弱电规范，从而可以在电气控制系统中利用电讯方面的弱电器材。

操作交流化——是利用引燃管及复式整流装置等设备作为控制、測量、信号设备的电源，取消了直流蓄电池組。

运动化——是在变电所中安装遙控、遙測、遙信设备，在远离变电所的中心調度室来操縱和監視设备的运行情况，提高动力系统控制操作的灵活性。

联鎖化——是在电气设备控制操作设备上，安装安全操作

联鎖裝置，綜合了过去联鎖裝置內容。

这一新技术的研究試驗成功，大大地改变了变电所控制室的原有面貌，突破了原来存在的薄弱环节，对充分發揮設備潜力，保証安全供电具有重要意义。实行这一經驗的好处是很多的。

(1) 節約建設資金。顧乡变电所推行这一新技术后，为国家節約資金达52,000元。根据計算，按照这一經驗設計变电所的話，可節約变电所总投资10~15%。

(2) 节省建筑面积。在新建变电所推行这一新技术，可簡化建筑結構，变电所厂房可由二层楼改为平房，原来的蓄电池及充电机室及電纜綫溝可以不要，主控制室的面积可以大大縮小，可节省变电所建筑总面积的40%。

(3) 充分挖掘控制設備潜力，節約大量的設備和器材。由于实行选綫化，在控制、信号、測量設備方面采用一組設備进行集中控制。这样可以大大節約設備和器材，特别是節約了不少稀有的有色金屬。

(4) 节省人力改善劳动条件。通过改革，簡化了电气控制系统，运行人員就可以在改革后的控制台上进行集中控制，而不用像过去那样到各个配电盘前去操作，过去难以維護的蓄电池等設備也随着取消了，特别是由于实现运动化，可以大大减少运行值班人員的劳动强度，可以减少人員，提高劳动生产率。

(5) 節約运行費用。推行这一新技术，取消了蓄电池組，可以不用硫酸，节省充电机电和仪表导綫耗电損失，以及由于簡化系統，可大大减少檢修工作量，据顧乡变电所計算，每年可節約运行維護費用5,000元。

(6) 建設变电所可縮短工期，加快速度。通过推行这一新技术，可以簡化控制系统、輔助設備安装、建筑結構，减少建筑面积，因而可以大大减少建筑安装工程量，縮短变电所建

設工期20~30%。

(7) 操作簡便，易于維護，增強了安全可靠性。通過推行這一新技術，簡化了控制系統，改變了過去二次回路線路千絲萬縷、密如蛛網的現象，操作更加簡便，特別是實現操作控制聯鎖化，可以從根本上防止帶負荷拉刀閘、不拆地綫合閘和誤觸電事故的發生，增強了供電的安全可靠性。

(8) 為改革電氣控制系統的設計和電氣控制設備製造部門節約原材料，开辟了新的途徑。可以用有限的金屬和絕緣材料生產出更多體積小、效率大的設備及電纜，這完全符合增產節約的精神。由此可見，採用“選綫化、弱電化、聯鎖化、遠動化、操作交流化”的新技術，完全符合多、快、好、省的方針，全面推廣這一經驗，對解決當前控制設備的不足，對工農業生產的發展，將起到重大的促進作用。

建國十年來，我國的社會主義建設事業高速度地向前發展，隨着科學技術的發展，電力工業電氣控制系統的革新有它廣闊的發展前途。如半導體在儀表繼電器製造工業中的應用，可以使弱電化設備更加完善，使儀表繼電器體積更加縮小，並大大減小動作功率，因而可以使電流電壓互感容量進一步降低。操作交流化利用載流量大而體積小的硅整流器以後，不僅使設備安裝容易，操作簡便可靠，並且又減少了土建面積。又如無觸點遠動裝置的發展，使動力系統遠動化進入了一個新的階段，保證了操作更加安全可靠。

“五化”新技術的出現，是在黨的英明領導下，認真貫徹社會主義建設總路綫的結果，是在技術革新和技術革命的運動中，運用了領導幹部、工人、技術人員三結合，生產、科學研究部門、大專學校相結合的方法而成功的。但是，由於這項工作是第一次進行，缺乏經驗，其中所採用方式及規範還不夠十分完善和理想，因此還必須繼續深入研究的探討。但完全可以肯

定，在我国优越的社会主义制度下，在各有关部门的紧密配合下，尤其是在苏联和各社会主义国家的无私援助下，电力工业电气控制系统的革新，无疑地将进入一个崭新的阶段。

第一章 二次回路选綫化

第一節 概 述

发电厂和变电所的饋电綫、变压器、发电机等許多元件都各备一套專門測量仪表、控制和信号設備。随着发电厂和变电所容量的增大，饋电綫数目的增多，其設備也愈来愈多，主控制室的面积亦愈趋增大。这样不但增加二次回路的复雜性，同时由于監視面过大，增加了許多誤操作的可能，降低了工作的可靠性。

二次回路选綫化的基本任务，就是使众多的高压元件共用一套測量仪表和控制信号設備。在一般情况下，这些二次設備不与任何回路元件相連接。当需要对某条回路进行測量或控制时，即可利用选位开关和选位繼电器将公用的二次設備切换至該条回路，以便进行測量和控制。

目前，选綫化广泛地应用在測量仪表和控制信号回路中。其原理极为簡單。图1—1表示，遮断器合閘回路的选位接綫图，首先可利用选位开关或选位按鈕 $K\bar{H}$ ，選擇某一遮断器（如遮断器 1）使中間繼电器 $1p\bar{n}$ 动作，遮断器 1 的合閘回路連通到公共操作把手 KY 上。利用 KY 即可对遮断器 1 进行合閘。如需对遮断器 2 进行合閘，即用按鈕 2 启动 $2p\bar{n}$ 中間繼电器即可。同样的原理可应用到其他各种測量、控制和信号回路。在此情況下，虽然每条一次回路必須附加 $1 \sim 2$ 个中間繼电器，但二次設備所節約的費用大大超过附加的中間繼电器費用，二次接綫也不复雜。

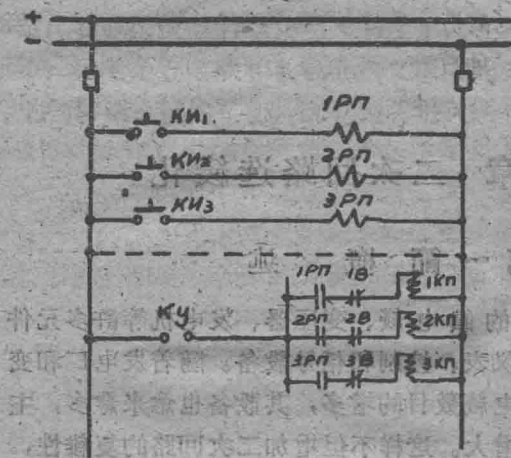


图 1—1 选綫化原理图

КИ 选位按钮 РП 选位继电器 КВ 遮断器
公共控制开关 КП 遮断器合闸辅助綫圈

測量仪表实行选綫化，对运行并没有任何不便。仪表平常的利用率极低，旧式饋电綫甚至变压器回路的負荷只需要定时檢查。如欲了解某条綫路运行情况时，仍可利用选位开关对该条綫路进行长时间的監視。对于表示电能質量的电

压表和頻率表，通常裝在每一段母綫上，由于数量不多，可不必实行选綫，或用切换开关選擇某一段母綫上的讀数。对于經常处于工作状态的电度表一般不实行选綫。

遮断器、隔离开关的合閘、跳閘回路实行选綫化，可大大减少控制台上的操作把手和信号灯。虽然在进行合閘或跳閘时多了一次选位程序，但由于操作是集中在一个較小的范圍内进行，运行人員的注意力容易集中，比过去在各个配电盘上进行分散操作可靠性是大大增强了。分散操作时，运行人員必須到各个配电盘上選擇需要进行操作的开关。这样不仅增加了劳动强度，而且在綫路遮断器和隔离开关数目过多时，容易引起誤操作。預告信号灯和事故信号灯一般不实行选綫化。

繼电保护装置应装設在每一个回路或元件中。它担負着保护設备和迅速切断故障的任务，如果实现选綫化，势必延緩切断故障的时间，因此不能实行选綫化。为了节省电綫长度和控制室的面积，繼电保护装置可装設在配电装置間隔中。

成組的自动重合閘裝置实际上可認為是一種自动选位設備，运行經驗証明，这种自动选位設備能够保証在各种故障時可靠地工作。只有二条綫路在10~30秒以內連續发生故障時，由于受到电容充电時間的限制，有可能拒絕動作。但上述情形在哈爾濱地区六年的运行中並沒有遇到，可不作考慮。

对于經常处在工作状态的自动裝置，例如发电机的自动电压調整器，变压器的帶負荷切换分接头裝置等，不宜实行选綫化。

选綫化基本上分为强电选綫和弱电选綫两种。强电选綫就是保持二次設備电源的原有額定参数（100伏和5安）而实现选綫化。实现强电选綫对改造現有电厂和变电所控制系統是有利的。因为不需要大量改制設備，施工也极简单，而在經濟上和运行方面都帶來很多好处。首先拆除了控制室中很多的仪表配电盘，将选位設備和仪表集中在一个控制台上。繼电保护盘可移至配电裝置間隔附近，縮小了主控制室的面积。对于那些主控制室已无发展余地的发电厂、变电所，經濟效果則更显著。既不必再进行主控制室的擴建，同时也節約了大量鉛皮電纜、仪表、配电盘等設備。

弱电选綫就是配合弱电电源（0.5安和50伏）进行选綫。弱电选綫比强电选綫具有更多的好处。它可以减少仪表和繼电器的消耗功率；体积和重量大大减少；電纜綫可从2.5平方公厘減至0.5平方公厘以下。根据顧乡屯变电所的初步估計，应用选綫化弱电化可節約控制系統中的投資64%左右。天津西郊电厂工程采用选綫化弱电化設計的經濟比較中，可为国家節約資金67%（整个控制系統投資）左右。

目前选綫化弱电化的技术应用范围愈来愈广，非但成功地应用在发电厂和变电所中，也可广泛地应用在工厂企业和交通运输等方面。因此，选綫化弱电化是电气控制、測量系統发展

的必然趋势。迅速推广和实现选线化弱电化新技术是电力工业技术革命中一项极为重要的任务。

第二節 选线化的方式

选线化主要应用在选擇控制与选擇測量上。

选擇控制与选擇測量可以分开进行。这时在控制台上分别安装选擇控制与选擇測量用的按钮或选位开关，由它們来启动控制回路与測量回路的继电器。两者也可以同时进行，这时只要一种按钮启动同一继电器就可以了。这两种情形比較起来，还是測量与控制同时选擇較好。这个方案的优点是：

第一，可把选擇用的接线与选擇按钮节约一半。

第二，在操作时可同时参看測量仪表，对操作进行監視。

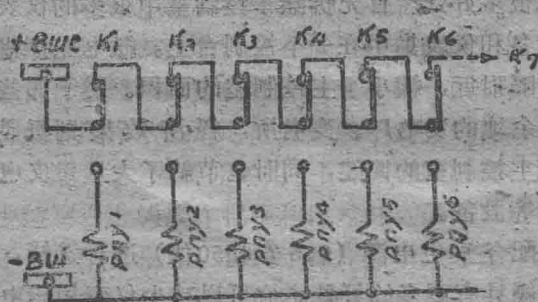


图 1—2 个别选擇接线图

选擇的方法可以是中央的，也可以是个别的。图 1—2 指出了个别选擇的接线方法。选线按钮分布在控制台模拟线路的各相应元件的位置

上。对某线路（如线路 2）进行选擇时，将按钮 K_2 向下闭合，即可启动选位继电器 PNY_2 。再向下闭合 $K_3, K_4, \dots$ ，线路 3、4 $\dots$ 均不能再选中。这种接线有闭锁性，以防止二条线路同时选中所引起的誤操作。但对选中线路前面的线路（线路 1）沒有闭锁性。如果要再将 K_1 闭合时， PNY_2 已被断路，标志线路 2 被选中的在模拟线路 2 上的指示灯已經熄灭，以警告运行

人員。最初實現選綫化的哈爾濱顧鄉變電所，就是採用這種個別選綫方法。

圖1—3表示中央選擇的原理接綫。它是由放在控制台中央的一個選位開關完成選擇的。像打電話一樣轉動選位開關的圓盤，動觸頭接通某一接點時，與該接點連接的選位繼電

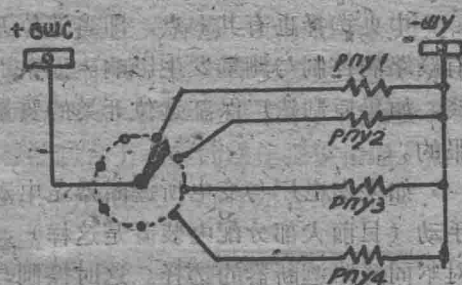


圖1—3 中央選擇接綫圖

器被啓動，因而該綫路即被選中。這種接綫方式的閉鎖性比前者更為完善。因為當選中一綫路後，要不轉動選位開關絕不會使其他綫路選中。

中央的和個別的選擇方法，各有其優點。個別的選擇由於各選綫按鈕分布在模擬綫路相應元件的位置處，因此比較直觀。但由於按鈕分布在整個模擬綫路中，操作是不大方便的。

中央選擇的優點是可以集中的進行選擇，操作手續比前者方便。而且由於把選位開關放在台的中央，模擬綫路內不再裝設選擇按鈕，在選擇時就不必到各模擬綫路上操作。因此可減小模擬綫路間的距離，為縮小控制台的尺寸創造了條件。在個別選擇時，為防止誤選擇，模擬綫路間距離不易過小。實行個別選擇的顧鄉變電所控制台上模擬綫路的距離是100公厘，實行中央選擇的道里變電所，其距離為73公厘；如果選用小的通訊用指示燈，其距離還可縮小至40~60公厘以下。

中央選擇的另一優點是：當某綫路需要經常監視時，可將選位開關選中不動。由於它具有可靠的閉鎖性，在進行其他綫路操作時，需要轉動選位開關，而不致引起誤操作。

當綫路條數很多時，可安裝兩個選位開關。把正個鎖電綫

分成兩組，每組用一個選位開關。這樣選位開關接點相應的減少，工作可靠性大大提高。

中央選擇也有其弱點，即當選位開關發生故障時，將對所有線路的控制與測量發生影響。而個別選擇僅僅影響一條饋電線。如果原製造廠保證選位開關的質量時，這個弱點是可以克服的。

如果發電廠與變電所遮斷器是電動操作的，而隔離開關為手動（目前大部分配電裝置是這樣），那麼控制的選擇僅僅是對不同線路遮斷器的選擇。這時控制與測量的選擇可同時進行。選線的方法可以是個別的，也可以是中央的。哈爾濱顧鄉變電所就是採用控制與測量同時選擇，選線的方式是個別的。

如果發電廠與變電所的遮斷器和隔離開關均為電動的，這時選線控制方式，則比較複雜，到目前為止，有下列三種方式：

第一，單獨選擇（圖 1—4）

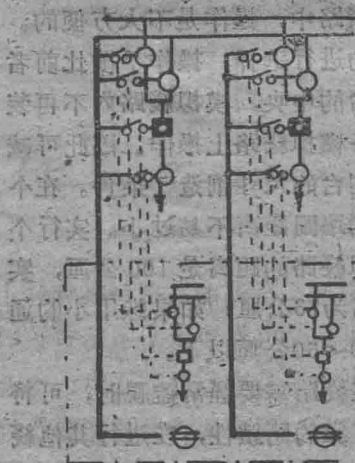


圖 1—4 單獨選擇

這種方式是：每個回路的遠方高壓開關元件在控制台上都有對應的選位按鈕。要對某開關元件進行操作時，首先把控制台模擬線路上與其對應的選位按鈕閉合，借助於選位繼電器將開關元件操作回路與公用的操作把手接通，然後進行開關操作。

第二，成組選擇（圖 1—5）

成組選擇的特點是：每

一个馈电线的各开关元件，合用一个选位按钮。在控制台上还有一组典型的操作把手，即各线路的遮断器合用一个操作把手，线路上处于相同位置的隔离开关合用一操作把手。当对某线路之一高压开关元件进行操作时，需先将模拟盘上该线路选位按钮闭合。由于选位继电器启动，将该线路选中。这时此线路各开关元件控制回路均与控制台上相应的操作把手接通。然后用典型操作把手中该类元件的操作把手进行开合闸操作。

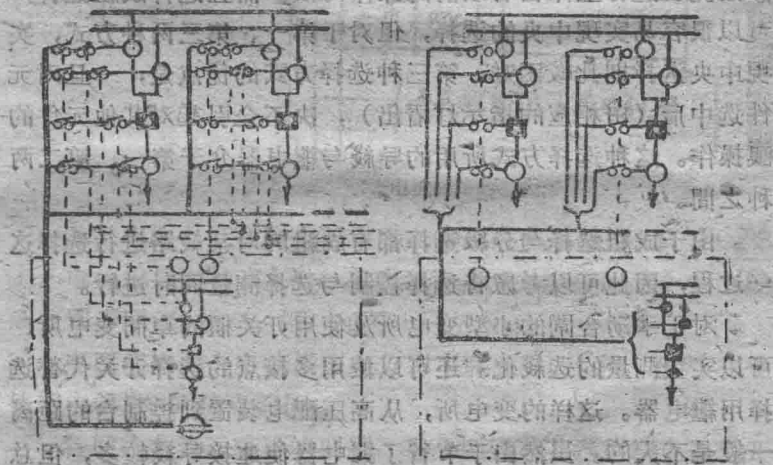


图 1—6 分級選擇

图 1—5 成組選擇

第三，分級選擇（图 1—6）

分級選擇实际上是单独選擇与成組選擇的結合。进行某开关元件的操作时，首先由线路的选擇按钮进行线路的成組選擇，借助于继电器把要选线路开关元件控制回路第一排接点接通。其次用模拟盘上一组典型的选位按钮中该类元件的选擇按钮进行单独選擇。这时由于相应继电器动作将同类元件控制回路第二排接点接通。然后用公用的操作把手进行开合闸操作。

这种選擇可称坐标選擇，对各线路的選擇相当于縱坐标，

而各类元件的选择相当于横坐标。两个坐标交点决定了操作的开关元件。则这个元件的控制回路与控制台上公用的操作把手接通。

从上述三种选择控制方式的比較中，可以看出第一种使用的繼电器与連接导綫較多，并且由于数目很多的选位按钮，使控制台很大。第二种方式与第一种方式比較，連接导綫与繼电器大大减少。由于这种方式在控制台上有一組典型的操作把手，因此在运行上保留有以前的操作习惯。而且这种成組选择，可以很容易实现中央的选择，但对于第一、第三两种方式，实现中央选择則比較困难。第三种选择方式的优点是，一旦对元件选中后（由相应的指示灯看出），决不会引起对其他元件的誤操作。这种选择方式所用的导綫与繼电器介于第一、第二两种之間。

由于成組选择与分級选择都有成組的对某綫路进行选择这一过程，因此可以考慮将选择控制与选择測量同时进行。

对于手动合閘的小型变电所及使用开关櫃的車間变电所，可以实现測量的选綫化。还可以使用多接点的选择开关代替选择用繼电器。这样的变电所，从高压配电装置到控制台的距离一般是不大的。虽然由于节省了繼电器使連接导綫較多，但总的看来，仍是比較經濟的。

第三節 測量仪表的选綫回路

監視測量回路是发电厂和变电所控制系統中重要的組成部分。通过測量仪表，运行人員可以監視各回路的負荷情况、負荷性質、絕緣狀況以及决定各个回路是否必須投入或切除等。在未实行选綫化之前，每个回路都有一套專門仪表。选綫化的目的就是有一套公共仪表来实现上述任务。

測量系統实行选綫后，各类仪表的性質和用途都不变，但

除少数仪表（如电度表，以及需经常监视的母线上的电压表和频率表）外，其余仪表平常都不处在工作状态，即不与电流互感器和电压互感器的二次回路相连，仅在选位时，短时连接。

量测仪表的电流回路连接图见图 1—7。

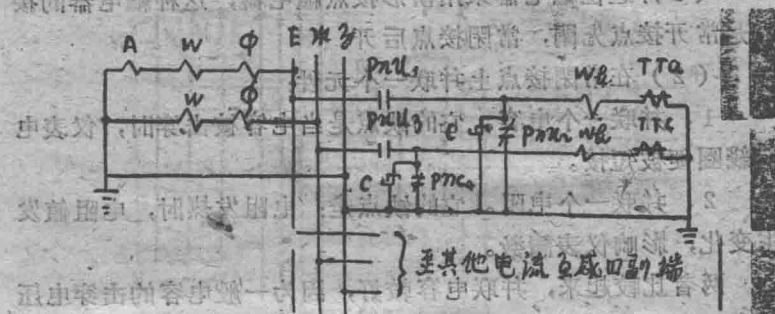


图 1—7 仪表电流回路的接线图

各仪表的电流线圈全部串联，接到电流小母线 E、Ж、3 上。电流表线圈接在 A 相，有功瓦特表、功率表的两个电流线圈分别串联在 A、C 相，如图 1—7 所示。

电度表的两个电流线圈也分别串联在 A、C 相，但是在选位继电器 Pли 的接点前侧。

各回路电流互感器的副端，都分别通过其选位继电器常开接点，接在电流小母线 E、Ж、3 上。

回路在正常运行时，电流互感器的副端被 Pли 的常闭接点 Pли2 和 Pли4 所短接。当要监视该回路的电流、有功功率和功率因数时，启动该回路的选位开关，该回路的选位继电器线圈励磁，常开接点 Pли1 和 Pли3 瞬时闭合，常闭接点 Pли2 和 Pли4 延时打开，各仪表电流线圈所测的电流便是该回路的电流。

一般的继电器接点的闭合和打开次序，并不像上述那样，而是常闭接点先打开，常开接点后闭合。这样就造成了电流互感器副端开路，在铁心中的磁通大大增加，铁心发热，线圈绝