

500千伏平武输变电系统

人工短路接地试验方案的建议

湖北省电力试验研究所

一九八一年六月

500千伏平武输变电系统
人工短路接地试验方案的建议

湖北省电力试验研究所

目 录

- 一 试验的目的
- 二 试验中几种情况的预计
- 三 试验结线及试验项目
- 四 测量内容
- 五 试验操作步骤
- 六 试验中的安全技术措施

500 千伏平武输变电系统人工短路接地试验方案的建议

一、试验目的：

平武工程启动期间进行系统接地短路试验的主要目的在于：

1. 首先应该是考核引进的行波保护、距离保护在系统故障情况下动作的可靠程度。

2. 测量500千伏线路单相接地潜供电流和接地电弧的熄灭时间，为今后整定单相重合闸时间提供依据。

3. 对变电站自动化设备、故障录波器、故障探测器、事故记录器、远动、通讯设备进行综合考核。

4. 在条件许可的情况下，测量接地短路过程中姚孟电厂和青山电厂之间的功角的相对变化，以校核动稳定计算结果。

根据上述的试验目的应该进行下列各种接地试验。

1. 在姚双线及双凤线分别在双侧模拟单相瞬时接地故障，以考核瑞典引进的距离保护、行波保护、自动重合闸、开关失灵保护、主变压器保护、母线保护在区内和区外故障时动作性能的可靠性，同时测量潜供电流和潜供电弧熄灭时间，恢复电压及健全相的电压。

2. 接地故障点转换过程对保护影响的试验。这一试验主要考虑在双河变存在一段500千伏的平行出线，有可能在短时间内发生相继故障，对线路保护而言相当于发生区内和区外相继故障。在行波保护中带有正反向故障闭锁，其闭锁时间为几十个毫秒，这就意味着当系统在保护区外发生故障，相继又在区内发生故障，行波保护可能拒动，反之，由区内转到区外故障，会出现不正确动作，而且这时通道受了二次严重干扰，是否能正常工作，都需要在真实系统上进行一次

模拟考核试验。

3. 两相短路接地试验。本工程继电保护与通讯共用载波机，作为继电保护用的载波机在系统短路时应可靠，快速传送讯号。平武工程采用相一相耦合方式的载波通讯，其在系统大干扰下和耦合相两相短路接地时能否可靠传输信号，将直接影响继电保护安全运行。这在动模上是无法进行考核，也只能在实际系统上进行考核试验。如在系统启动试验期间未进行考核，通道的缺陷无法及时暴露，将会给今后运行带来了严重的后果。

4. 单相永久性接地故障模拟试验。本试验的目的在于测量系统单相接地故障在线路两侧相继三相切除故障时所产生的工频过电压，以便与内模试验结果互相引证，为运行提供根据，其次是为了考核继电保护动作性能。试验要求在双武线武侧故障，但内模试验在双侧或武侧故障过电压倍数基本一致，为了简化试验中模拟接地点的施工，这次试验仍然建议在双侧模拟试验。

二 试验中几种情况的预计：

1. 关于单相瞬时接地试验潜供电弧自熄灭问题。我所内过电压模拟试验结果表明，当姚一双线首末端 $\#1$ 、 $\#2$ 并联电抗器中性点小电抗器均不接入，潜供电流值高达42安培（有效值）潜供电弧熄灭后的恢复电压达160千伏。显然，这时的潜供电弧将是很强大的，即使风速大也难以熄灭。但当 $\#1$ 、 $\#2$ 中性点小电抗器接入后，潜供电流降至14.1安培，潜供电弧熄灭后的恢复电压降至13.5千伏。实际上，潜供电流值即使超过15安培乃至30安培，但潜供电弧熄灭后的恢复电压小至15千伏以下，潜供电弧仍然是容易熄灭的。同样的内模试验结果也表明了，当 $\#3$ 中性点小电抗器接入时，

双凤线单相重合闸动作的潜供电流不超过15安，潜供电弧熄灭后的恢复电压不超过10千伏，单相重合闸动作成功的可靠性能得到保证。单相瞬时接地对系统稳定的干扰也是很微弱的。根据电科院计算机所提供的计算结果，在平武线南送35万瓩潮流时，在姚双线双侧或双凤线双侧单相瞬间接地，动态过程中姚孟电厂和青山电厂之间电势相对角度摇摆最大幅值为6~8度。因此，人工单相瞬间接地试验只要继电保护正确动作，对系统不会有任何干扰。

2. 试验中的过电压预计：

根据我所内过电压模拟试验，联(三)和联(四)方式下的工频过电压倍数如表(一)所列：

表(一)

工 况	测 点		姚 孟 母 线	姚双线 末 端	双 河 母 线	双凤线 末 端
	电压或倍数					
正 常	电压	千伏	520	/	约 510	
双凤线末端单相接地 武末开关跳三相	倍数	联(三)	1.03	/	1.054	1.145
		联(四)	1.012	/	1.047	1.14
双凤线末端两相接地， 武末开关跳三相	倍数	联(三)	0.965	/	1.01	1.17
		联(四)	0.973	/	1.027	1.187
姚双线末端单相接地， 双末开关跳三相	倍数	联(三)	1.07	1.15	/	/
		联(四)	1.05	1.134	/	/
姚双线末端两相接地， 双末开关跳三相	倍数	联(三)	1.027	1.183	/	/
		联(四)	1.028	1.18	/	/
双凤线末端单相接地， 姚首开关和武末开关均跳三相	倍数	联(四)	520 千伏	姚双线 首 端 1.126	1.111	1.177

联(四)方式下当开关有合闸电阻 400 欧时的最大操作过电压倍数
如表(二)所列： 表(二)

工况 \ 测点 倍数	姚双线 首端	姚双线 末端	双凤线 首端	双凤线 末端
合姚双空线	1.44	/	/	/
三相重合姚双空线	1.57	/	/	/
单相重合姚双空线	1.249	1.327	/	/
合双凤空线	/	/	1.425	/
三相重合双凤空线	/	/	1.37	1.367
单相重合双凤空线	/	/	1.21	1.268

在平武工程启动期间系统调试采用平武线路经姚孟、双河、凤凰山三点联变与鄂、豫 220 千伏网络联网的运行方式，最严重的工频过电压不超过 1.2 倍（以 $550/\sqrt{3}$ 千伏有效值为 1.0 倍）而母线上允许 1.3 倍，线路末端允许 1.4 倍，故尚有裕度。内过电压模拟也证实了，这时如果系统出现异常跳闸情况即双一凤线单相永久故障，在武侧开关三相跳闸的同时，由于保护误动作，使姚双线姚侧开关也跳三相，形成短时间（如几个工频周波时间至 1 秒）由双河联变同时带了姚一双空线和双一凤空线的方式。若 500/220 千伏电磁环网 220 千伏侧线路也全部正常投入运行。最严重的工频过电压也不超过 1.2 倍。

从表(二)看出，由于开关带有 400 欧合闸电阻，即使在三相重合闸的情况，其过电压也低于 1.6 倍，因此，在进行本试验中，毋需过份忧心过电压问题。

3. 试验对系统运行影响的预计：

人工模拟各种接地试验对系统运行的影响主要应该考虑二点，其一是接地试验过程对系统动态稳定的影响，其二是由于平武工程启动期间输送功率很少，线路有20万千乏左右的无功向受端系统输送（南送33万瓩时，风变受21万千乏的无功）当系统三相跳闸后受端突然失去上述的无功功率，对受端电压如何影响。前者根据电科院电子计算机计算结果表明，平武线单相永久故障对系统动稳定影响很微弱。但系统调试期间，由于500千伏线路输送功率较小（预计最多33万瓩）三相开断对系统扰动影响比较严重。当姚双线三相无故开断的影响和该线双侧两相接地故障的结果相近。因此，无论是单相瞬时故障、重合闸失败而导致三相跳闸，或是单相永久故障，两相短路故障而形成的三相跳闸，动态过程所引起的姚孟电厂和青山电厂两等值发电机电势之间角度差摆动振幅值相差不多。计算表明，姚孟线双侧各种故障导致跳开三相，上述功角摆动值最大为58~65度，离动稳定破坏极限角（一般为140度）相差还很远。如果在双一凤上进行两相短路或单相永久故障试验，由于双一凤线与我省220千伏系统联系比较紧密，跳闸后情况会更好一些。后者虽然没有作过专门计算探讨，但从电科院计算启动运行方式的潮流中，曾经作了这样的校核，在调整潮流时适当地将受端电压水平提高8~9%，计算中将500千伏线路退出运行来核算受端电压变化。这时受端电压又自动恢复到目前系统实际运行值。据此，我们认为在平武工程启动试验期间，如果把我省受端系统电压适当提高，试验中三相跳闸对受端系统电压的影响仍然是允许的。

三 试验接线及测试项目：

1. 人工短路系统图如图一：

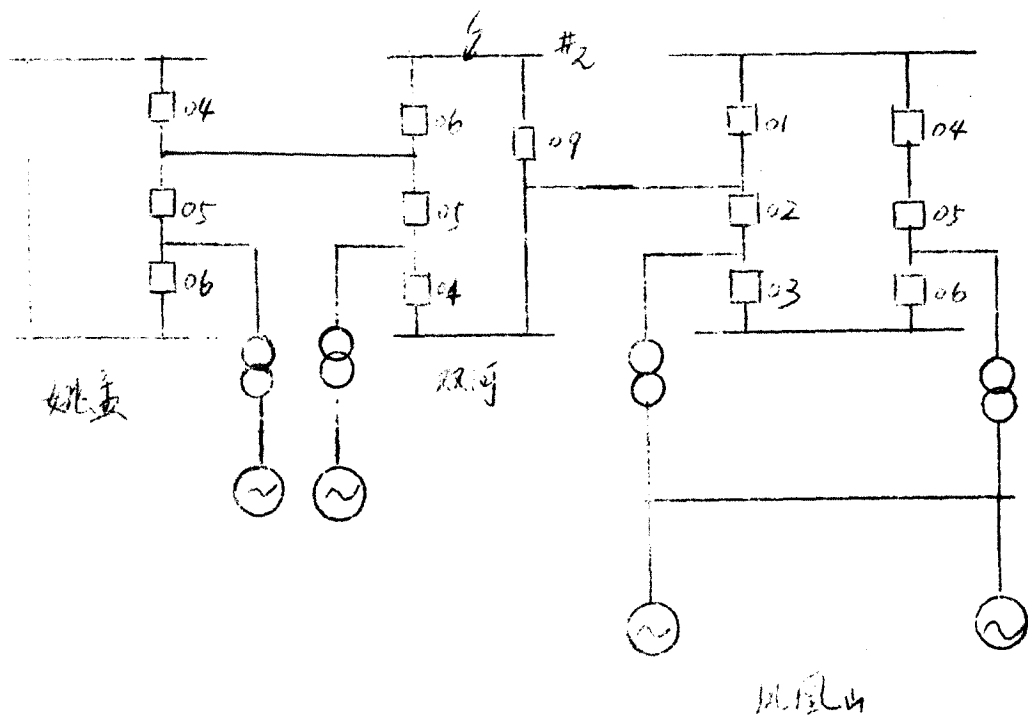


图 一

说明：

(a) 在双变 #2 母线用保险丝引弧，模拟人工单相对地短路或两相对地短路。

(b) 在试验前 #06、#09 开关断开，当合上 #09 开关时，对双一凤线保护而言，相当区内故障，而对姚一双线保护而言相当区外故障。而当 06 合闸时，对两条线路保护所感受故障点则与上述相反。

(c) 当试验模拟故障的转换, 要求试验中先合上#09 A相开关, 立即断开, 相继合上#06 A相开关, 相当于双凤线A相接地后, 相继姚双线A相接地。

(d) 试验前把#09及#06开关电流互感器去保护的二次线暂时短路封死。

2. 试验项目:

根据上述试验目的, 应该进行下列各项试验:

(a) 姚一双线双侧单相瞬间接地试验:

并联电抗器中性小电抗器均投入运行, 开关动作时间为(0秒故障, 0.075秒切除故障, 0.875秒重合, 若重合不成功, 则0.975秒三相跳闸)接地次数为二次。

(b) 双凤线双侧单相瞬间接地试验:

并联电抗器中性点小电抗器投入运行, 开关动作时间为(0秒故障, 0.075秒切除故障相, 0.875秒重合, 若重合不成功, 则0.975秒三相跳闸), 接地次数为一次。

(c) 双凤线双侧单相永久接地试验, 以测量工频过电压, 并并联电抗器的中性点小电抗器投入运行, 开关动作时间为(0秒故障, 0.075秒切除故障相, 0.875秒重合失败, 凤侧0.975秒双侧1.075秒三相跳闸)接地次数为一次。

(d) 两相短路接地试验, 试验时可以在平武线全线空载下进行, 开关动作顺序是(0秒故障, 0.1秒切除故障跳开三相)试验次数一次。

(e) 模拟接地点转换试验: 试验要求模拟先在双凤线A相故障, 切除后相继姚双线A相又发生故障。试验中开关动作顺序是

(0.0 秒合上双 09 A 相开关, 双凤线发生故障, 0.075 秒双 04 及凤 01、凤 02 开关跳开故障相, 0.1 秒双 09 A 相开关跳闸, 相继双 06 A 相开关合上, 转换故障地点, 0.175 秒双 05 及姚 04、姚 05 开关跳开, 0.875 秒双一凤两侧先重合, 随后 0.975 秒姚一双线两侧重合, 如果重合不成功, 则 1.075 秒姚双线两侧三相跳闸。本试验所采用的系统运行结线方式与单相瞬时接地相同, 南送功率仍为 20 万千瓦左右, 这时可将 #3 电抗器中性点小电抗器短路, 这样既可探索大方式运行时小电抗器退出后潜供电弧的灭弧情况, 也可以收到本次试验转移过程潜供电弧不致自行先灭的效果。接地次数为一次。

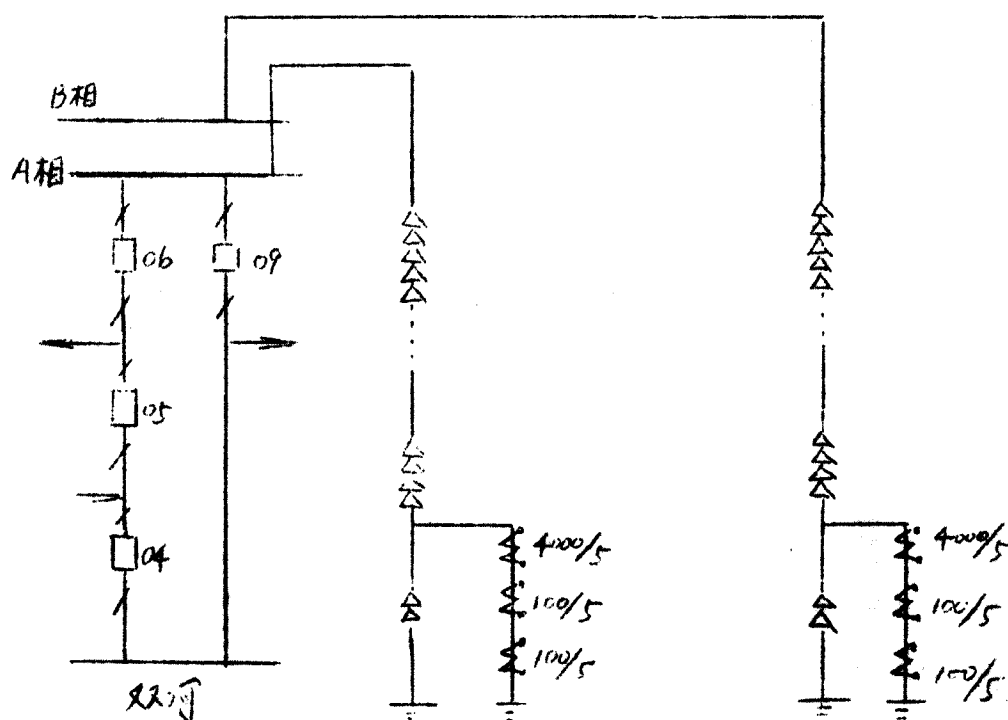


图 二

3. 人工接地模拟点的布置要求:

在双河变#2母线边侧两相引出临时线,如图二所示。在这临时线上悬挂引弧绝缘子串,试验前用 $\phi 1.0$ 的熔丝(铅丝)2根并后绞起将绝缘子串短接,为了使模拟闪络尽量接近于线路实际闪络条件,并兼顾现场安全,引弧绝缘子串片数应与线路上的片板相等,以获得与实际故障相近的起始弧长和电位梯度,悬挂高度尽量和线路实际情况相近。

引弧绝缘子的下端与试验用的电流互感器串联后,连接在临时辅助接地极上,辅助接地极再和变电站接地网相连,连接后接地电阻不大于 0.2Ω 。

试验用的电流互感器用10千伏4000/5一只,100/5二只,前者用作测量单相接地短路电流,其选用变比较大。目的是为了在短路电流范围内互感器不致饱和。后者用作测量潜供电流,其二次侧再经过速饱和变流器等限幅器后接至录波器进行测量。

4. 同步启动装置要求:

为了实现上述试验中开关动作顺序,在试验中必须配有专门的同步启动装置,其要求:

(1)在双河变电站起控、联动姚孟,凤凰山变电站录波。要求利用在原设计按排好切负荷及切机通道进行远方控制。姚孟及凤凰山的录波器由载波机直接启动,定时停止。双河的故障开关分合,录波启动,发送载波信号远方操作等均由装设双河的程序控制装置进行操作。其时间配合要求如图三、四、五、六、七、八所示。

(2)程序控制合故障开关的合闸脉冲长度定为150毫秒,故障开关兼作系统后备开关,两个跳闸线圈均需有跳闸脉冲接入,以提高可

靠性。

(3)程序时间图中各时间量分别考虑为：

断路器分闸时间—45毫秒

断路器合闸时间—90毫秒

断路器分合闸时间—100毫秒

继电保护跳闸时间（包括跳闸接口继电器时间）— ≤ 30 毫秒。

按A S E A整定建议书，单相重合闸无电流时间—800毫秒。

(4)程序控制总起动经过一个合闸角控制器来控制试验起始角。

四 测量内容：

(1)短路点电流测量：

用原来故障开关线路保护用的电流互感器（2000/1）和短路点装设的（4000/5）电流互感器进行测量及录波。

(2)潜供电流测量：

用两只10千伏100/5的电流互感器串接在故障绝缘子串下端，互感器的二次加装速饱和变流器等限幅措施进行测量录波。

(3)恢复电压及各健全相电压波形：

用电容分压器并引至机械扫描示波器或磁带记录仪进行录波。

上述(2)、(3)项由各变电站负责高压专业人员进行测录。

(4)三站各段线路的三相电压、电流、RALDA及RAZFE保护装置的跳闸，收发讯接点、重合闸启动及输出、三相准备跳闸信号、断路器失灵保护的启动、电流继电器接点及出口信号、双河变母差保护的差流（差压）及出口信号，双河变的主变压器差动保护的出口信号，变压器谐波制动的另序电流继电器接点信号。

上述所有信号由录波器测量，并在图九表示。

(5)观察和记录三站的故障录波器，故障探测器，事件记录器，电子告警装置及所有继电保护和自动装置的信号及动作结果。

(6)条件许可下，测量姚孟电厂到青山发电厂发电机转子之间的功角值及其录波量。

五 试验的操作步骤：

(1)模拟单相瞬时故障试验操作步骤：（以姚双段区内故障为例）。

a，检查装设的临时引弧接地线是否符合接地故障相别。

b，检查双06、双09开关处于断开位置，双06及双09开关两侧刀闸均处于断开位置。

c，按图三的程序模拟联动正确动作。

d，推上双06开关两侧刀闸。

e，读取此时负荷电流及各点电压。

f，发出准备命令。

g，起动程序控制器总开关，按图三程序进行试验，录取各点故障时电气量。

h，检查系统恢复正常送电各点电气量，检查双06开关处于断开位置。

i，断开双06开关两侧刀闸，做好安全措施后重新接好引弧接地线。

j，改变一个合闸角，重复d—g项，进行第二次单相瞬时弧光接地故障试验。

进行双凤段区内故障试验时，则应将上述各项以双09代替双06即可进行试验。

2. 模拟接地点转换试验操作步骤：

本试验方案有两种，其一故障转换时间为30毫秒，而且是在第一个故障未切除之前，此时出现同相两点接地现象。其二故障转换时间为90毫秒，是在第一故障点刚切除，继而出现第二个故障点，此时出现一段单相断线，而另一段同相接地现象。

上述两种方案提请大家讨论决定，两种方案的操作步骤是一致的即：

a，检查装设的临时接地金属导线是否符合接地故障相别。

b，检查双06、双09开关处于断开位置，双06、双09开关两侧刀闸均处于断开位置。

c，按图四（或图五）程序模拟联动正确动作。

d，推上双06、双09两侧刀闸。

e，读取此时负荷电流及各点电压。

f，发出准备命令。

g，起动程序控制器总开关，按图四（或图五）程序进行试验，相继合上双09 A相，双06 A相开关，录取各电气量。

h，记录试验后各厂站信号及电气量。

3．两相瞬时弧光接地短路试验操作步骤：

a，检查装设的临时引弧导线是否符合故障相别。

b，检查双06、双09开关处于断开位置，双06、双09开关两侧刀闸均处于断开位置。

c，按图六程序模拟联动正确动作。

d，推上双09开关两侧刀闸。

e，读取此时负荷电流及各点电压。

f，发出准备命令。

g, 起动程序控制器总开关, 按图六程序进行试验, 合上双09开关, 录取各电气量。

h, 记录双凤线三相跳闸后系统各厂站电气量变化。

4. 单相永久接地试验操作步骤:

a, 检查装设接地线是否符合故障相别。

b, 检查双06、双09开关处于断开位置, 双06、双09开关两侧刀闸均处于断开位置。

c, 按图七的程序模拟联动正确动作。

d, 推上双09开关两侧刀闸。

e, 读取此时负荷电流及各点电压。

f, 发出准备命令。

g, 启动程序控制器总开关, 按图七程序进行试验, 录取各点故障时的电气量。

h, 检查系统恢复正常送电各点电气量, 检查双06开关处于断开位置。

i, 断开双06开关双侧隔离刀闸。

六 试验中的安全措施:

在第二节中我们曾经分析了平武工程起动期间进行各种接地试验是安全的, 但为了保证试验顺利进行, 加强安全措施, 防患于未然仍然是必要的, 为此, 特提出下列几点安全措施:

1. 建议试验中继电保护及二次回路按下列方式临时改线, 以起到继电保护层层设防的作用。

a, 调度部门继电保护专业机构应对系统短路试验专门进行保护及自动装置的整定值计算, 使之保证足够的灵敏度。在整定中, 可

考虑距离保护Ⅲ段时间缩短，保证事故扩大时快速切除故障。线路重合闸时间按原整定（0.8秒）要求，试验时无需缩短。

b，原双河变电站#2母线差动保护出口跳闸回路断开，起动外加时间继电器，作故障开关后备跳闸用。

c，原双河变双06（双09）的断路器失灵保护的起动回路保留，其中，瞬时跳本身开关的跳闸回路断开，另一个经过检查电流延时（160毫秒）跳后备开关的跳闸回路也断开，但后者改接跳相应的双06（或双09）开关，以作为故障开关第二套后备跳闸用。

d，为满足试验中测量录波需要的时间，原双河变线路保护跳双06（双09）的跳闸回路断开。原双河变双06（双09）开关自动重合闸停用。

2. 试验前必须认真检查保护整定值，并且切实做好通道检查和调试，以保证试验中保护通道畅通可靠。试验中载波机出现异常情况，应停止试验。

3. 为了保证人工接地试验时的电网安全，我们建议试验中220/500千伏电磁环网的线路均应全部投入运行，以加强鄂豫两省电网联系。试验中系统交换功率除了单相瞬时接地，为了测量潜供电流，考虑南送功率大约20万千瓦，至多不超过33万千瓦，但在进行两相短路接地时，尽量减少交换功率。

4. 试验前必须充分做好通讯的准备工作，以达到试验中通讯可靠，畅通和清晰。

5. 三个变电站接地网的接地电阻必须先经过测量，其值必须合乎规程要求，试验时接地点必须要有安全遮栏，围栏半径不小于10米，在试验中要有专人看守，严禁任何人靠近。

6. 试验测试接线由专人负责，外来人员不得接近测量操作场所，以免造成事故。