

# 平行线路横联差动方向保护接线的探讨

华东电力设计院 翁子文

## 一 概 述

华东地区的某一220kV工程线路保护设计中采用了平行线路横联差动方向保护（以下简称横差保护），平行线路采用横差保护具有动作灵敏、速度快、原理简单调试运行方便，投资省的优点，对有条件的平行双回线路（一般指同杆双回路线路阻抗几乎完全相同）应该优先采用这种保护，尤其对单侧供电的双回路尤为适用。

目前，国内在220kV线路上采用横差保护不多，一个原因是由于平行双回线路不多而且不是同杆双回路，另一个原因是尽管装置原理接线简单，但制造厂尚没有220kV定型的产品供选用，加之运行经验也不足。

随着电网的不断发展，网络日趋紧密，双回路甚至多回路的线路也在逐渐增多，横差保护必将愈来愈被人们了解和接受。为进一步使装置完善化，特结合工程的情况，提供本文的接线供研讨（接线按与三相重合闸配合考虑）。

## 二 横差保护的基本工作原理

横差保护是利用二回线之差电流来起动的，利用功率方向元件来鉴别故障线路，有选择性跳闸的保护装置。

由于装置动作迅速，常作为双回平行线路的主要保护。

图1中当双回线正常运行，二回线路负荷电流相同 $I_{FI} = I_{FI}$ 时，横差保护不起动，当I线路发生故障时， $\dot{I}_{KI} > \dot{I}_{KI}$ 横差回路中电流差值 $\Delta I_K = \dot{I}_{KI} - \dot{I}_{KI}$ 大于整定值（按躲过区外最大穿越性故障电流产生的不平衡电流整定）横差保护就起动了。

$I_F$ 为负荷电流， $I_K$ 为故障电流。

当线路末端故障时，故障电流之差值相对较小，若其值小于整定值时横差保护将不能立即起跳，需待对侧快速保护断开对侧断路器后，才能相继动作切除故障，这一个区域称为横差保护的电流死区。此区域应尽量小，除了在整定值上作考虑外，在选择横差保护时，既要注意线路长度、同时也需注意所选用电流互感器的同型要求。

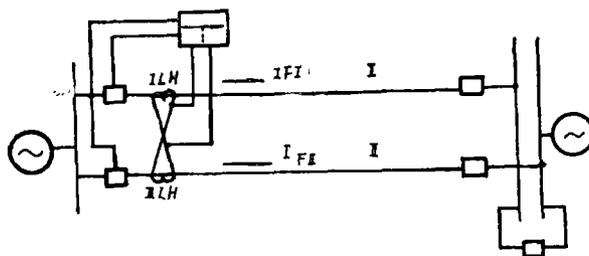


图 1

### 三、横差方向保护原理接线

本装置是由相间横差方向保护和接地横差方向保护构成，相间横差方向保护是由两相式电流元件作为起动元件（ $1LJ_A$ ， $1LJ_C$ ），利用接于 $U_{BC}$ 、 $I_A$ 及 $U_{AB}$ 、 $I_C$ 的功率方向元件（ $1GJ$ ， $3GJ$ 及 $2GJ$ ， $4GJ$ ）作为判别元件， $1GJ$ 、 $2GJ$ 判别Ⅰ线故障， $3GJ$ 、 $4GJ$ 判别Ⅱ线故障。接地横差方向保护系利用零序电流、电压作起动元件（ $1LJ_0$ ， $4YJ_0$ ），利用零序功率方向元件（ $5GJ_0$ ， $6GJ_0$ ）作为判别元件。

平行双回路之一发生相间或接地故障，起动元件 $2ZJ$ 、 $3ZJ$ 或 $4YJ_0$ 、 $1LJ_0$ 动作后由判别元件起动跳闸出口继电器 $1CKJ$ 或 $2CKJ$ ，分别跳Ⅰ线或Ⅱ线断路器。

1、跳闸出口回路采用如下几种闭锁方式：

（1）出口回路相互闭锁

从横差方向保护动作原理可看出，当平行线任一回路跳闸后，如果不采取闭锁措施，横差保护将误动作。因此，采用任一线路跳闸脉冲发出的同时先行闭锁横差保护的方式，最为直接、速度最快、闭锁最可靠。接线中采取 $2CKJ$ 或 $1CKJ$ 常闭触点串接在 $1CKJ$ 或 $2CKJ$ 的出口继电器的回路中实现相互闭锁。这种闭锁的唯一不足是当故障不是由横差保护先行动作而由其它保护来切除故障时，这种闭锁是无济于事的。因此必须考虑附加其它的闭锁措施。

（2）保护动作闭锁横差

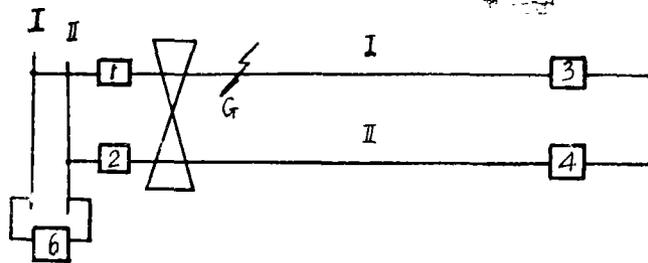


图 2

当图2中 $G_1$ 发生故障，横差保护先于其它保护动作时，虽然可利用出口继电器触点回路相互闭锁来防止2#断路器误跳闸，但当1#断路器跳闸后，（由于 $1CKJ$ 继电器无自保持） $1CKJ$ 返回，若不采取其它闭锁措施，横差保护仍存在着误动作跳2#断路器的后果。当横差保护迟于其它保护动作时，上述出口回路相互闭锁措施尚不起作用，为此利用保护动作起动 $STJ$ 三跳继电器（横差保护亦起动 $STJ$ 跳闸继电器）的常开触点起动闭锁继电器 $1BJ$ （必须指出：当与单相重合闸相配合时，保护动作起动分相跳闸继电器 $1TJ\sim 3TJ$ ，其触点亦应同时起动 $1BJ$ ）。利用 $1BJ$ 常闭触点断开横差起动回路，保证在断路器尚未跳开之前即对横差保护实现闭锁。当1#断路器跳闸后，利用 $1BJ$ 延时返回来提高装置闭锁可靠性。

（3）断路器合闸位置触点闭锁

利用断路器合闸位置常闭触点HWJ来起动1BJ, 是对STJ起动闭锁回路的一个补充。往往由于跳闸脉冲短接HWJ线圈回路带来常闭接点返回时间长的缺陷不能起到快速闭锁横差保护的作用, 为了加快闭锁速度, 对HWJ继电器提出过高的调试要求往往增加现场工作量且不太现实。因此用上述保护起动STJ跳闸的同时起动闭锁是十分理想的。由于#1断路器跳闸后STJ亦要开始返回, 除了用1BJ延时返回来提高闭锁可靠性而外, 还可利用HWJ常闭触点(当#1断路器断开后其HWJ继电器长期处于失励状态)闭合来起动1BJ。这样连续接力促使继电器1BJ长期励磁, 其常闭触点长期断开横差保护的直流电源, 达到闭锁的目的。由此看出, 为了可靠接力1BJ常闭接点的延时返回时间必须大于HWJ常闭接点闭合的时间, 而这种配合关系却十分方便。

采用三付合闸位置继电器HWJ常闭触点并联又可提高起动闭锁继电器1BJ的可靠性。

应当说明, 利用断路器副触点直接闭锁保护正电源的措施, 由于断路器的质量难以保证主触头和辅助触点之间动作时间差, 不能起到稳定闭锁作用, 并且要增加户外电缆, 设计中不予考虑这种闭锁措施。

#### (4) 相电流元件闭锁

某些工程曾采用低电流元件来闭锁横差保护, 即当一回线跳闸后, 用低电流元件对另一回线进行闭锁, 这种闭锁存在着如下几个问题:

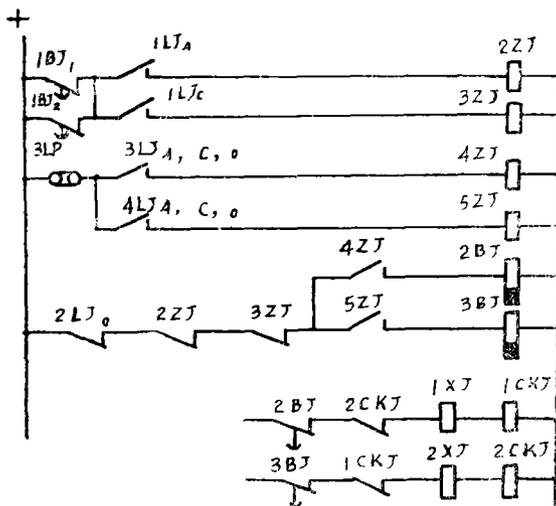


图 3

①. 低电流元件整定值必须躲电容电流, 保证最小负荷电流下动作灵敏度, 往往这两个条件不一定都能同时满足,

②. 低电流元件只在断路器跳闸后才起作用, 因此动作时间较长来不及闭锁。

③. 低电流元件返回系数低, 返回时间长闭锁不可靠。

④. 单侧电源线路其中一回线发生短路, 另一回线仅流过很小负荷电流, 低电流元件可能返回即闭锁横差, 导致区内故障拒动。

鉴于以上原因, 采用低电流闭锁的方案不够理想。改进后, 采用如下电流闭锁措施: (图3)

从图4、图5中故障点的情况来分析图3中的电流闭锁动作原理:

①区内G<sub>1</sub>相间故障, 横差电流继电器1LJ<sub>A</sub>, 1LJ<sub>C</sub>动作, 起动2ZJ, 3ZJ中间继电器; 相电流继电器(按躲最大负荷电流保证最小短路电流灵敏度原则整定)3LJ<sub>A</sub>, C动作起动4ZJ中间继电器, 由于闭锁继电器2BJ动作延时约20毫秒(考虑自故障开

始至 2 ZJ 与 4 ZJ 继电器动作其触点竞赛的时间差), 因此, 出口跳闸回路不进行闭锁保证可靠跳闸。

②. 区内  $G_1$  单相故障, 横差电流继电器  $1 L J_0$  及  $4 Y J_0$  动作, ( $1 L J_A$ ,  $1 L J_C$  在 B 相接地时不动作), 线路零序电流元件  $3 L J_0$  起动  $4 Z J$  后, 由于  $2 B J$  起动回路中串接  $2 L J_0$  零序电流继电器常闭触点,  $2 B J$  亦不起动, 出口不被闭锁可靠动作跳闸。

③. 线路末端附近  $G_2$  故障

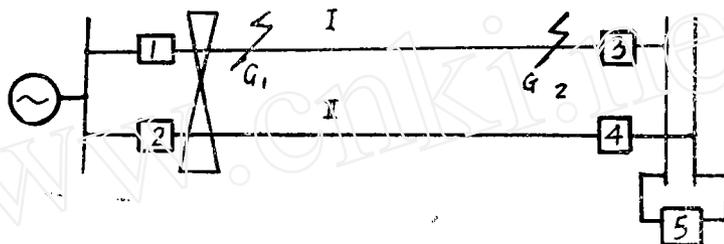


图 4

$G_2$  故障在保护的电流死区 (相继动作区) 内, 横差保护中差动电流不足以起动  $1 L J_A$ 、 $1 L J_C$  或  $1 L J$ 。而相电流元件  $3 L J_A$ 、 $3 L J_C$  或  $3 L J_0$  仍起动  $4 Z J$  继电器,  $2 B J$  闭锁继电器被起动, 先将出口跳闸回路闭锁, 当对侧保护动作将  $\#_3$  断路器跳开后, 出现较大差电流使  $2 Z J$ ,  $3 Z J$  或  $2 L J_0$  起动常闭触点将  $2 B J$  继电器断开,  $2 B J$  继电器延时返回将出口跳闸回路接通。  $2 B J$  延时返回的要求 40 毫秒如下述:

④. 对端母线  $G_3$  故障

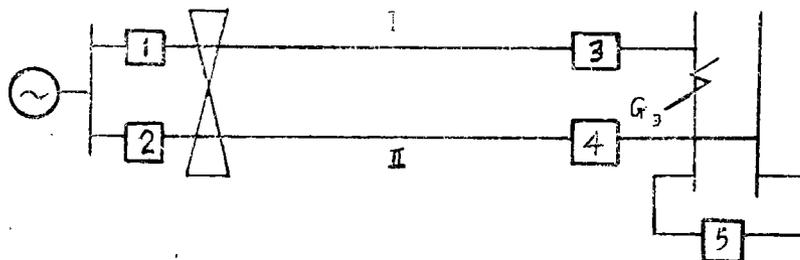


图 5

由于故障点  $G_3$  在区外范围,  $2 B J$  先行闭锁出口, 若母线保护动作  $\#_5$  母联断路器先于  $\#_3$  断路器跳闸时, 则动作情况如上面所述, 若  $\#_5$  母联跳闸迟于  $\#_3$  线路断路器跳闸时,  $2 B J$  继电器不带延迟返回, 将会导致横差保护误跳  $\#_2$  断路器; 若  $2 B J$  常闭触点返回带延迟, 此时限保证母联断路器断开后再接通横差跳闸出口回路, 那横差保护便能正确工作,  $2 B J$  返回延迟取约 40 毫秒。

(5) 母联断路器合闸位置触点闭锁

故障发生在 II 母线上, 母线保护动作后将  $\#_5$  先跳开, 若不闭锁横差保护有可能使  $\#_1$  断路器, 失去选择性跳闸, 因此对于这种无选择性可用母联合闸位置继电器常闭触点来起动闭锁继电器  $1 B J$ 。同样为了提高  $1 B J$  起动可靠性母联  $1 H W J \sim 3 H W J$  常闭触

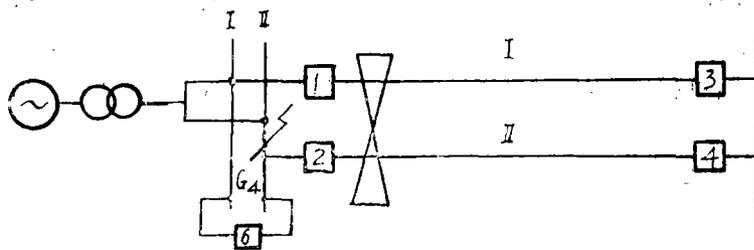


图 6

点也考虑采用三付并联。当双回线路接于同一组母线时，这种闭锁可不考虑，因此利用连接片 1 LP 来解除这种闭锁。

## 2、出口跳闸回路

### (1) 线路区内相间故障

由于相间故障无零序电流 4 YJ<sub>0</sub> 及 1 LJ<sub>0</sub> 不动作，接于相间低电压元件 1 YJ~3 YJ 动作，判别元件动作切除故障线路。采取低电压元件闭锁在于提高装置动作可靠性，考虑低电压元件在双回线路运行时某些方式灵敏度不够，为了不致影响装置动作灵敏度，此时可利用跨线端子进行短接。

### (2) 线路区内接地故障

由于接地故障出现零序电流 4 YJ<sub>0</sub> 及 1 LJ<sub>0</sub> 动作，判别元件 5 GJ<sub>0</sub> (或 6 GJ<sub>0</sub>) 动作起动作出口元件 1 CKJ (或 2 CKJ)，利用 4 YJ<sub>0</sub> 及 1 LJ<sub>0</sub> 的常闭触点解除相间故障的跳闸回路。

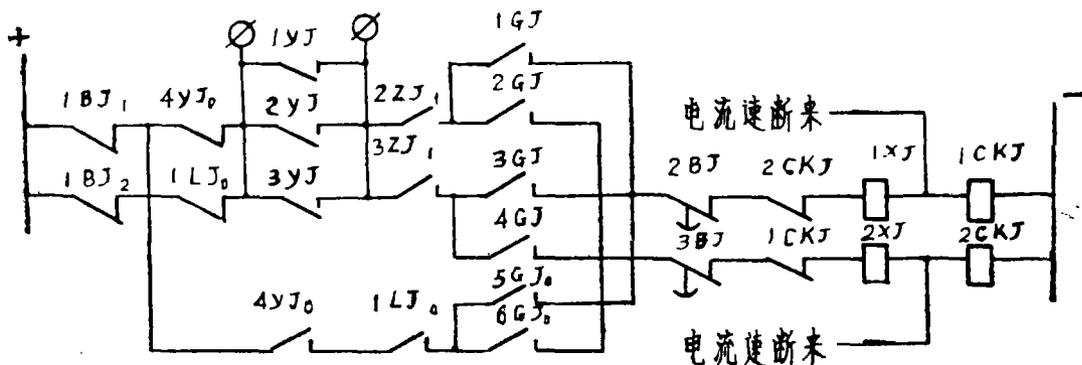


图 7

由图 7 看出，跳闸回路中是采用低电压（相间）元件闭锁的，虽然低电压常开触点两端预留可被短接的端子，但一般情况下不允许随便将其短接，因为当线路对侧断路器无故断开，唯一可以起作用闭锁横差误动作的也只是此一低电压元件。

## 3、信号回路

### (1) 交流电压断线信号

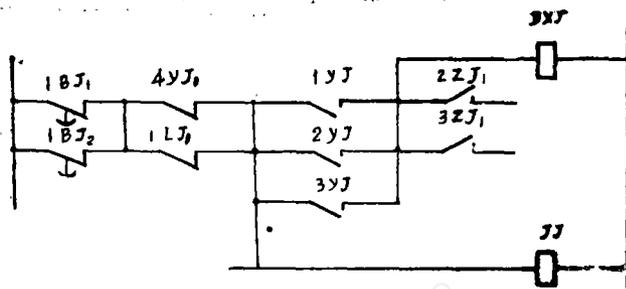


图 8

正常电压继电器  $1YJ \sim 3YJ$  处于带电断开, 其断线信号继电器  $DXJ$  不动作, 当电压回路断线  $1YJ \sim 3YJ$  常闭触点返回  $DXJ$  动作发出断线信号, 为了区别线路故障和正常电压回路断线其断线信号应带延时发出。

(2) 直流电压消失信号

监视元件  $JJ$ , 正常带电监视  $1BJ$  及  $4YJ_0$ 、 $1LJ$  常闭触点的运行情况, 当正常直流电源消失, 或其常闭触点接触不良  $JJ$  继电器便失电, 常闭触点返回发出直流电压消失信号, 为了区分线路故障与装置异常  $JJ$  继电器亦应当带延时发出异常信号。

四、横差方向保护尚存在着如下原理上缺陷:

- 1、在线路末端附近故障存在着一个相继动作的电流死区, 因此切除故障的时间相对要长一些。
- 2、在线路近端附近发生故障有一个功率方向元件的电压死区, 虽然附加电流速断来消除该段故障的死区, 由于电流速断存在着保护范围较小, 不能适用于各种长短线路的要求。
- 3、横差保护必须在双回线路上运行, 一回线退出横差必须停役, 一定程度上受运行方式的限制。
- 4、故障线路跳闸脉冲发出时必须立即闭锁横差保护, 当断路器拒动时, 由于横差保护已被闭锁, 起动失灵保护只能由其它保护来承担。由于断路器辅助触点闭锁横差存在着不够可靠的问题, 本设计不推荐采用。

五、其它

- 1、为了适用于单侧电源双回线采用横差方向保护的需, 防止电源侧出口附近故

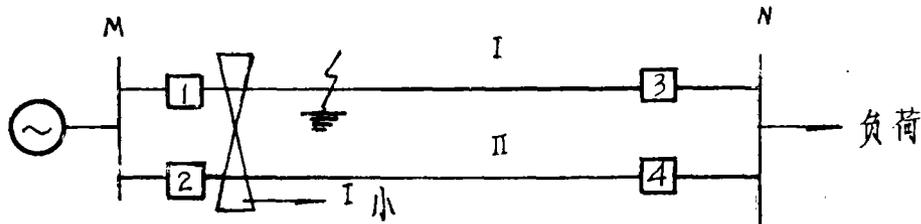


图 9

障（相间或单相接地）时，采用低电流元件闭锁横差保护方案会造成区内故障拒动的可能（如图9）。

图9表示单侧供电负荷线路上装有横差保护时，由于I线故障II线仅流过很小负荷电流（类如低电流一样）对横差保护进行闭锁以致横差不能切除I线故障，考虑到这种因素，取消了低电流闭锁的方案。

必须强调指出，采取过电流闭锁的措施对于线路一侧断线，一侧接地的故障形式将不能进行闭锁（如图10）：

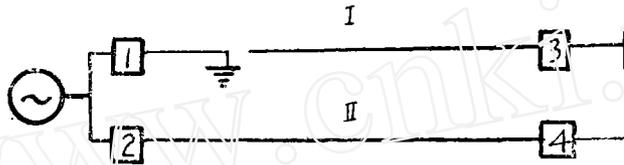


图 10

I线发生这种类型故障，故障侧 $\#1$ 断路器与断线侧 $\#4$ 断路器将同时跳闸，造成II线误切除，鉴于如下原因这种情况可不作考虑：

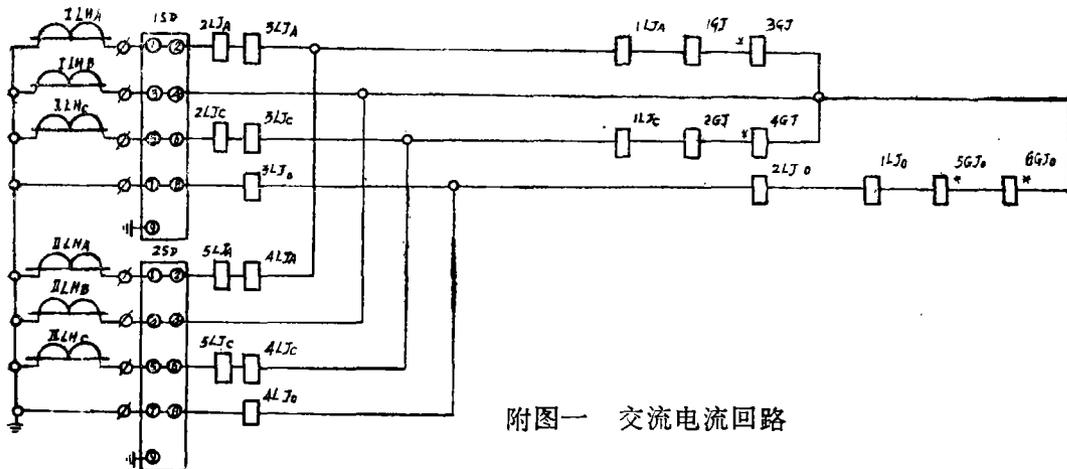
(1) 这种故障形式极为稀少。

(2) 采用低电流元件闭锁横差来防止 $\#4$ 断路器误跳闸存在着三、/ (4)所述的缺点。

2、出口闭锁回路中增加2BJ（或3BJ）延时返回触点后，在电流死区范围内故障时，除了需要相继切除时间外，还需人为地增加约40毫秒的跳闸时间，但这种情况也认为是可以允许的。

## 六、结束语

本文所提出的横差保护为了提高装置动作可靠性，改变了过去习惯上所采用的一些闭锁措施，并对各种情况进行了原理上的分析。同时也指出了横差保护本身尚存在着原理上的缺陷，本接线将作一些回路相互动作试验后即将投入系统进一步积累运行经验。

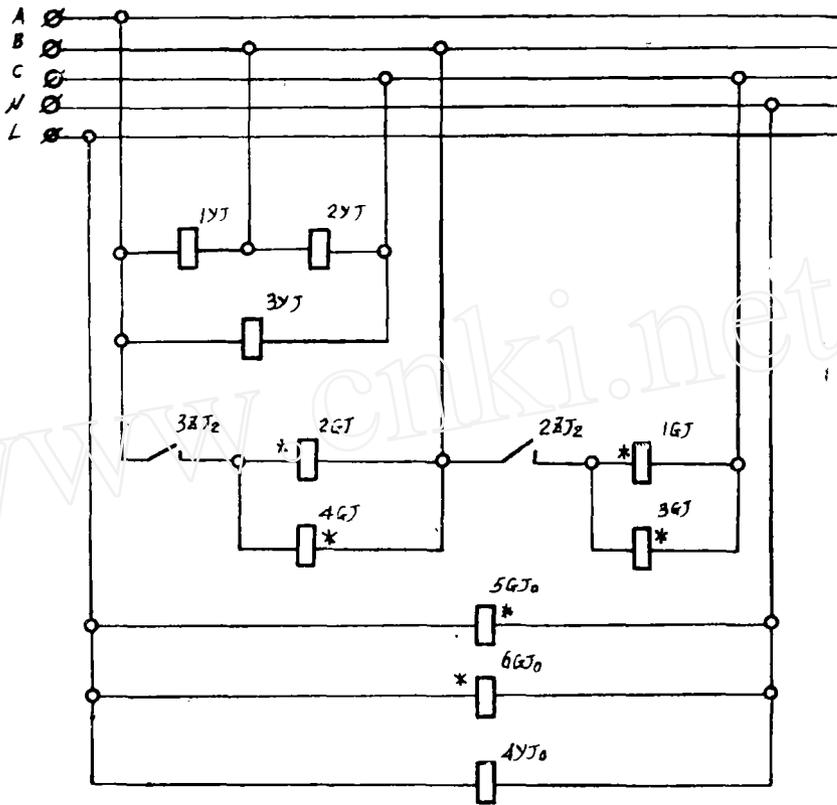


附图一 交流电流回路

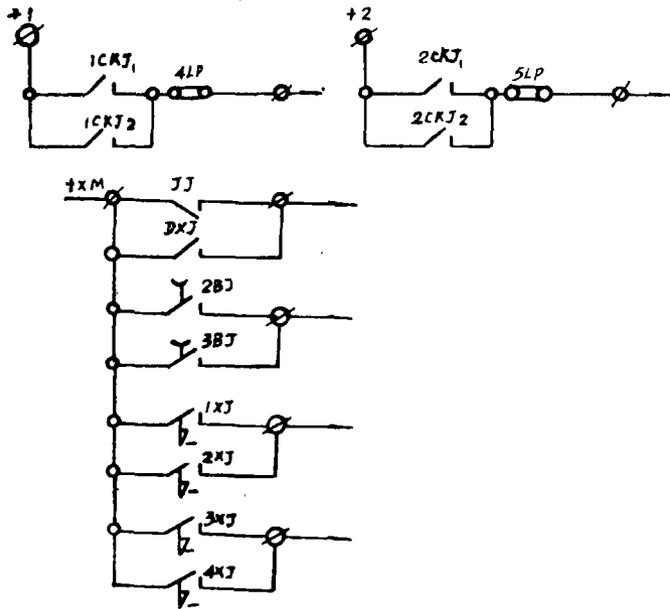
附表

16	2LJ <sub>Ac</sub> 5LJ <sub>Ac</sub>	电流继电器	DL-11/20	4	
15	2BJ、3BJ	中间 "	DZS-145	2	延时动作20ms延时返回40m
14	1 2R	电阻	10K, 10W	2	
13	1~6LP	连接片	yy1-D	6	
12	1SD 2SD	电流试验端子	四付二只		
11	1XJ-4XJ	信号 "	DX-11/0.025	4	
10	1CKJ-2CKJ 2ZJ~5ZJ	"	DZK-111/220	6	
9	JJ DXJ	"	DZ-15/220	2	
8	1BJ	中间 "	DZS-145	1	
7	4yJ0	"	DJ-131/60CH	1	
6	1yJ-3yJ	电压 "	DJ-121/200	3	
5	3LJ <sub>A,c</sub> 4LJ <sub>A,c</sub>	"	DL-13/10	4	
4	1LJ <sub>0</sub> ~4LJ <sub>0</sub>	"	DL-13/6	4	
3	1LJ <sub>A</sub> 1LJ <sub>c</sub>	电流 "	DL-11/10	2	
2	5GJ0-6GJ0	"	LLG-1	2	
1	1GJ-4GJ	方向继电器	LLG-3	4	
序号	符 号	名 称	型 号	数 量	

由220KV 母线  
电压互感器经切换来



附图二 交流电压回路



附图四 跳闸及信号出口

I 线 跳 闸	II 线 跳 闸	跳 闸 回 路
		交直流电压消失
		保护闭锁
		横差保护动作
		电流速断动作
		信 号 回 路

