

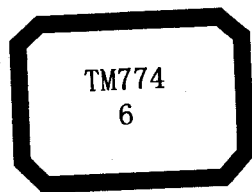
继电保护装置

及二次回路故障检修 典型实例

钟自勤 编著

 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS





继电保护装置及二次回路故障 检修典型实例

钟自勤 编著

机械工业出版社

本书是作者根据自己 30 多年继电保护专业的实际工作经验积累编写而成的。全书共分五章，第一章是电压、电流互感器及回路故障检修典型案例；第二章至第四章分别是主变压器保护装置、线路保护装置、母线差动保护装置故障检修典型案例；第五章是二次回路、重合闸及机构故障检修典型案例。本书介绍电力系统中各种常见或特殊故障的诊断过程和排除方法，并运用通俗的语言和相关的图表，深入浅出地阐明原理，适用于电力系统中从事继电保护及运行专业人员实际工作需要，并可供大、中专院校有关专业教学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护装置及二次回路故障检修典型实例/钟自勤编著. —北京: 机械工业出版社, 2006.4

ISBN 7-111-18818-7

I. 继... II. 钟... III. ①继电保护装置—检修②二次系统—检修
IV. TM774

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 029078 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 林春泉 责任编辑: 刘星宁 版式设计: 张世琴

责任校对: 李秋荣 封面设计: 陈沛 责任印制: 杨曦

北京机工印刷厂印刷

2006 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

787mm × 1092mm^{1/16} · 16 印张 · 392 千字

0 001—4 000 册

定价: 26.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68326294

编辑热线电话 (010) 88379768

封面无防伪标均为盗版

前 言

当前随着电力事业快速发展,新建发电厂、变电站如雨后春笋般涌现,而电网改造也使电力设备正处于新旧更替的高峰期,大量的新技术、新设备不断地投入电网运行。为了保证电力系统安全、稳定运行,既要照管好正在服役的老设备健康运转,又要尽快掌握新设备的性能及使用方法,使原本为完成日常繁重工作任务而忙碌的基层继电保护人员,在技术素质的普及和提高方面难以与时俱进。

鉴于继电保护专业涉及的范围比较广泛,技术含量高、责任重大,继电保护及自动化装置设备新、老种类、厂家、型号繁多,其结构复杂且不易较快掌握,再加上运行中的设备不容许误触动,也使新参加工作人员直接得到各种故障检修经验的历练机会较少,要想培养出一支技术较全面的优秀的继电保护团队,需要付出大量的精力、物力和时间。因此为继电保护及运行专业人员技术培训尽自己的一点绵薄之力,也是我写这本书的初衷。

目前继电保护方面的书籍虽然较多,但大部分理论性较强,与基层继电保护及运行专业人员实际工作的应用需要存在一定的差距。特别是故障现场的一些怪异现象让他们感到束手无策,很想有实际经验的人员或有关内容的书籍给予指导,以尽快查清故障原因,消除隐患。

此前笔者只是应本单位继电保护及运行专业青工们的要求,将自己历年来的工作笔记进行初步整理,随后在出版社和单位领导及同事们的鼓励、支持下才写出《继电保护装置及二次回路故障检修典型实例》一书。考虑到时间跨度较大,随着电力事业的迅速发展,以往的很多继电保护及自动化装置被逐步淘汰。所以本书中收集的故障检修典型实例力求以现阶段还正在使用的设备为主,部分将要淘汰设备的故障检修篇幅较少,只是为了能起到举一反三的启发作用。书中图形、文字符号为保持与实际工程图一致,未按新标准改动。写作的方式都以作者自己亲身经历的故障检修现场的实际操作过程和思维脉络为主,兼以基本的故障分析,目的只是想将自己历年来的工作经验及教训写出,以给继电保护及运行专业人员提供一些提示、借鉴和参考,期望能给继电保护及运行专业的青工们带来帮助,给虽然有专业理论知识但是缺乏实际工作经验的刚离开学校大门的学子们带来裨益。

由于本人的水平有限,书中难免有错误和不足之处,敬请广大读者批评指正。在此向培养和鼓励我的湖北黄冈供电公司,以及曾在资料收集和写作、制图过程中给予我热情帮助的同事们及出版社对我的大力支持表示衷心的感谢。

编 者

目 录

前言

第一章 电压、电流互感器及回路

故障检修 1

- 一、10kV 电压互感器中性点未接地故障 1
- 二、两只单相电压互感器二次绕组极性接线错误故障 3
- 三、三只单相电压互感器二次绕组极性接线错误故障 5
- 四、35kV 电压互感器二次回路电缆烧坏故障 7
- 五、35kV 电压互感器一次绕组匝间短路故障 9
- 六、二次绕组短路引起 110kV 电压互感器爆炸故障 10
- 七、110kV 母线谐振过电压故障 12
- 八、110kV 电流互感器损坏故障 14
- 九、电流互感器二次回路两点接地故障 16
- 十、电流互感器使用方法错误故障 19
- 十一、35kV 电流互感器一、二次绝缘损坏故障 20

第二章 线路保护故障检修 22

- 一、220kV 线路保护高频通道元件损坏故障 22
- 二、220kV 线路微机型保护元件损坏故障 25
- 三、选相元件因素引起 220kV 线路保护拒动作故障 27
- 四、集成电路型 220kV 线路保护装置元件损坏的误动作故障 31
- 五、晶体管型 220kV 线路保护装置元件软故障 35
- 六、微机型 110kV 线路保护动作跳闸无事件记录故障 38

- 七、微机型 110kV 线路保护装置开关电源故障 41
- 八、整流型 110kV 线路保护装置元件（继电器）损坏故障 I 42
- 九、整流型 110kV 线路保护装置元件（继电器底座）损坏故障 II 44
- 十、整流型 110kV 线路保护装置元件（电阻）损坏故障 III 47
- 十一、整流型 110kV 线路保护装置元件（按钮）损坏故障 IV 49
- 十二、整流型 110kV 线路保护装置元件（干簧继电器）损坏故障 V 51
- 十三、整流型 110kV 线路保护装置元件（二极管）损坏故障 VI 54
- 十四、整流型 110kV 线路保护装置误接线故障 59
- 十五、电压互感器二次回路误接线造成 110kV 线路保护拒动作、误动作故障 65
- 十六、电压互感器二次回路漏接线造成 110kV 线路保护拒动作故障 70
- 十七、电压互感器二次回路突然失压造成 110kV 线路保护误动作故障 73
- 十八、保护压板不规范引起的线路保护拒动作故障 76
- 十九、35kV 线路断路器不能带负荷操作合闸故障 80
- 二十、10kV 线路微机型保护装置拒动作故障 83

第三章 主变压器保护故障检修 85

- 一、微机型主变压器后备保护元件损坏故障 I 85
- 二、微机型主变压器后备保护元件损坏故障 II 89
- 三、直流电源纹波系数超标引起微机

型主变压器保护误动作故障	90	三、35kV 母线差动保护端子排烧坏故障	158
四、微机型主变压器重瓦斯保护误动作故障	92	四、一次设备缺陷引起 35kV 母线差动保护动作故障	163
五、微机型主变压器差动保护装置元件损坏故障	96		
六、微机型主变压器差动保护误整定故障	98	第五章 二次回路、重合闸及机构故障检修	165
七、LCD—4 型主变压器差动保护装置误动作故障	100	一、10kV 补偿电容断路器柜控制回路故障	165
八、主变压器 LCD—4 型差动保护信号误掉牌故障	104	二、110 kV 线路断路器控制回路绝缘降低故障	169
九、中间变流器接线错误引起的主变压器差动保护误动作故障	106	三、断路器液压操动机构直流接地及二次回路误接线故障	171
十、雷电反击引起主变压器差动保护误动作故障	110	四、220kV 线路断路器不能三相同时合闸故障	176
十一、电流互感器误接线引起主变压器差动保护装置误动作故障	113	五、双蓄电池组直流电源引起综合重合闸不启动故障	179
十二、电流互感器损坏造成主变压器差动保护装置误动作故障	118	六、10kV 断路器柜“就地”操作跳闸又重合闸故障	183
十三、有小水电的主变压器差动保护容易发生的误动作故障	120	七、微机型 110kV 线路保护装置重合闸误动作故障	184
十四、线路保护功率方向拒动作引起主变压器后备保护越级跳闸故障	123	八、弹簧储能断路器机构机械故障	188
十五、时间继电器钟表元件缺陷造成主变压器后备保护越级跳闸故障	128	九、弹簧储能机构断路器多次重合故障	191
十六、数字式时间继电器缺陷引起主变压器后备保护误动作故障	131	十、弹簧储能机构二次回路接线错误引起的断路器故障	195
十七、主变压器瓦斯继电器故障	135	十一、液压机构行程开关缺陷引起断路器二次回路故障	199
十八、二次回路接线工艺失误引起主变压器保护误动作故障	136	十二、机构液压油泄漏引起断路器合闸线圈损坏故障	203
十九、电压互感器二次回路接触不良引起主变压器保护装置异常故障 I	138	十三、液压机构机械卡涩引起断路器合闸线圈损坏故障	207
二十、电压互感器二次回路接触不良引起主变压器保护装置异常故障 II	140	十四、保护、监控装置与断路器不配套引起的故障	208
二十一、微机型主变压器差动保护装置试验时发现的故障	142	十五、110kV 线路断路器控制回路故障	214
第四章 母线差动保护故障检修	151	十六、断路器自带防跳功能引起的操作回路故障 I	218
一、220kV 母线差动保护故障	151	十七、断路器自带防跳功能引起的操作回路故障 II	222
二、110kV 母线差动保护误投压板拒动作故障	157	十八、110kV 线路控制信号回路故障	226
		十九、寄生回路引起信号继电器动作	

VI

掉牌后自动复归故障	229	起直流系统接地故障	238
二十、双蓄电池组直流系统中央信号		二十三、35kV 电压互感器二次回路短	
回路工作不正常故障	232	路故障	240
二十一、中央信号装置回路短路故障	236	二十四、110kV 线路断路器合闸线圈多	
二十二、交直流回路共用控制电缆引		次烧坏故障	245

第一章 电压、电流互感器及回路故障检修

一、10kV 电压互感器中性点未接地故障

1. 故障现象

2003年6月15日，GCH（110kV）变电站运行时，发现“10kV 母线接地”告警信号动作。测试10kV电压互感器辅助绕组二次接线的开口三角形处电压，在25~30V之间变化不定，但超过“10kV 母线接地”的15V整定值；并且现场电能表校验人员反映10kV电压互感器二次计量电压不正常，三相不平衡电压值超过10%。

2. 故障检修

1) 该站10kV电压互感器是由3只单相三个二次绕组的环氧树脂浇注干式电压互感器组成的，型号为XGN2—12—65，是武汉市武昌电控设备有限公司2001年产品。

2) 故障时天气情况：晴天。

3) 现场测试10kV电压互感器二次回路各电压。

保护及测量用电压为

$$A630\text{ III} \sim N600 = 52\text{V}$$

$$A630\text{ III} \sim B630\text{ III} = 89\text{V}$$

$$B630\text{ III} \sim N600 = 54\text{V}$$

$$B630\text{ III} \sim C630\text{ III} = 109\text{V}$$

$$C630\text{ III} \sim N600 = 59\text{V}$$

$$C630\text{ III} \sim A630\text{ III} = 99\text{V}$$

$$L630\text{ III} \sim N600 = 27\text{V}$$

计量用电压为

$$A630'\text{ III} \sim N600 = 52\text{V}$$

$$A630'\text{ III} \sim B630'\text{ III} = 88\text{V}$$

$$B630'\text{ III} \sim N600 = 53\text{V}$$

$$B630'\text{ III} \sim C630'\text{ III} = 109\text{V}$$

$$C630'\text{ III} \sim N600 = 59\text{V}$$

$$C630'\text{ III} \sim A630'\text{ III} = 98\text{V}$$

测试数据分析：10kV电压互感器二次三相相电压虽然有点不平衡，但没有其中一相的相电压降低而另两相相电压升高较多的现象，判断10kV线路及母线没有发生单相接地故障。

4) 在10kV电压互感器柜端子排处检查电压互感器二次回路接线正确，二次回路中性点接地良好。

5) 在10kV电压互感器柜端子排处取下二次回路熔断器，再测试电压互感器至熔断器处二次回路电压。其数据与原测试基本相同，判断10kV电压互感器一次熔断器也没有熔断，故障也与二次负荷回路无关，而应与10kV电压互感器本身有关。

6) 停电检查10kV电压互感器一次设备，见3只单相电压互感器一次绕组尾端虽然连接在一起，但没有接地，电压互感器一次绕组中性点处于悬空状态。这种安装方式与设计严重不符（见图1-1）。GCH变电站于2001年8月29日安装投产，由于负荷一直较小，10kV三相负荷不平衡现象未能显露；2003年6月15日进行10kV线路及负荷调整后，10kV线路加长，负荷增大，出现10kV各相对地电容不相等和三相负荷不平衡，10kV电压互感器一次绕组中性点处于悬空状态的缺陷才显露出来。

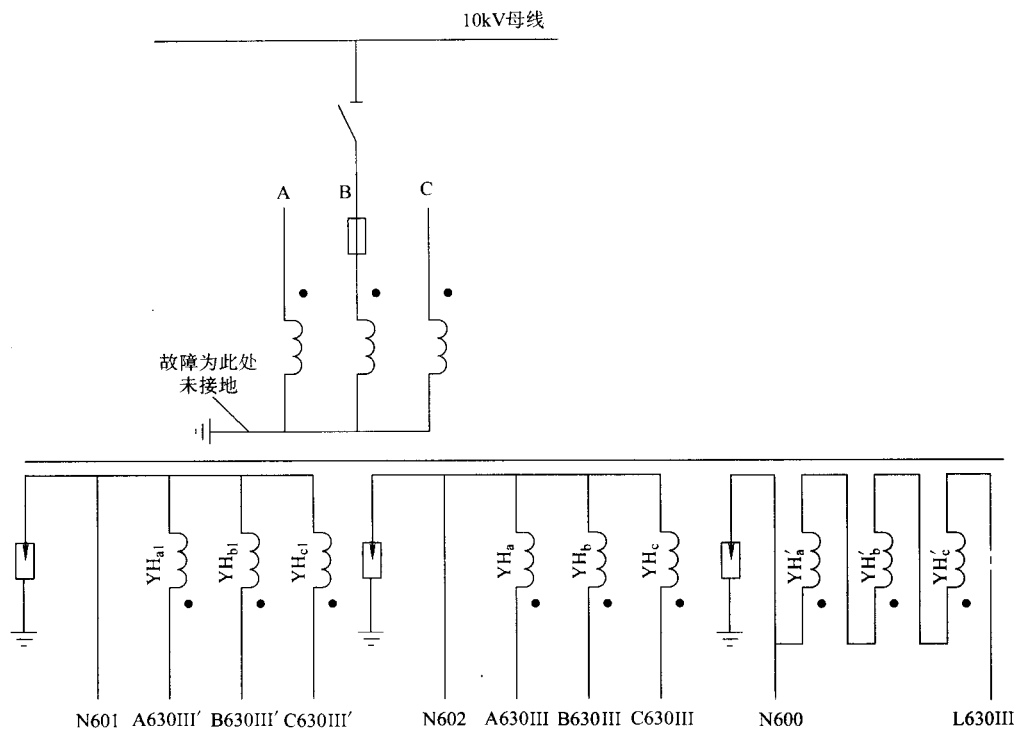


图 1-1 10kV 电压互感器原理接线

7) 将 3 只单相电压互感器一次绕组尾端连接在一起，并可靠接地。10kV 电压互感器再投入运行，“10kV 母线接地”告警信号消失。

8) 再测量 10kV 电压互感器二次回路各电压。

保护及测量用电压为

$$A630 \text{ III} \sim N600 = 56.2V$$

$$A630 \text{ III} \sim B630 \text{ III} = 103V$$

$$B630 \text{ III} \sim N600 = 56.3V$$

$$B630 \text{ III} \sim C630 \text{ III} = 102V$$

$$C630 \text{ III} \sim N600 = 56.4V$$

$$C630 \text{ III} \sim A630 \text{ III} = 102V$$

$$L630 \text{ III} \sim N600 = 0.32V$$

计量用电压为

$$A630' \text{ III} \sim N600 = 56.3V$$

$$A630' \text{ III} \sim B630' \text{ III} = 102V$$

$$B630' \text{ III} \sim N600 = 56.3V$$

$$B630' \text{ III} \sim C630' \text{ III} = 101V$$

$$C630' \text{ III} \sim N600 = 56.4V$$

$$C630' \text{ III} \sim A630' \text{ III} = 102V$$

根据测试数据判断：10kV 电压互感器三相电压平衡，开口三角形处只有较小的不平衡电压，运行恢复正常。

3. 故障结论

由于 10kV 3 个单相电压互感器一次绕组尾端连接在一起未接地，故电压互感器一次绕组中性点处于悬空状态。当 10kV 各相对地电容不相等和三相负荷不平衡时，中性点对地电位发生偏移，并影响到 10kV 电压互感器二次回路电压而使其工作不正常。

4. 防范措施

严格执行施工工艺导则，严格进行施工后的交接验收工作，确保施工质量。

二、两只单相电压互感器二次绕组极性接线错误故障

1. 故障现象

1998年10月9日，CJW（220kV）变电站新安装的35kV补偿电容器组试运行中，首先操作控制开关对电容器组总断路器（崔41）合闸，接连3次操作“合”，崔41断路器都合闸不成功，检查保护动作信号为崔41“过电压保护动作”跳闸，于是立即对崔41过电压保护及相关回路进行检查。

2. 故障检修

1) 该站35kV补偿电容是由崔42、崔43、崔44、崔45共4只户外集合式电容器组成，崔41为电容器组总断路器（见图1-2）。崔41、崔42、崔43、崔44、崔45保护装置都为由各分立继电器组合成的定型电容器保护屏，是许昌继电器厂1998年4月产品。

崔41过电压保护的二次电压取自JYN-35型手车式电压互感器柜，是湖北开关厂1998年5月产品；柜内由两只JDJ2-35型单相电压互感器组成互10单元，电压比为35kV/100V，是中山和泰互感器厂产品。

当母线电压波动幅度过高，超过电容器承受的过电压能力时，由过电压保护作用于崔41断路器跳闸，将4组电容器电源切断。

2) 故障时天气情况：晴天。

3) 检查崔41过电压保护有3只DY-32电磁型继电器，分别接入 U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 线电压，过电压整定值为115V/0.5s。于是由崔41保护屏端子排处加入试验电压， U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 过电压动作值都为115V，表明过电压保护动作值正确。

因电容器组都未投运，3只过电压继电器线圈两端电压都应为100V左右，为经崔41断路器后形成的35kV10#母线二次线电压值。观察中央信号控制屏电压表，35kV母线二次线电压值为99V，低于过电压保护整定值，补偿电容过电压继电器不应动作。怀疑补偿电容保护用电压互感器及其二次回路有故障。

4) 将电压互感器手车拉出柜外，对电压互感器二次接线进行检查。两只单相电压互感器采用V形接线，其一次接线方式：第一只电压互感器一次绕组的“极性端”接35kV母线A相；第一只电压互感器一次绕组的“非极性端”与第二只电压互感器一次绕组的“极性端”连接，再接35kV母线B相；第二只电压互感器一次绕组的“非极性端”端接35kV母线

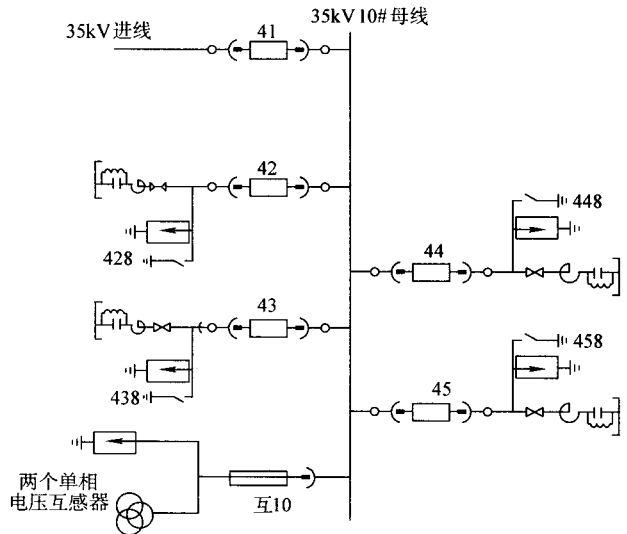


图 1-2 35kV 补偿电容一次设备接线

C相。

其二次接线方式：第一只电压互感器二次绕组的“a”接线柱（极性端）引出二次回路接线，编号为“A660”；第一只电压互感器二次绕组的“x”接线柱（非极性端）与第二只电压互感器二次绕组的“x”接线柱（非极性端）连接，再引出二次回路接线，编号“B660”；第二只电压互感器二次绕组的“a”接线柱（极性端）引出二次回路接线，编号“C660”。很显然电压互感器柜生产厂的二次接线错误，一、二次绕组极性端接线相互不对应（见图 1-3）。

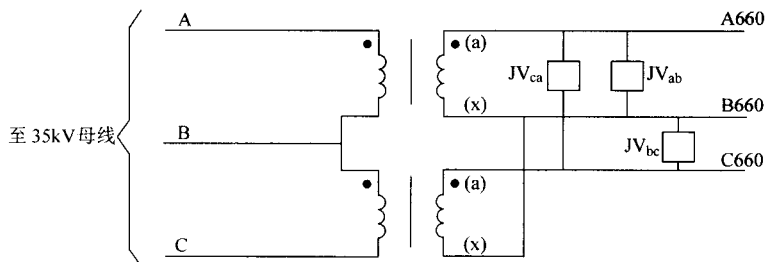


图 1-3 两只单相电压互感器二次绕组错误接线

5) 保持电压互感器一次绕组接线方式不变，更改二次绕组接线。将第一只电压互感器二次绕组的“a”接线柱（极性端）引出二次回路接线，编号“A660”；第一只电压互感器二次绕组的“x”接线柱（非极性端）与第二只电压互感器二次绕组的“a”接线柱（极性端）连接，再引出二次回路接线，编号“B660”；第二只电压互感器二次绕组的“x”接线柱（非极性端）引出二次回路接线，编号“C660”，使一、二次绕组接线相互对应（见图 1-4）。检查其他二次回路接线都正确。

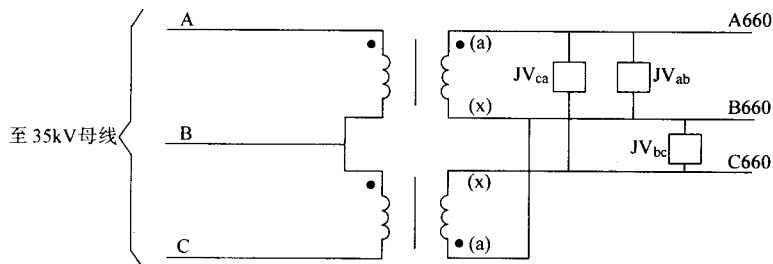


图 1-4 两只单相电压互感器二次绕组正确接线

6) 再用控制开关对崔 41 断路器操作“合”，崔 41 断路器顺利合闸，过电压保护不再动作。测试电压互感器二次线电压，正确。

$$A660 \sim B660 = 99.1V \quad B660 \sim C660 = 99.3V \quad A660 \sim C660 = 99.2V$$

测试电压互感器二次线电压 A660、B660、C660 为正相序，并互为 120° ，正确。

7) 随后进行崔 42、崔 43、崔 44、崔 45 补偿电容器组的投运操作，4 只电容器顺利投入试运行。

8) 故障分析：作出两只单相电压互感器二次绕组错误接线时的线电压相量图（见图 1-5），计算出

$$\dot{U}_{ab} = 100V \quad \dot{U}_{bc} = 100V \quad \dot{U}_{ca} = 100 \times 1.732V = 173.2V$$

因崔 41 断路器合闸时，电压互感器二次线电压 \dot{U}_{ca} 大于过电压整定值，所以 \dot{U}_{ca} 过电压继电器动作，经 0.5s 延时，使崔 41 断路器跳闸。

3. 故障结论

由于两只单相电压互感器采用 V 形接线方式，二次绕组接线极性错误，使电压互感器二次回路形成的线电压 \dot{U}_{ca} 较高，大于过电压保护整定值，引起过电压保护动作，使崔 41 断路器合闸不成功，并发出“过电压保护动作”信号。

4. 防范措施

电压互感器接线时，应核准二次绕组接线时的绕组极性，其一、二次绕组接线极性应相互对应。因电压互感器二次接线正确性不能用整组试验方法来判断，故新安装时必须由专业技术人员对电压互感器二次接线进行认真检查，不能绝对相信厂家接线。

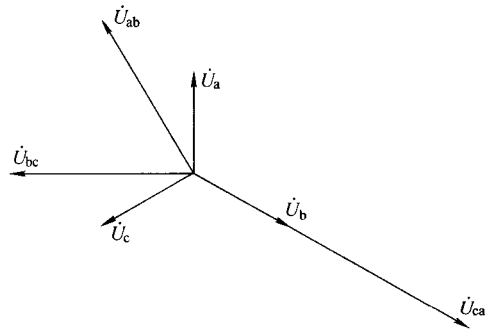


图 1-5 两只单相电压互感器二次绕组错误接线时线电压相量图

三、三只单相电压互感器二次绕组极性接线错误故障

1. 故障现象

1994 年 12 月 8 日，HJQ (110kV) 变电站新安装投入试运行，在首先操作 110kV 电压互感器投运时，1# 主变压器控制屏发出“110kV 电压互感器二次回路断线”光字牌告警信号，检查 1# 主变压器保护屏中的 110kV 负序电压继电器处于动作状态，低电压继电器处于不启动状态等不正常现象。

2. 故障检修

1) HJQ 变电站 110kV 电压互感器为由户外 3 只单相两个二次绕组电压互感器组合而成，型号为 JCC6—110，是湖南衡阳互感器厂 1994 年 7 月产品。

2) 故障时天气情况：多云。

3) 现场继电保护人员先测试 110kV 电压互感器二次相电压正确，而线电压不正确。

$$A630 \text{ I} \sim N600 = 57.3V \quad B630 \text{ I} \sim N600 = 57.4V \quad C630 \text{ I} \sim N600 = 57.2V$$

$$A630 \text{ I} \sim B630 \text{ I} = 57.3V \quad B630 \text{ I} \sim C630 \text{ I} = 99.3V \quad A630 \text{ I} \sim C630 \text{ I} = 57.4V$$

$$L630 \text{ I} \sim N600 = 0.1V$$

4) 用相位表测试 110kV 电压互感器二次相电压 A630 I、B630 I、C630 I 之间的相位不正确（测试时使用施工电源电流为基准）。

$$A630 \text{ I} \sim B630 \text{ I} = 60^\circ \quad B630 \text{ I} \sim C630 \text{ I} = 121^\circ \quad A630 \text{ I} \sim C630 \text{ I} = 61^\circ$$

从以上测试数据及作相量图分析，判断电压互感器 A 相二次主绕组发生极性接线接反错误，造成 A630 I 反相 180°（见图 1-6）。

5) 将 110kV 电压互感器停电，做好安全措施后，对电压互感器二次接线进行检查。见 A 相电压互感器端子盒二次接线板处，二次主绕组“a”接线柱所接二次电缆芯线编号为“N600”，主绕组“x”接线柱所接二次电缆芯线编号为“A630 I”，很显然 A 相电压互感器二次主绕组接线产生极性错误（见图 1-7）。检查 A 相电压互感器辅助绕组及 B、C 两相电压

互感器二次主、辅绕组接线都正确。

6) 先将 110kV 电压互感器二次电缆芯线全部重新核对一遍, 证实无误。再在 A 相电压互感器二次接线板上, 将编号为 “A630 I” 二次电缆芯线接入二次主绕组 “a” 接线柱, 将编号为 “N600” 二次电缆芯线接入主绕组 “x” 接线柱。

7) 纠正 A 相和恢复 B、C 两相电压互感器二次绕组接线后, 110kV 电压互感器再投入试运行, 并进行测试。

① 检查 1# 主变压器保护中的 110kV 负序电压继电器处于不动作状态, 低电压继电器处于启动状态, 控制屏上的 “110kV 电压互感器二次回路断线” 光字牌告警信号消失。

② 测试 110kV 电压互感器二次相电压、线电压, 正确。

A630 I ~ N600 = 57.3V B630 I ~ N600 = 57.4V C630 I ~ N600 = 57.3V
 A630 I ~ B630 I = 99.4V B630 I ~ C630 I = 99.3V A630 I ~ C630 I = 99.4V
 L630 I ~ N600 = 0.1V

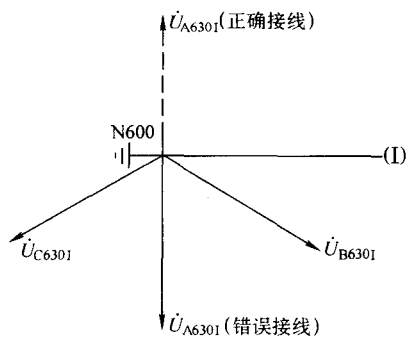


图 1-6 二次绕组 A 相错误接线电压相量

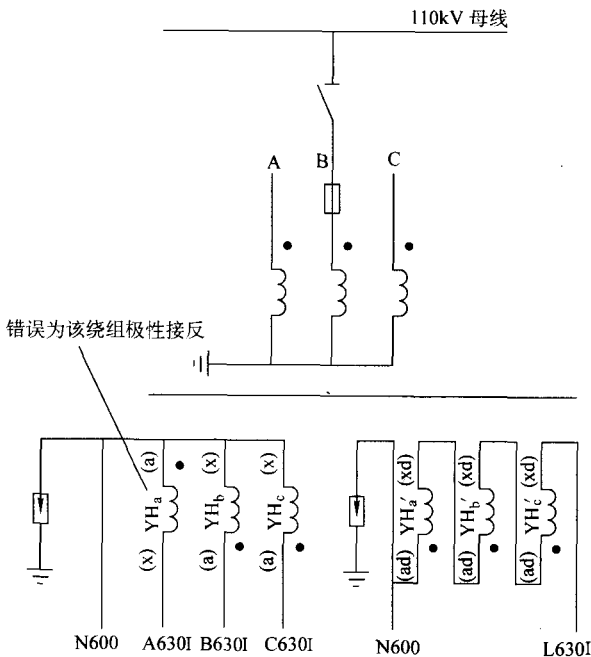


图 1-7 电压互感器二次绕组 A 相错误接线

③ 测试 110kV 电压互感器二次相电压 A630 I、B630 I、C630 I 之间为正相序, 并且相位差互为 120°, 正确。

判断 110kV 电压互感器二次回路恢复正常。

8) 再继续操作, HJQ 变电站成功投入试运行。

3. 故障结论

由于 110kV 电压互感器二次回路新安装时, 施工人员将 A 相电压互感器二次接线板的“a”、“x”接线柱处的二次电缆芯线相互位置接错, 使二次主绕组出现极性接线错误, “A630 I”反相 180°, 导致 110kV 电压互感器二次电压产生负序分量, 引起 1# 主变压器保护的 110kV 负序电压继电器动作, 其动断触点断开, 使低电压继电器线圈电压回路被切断, 低电压继电器不启动, 并通过其动断触点发出“110kV 电压互感器二次回路断线”光字牌告警信号。

4. 防范措施

110kV 及以上电压互感器关系到大电流接地系统中主变压器保护和线路保护动作的正确性和测量、计量的精确性, 即关系到主电网的安全运行及经济运行, 因此其二次回路接线正确性尤为重要。所以新安装的 110kV 及以上电压互感器投运前, 必须由技术级别较高的人员进行认真细致的核线检查, 绝不可掉以轻心。

四、35kV 电压互感器二次回路电缆烧坏故障

1. 故障现象

1981 年 9 月 12 日 16 时 30 分, XZH (220kV) 变电站在新安装投入试运行操作中, 1# 主变压器经操作带电后, 当操作 35kV 母线带电时, 发现 35kV 电压互感器至其端子箱之间的二次回路电缆沿途冒烟并着火。于是立即将 1# 主变压器 35kV 侧断路器手动跳闸, 断开 35kV 母线电源, 拉开 35kV 电压互感器隔离开关, 做好安全措施, 对 35kV 电压互感器及二次回路进行检查。

2. 故障检修

1) 该站 35kV 电压互感器是由 3 只单相两个二次绕组油浸式电压互感器组成, 型号为 JDJJ2—35, 是湖南衡阳互感器厂产品。

2) 故障时天气情况: 多云。

3) 对 35kV 电压互感器及二次回路进行检查, 发现电压互感器至其端子箱端子排之间的二次回路电缆全部烧坏, A 相电压互感器的一次限流熔丝熔断, 3 只电压互感器本体外观未损坏, 其二次回路熔断器都未熔断。

4) 对 35kV 电压互感器本体进行试验, 各项试验数据合格, 判断电压互感器内部无损坏、也无故障。

5) 检查电压互感器二次回路电缆接线 (见表 1-1), 并根据表 1-1 画出电压互感器二次绕组接线图 (见图 1-9), 发现 C 相电压互感器的电缆在接入主绕组“x”接线柱和辅助绕组“ad”、“xd”接线柱时都出现极大的错误。

表 1-1 C 相电压互感器的电缆错误接线方式

绕组接线 \ 相别	A 相	B 相	C 相
二次绕组极性端	A601 接入 “a”	B601 接入 “a”	C601 接入 “a”
二次绕组非极性端	N600 接入 “x”	N600 接入 “x”	L601 接入 “x”
辅助绕组极性端	N600 接入 “ad”	N601 接入 “ad”	N600 接入 “ad”
辅助绕组非极性端	N601 接入 “xd”	N602 接入 “xd”	N602 接入 “xd”

按设计图样（图 1-8）要求的电压互感器二次回路电缆接线方式见表 1-2。

表 1-2 电压互感器二次回路电缆正确接线方式

绕组接线	相别	A 相	B 相	C 相
二次绕组极性端		A601 接入“a”	B601 接入“a”	C601 接入“a”
二次绕组非极性端		N600 接入“x”	N600 接入“x”	N600 接入“x”
辅助绕组极性端		N600 接入“ad”	N601 接入“ad”	N602 接入“ad”
辅助绕组非极性端		N601 接入“xd”	N602 接入“xd”	L601 接入“xd”

按表 1-2 的要求，发现表 1-1 中 A、B 两相二次回路电缆接线正确，而 C 相的二次回路编号分别为“L601”、“N600”、“N602”的 3 根电缆芯线所接入的接线柱都不正确。

6) 对 35kV 电压互感器二次回路电缆的二次绕组错误接线进行分析（见图 1-9）：

① 35kV 属于小电流接地系统，三相电压互感器辅助绕组采用开口三角形方式连接，开口三角形绕组引出端子处电压在正常运行时为三相辅助绕组各相电压的相量和。如果按设计图样正确接线，开口三角形绕组引出端子处电压值应为 0V（实际运行中有很小的不平衡电压）。但因 C 相电压互感器辅助绕组接线错误（反极性接线），使一次绕组正常投运情况下，开口三角形绕组引出端子处电压值为 2 倍辅助绕组相电压值（ $2 \times 100/3V$ ），成为此次二次回路短路故障的电动势源。

② 由于 C 相电压互感器二次回路电缆接线错误，形成 A、B、C 三相电压互感器的辅助绕组在串接后，A 相的“ad”端和 C 相的“ad”端又都经“N600”接地。当 35kV 电压互感器一旦投运时，就产生三相电压互感器的辅助绕组在串接后接地短路。

③ 又因为电压互感器辅助绕组开口三角形连接线是在端子箱端子排上进行，不经过二次回路熔断器，开口三角形回路的短路发生后无熔断器保护而任其故障扩展。

④ 三相电压互感器的辅助绕组电缆芯线因短路电流较大而迅速发热，电缆芯线外层绝缘快速溶解，并迅速扩展为电压互感器三相二次绕组、辅助绕组间相互短路，使电压互感器至端子箱端子排之间的二次回路电缆起火烧坏。

7) 确定因 C 相电压互感器二次回路电缆接线错误而引起故障后，更换 35kV 电压互感器至端子箱之间的二次回路电缆和端子箱中烧坏的端子排，并按设计图样接线。

8) 在判断 35kV 电压互感器内部无损坏后，将 35kV 电压互感器再投入运行，观察电压互感器运行正常，测试二次回路各相电压、线电压、电压相位，正确。

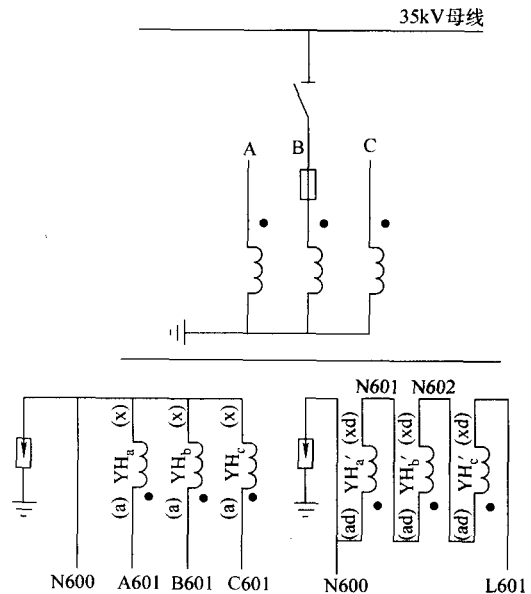


图 1-8 35kV 电压互感器正确原理接线

3. 故障结论

由于二次安装施工人员在 35kV 电压互感器 C 相二次回路电缆的接线错误，使二次绕组发生错误接线，当操作 35kV 电压互感器投入运行时，引起辅助绕组开口三角形二次回路两点接地短路，并迅速扩展为电压互感器三相二次绕组、辅助绕组间相互短路，使电压互感器至端子箱端子排之间的二次回路电缆起火烧坏，A 相电压互感器的一次限流电阻丝熔断。因及时切断 35kV 电压互感器一次侧电源，使故障未继续扩大。

4. 防范措施

1) 二次回路安装人员施工前，必须认真熟悉施工设计图样，一丝不苟地进行施工，严防继电保护“三误事故”中的“误接线事故”发生。

2) 因为电压互感器及其二次回路无法用整组试验方式来发现其二次回路接线错误，并且辅助绕组开口三角形回路无熔断器保护，所以新安装的电压互感器投入运行前，必须慎之又慎，应由工作负责人专门对电压互感器二次回路接线进行核对性检查和验收，确保二次回路接线的正确性，严防电压互感器二次回路短路。

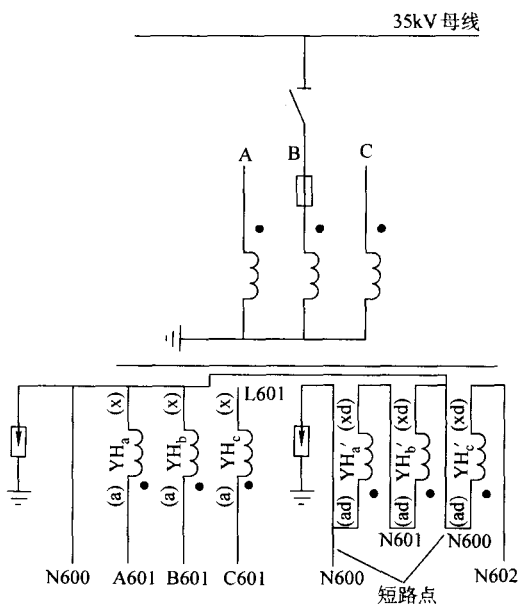


图 1-9 35kV 电压互感器二次绕组错误接线

五、35kV 电压互感器一次绕组匝间短路故障

1. 故障现象

1983 年 5 月 30 日，YL (110kV) 变电站的 35kV 母线电压互感器 A 相一次侧熔断器熔断后，两次更换，又两次熔断。熔断时，伴随着中央信号装置发“35kV 母线接地”告警信号。

2. 故障检修

1) YL 变电站 35kV 母线电压互感器为由户外 3 只单相两个二次绕组的油浸式电压互感器组合而成，型号为 JDJJ2—35，是湖南衡阳互感器厂产品。

2) 故障时天气情况：晴天。

3) 检修人员到达 YL 变电站时，35kV 电压互感器已处于停电并做好安全措施等待检修状态。向值班员了解故障情况：1983 年 5 月 30 日上午 9 时左右，中央信号装置发“35kV 母线接地”告警信号。运行人员检查 35kV 电压互感器二次回路电压不正常，B 相、C 相两相相电压为 60V，A 相相电压很低，只有 21V。联系电力调度，拉开 35kV 电压互感器一次隔离开关，检查发现 A 相电压互感器一次侧熔断器熔断。更换新的 A 相一次侧熔断器，再合上一次隔离开关时，又发出“35kV 母线接地”告警信号，检查电压互感器二次电压还是同样不正常，并且拉开 35kV 电压互感器一次隔离开关时出现较大弧光。再次拉开 35kV 电压互感器一次隔离开关，检查 A 相一次侧熔断器又熔断。于是向主管部门汇报，并等待检修。

4) 检修人员首先在端子箱中将 35kV 电压互感器二次熔断器取下，用万用表测试电压互

感器负荷侧二次回路 A630 II、B630 II、C630 II，相互间电阻值都为 25Ω 左右，为多只电能表线圈及电压继电器线圈并联后的回路电阻值。N600、L630 II 之间电阻值为开口三角形电压继电器线圈电阻值。判断电压互感器负荷侧二次回路无短路和两点接地现象。

5) 在 35kV 电压互感器接线柱处将其至端子箱的二次电缆接线解列开，用 1000V 绝缘电阻表摇测电压互感器至端子箱的电缆芯线之间及芯线对地绝缘电阻值都为 30 MΩ 以上，合格。判断电缆及隔离开关的辅助触点（一、二次同步切换用）绝缘良好。

6) 断开 35kV 电压互感器各相一次绕组接地端，摇测电压互感器本体一次绕组对地、二次绕组对地、一次绕组对二次绕组绝缘电阻值。其中 B 相、C 相绝缘电阻值都为 1000 MΩ 以上，合格。而 A 相一次绕组对地、一次绕组对二次绕组绝缘电阻值只有 22 MΩ 左右，并且绝缘电阻表指针指示很不稳定。二次绕组对地绝缘电阻值为 1000 MΩ，摇测时绝缘电阻表指针也有着明显摆动。用万用表测试一次绕组电阻值，B 相、C 相电阻值较大，A 相电阻值却很小，只有 20Ω。判断 A 相电压互感器内部故障。

7) 现场对 A 相电压互感器进行吊芯检查，见一次绕组匝间短路（见图 1-10）。立即运来同型号电压互感器将其更换，对新的电压互感器各试验项目合格后，恢复 35kV 电压互感器一次、二次接线。再投入运行，一、二次侧情况都很正常。电压互感器二次回路各相电压、线电压、电压相位测试合格。

3. 故障结论

YL 变电站 35kV 电压互感器 A 相一次绕组匝间短路，所以其一次绕组电阻值很小，近似于一次绕组接地短路，摇测绝缘电阻值时，引起绝缘电阻表指针摇摆不定，导致运行时 A 相一次侧熔断器熔断，使辅助绕组开口三角形处产生较高电压而发出“35kV 母线接地”告警信号。

4. 防范措施

- 1) 加强一次设备定期预防性高压试验和设备管理工作。确保电力设备健康、安全地投入运行。
- 2) 加强专业人员技术培训，提高职工业务素质 and 反事故能力。

六、二次绕组短路引起 110kV 电压互感器爆炸故障

1. 故障现象

1984 年 10 月 9 日，HA（110kV）变电站的 110kV 母线 A 相电压互感器更换二次接线板

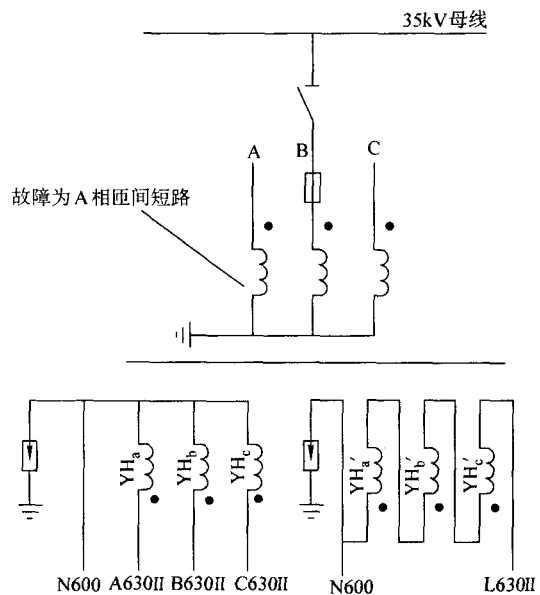


图 1-10 YL 变电站 35kV 母线电压互感器原理接线