



国家电网
STATE GRID

上海市电力公司

SHANGHAI ELECTRIC POWER COMPANY

内含三张DVD 现场真实 实训效果好

继电保护实操 技能竞赛实例

解析

上海市电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

继电保护实操
技能竞赛实例 **解析**

ISBN 978-7-5123-1899-1



9 787512 318991 >

定价：52.00元(含3DVD)

上架建议：电力工程/供用电



国家电网
STATE GRID

上海市电力公司

SHANGHAI ELECTRIC POWER COMPANY

内含三张DVD 现场真实 实训效果好

继电保护实操 技能竞赛实例

解析

上海市电力公司 组编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

PDG

内 容 提 要

本书共分五章，主要介绍了 RCS-931A、CSC-101B、WXH-803A 型线路保护装置，BP-2B 型母线保护装置，PST-1200 型变压器保护装置的原理、检验方法、故障处理流程及操作要点。

本书给出了大量的现场案例，详尽解读了各种常见故障的处理规范流程，使岗位技能培训及竞赛实训更加层次化、标准化，侧重于实用性。

本书配有继电保护技能竞赛现场检验可视化光盘，有线路保护、变压器保护及母线保护三篇，每篇包括人机界面介绍、检验前的准备、检验项目操作、检验收尾工作，人机界面友好，现场真实性强，实训效果好。

本书可供继电保护专业人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

继电保护实操技能竞赛实例解析 / 上海市电力公司组编.
北京: 中国电力出版社, 2011.6

ISBN 978-7-5123-1899-1

I. ①继… II. ①上… III. ①继电保护—技术培训—教材 IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 131398 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

2011 年 8 月第一版 2011 年 8 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.625 印张 394 千字
定价 52.00 元 (含 3DVD)

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

现代社会经济发展、人民生活水平提升越来越依赖于安全、可靠的电力供应。没有大电网的长期、安全、稳定、优质、经济运行，维持现代经济社会高效、有序运转的物质基础——电力能源供应将被严重削弱，进而造成工商业生产停滞、社会秩序陷入混乱、人民生活极其不便。因此，确保大电网安全稳定运行已成为现代文明可持续发展的最重要的必备条件之一。

电力系统是迄今为止人类发明的最庞大、最复杂的人工智能控制系统。特别是其以特高压、大容量、远距离甚至超远距离电力电能传输为特征，高度依赖各种自动监视和控制手段，并逐渐具备大规模清洁能源接入能力，向智能电网时代过渡的现代电力系统的运行更是瞬息万变，相应的电网运行风险也不断增大。近10年来，在世界上一些工业化国家和发展中国家，大停电事故此起彼伏，如2003年美加大停电、2005年莫斯科大停电、2011年巴西大停电。事后寻找这些大停电事故的“幕后推手”，除了“老生常谈”的电力系统网架固有缺陷、故障冲击等因素外，还发现与继电保护在关键时刻未能正确动作有密切关系。

为保证我国电力系统安全稳定运行，打造了“三道防线”，其中继电保护在第一道防线中肩负着“首当其冲、首战用我”的重大职责。因此，最大限度发挥继电保护作为第一道防线的的作用，就成为继电保护工作者孜孜以求的目标。那么如何最大限度地发挥继电保护的这种基础性作用呢？很重要的一点就是要“摸清吃透”继电保护装置的性能，在此基础上正确合适地配置和使用继电保护装置，同时致力于提升继电保护专业人员的业务素养，培养一支“内功深厚”的专业人才队伍。

本书的出版正是基于了上述目的，希望能为继电保护工作提供一定借鉴。藉此受托之际，欣然作序，以与广大共建坚强智能电网之同仁共勉。

上海市电力公司副总经理

2011年4月

继电保护及安全自动装置对于保证电网的安全稳定运行发挥着重要的作用，随着电网技术的不断发展，对继电保护工作提出了更高的要求。随着继电保护的装备水平、技术复杂程度不断提升，保护装置本身的工作性能对电网安全稳定运行显得至关重要。因此，如何进行合理的检修调试与运行维护，使装置的整体工作性能得到稳定与优化，成为当务之急。为了促进继电保护调试工作的标准化，以及提高相关从业人员的专业素质，结合历年继电保护技术技能竞赛的经验，上海市电力公司组织相关人员编写了本书。

本书重点介绍了五种微机型继电保护装置的构成原理与调试方法，包括了超高压电网主要电力设备的典型配置。考虑到运行维护以及技能竞赛的需要，本书也列举了一些故障处理的流程与方法。本书给出了大量实例，力求结合岗位技能的层次化培训，同时兼顾作业的标准化，更偏重于实用性。

本书第一章由上海市电力公司调通中心周国泰编写，其余各章节由上海市电力公司超高压输变电公司傅超豪、季舒平、冯敏、朱利君编写。全书由周国泰、傅超豪承担统稿工作。在本书编写过程中，得到上海电力技术与发展中心的大力支持，在此谨致感谢。

由于水平有限，时间仓促，不妥之处在所难免，敬请批评指正。

编者

2011年4月

目 录

继电保护实操技能竞赛实例解析

序
前言

第一章 RCS-931A 型线路保护装置	1
第一节 保护装置原理简介	1
第二节 保护定值及性能检验	21
第三节 保护检验流程	53
第四节 排故分析与操作要点	60
第二章 CSC-101B 型线路保护装置	66
第一节 保护装置原理简介	66
第二节 保护定值及性能检验	80
第三节 保护检验流程及常见故障处理	107
第三章 WXH-803A 型线路保护装置	117
第一节 保护装置原理简介	117
第二节 保护定值及性能检验	136
第三节 保护检验流程及常见故障处理	164
第四章 BP-2B 型母线保护装置	172
第一节 保护装置原理简介	172
第二节 保护定值及性能检验	186
第三节 保护检验流程及常见故障处理	216
第五章 PST-1200 型变压器保护装置	223
第一节 保护装置原理简介	223
第二节 保护定值及性能检验	231
第三节 保护检验流程及常见故障处理	250

RCS-931A 型线路保护装置

本章摘要

RCS-931A 保护装置是以分相电流差动和零序电流差动为主体的快速主保护，由工频变化量距离元件构成的快速 I 段保护，由三段式相间和接地距离 II 段零序方向过电流构成的全套后备保护。保护具有分相出口，配有自动重合闸功能，对单母线或双母线接线的断路器实现单相重合、三相重合和综合重合闸。

本章对 RCS-931A 各套保护定值及其特性的检验进行详细地叙述，还对整套装置具有的功能（如系统或装置发生 TA 断线、TV 断线、非全相运行、系统振荡等异常情况后，保护的应对措施）进行深入地探讨，最后还对保护装置在运行中可能发生的典型故障及故障排除的分析方法进行了研究。

第一节 保护装置原理简介

一、装置概述

RCS-931A 保护装置是以分相电流差动和零序电流差动为主体的快速主保护，具有工频变化量距离元件构成的快速 I 段保护，还具有三段式相间距离和接地距离及两个延时段零序方向过电流构成的全套后备保护。

二、保护工作原理

（一）保护程序结构

保护程序结构框图如图 1-1 所示。

主程序按固定的采样周期接受采样中断进入采样程序，在采样程序中进行模拟量采集与滤波、开关量的采集、装置硬件自检、交流电流断线和启动判据的计算，根据是否满足启动条件而进入正常运行程序或故障计算程序。硬件自检内容包括 RAM、EEPROM、跳闸出口三极管等。

正常运行程序中进行采样值自动零漂调整及运行状态检查，运行状态检查包括交流电压断线、检查断路器位置状态、变化量制动电压形成、重合闸充电、通道检查、准备手合判别等。不正常时发告警信号，信号分两种，一种为运行异常告警，这时不闭锁装

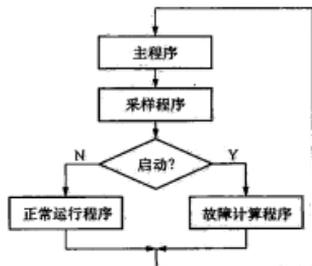


图 1-1 保护程序结构框图



置，提醒运行人员进行相应处理；另一种为闭锁告警信号，告警同时将装置闭锁，保护退出。故障计算程序中进行各种保护的算法计算，跳闸逻辑判断以及事件报告、故障报告和波形的整理。

（二）保护启动元件

启动元件的主体以反应相间工频变化量的过电流继电器实现，同时又配以反应全电流的零序过电流继电器互相补充。反应工频变化量的启动元件采用浮动门坎，正常运行及系统振荡时变化量的不平衡输出均自动构成自适应式的门坎，浮动门坎始终略高于不平衡输出。在正常运行时由于不平衡分量很小，装置有很高的灵敏度，当系统振荡时，自动抬高浮动门坎而降低灵敏度，不需要设置专门的振荡闭锁回路。因此，启动元件有很高的灵敏度而又不会频繁启动，装置有很高的安全性。

1. 电流变化量启动

电流变化量启动方程为

$$\Delta I_{\text{qqMAX}} > 1.25\Delta I_T + \Delta I_{\text{ZD}}$$

式中 ΔI_{qqMAX} ——相间电流的半波积分的最大值；

ΔI_{ZD} ——可整定的固定门坎；

ΔI_T ——浮动门坎，随着变化量的变化而自动调整，取 1.25 倍可保证门坎始终略高于不平衡输出。

该元件动作并展宽 7s，去开放出口继电器正电源。

2. 零序过电流元件启动

当外接和自产零序电流均大于整定值时，零序启动元件动作并展宽 7s，去开放出口继电器正电源。

3. 位置不对应启动

这一部分的启动由用户选择投入，条件满足则总启动元件动作并展宽 15s，去开放出口继电器正电源。

4. 纵联差动或远跳启动

发生区内三相故障，弱电源侧电流启动元件可能不动作，此时若收到对侧的差动保护允许信号，则判别差动继电器动作相关相、相间电压若小于 60% 额定电压，则辅助电压启动元件动作，去开放出口继电器正电源 7s。

当本侧收到对侧的远跳信号且定值中“不经本侧启动控制”置“1”时，去开放出口继电器正电源 500ms。

（三）工频变化量距离继电器

电力系统发生短路故障时，其短路电流、电压可分解为故障前负荷状态的电流电压分量和故障分量，如图 1-2 (a) 所示的短路状态可分解为图 1-2 (b) 和图 1-2 (c) 两种状态下电流电压的叠加，反应工频变化量的继电器不受负荷状态的影响，因此，只需要考虑图 1-2 (c) 的故障分量。

工频变化量距离继电器测量工作电压的工频变化量的幅值，其动作方程为

$$|\Delta U_{\text{Op}}| > U_z$$

对相间故障

$$U_{OP\varphi\varphi} = U_{\varphi\varphi} - I_{\varphi\varphi} Z_{ZD}$$

$$\varphi\varphi = AB, BC, CA$$

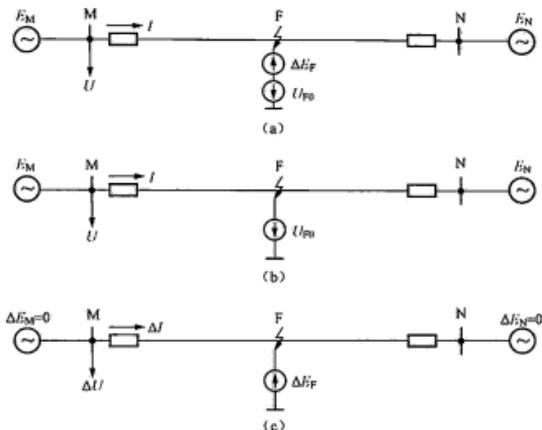


图 1-2 短路系统图

(a) 短路状态; (b) 正常负荷状态; (c) 短路附加状态

对接地故障

$$U_{OP\varphi} = U_{\varphi} - (I_{\varphi} + K3I_0) Z_{ZD}$$

$$\varphi = A, B, C$$

式中 Z_{ZD} ——整定阻抗，一般取 0.8~0.85 倍线路阻抗；

U_z ——动作门槛，取故障前工作电压的记忆量。

(1) 正方向经过渡电阻故障时，它在阻抗复数平面上的动作特性是以矢量 $-Z_s$ 为圆心、以 $|Z_s + Z_{ZD}|$ 为半径的圆，如图 1-3 所示，当 Z_k 矢量末端落于圆内时动作，可见这种阻抗继电器有大的允许过渡电阻能力。当过渡电阻受对侧电源助增时，由于 ΔI_N 一般与 ΔI 是同相位，过渡电阻上的压降始终与 ΔI 同相位，过渡电阻始终呈电阻性，与 R 轴平行，因此，不存在由于对侧电流助增所引起的超越问题。

(2) 反方向短路，测量阻抗 $-Z_k$ 在阻抗复数平面上的动作特性是以矢量 Z'_s 为圆心、以 $|Z'_s - Z_{ZD}|$ 为半径的圆，如图 1-4 所示，动作圆在第一象限，而由于 $-Z_k$ 总是在第三象限，因此，阻抗元件有明确的方向性。

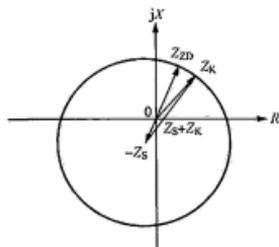


图 1-3 正方向短路动作特性

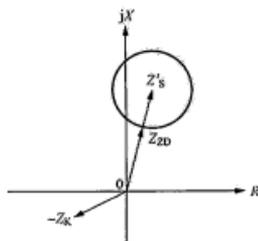


图 1-4 反方向短路动作特性



(四) 电流差动继电器

电流差动继电器由三部分组成：变化量相差动继电器、稳态相差动继电器和零序差动继电器。

1. 变化量相差动继电器（差动高值）

动作方程为

$$\begin{cases} \Delta I_{CD\varphi} > 0.75\Delta I_{R\varphi} \\ \Delta I_{CD\varphi} > I_H \end{cases}$$

$$\varphi = A, B, C$$

式中 $\Delta I_{CD\varphi}$ ——工频变化量差动电流， $\Delta I_{CD\varphi} = |\Delta I_{M\varphi} + \Delta I_{N\varphi}|$ 即为两侧电流变化量矢量和的幅值；

$\Delta I_{R\varphi}$ ——工频变化量制动电流， $\Delta I_{R\varphi} = \Delta I_{M\varphi} + \Delta I_{N\varphi}$ 即为两侧电流变化量的标量和；

I_H ——“差动电流高定值”（整定值）、4 倍实测电容电流和 $4U_N / X_{C1}$ 的大值；实测电容电流由正常运行时未经补偿的差流获得；

U_N ——额定电压。

X_{C1} 为正序容抗整定值，当用于长线路时， X_{C1} 为线路的实际正序容抗值；当用于短线路时，由于电容电流和 U_N / X_{C1} 都较小，差动继电器有较高的灵敏度，此时可通过适当减小 X_{C1} 或抬高差动电流高定值来降低灵敏度。

2. 稳态 I 段相差动继电器（差动高值）

动作方程为

$$\begin{cases} I_{CD\varphi} > 0.75I_{R\varphi} \\ I_{CD\varphi} > I_H \end{cases}$$

$$\varphi = A, B, C$$

式中 $I_{CD\varphi}$ ——差动电流， $I_{CD\varphi} = |I_{M\varphi} + I_{N\varphi}|$ 即为两侧电流矢量和的幅值；

$I_{R\varphi}$ ——制动电流， $I_{R\varphi} = |I_{M\varphi} - I_{N\varphi}|$ 即为两侧电流矢量差的幅值；

I_H ——定义同上。

3. 稳态 II 段相差动继电器（差动低值）

动作方程为

$$\begin{cases} I_{CD\varphi} > 0.75I_{M\varphi} \\ I_{CD\varphi} > I_M \end{cases}$$

$$\varphi = A, B, C$$

式中 I_M ——差动电流低定值、1.5 倍实测电容电流和 $1.5U_N / X_{C1}$ 的大值；

$I_{CD\varphi}$ 、 $I_{R\varphi}$ 、 U_N ——定义同上。

稳态 II 段相差动继电器经 40ms 延时动作。

4. 零序差动继电器

对于经高过渡电阻接地故障，采用零序差动继电器具有较高的灵敏度，由零序差动继电器

器, 通过低比率制动系数的稳态差动元件选相, 构成零序 I 段差动继电器, 经 100ms 延时动作。其动作方程为

$$\begin{cases} I_{CD0} > 0.75I_{R0} \\ I_{CD0} > I_{QD0} \\ I_{CDBC\varphi} > 0.15I_{R\varphi} \\ I_{CDBC\varphi} > I_L \end{cases}$$

式中 I_{CD0} ——零序差动电流, $I_{CD0} = |\dot{i}_{M0} + \dot{i}_{N0}|$ 即为两侧零序电流矢量之和的幅值;

I_{R0} ——零序制动电流, $I_{R0} = |\dot{i}_{M0} - \dot{i}_{N0}|$ 即为两侧零序电流矢量差的幅值;

I_{QD0} ——零序启动电流定值;

I_L —— I_{QD0} 、0.6 倍实测电容电流和 $0.6U_N / X_{C1}$ 的大值;

$I_{CDBC\varphi}$ ——经电容电流补偿后的差动电流;

$I_{R\varphi}$ 、 U_N 、 X_{C1} ——定义同上。

零序差动保护的特性曲线如图 1-5 所示 (两图与门)。

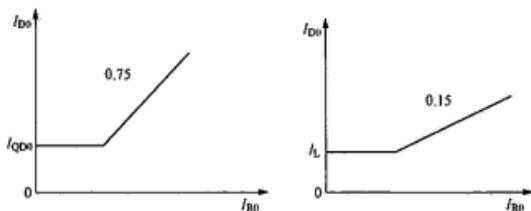


图 1-5 零序差动保护的特性曲线

当 TV 断线或容抗整定出错时, 自动退出电容电流补偿, 零序 I 段差动继电器的动作方程为

$$\begin{cases} I_{CD0} > 0.75I_{R0} \\ I_{CD0} > I_{QD0} \\ I_{CD\varphi} > 0.15I_{R\varphi} \\ I_{CD\varphi} > I_M \end{cases}$$

I_{CD0} 、 I_{R0} 、 $I_{CD\varphi}$ 、 $I_{R\varphi}$ 、 I_M 定义同上。

5. 电容电流补偿

对于较长的输电线路, 电容电流较大, 为提高经大过渡电阻故障时的灵敏度, 需进行电容电流补偿。电容电流补偿由下式计算而得

$$I_{C\varphi} = \left(\frac{U_{M\varphi} - U_{M0}}{2X_{C1}} + \frac{U_{M0}}{2X_{C0}} \right) + \left(\frac{U_{N\varphi} - U_{N0}}{2X_{C1}} + \frac{U_{N0}}{2X_{C0}} \right)$$

式中 $U_{M\varphi}$ 、 $U_{N\varphi}$ 、 U_{M0} 、 U_{N0} ——本侧、对侧的相、零序电压;

X_{C1} 、 X_{C0} ——线路全长的正序和零序容抗。



按上式计算的电容电流对于正常运行和区外故障都能给予较好的补偿。

6. 采样同步

两侧装置一侧作为同步端，另一侧作为参考端。以同步方式交换两侧信息，参考端采样间隔固定，并在每一采样间隔中固定向对侧发送一帧信息。同步端随时调整采样间隔，如果满足同步条件，就向对侧传输三相电流采样值；否则，启动同步过程，直到满足同步条件为止。

两侧装置采样同步的前提条件为通道单向最大传输时延不大于 15ms。

7. TA 断线

TA 断线瞬间，断线侧的启动元件和差动继电器可能动作，但对侧的启动元件不动作，不会向本侧发差动保护动作信号，从而保证纵联差动不会误动。非断线侧经延时后报“长期有差流”，与 TA 断线作同样处理。

TA 断线时发生故障或系统扰动导致启动元件动作，若“TA 断线闭锁差动”整定为“1”，则闭锁电流差动保护；若“TA 断线闭锁差动”整定为“0”，且该相差流大于 TA 断线差流定值，仍开放电流差动保护。

8. TA 饱和

当发生区外故障时，TA 可能会暂态饱和，装置中由于采用了较高的制动系数和自适应浮动制动门坎，从而保证了在较严重的饱和情况下不会误动。

9. 远跳、远传

RCS-931 利用数字通道，不仅交换两侧电流数据，同时也交换开关量信息，实现一些辅助功能，其中包括远跳及远传。

由于数字通信采用了 CRC 检验，并且所传开关量又专门采用了字节互补检验及位互补检验，因此具有很高的可靠性。

装置开入触点 626 或 719 为远跳开入。保护装置采样得到远跳开入为高电平时，经过专门的互补检验处理，作为开关量，连同电流采样数据及 CRC 检验码等，打包为完整的一帧信息，通过数字通道传送给对侧保护装置。对侧装置每收到一帧信息，都要进行 CRC 检验，经过 CRC 检验后再单独对开关量进行互补检验。只有通过上述检验，并且经过连续三次确认后，才认为收到的远跳信号是可靠的。收到经检验确认的远跳信号后，若整定控制字“远跳受启动控制”整定为“0”，则无条件置三跳出口，启动 A、B、C 三相出口跳闸继电器，同时闭锁重合闸；若整定为“1”，则需本装置启动才出口。电流差动保护框图如图 1-6 所示。

(1) 差动保护投入指屏上“主保护压板”和定值控制字“投纵联差动保护”同时投入。

“A 相差动元件”、“B 相差动元件”、“C 相差动元件”包括变化量差动、稳态量差动 I 段或 II 段、零序差动 I 段，只是各自的定值有差异。

(2) 三相断路器在跳开位置或经保护启动控制的差动继电器动作，则向对侧发差动动作允许信号。

(3) TA 断线瞬间，断线侧的启动元件和差动继电器可能动作，但对侧的启动元件不动作，不会向本侧发差动保护动作信号，从而保证纵联差动不会误动。TA 断线时发生故障或系统扰动导致启动元件动作，若“TA 断线闭锁差动”整定为“1”，则闭锁电流差动保护；

若“TA 断线闭锁差动”整定为“0”，且该相差流大于“TA 断线差流定值”，仍开放电流差动保护。

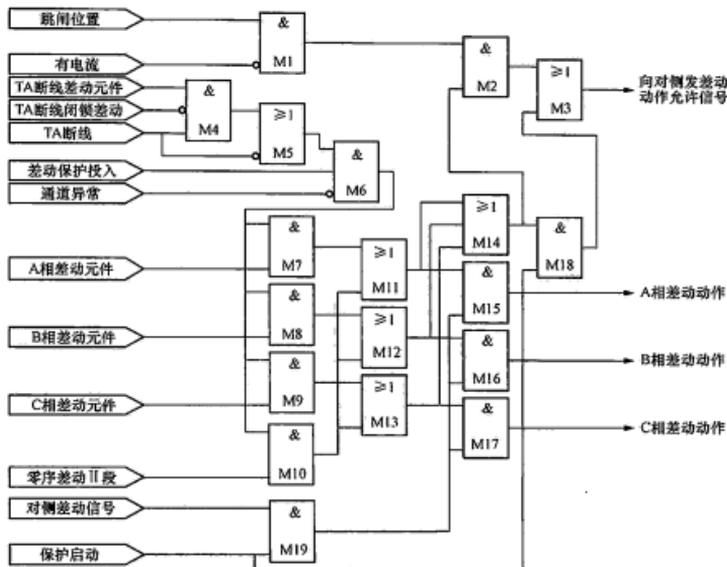


图 1-6 电流差动保护框图

（五）距离继电器

本装置设有三阶段式相间和接地距离继电器，继电器由正序电压极化，因而有较大的测量故障过渡电阻的能力；当用于短线路时，为了进一步扩大测量过渡电阻的能力，还可将 I、II 段阻抗特性向第 I 象限偏移；接地距离继电器设有零序电抗特性，可防止接地故障时继电器超越。

正序极化电压较高时，由正序电压极化的距离继电器有很好的方向性；当正序电压下降至 10% 以下时，进入三相低压程序，由正序电压记忆量极化，I、II 段距离继电器在动作前设置正的门槛，保证母线三相故障时继电器不可能失去方向性；继电器动作后则改为反门槛，保证正方向三相故障继电器动作后一直保持到故障切除。III 段距离继电器始终采用反门槛，因而三相短路 III 段稳态特性包含原点，不存在电压死区。

当用于长距离重负荷线路，常规距离继电器整定困难时，可引入负荷限制继电器，负荷限制继电器和距离继电器的交集为动作区，有效地防止了重负荷时测量阻抗进入距离继电器而引起的误动作。

1. 低压距离继电器

当正序电压小于 $10\%U_N$ 时，进入低压距离程序，此时只可能有三相短路和系统振荡两种情况。系统振荡由振荡闭锁回路区分，这里只需考虑三相短路。三相短路时，因三个相阻抗和三个相间阻抗性能一样，所以仅测量阻抗。



一般情况下各相阻抗一样,但为了保证母线故障转换至线路构成三相故障时仍能快速切除故障,因此对三相阻抗均进行计算,任一相动作跳闸时选为三相故障。

低压距离继电器比较工作电压和极化电压的相位:

$$\text{工作电压} \quad U_{Op\varphi} = U_{\varphi} - I_{\varphi} Z_{ZD}$$

$$\text{极化电压} \quad U_{P\varphi} = -U_{IqM}$$

$$\text{这里} \quad \varphi = A, B, C$$

式中 $U_{Op\varphi}$ ——工作电压;

$U_{P\varphi}$ ——极化电压;

Z_{ZD} ——整定阻抗;

U_{IqM} ——记忆故障前正序电压。

正方向故障时动作特性如图 1-7 所示。测量阻抗 Z_K 在阻抗复数平面上的动作特性是以 Z_{ZD} 至 $-Z_S$ 连线为直径的圆,动作特性包含原点表明正向出口经或不经过渡电阻故障时都能正确动作,并不表示反方向故障时会误动作;反方向故障时的动作特性必须以反方向故障为前提导出。当 Z_{ZD} 与 $-Z_S$ 不为同方向时,将是 Z_{ZD} 到 $-Z_S$ 连线为弦的圆,动作特性向第 I 或第 II 象限偏移。

反方向故障时,测量阻抗 $-Z_K$ 在阻抗复数平面上的动作特性是以 Z_{ZD} 与 Z'_S 连线为直径的圆,如图 1-8 所示, $-Z_K$ 在圆内时动作,可见,继电器有明确的方向性,不可能误判方向。

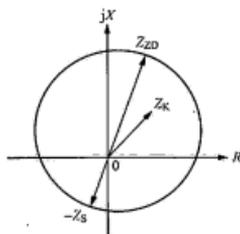


图 1-7 正方向故障时动作特性

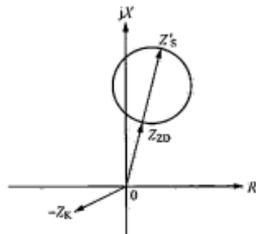


图 1-8 反方向故障时动作特性

以上结论是在记忆电压消失以前,即继电器的暂态特性,当记忆电压消失后,正方向故障时,测量阻抗 Z_K 在阻抗复数平面上的动作特性如图 1-9 所示;反方向故障时, $-Z_K$ 动作特性也如图 1-9 所示。由于动作特性经过原点,因此母线和出口故障时,继电器处于动作边界。为了保证母线故障,特别是经弧光电阻三相故障时不会误动作,因此,对 I、II 段距离继电器设置了门坎电压,其幅值取最大弧光压降。同时,当 I、II 段距离继电器暂态动作后,将继电器的门坎倒置,相当于特性圆包含原点,以保证继电器动作后能保持到故障切除。为了保证 III 段距离继电器的后备性能,III 段距离元件的门坎电压总是倒置的,其特性包含原点。

2. 接地距离继电器

(1) III 段接地距离继电器。

$$\text{工作电压} \quad U_{Op\varphi} = U_{\varphi} - (I_{\varphi} + K \cdot 3I_0) Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{P\varphi} = -U_{I\varphi}$$

$U_{P\varphi}$ 采用当前正序电压, 非记忆量, 这是因为接地故障时, 正序电压主要由非故障相形成, 基本保留了故障前的正序电压相位, 因此, III 段接地距离继电器的特性与低压时的暂态特性完全一致, 见图 1-7、图 1-8, 继电器有很好的方向性。

(2) I、II 段接地距离继电器。

由正序电压极化的方向阻抗继电器:

工作电压

$$U_{OP\varphi} = U_{\varphi} - (I_{\varphi} + K \cdot 3I_0) Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{I\varphi} = -U_{I\varphi} e^{j\theta_1}$$

I、II 段极化电压引入移相角 θ_1 , 其作用是在短线路应用时, 将方向阻抗特性向第 I 象限偏移, 以扩大允许故障过渡电阻的能力。正方向故障时继电器特性如图 1-10 所示。 θ_1 取值范围为 0° 、 15° 、 30° 。

由图 1-10 可见, 该继电器可测量很大的故障过渡电阻, 但在对侧电源助增下可能超越, 因而引入了第二部分零序电抗继电器以防止超越。

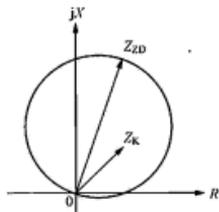


图 1-9 三相短路稳态特性

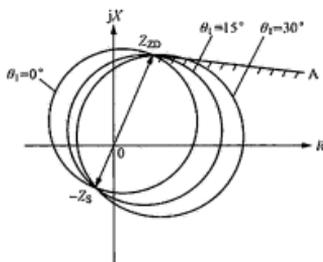


图 1-10 正方向故障时继电器特性

(3) 零序电抗继电器。

工作电压

$$U_{OP\varphi} = U_{\varphi} - (I_{\varphi} + K \cdot 3I_0) Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{I\varphi} = -I_0 Z_D$$

式中 Z_0 ——模拟阻抗。

比相方程为

$$-90^\circ < \text{Arg} \frac{U_{\varphi} - (I_{\varphi} + K \cdot 3I_0) Z_{ZD}}{-I_0 Z_D} < 90^\circ$$

正方向故障时

$$U_{\varphi} = (I_{\varphi} + K \cdot 3I_0) Z_K$$

则

$$-90^\circ < \text{Arg} \frac{(I_{\varphi} + K \cdot 3I_0)(Z_K - Z_{ZD})}{-I_0 Z_D} < 90^\circ$$

$$90^\circ + \text{Arg} Z_D + \text{Arg} \frac{I_0}{I_{\varphi} + K \cdot 3I_0} < \text{Arg}(Z_K - Z_{ZD}) < 270^\circ + \text{Arg} Z_D + \text{Arg} \frac{I_0}{I_{\varphi} + K \cdot 3I_0}$$

上式为典型的零序电抗特性, 如图 1-10 中直线 A。



当 I_0 与 I_0 同相位时, 直线 A 平行于 R 轴; 不同相时, 直线的倾角恰好等于 I_0 相对于 $I_0 + K \cdot 3I_0$ 的相角差。假定 I_0 与过渡电阻上压降同相位, 则直线 A 与过渡电阻上压降所呈现的阻抗相平行, 因此, 零序电抗特性对过渡电阻有自适应的特征。

实际的零序电抗特性由于 Z_0 为 78° 而要下倾 12° , 因此当实际系统中由于二侧零序阻抗角不一致而使 I_0 与过渡电阻上压降有相位差时, 继电器仍不会超越。由带偏移角 θ_1 的方向阻抗继电器和零序电抗继电器两部分结合, 同时动作时, I、II 段距离继电器动作, 该距离继电器有很好的方向性, 能测量很大的故障过渡电阻且不会超越。

3. 相间距离继电器

(1) III 段相间距离继电器。

工作电压

$$U_{OP\varphi\varphi} = U_{\varphi\varphi} - I_{\varphi\varphi} Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{P\varphi\varphi} = -U_{\varphi\varphi}$$

继电器的极化电压采用正序电压, 不带记忆。因相间故障其正序电压基本保留了故障前电压的相位; 故障相的动作特性见图 1-7、图 1-8, 继电器有很好的方向性。

三相短路时, 由于极化电压无记忆作用, 其动作特性为过原点的圆, 如图 1-9 所示。由于正序电压较低时, 由低压距离继电器测量, 因此, 这里既不存在死区, 也不存在母线故障失去方向性问题。

(2) I、II 段距离继电器。

1) 由正序电压极化的方向阻抗继电器。

工作电压

$$U_{OP\varphi\varphi} = U_{\varphi\varphi} - I_{\varphi\varphi} Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{P\varphi\varphi} = -U_{\varphi\varphi} e^{j\theta_2}$$

这里, 极化电压与接地距离 I、II 段一样, 较 III 段增加了一个偏移角 θ_2 , 其作用也同样是了为在短线路使用时增加允许过渡电阻的能力。 θ_2 的整定可按 0° 、 15° 、 30° 三挡选择。

2) 电抗继电器。

工作电压

$$U_{OP\varphi\varphi} = U_{\varphi\varphi} - I_{\varphi\varphi} Z_{ZD}$$

极化电压

$$U_{P\varphi\varphi} = -I_{\varphi\varphi} Z_D$$

式中 Z_D ——模拟阻抗。

当 Z_0 阻抗角为 90° 时, 该继电器为与 R 轴平行的电抗继电器特性, 实际的 Z_0 阻抗角为 78° , 因此, 该电抗特性下倾 12° , 使送电端的保护受对侧助增而过渡电阻呈容性时不致超越。

以上方向阻抗与电抗继电器两部分结合, 增强了在短线路上使用时允许过渡电阻的能力。

4. 负荷限制继电器

为保证距离继电器躲开负荷测量阻抗, 本装置设置了接地、相间负荷限制继电器, 其特性如图 1-11 所示, 继电器两边的斜率与正序灵敏角 φ 一致, R_{ZD} 为负荷限制电阻定值, 直线 A 和直线 B 之间为动作区。当用于短线路不需要负荷限制继电器时, 用户可将控制字“投负荷限制距离”

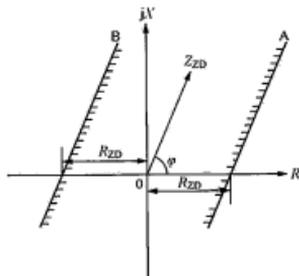


图 1-11 负荷限制继电器特性

置“0”。

5. 振荡闭锁

装置的振荡闭锁分四个部分，任意一个动作开放保护。

(1) 启动开放元件。启动元件开放瞬间，若按躲过最大负荷整定的正序过流元件不动作或动作时间尚不到 10ms，则将振荡闭锁开放 160ms。

该元件在正常运行突然发生故障时立即开放 160ms，当系统振荡时，正序过流元件动作，其后再有故障时，该元件已被闭锁，另外当区外故障或操作后 160ms 再有故障时也被闭锁。

(2) 不对称故障开放元件。不对称故障时，振荡闭锁回路还可由对称分量元件开放，该元件的动作判据为

$$|I_0| + |I_2| > m|I_1|$$

以上判据成立的依据是：系统振荡或振荡又区外故障时不开放。

系统振荡时， I_0 、 I_2 接近于零，上式不开放是容易实现的。

振荡同时区外故障时，相间和接地阻抗继电器都会动作，这时上式也不应开放，这种情况考虑的前提是系统振荡中心位于装置的保护范围内。

对短线路，必须在系统角 180° 时继电器才可能动作，这时线路附近电压很低，短路时的故障分量很小，因此，容易取 m 值以满足上式不开放。

对长线路，区外故障时，故障点故障前电压较高，有较大的故障分量，因此，上式的不利条件是长线路在电源附近故障时，线路上零序电流分配系数较低，短路电流小于振荡电流，因此，仍很容易以最不利的系统方式验算 m 的取值。

本装置中 m 的取值是根据最不利的系统条件下，振荡又区外故障时振荡闭锁不开放为条件验算，并留有相当裕度的。

区内不对称故障时振荡闭锁开放。当系统正常发生区内不对称相间或接地故障时，将有较大的零序或负序分量，这时上式成立，振荡闭锁开放。

当系统振荡伴随区内故障时，如果短路时刻发生在系统电势角未摆开时，振荡闭锁将立即开放。如果短路时刻发生在系统电势角摆开状态，则振荡闭锁将在系统角逐步减小时开放，也可能由一侧瞬时开放跳闸后另一侧相继速跳。

因此，采用对称分量元件开放振荡闭锁保证了在任何情况下，甚至系统已经发生振荡的情况下，发生区内故障时瞬时开放振荡闭锁以切除故障，振荡或振荡又区外故障时则可靠闭锁保护。

(3) 对称故障开放元件。在启动元件开放 160ms 以后或系统振荡过程中，如发生三相故障，则上述两项开放措施均不能开放振荡闭锁，本装置中另设置了专门的振荡判别元件，即测量振荡中心电压

$$U_{os} = U \cos \varphi$$

式中 U ——正序电压；

φ ——正序电压和电流之间的夹角。

当 $-0.03U_N < U_{os} < 0.08U_N$ 时延时 150ms 开放；当 $-0.1U_N < U_{os} < 0.25U_N$ 时延时 500ms 开放。

(4) 非全相运行时的振荡闭锁判据。非全相振荡时，距离继电器可能动作，但选相区为跳开相。非全相再单相故障时，距离继电器动作的同时选相区进入故障相，因此，可以以选



相区不在跳开相作为开放条件。

另外，非全相运行时，测量非故障两相电流之差的工频变化量，当该电流突然增大达一定幅值时，开放非全相运行振荡闭锁，因而非全相运行发生相间故障时能快速开放。

以上两种情况均不能开放时，由对称故障开放元件作为后备。

距离保护框图如图 1-12 所示。

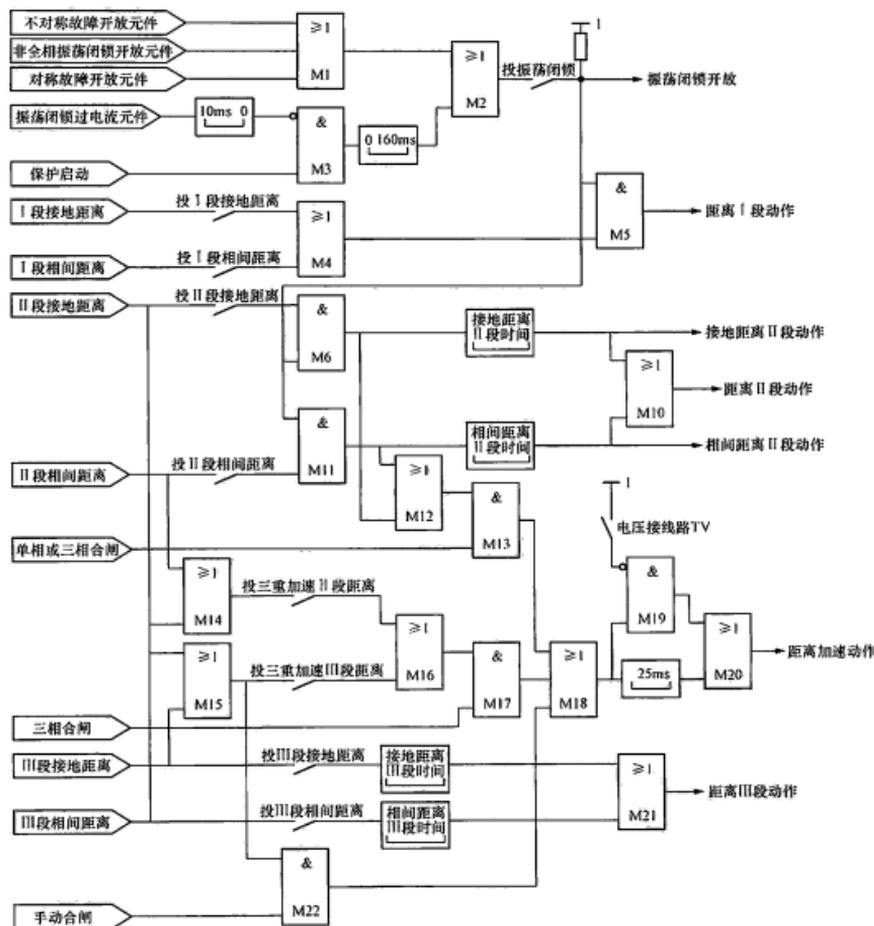


图 1-12 距离保护框图

1) 若用户选择“投负荷限制距离”，则 I、II、III 段的接地和相间距离元件需经负荷限制继电器闭锁。

2) 保护启动时，如果按躲过最大负荷电流整定的振荡闭锁过电流元件尚未动作或动作不

到 10ms, 则开放振荡闭锁 160ms, 另外不对称故障开放元件、对称故障开放元件和非全相运行振荡闭锁开放元件任一元件开放则开放振荡闭锁; 用户可选择“投振荡闭锁”去闭锁 I、II 段距离保护, 否则距离保护 I、II 段不经振荡闭锁而直接开放。

3) 合闸于故障线路时三相跳闸可由两种方式: 一是受振荡闭锁控制的 II 段距离继电器在合闸过程中三相跳闸; 二是在三相合闸时, 还可选择“投三重加速 II 段距离”、“投三重加速 III 段距离”, 由不经振荡闭锁的 II 段或 III 段距离继电器加速跳闸。手合时总是加速 III 段距离。

(六) 零序保护

RCS-931A 设置了两个带延时段零序方向过电流保护, 不设置速跳的 I 段零序过电流。II 段零序受零序正方向元件控制, III 段零序则由用户选择经或不经方向元件控制。

RCS-931A 零序保护框图如图 1-13 所示。

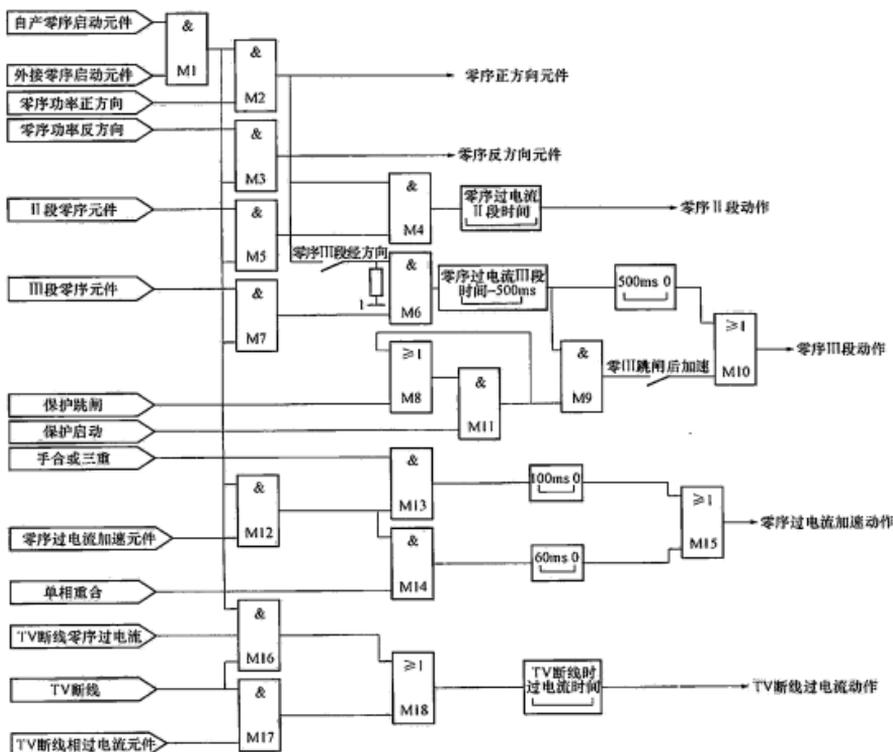


图 1-13 RCS-931A 零序保护框图

(1) 当用户置“零 III 跳闸后加速”为 1, 则跳闸前零序 III 段的动作时间为“零序过流 III 段时间”, 跳闸后零序 III 段的动作时间缩短 500ms。

(2) TV 断线时, 本装置自动投入零序过电流和相过电流元件, 两个元件经同一延时段



出口。

单相重合时零序加速时间延时为 60ms, 手合和三重时加速时间延时为 100ms, 其过电流定值用零序过电流加速段定值。

(七) 选相元件

本装置采用工作电压变化量选相元件、差动选相元件和 I_0 与 I_{2A} 比相的选相元件进行选相。

1. 电流差动选相元件

工频变化量和稳态差动继电器动作时, 动作相选为故障相。

2. 工作电压变化量选相元件

保护有六个测量选相元件, 即 ΔU_{OPA} 、 ΔU_{OPB} 、 ΔU_{OPC} 、 ΔU_{OPAB} 、 ΔU_{OPBC} 、 ΔU_{OPCA} 。

先比较三个相工作电压变化量, 取最大相 $\Delta U_{OP\text{MAX}}$, 与另两相的相间工作电压变化量 $\Delta U_{OP\text{pp}}$ 比较, 大于一定的倍数即判为最大相单相故障; 若不满足则判为多相故障, 取 $\Delta U_{OP\text{pp}}$ 中最大的为多相故障的测量相。

3. I_0 与 I_{2A} 比相的选相元件

选相程序首先根据 I_0 与 I_{2A} 之间的相位关系, 确定三个选相区之一, 如图 1-14 所示。

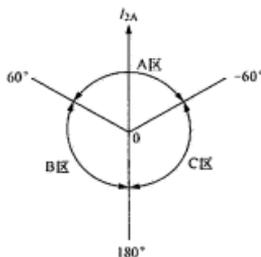


图 1-14 选相区域

当 $-60^\circ < \text{Arg} \frac{I_0}{I_{2A}} < 60^\circ$ 时选 A 区, 当 $60^\circ < \text{Arg} \frac{I_0}{I_{2A}} < 180^\circ$

时选 B 区, 当 $180^\circ < \text{Arg} \frac{I_0}{I_{2A}} < 300^\circ$ 时选 C 区。

单相接地时, 故障相的 I_0 与 I_2 同相位; A 相接地时, I_0 与 I_{2A} 同相; B 相接地时, I_0 与 I_{2A} 相差 120° ; C 相接地时, I_0 与 I_{2A} 相差 240° 。

两相接地时, I_0 与 I_2 同相位, BC 相间接地故障时, I_0 与 I_{2A} 同相; CA 相间接地故障时, I_0 与 I_{2A} 相差 120° ; AB 相间接地故障时, I_0 与 I_{2A} 相差 240° 。

(八) 非全相运行

非全相运行流程包括非全相状态和合闸于故障保护, 跳闸固定动作或跳闸位置继电器 TWJ 动作且无流, 经 30ms 延时置非全相状态。

1. 单相跳开形成的非全相状态

- (1) 单相跳闸固定动作或 TWJ 动作而对应的有流元件不动作判为跳开相。
- (2) 测量两个健全相和健全相间的工频变化量阻抗。
- (3) 对健全相求正序电压作为距离保护的极化电压。
- (4) 测量健全相间电流的工频变化量, 作为非全相运行振荡闭锁开放元件。
- (5) 跳开相有电流或 TWJ 返回, 开放合闸于故障保护 200ms。

2. 三相跳开形成的非全相状态

(1) 三相跳闸固定动作或三相 TWJ 均动作且三相无电流时, 置非全相状态, 有电流或三相 TWJ 返回后开放合闸于故障保护 200ms。

(2) 进全相运行的流程。

3. 非全相运行状态下相关保护的投退

非全相运行状态下，退出与断开相相关的相、相间变化量距离继电器，RCS-931A 将零序过电流保护 II 段退出，III 段不经方向元件控制；RCS-931B 将零序过电流保护 I、II、III 段退出，IV 段不经方向元件控制；RCS-931D 将零序过电流保护 II 段退出，零序反时限过电流不经方向元件控制。

4. 合闸于故障线路保护

(1) 单相重合闸时，零序过电流加速经 60ms 跳闸，距离 II 段受振荡闭锁控制经 25ms 延时三相跳闸。

(2) 三相重合闸或手合时，零序电流大于加速定值时经 100ms 延时三相跳闸。

(3) 三相重合闸时，经整定控制字选择加速不经振荡闭锁的距离 II、III 段，否则总是加速经振荡闭锁的距离 II 段。

(4) 手合时总是加速距离 III 段。

5. 单相运行时切除运行相

当线路因任何原因切除两相时，由单相运行三跳元件切除三相，其判据为：有两相 TWJ 动作且对应相无流 ($<0.06I_N$)，而零序电流大于 $0.15I_N$ ，则延时 200ms 发单相运行三跳命令。

(九) 重合闸

RCS-931 重合闸为一次重合闸方式，可实现单相重合闸、三相重合闸或综合重合闸；可根据故障的严重程度引入闭锁重合闸的方式。重合闸的启动方式可以由保护动作启动或断路器位置不对应启动方式，与其他装置的重合闸配合时，可考虑用压板仅投入一套重合闸。

三相重合时，可采用检线路无压重合闸或检同期重合闸，也可采用快速直接重合闸方式，检无压时，检查线路电压或母线电压小于 30V；检同期时，检查线路电压和母线电压大于 40V，且线路和母线电压间相位差在整定范围内。

重合闸方式由外部切换把手或内部软压板决定，其功能见表 1-1。

表 1-1 重合闸方式功能表

端子	单重	三重	综重	停用
投三重	0	1	0	1
投综重	0	0	1	1

重合闸充电时间大于 25s。

(十) 正常运行程序

1. 检查断路器位置状态

三相无电流，同时 TWJ 动作，则认为线路不在运行，开放准备手合于故障 400ms；线路有电流但 TWJ 动作，或三相 TWJ 不一致，经 10s 延时报 TWJ 异常。

2. 交流电压断线

三相电压相量和大于 8V，保护不启动，延时 1.25s 发 TV 断线异常信号。

三相电压相量和小于 8V，但正序电压小于 33.3V 时，若采用母线 TV 则延时 1.25s 发 TV 断线异常信号；若采用线路 TV，则当任一相有流元件动作或 TWJ 不动作时，延时 1.25s 发



TV 断线异常信号。装置通过整定控制字来确定是采用母线 TV 还是线路 TV。

TV 断线信号动作的同时,保留工频变化量阻抗元件,将其门坎增加至 $1.5U_N$,退出距离保护,自动投入 TV 断线相过电流和 TV 断线零序过电流保护。RCS-931A 将零序过电流保护 II 段退出,III 段不经方向元件控制;RCS-931B 将零序过电流保护 I、II 段退出,IV 段不经方向元件控制,若“零序 III 段经方向”则退出 III 段零序方向过电流,否则保留不经方向元件控制的 III 段零序过电流;RCS-931D 将零序过电流保护 II 段退出,零序反时限过电流不经方向元件控制。

三相电压正常后,经 10s 延时 TV 断线信号复归。

3. 交流电流断线(始终计算)

自产零序电流小于 0.75 倍的外接零序电流,或外接零序电流小于 0.75 倍的自产零序电流,延时 200ms 发 TA 断线异常信号。

有自产零序电流而无零序电压,则延时 10s 发 TA 断线异常信号。

保护判出交流电流断线的同时,在装置总启动元件中不进行零序过电流元件启动判别,RCS-931A 将零序过电流保护 II 段不经方向元件控制,退出零序过电流 III 段;RCS-931B 将零序过电流保护 I、II、IV 段退出,III 段不经方向元件控制;RCS-931D 将零序过电流保护 II 段不经方向元件控制,退出零序反时限过电流段。

4. 工频变化量距离继电器的门坎电压形成

工频变化量距离继电器的门坎电压 U_z ,取正常运行时工作电压的半波积分值。

5. 线路电压断线

当重合闸投入且处于三重或综重方式时,如果装置整定为重合闸检同期或检无压,则要用到线路电压,断路器在合闸位置时检查输入的线路电压小于 40V 经 10s 延时报线路 TV 异常。如重合闸不投、不检定同期或无压时,线路电压可以不接入本装置,装置也不进行线路电压断线判别。

当装置判定线路电压断线后,重合闸逻辑中不进行检同期和检无压的逻辑判别,不满足同期和无压条件。

6. 电压、电流回路零点漂移调整

随着温度变化和环境条件的改变,电压、电流的零点可能会发生漂移,装置将自动跟踪零点的漂移。

(十一) 其他逻辑框图

1. 跳闸逻辑

(1) 分相差动继电器动作,则该相的选相元件动作。

(2) 工频变化量距离、纵联差动、距离 I 段、距离 II 段、零序 II 段动作时经选相跳闸;若选相失败而动作元件不返回,则经 200ms 延时发选相无效三跳命令。

(3) 零序 III 段、相间距离 III 段、接地距离 III 段、合闸于故障线路、非全相运行再故障、TV 断线过电流、选相无效延时 200ms、单跳失败延时 200ms、单相运行延时 200ms 直接跳三相。

(4) 发单跳令后若该相持续有流($>0.06I_N$),经 200ms 延时发单跳失败三跳命令。

(5) 选相达两相及以上时跳三相。

(6) 采用三相跳闸方式、有沟三闭重输入、重合闸投入时充电未完成或处于三重方式时，任何故障三相跳闸。

(7) 严重故障时，如零序Ⅲ段跳闸、Ⅲ段距离跳闸、手合或合闸于故障线路跳闸、单跳不返回三跳、单相运行三跳、TV断线时跳闸等闭锁重合闸。

(8) Ⅱ段零序、Ⅱ段相间距离、Ⅱ段接地距离等，经用户选择三跳方式时，闭锁重合闸。

(9) 经用户选择，选相无效三跳、非全相运行再故障三跳、两相以上故障闭锁重合闸。

(10) “远跳受本侧控制”，启动后收到远跳信号，三相跳闸并闭锁重合闸；“远跳不受本侧控制”，收到远跳信号后直接启动，三相跳闸并闭锁重合闸。

RCS-931A 跳闸逻辑框图如图 1-15 所示。

2. 重合闸逻辑

重合闸逻辑框图如图 1-16 所示。

(1) TWJA、TWJB、TWJC 分别为 A、B、C 三相的跳闸位置继电器的触点输入。

(2) 保护单跳固定、保护三跳固定为本保护动作跳闸形成的跳闸固定，单相故障，故障相无电流时该相跳闸固定动作，三相跳闸，三相电流全部消失时三相跳闸固定动作。

(3) 外部单跳固定、外部三跳固定分别为其他保护来的单跳启动重合、三跳启动重合输入由本保护经无流判别形成的跳闸固定。

(4) 重合闸退出指重合闸方式把手置于停用位置，或定值中重合闸投入控制字置“0”，则重合闸退出。本装置重合闸退出并不代表线路重合闸退出，保护仍是选相跳闸的。要实现线路重合闸停用，需将沟三闭重压板投上。当重合闸方式把手置于运行位置（单重、三重或综重）且定值中重合闸投入控制字置“1”时，本装置重合闸投入。

(5) 当采用单重或三重不检方式，TV断线时不放电。

(6) 重合闸充电在正常运行时进行，重合闸投入、无 TWJ、无压力低闭重闭重输入、无 TV断线放电和其他闭重输入经 15s 后充电完成。

(7) 本装置重合闸为一次重合闸方式，用于单断路器的线路，一般不用于一个半断路器方式，可实现单相重合闸、三相重合闸和综合重合闸。

(8) 重合闸的启动方式有本保护跳闸启动、其他保护跳闸启动和经用户选择的不对应启动。

(9) 若断路器三跳，如 TJabc 动作、其他保护三跳启动重合闸或三相 TWJ 动作，则不启动单重。

(10) 三相重合时，可选用检线路无压重合闸、检同期重合闸，也可选用不检而直接重合闸方式。检无压时，检查线路电压或母线电压小于 30V 时，检无压条件满足，而不管线路电压用的是相电压还是相间电压；检同期时，检查线路电压和母线电压大于 40V 且线路电压和母线电压间的相位在整定范围内时，检同期条件满足。正常运行时，保护检测线路电压与母线 A 相电压的相角差，设为 φ ，检同期时，检测线路电压与母线 A 相电压的相角差是否在 $(\varphi - \text{定值})$ 至 $(\varphi + \text{定值})$ 范围内，因此不管线路电压用的是哪一相电压还是哪一相间电压，保护能够自动适应。

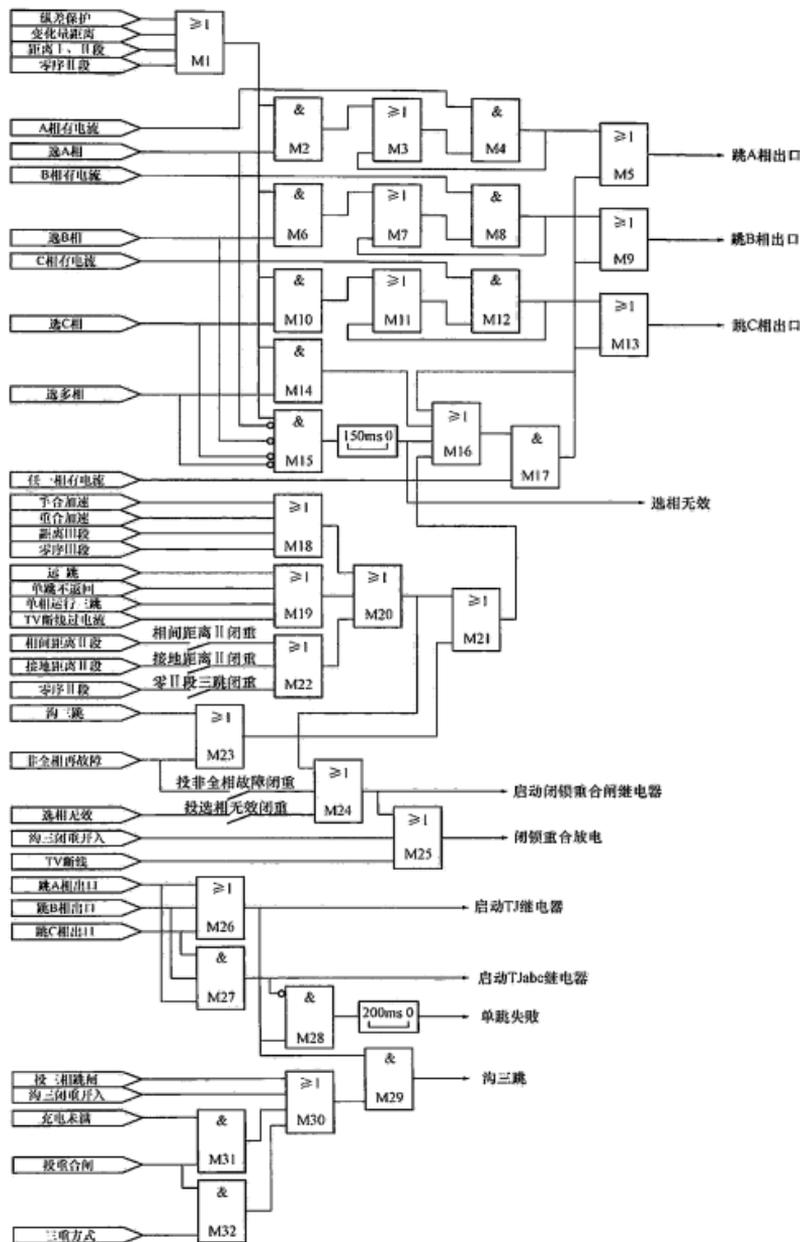


图 1-15 RCS-931A 跳闸逻辑框图

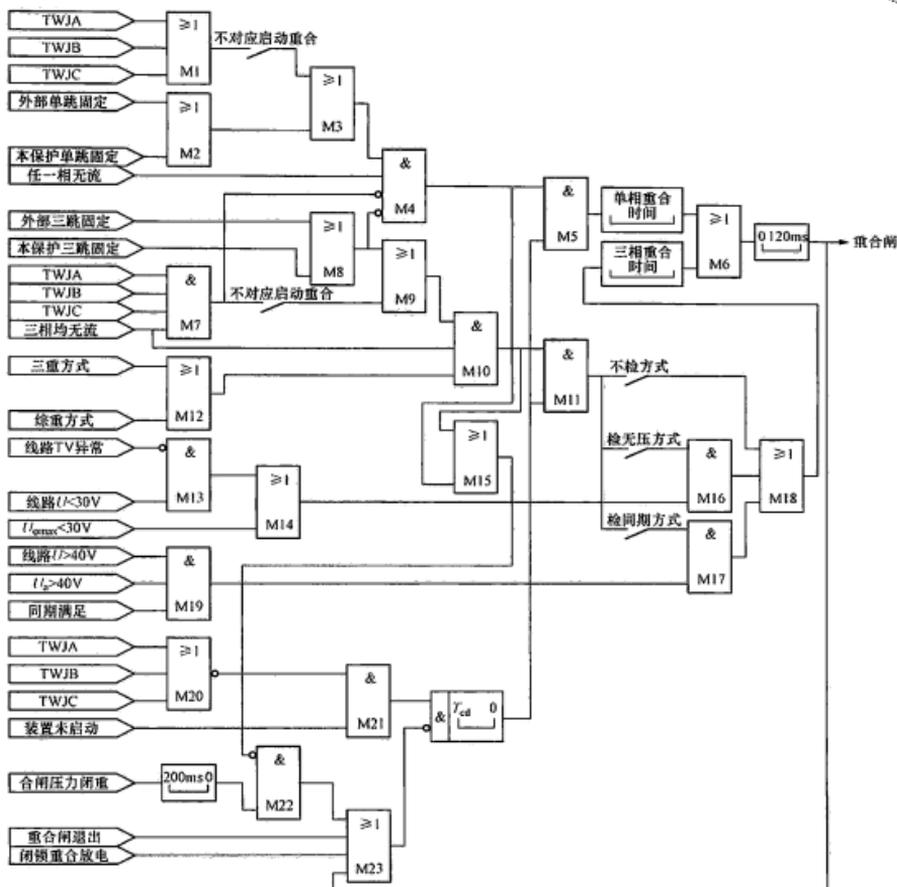


图 1-16 重合闸逻辑框图

三、保护装置菜单介绍及操作说明

RCS-931A 线路保护面板由三部分组成：功能键、信号灯、液晶显示屏，如图 1-17 所示。

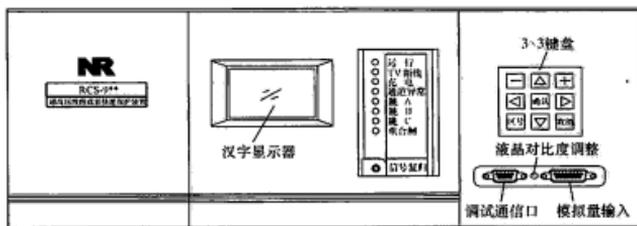


图 1-17 RCS-931A 线路保护面板布置图



（一）功能键

方向键用来移动光标，选择所需项目；“+”“-”为修改键，用来更改数值；“确认”、“取消”、“区号”为命令键。

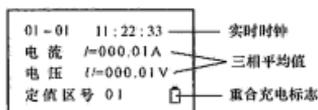
（二）信号灯

“运行”灯为绿色，装置正常运行时点亮；“TV 断线”灯为黄色，当发生电压回路断线时点亮；“充电”灯为黄色，当重合充电完成时点亮；“通道异常”灯为黄色，当通道故障时点亮；“跳 A”、“跳 B”、“跳 C”、“重合闸”灯为红色，当保护动作出口点亮，在“信号复归”后熄灭。

（三）液晶显示屏

正常运行时液晶屏幕将显示主画面，如图 1-18 所示。

保护动作时液晶屏幕自动显示最新一次保护动作报告，当一次动作报告中有多个动作元件时，所有动作元件及测距结果将滚屏显示，如图 1-19 所示。



注：中间两行的内容因功能配置而异，当无重合闸功能时则无充电标志。

图 1-18 正常运行时液晶屏幕主画面



图 1-19 保护动作时液晶屏幕画面

（四）菜单结构及其相关操作

保护的重要信息均可在液晶显示屏中通过操作有关菜单查看。

在主画面状态下，按▲键可进入主菜单，通过▲、▼、确认和取消键选择子菜单。命令菜单采用如图 1-20 所示的树形目录结构。

1. 采样检查

本菜单可显示保护装置电流电压实时采样值。先按▲键进入主菜单，按▲、▼键选择“保护状态”子菜单，按“确认”键，进入其二级子菜单。再按▲、▼键选择“DSP 采样值”二级子菜单，按“确认”键，此时，液晶屏显示本侧 TV 电压、本侧和对侧 TA 电流及差动保护的差流。

2. 开入量监视

本菜单也可显示保护装置开入量状态。先按▲键进入主菜单，按▲、▼键选择“保护状态”子菜单，按“确认”键，进入其二级子菜单。再按▲、▼键选择“开入显示”二级子菜单，按“确认”键，此时，液晶屏显示相关的开入量的状态。任意变动某一开入量的位置，则其开入量会发生变位，如距离保护投入压板从断开到接通，则“距离投入”开入量从“0”变为“1”。

3. 报告查看

不管断电与否，本菜单可显示并记忆保护的 128 次动作报告。保护动作时液晶屏幕自动显示最新一次保护动作报告，当一次动作报告中有多个动作元件时，所有动作元件及测距结

果将滚屏显示（见图 1-19）。

按键▲显示前一个报告，按键▼显示后一个报告，按键“取消”退出至上一级菜单。

如果要查看以前的保护动作报告，则按▲键进入主菜单，按▲、▼键选择“显示报告”子菜单，按“确认”键，进入其二级子菜单。再按▲、▼键选择“动作报告”二级子菜单，按“确认”键，此时，液晶屏显示上述保护动作报告，再通过保护动作时间及保护动作序号查看所需要的报告。

4. 查看整定

本菜单可显示查看和修改保护装置的整定值运行方式控制字。先按▲键进入主菜单，按▲、▼键选择“整定定值”子菜单，按“确认”键，进入其二级子菜单。再按▲、▼键选择“保护定值”二级子菜单，按“确认”键，此时，液晶屏显示保护整定值及运行方式控制字。

5. 修改定值

按▲、▼键用来滚动选择要修改的定值项，按◀、▶键用来将光标移到要修改的部位，“+”和“-”键用来修改数据。按键“取消”为不修改返回，按“确认”键完成定值整定后返回。

整定定值的口令为：键盘的“+”，◀、▶、“-”输入口令时，每按一次键盘，液晶显示由“.”变为“*”。当显示四个“*”时，可按“确认”键确认。



图 1-20 命令菜单结构图

第二节 保护定值及性能检验

一、检验内容

检验项目见表 1-2。

表 1-2

检 验 项 目

序号	项 目	序号	项 目
1	保护装置的整定及检验	4	零差保护检验
2	差动高值检验	5	工频变化量距离检验
3	差动低值检验	6	距离 I 段检验

续表

序号	项 目	序号	项 目
7	距离Ⅱ、Ⅲ段检验	13	TA 断线功能检验
8	距离保护边界检验	14	TV 断线功能检验
9	负荷限制线检验	15	非全相运行功能检验
10	零序保护定值检验	16	振荡闭锁功能检验
11	零序方向边界检验	17	重合后加速功能检验
12	重合闸功能检验		

定值清单见表 1-3，控制字定值见表 1-4。

表 1-3 定 值 清 单

序号	定 值 名 称	整定值	序号	定 值 名 称	整定值
1	电流变化量启动值	1A	23	接地距离偏移角	0
2	零序启动电流	1A	24	相间距离偏移角	0
3	工频变化量阻抗	2Ω	25	零序过电流Ⅱ段定值	5A
4	TA 变比系数	1.0	26	零序过电流Ⅱ段时间	1.5s
5	差动电流高定值	4A	27	零序过电流Ⅲ段定值	4A
6	差动电流低定值	3A	28	零序过电流Ⅲ段时间	3.5s
7	TA 断线差流定值	3.6A	29	零序过电流加速段	6A
8	零序补偿系数	0.5	30	TV 断线相过电流定值	4A
9	振荡闭锁过电流	4A	31	TV 断线时零序过流	3A
10	接地距离Ⅰ段定值	2Ω	32	TV 断线时过电流时间	4s
11	接地距离Ⅱ段定值	3Ω	33	单相重合闸时间	0.7s
12	接地距离Ⅱ段时间	1.0s	34	三相重合闸时间	1.0s
13	接地距离Ⅲ段定值	6Ω/16Ω	35	同期合闸角	30
14	接地距离Ⅲ段时间	3.0s	36	线路正序电抗	20Ω
15	相间距离Ⅰ段定值	2Ω	37	线路正序电阻	6Ω
16	相间距离Ⅱ段定值	4Ω	38	线路正序容抗	100Ω
17	相间距离Ⅱ段时间	1.0s	39	线路零序电抗	60.0Ω
18	相间距离Ⅲ段定值	6Ω	40	线路零序电阻	6.0Ω
19	相间距离Ⅲ段时间	3.0s	41	线路零序容抗	200Ω
20	负荷限制电阻定值	9Ω/5Ω	42	线路总长度	100km
21	正序灵敏角	85°	43	线路编号	2101
22	零序灵敏角	75°	44		

表 1-4

控制字定值

序号	控制字名称	整定值	序号	控制字名称	整定值
1	工频变化量阻抗	1	20	零序Ⅲ段跳闸后加速	1
2	投纵联差动保护	1	21	投三相跳闸方式	0
3	TA 断线闭锁差动	0	22	投重合闸	1
4	主机方式	1	23	投检同期方式	0
5	专用光纤	1	24	投检无压方式	0
6	通道自环试验	1	25	投重合闸不检	1
7	远跳受本侧控制	1	26	不对应启动重合	1
8	电压接线路 TV	0	27	相间距离Ⅱ段闭重	0
9	投振荡闭锁元件	1	28	接地距离Ⅱ段闭重	0
10	投Ⅰ段接地距离	1	29	零序Ⅱ段三跳闭重	0
11	投Ⅱ段接地距离	1	30	投选相无效闭重	1
12	投Ⅲ段接地距离	1	31	非全相故障闭重	1
13	投Ⅰ段相间距离	1	32	投多相故障闭重	0
14	投Ⅱ段相间距离	1	33	投三相故障闭重	0
15	投Ⅲ段相间距离	1	34	内重合把手有效	0
16	投负荷限制距离	1	35	投单重方式	0
17	三重加速Ⅱ段距离	1	36	投三重方式	0
18	三重加速Ⅲ段距离	0	37	投综重方式	0
19	零序Ⅲ段经方向	1			

装置经尾纤发自收（CPU 插件背板 RX-TX），保护定值中“专用光纤”、“通道自环试验”、“投纵联保护”控制字置 1，“内重合把手有效”控制字置 0。压板位置：“投主保护压板”、“投距离保护压板”、“投零序保护压板”投入，“投三跳闭重压板”退出。从保护屏电流、电压试验端子施加模拟故障电压和电流，重合方式置整定位置，合上断路器，TWJA、TWJB、TWJC 都为 0。从保护屏电流、电压试验端子施加模拟故障电压和电流。以后试验项目除特别说明外均在此方式进行。

将测试仪的电流、电压分别加到保护装置的相关位置，并设置保护跳闸触点和重合闸触点停表（见图 1-21 中的输入 A 触点和输入 B 触点）。

二、保护定值及性能检验

（一）电流差动保护检验

1. 差动高定值保护检验

差动高定值保护检验仪投主保护压板。

在故障电流大于 $1.05 \times 0.5I_H$ （ I_H 为“差动电流高定值”、 $4U_N/X_{C1}$ 两者的大值）时差动保护应可靠动作，小于 $0.95 \times 0.5I_H$ 时差动高定值保护可靠不动作，等于 $1.2 \times 0.5I_H$ 时测量动作时间，允许误差为 $\pm 5\%$ ，动作时间为 15~35ms（说明：该时间为检验仪器测量时间，下同）。对应的动作元件为变化量差动继电器和稳态 I 段相差动继电器。

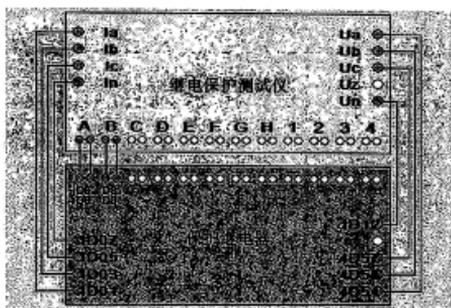


图 1-21 试验接线图

使用 PW31E 博电测试仪有两种检验方法：手动测试法和状态序列法。

(1) 手动测试法。打开测试仪主菜单，双击“手动试验”子菜单，可得到如图 1-22 所示界面。

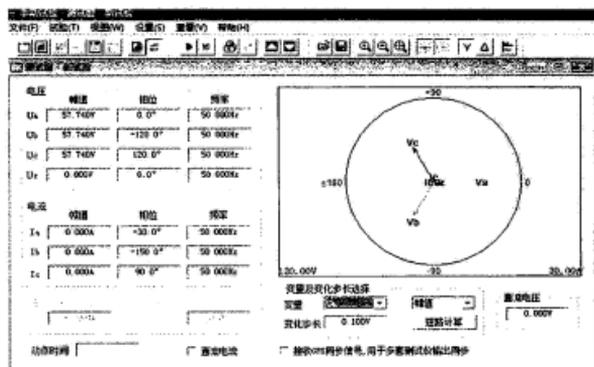


图 1-22 手动测试法初次通入的电压、电流

单击“运行”()图标,其图标变为灰色,给保护装置通入正序正常电压,无电流。再单击“锁定”()图标,其图标应下沉,使装置输出保持上述状态。

差动高值计算:相关的整定值为 $I_H=4\text{A}$, $X_{C1}=100\Omega$, $U_N=57.7\text{V}$ 。中间计算过程为: $4U_N/X_{C1}=2.4\text{A}$, 比 $I_H(4\text{A})$ 小,取 4A 。由于是自环运行,差动动作值还要除以 2,因此差动高值的计算值应该为 2A 。当电流为 $1.05 \times 2=2.1(\text{A})$ 时,差动高值保护应该可靠动作;当电流为 $0.95 \times 2=1.9(\text{A})$ 时,差动高定值保护可靠不动作;当电流为 $1.2 \times 2=2.4(\text{A})$ 时,测量差动高值保护动作时间。

按照计算结果,将 I_a 电流数值改为 2.1A (见图 1-23),释放“锁定”()图标,将图所示电流数值通入保护装置,此时差动高值可靠动作。

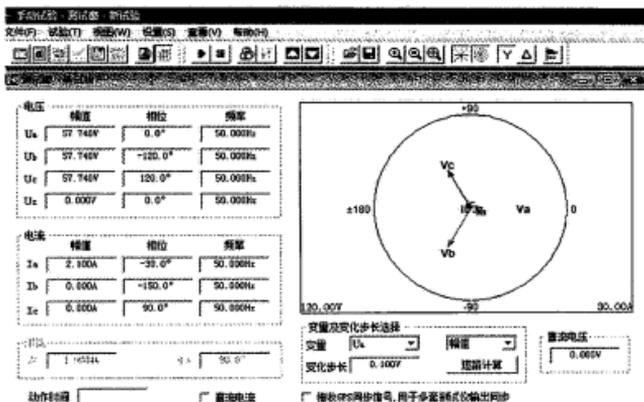


图 1-23 手动测试法修改数值及动作时间显示

按照上述方法,先通入正常电流、电压,进行“锁定”,再将图 1-23 中 I_a 电流改为 1.9A ,释放“锁定”图标,将图面所示电流数值通入保护装置,差动高值应该可靠不动(此时,差动低值可能动作,但可以从动作时间上明显区分,差动高值动作时间小于 40ms ,差动低值动作时间为 $50\sim 80\text{ms}$ 。)

同样,先通入正常电流、电压,进行“锁定”,再将 I_a 电流改为 2.4A ,释放“锁定”图标,将图所示电流数值通入保护装置,测量差动高值动作时间。

(2) 状态序列法。

1) 设置状态 1(正常状态)。打开测试仪菜单,双击“状态序列”子菜单设置状态选择“1”,状态名称为“故障前状态”;在“状态参数”页面,给装置通入正常正序电压,无电流,见图 1-24。

在“触发条件”页面的“最长状态时间”设置大于 TV 断线闭锁回归时间 13s ,见图 1-25。



图 1-24 状态序列法正常运行状态（状态 1）电流、电压

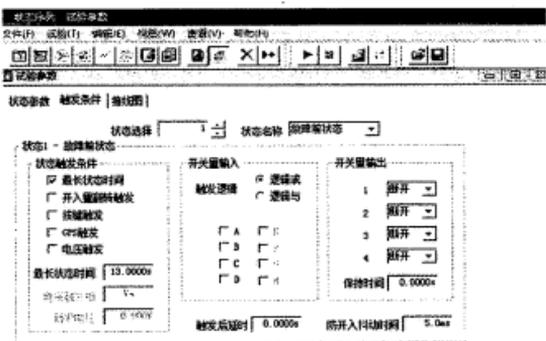


图 1-25 状态序列法正常运行状态（状态 1）施加的时间

2) 设置状态 2（故障状态）。在工具栏上单击 F1 按钮，添加一新状态（状态 2）；在“状态参数”页面，给装置通入差动高值可靠动作电流 $I_a = 1.05 \times 2 = 2.1$ （A），见图 1-26。

在“触发条件”页面，选中状态触发条件的“最长状态时间”和“开入量反转触发”两个选项，并设置“最长状态时间”大于差动高值出口时间（100ms），同时选中开关量输入的“A”触点，见图 1-27。

单击“运行”（ F5 ）图标，将测试仪设定的电流通入保护，差动高值动作，测试仪下方显示 $T_s = 0.025\text{s}$ ，保护液晶显示“电流差动保护”动作，动作时间 25ms（注：液晶显示与保护动作时间配合起来判别是相差 I 段、相差 II 段还是零差保护动作，它们动作时间分别是小于 40ms、50~80ms、110~140ms），信号灯显示 A 相跳闸灯亮。

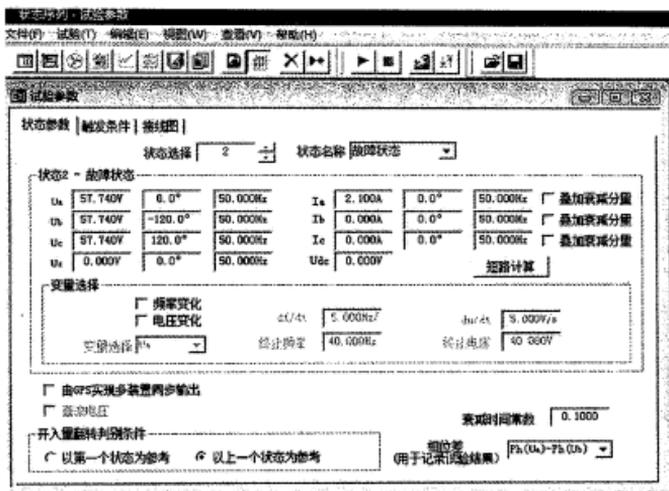


图 1-26 检验差动保护故障状态（状态 2）电流、电压

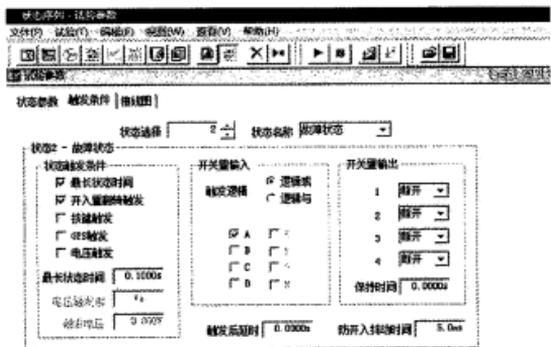


图 1-27 故障状态（状态 2）状态反转条件设置

a. 0.95 倍试验。将故障状态（见图 1-26）中 I_a 电流改为 1.9A，故障状态时间（见图 1-27）不变，则差动高值不动作（可能差动低值动作）。

b. 1.2 倍试验。将故障状态（见图 1-26）中 I_a 电流改为 2.4A，故障状态时间（见图 1-27）不变，测量差动高值保护动作时间（小于 40ms）。

2. 差动保护低定值检验

在故障电流大于 $1.05 \times 0.5 I_M$ (I_M 为“差动电流低定值”、 $1.5 U_N / X_{C1}$ 两者的大值) 时差动保护应动作，小于 $0.95 \times 0.5 I_M$ 时不动作，等于 $1.2 \times 0.5 I_M$ 时测量动作时间，允许误差为 $\pm 5\%$ ，动作时间为 50~80ms。对应的动作元件为稳态 II 段相差动继电器。



差动低值计算：相关的整定值为 $I_M=3A$ ， $X_{C1}=100\Omega$ ， $U_N=57.7V$ 。中间计算过程为： $1.5U_N/X_{C1}=0.9A$ ，比 I_M (3A) 小，取 3A。由于是自环运行，差动动作值还要除以 2，因此差动低值的计算值应该为 1.5A。当电流为 $1.05 \times 1.5=1.575$ (A) 时，差动低值保护应该可靠动作；当电流为 $0.95 \times 1.5=1.425$ (A) 时，可靠不动作；当电流为 $1.2 \times 1.5=1.8$ (A) 时，测量差动低值保护动作时间。

用状态序列法做试验（注：下同，特别说明除外）。

(1) 设置状态 1（正常状态）。给装置通入正常正序电压，无电流，见图 1-24。

时间大于 TV 断线闭锁复归时间 13s，见图 1-25。

(2) 设置状态 2（故障状态）。给装置通入差动低值可靠动作电流 $1.05 \times 1.5=1.575$ (A)，将图 1-26 中 I_a 电流改为 1.575A。

故障时间大于差动低值出口时间 (100ms)，见图 1-27。

按“运行”(▶)图标，将测试仪设定的电流通入保护，差动低值动作，测试仪显示 $T_b=0.069s$ ，保护液晶显示电流差动保护动作，动作时间 69ms（由时间判断为差动低值保护动作）。

1) 0.95 倍试验。将故障状态（见图 1-26）中 I_a 电流改为 1.425A，故障状态时间（见图 1-27）不变，则差动低值可靠不动作。

2) 1.2 倍试验。将故障状态（见图 1-26）中 I_a 电流改为 1.8A，故障状态时间（见图 1-27）不变，测量差动低值保护动作时间（50~80ms）。

3. 零序差动继电器检验

(1) 抬高差动电流高定值、差动电流低定值（或选用小于差动电流高、低值，大于零差启动值的电流）。

(2) 整定 X_{C1} ，使得 $U/X_{C1} > 0.1I_n$ ，本例 $X_{C1}=100\Omega$ 。加三相电压 U ， $I=U/2X_{C1} \angle 90^\circ$ （模拟电容电流，超前电压 90° ），满足补偿条件。本例 $I=U/2X_{C1}=57.7/(2 \times 100)=0.3$ (A)（见图 1-28）。时间大于 TV 断线复归时间，取 13s。



图 1-28 检验零差保护正常运行时有电容电流

增加单相电流,使得零序电流大于零序启动电流(本例 $I_0=1\text{A}$,将 I_a 加反相电流 0.8A ,见图 1-29),故障时间设置为 200ms ,零序差动动作,动作时间为 125ms 左右。减小状态 2(见图 1-29)中 I_a 电流,使零序差动不动作,测量到临界值。



图 1-29 校验零差保护故障状态

若是差动动作,则相应跳闸灯亮(重合方式决定三跳还是单跳),屏幕显示“电流差动保护”,以此类推。屏幕显示和打印输出跳闸报告均应一致。在 1.2 倍定值时测量差动保护动作时间。动作时间为 $110\sim 140\text{ms}$ 。

(二) 距离保护检验

1. 单相工频变化量距离保护检验

相关定值 $Z_{p1}=2\Omega$, $Z_{p2}=3\Omega$, $T_{p1}=1\text{s}$, $Z_{p3}=6\Omega$, $T_{p3}=3\text{s}$, $Z_{pp1}=2\Omega$, $Z_{pp2}=4\Omega$, $T_{pp2}=1\text{s}$, $Z_{pp3}=6\Omega$, $T_{pp3}=3\text{s}$, 工频变化量距离定值 $DZ_{ZD}=2\Omega$, $K_0=0.5$ 。

(1) 试验条件。

- 1) 仅投入距离保护投入压板。
- 2) 重合把手切在“综重方式”。
- 3) 整定保护定值控制字中“工频变化量阻抗”SW1置1,投相间距离I段(SW10)、接地距离I段(SW13)置0。

加故障电流 $I=2I_N$,分别模拟A、B、C相单相接地瞬时性故障(同时应满足故障电压在 $0\sim U_N$ 范围内)。故障电压计算公式为

$$U = (1+K)IDZ_{ZD} + (1-1.05m)U_N$$

式中 DZ_{ZD} ——工频变化量距离保护定值。

工频变化量阻抗在 $m=1.1$ 时应可靠动作, $m=0.9$ 时应可靠不动作, $m=1.2$ 时测量动作时间小于 13ms ,装置面板相应灯亮。液晶屏显示:工频变化量距离保护 13ms 动作。

当 $m=0.9$ 时, $U = (1+0.5) \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 0.9) \times 57.7 = 30 + 3.16 = 33.16$ (V),保护可靠不动作。

当 $m=1.1$ 时, $U = (1+0.5) \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 1.1) \times 57.7 = 30 - 8.9 = 21.1$ (V),保护可靠动作。



当 $m=1.2$ 时, $U=(1+0.5) \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 1.2) \times 57.7=30-15=15$ (V), 测量保护动作时间。

(2) 用状态序列法做试验。

1 态: 正常正序电压, 无电流 (见图 1-24), 时间大于 TV 断线复归时间 (13s), TV 断线灯灭; 或大于重合闸充电时间 (28s), 直至“充电”灯亮。

2.1 态: 故障状态 $m=0.9$, 施加的电流电压见图 1-30, “最长状态时间”设置为 100ms, 工频变化量距离保护可靠不动作。

2.2 态: 故障状态 $m=1.1$, 将图 1-30 的 U_a 改为 21.1V, “最长状态时间”设置为 100ms, 工频变化量距离保护可靠动作。

2.3 态: 故障状态 $m=1.2$, 将图 1-30 的 U_a 改为 15V, “最长状态时间”设置为 100ms, 测工频变化量距离保护动作时间 (一般为 10~15ms)。

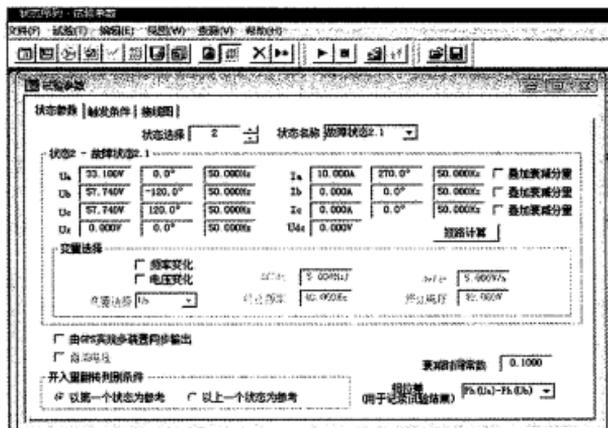


图 1-30 工频变化量距离保护单相故障

2. 相间工频变化量距离保护检验

加故障电流 $I=2I_N$, 分别模拟 AB、BC、CA 相间瞬时性故障 (同时应满足故障电压在 0~100V 范围内)。相间故障电压计算公式为

$$U=2IDZ_{ZD} + (1-1.05m) \times 100 \text{ (V)}$$

式中 DZ_{ZD} ——工频变化量距离保护定值。

工频变化量阻抗在 $m=1.1$ 时应可靠动作, 在 $m=0.9$ 时应可靠不动作, 在 $m=1.2$ 时动作时间小于 20ms, 装置面板相应灯亮。液晶屏显示: 工频变化量距离保护 13ms 动作。

当 $m=0.9$ 时, $U=2 \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 0.9) \times 100=40+5.5=45.5$ (V), 保护可靠不动作。

当 $m=1.1$ 时, $U=2 \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 1.1) \times 100=40-15.5=24.5$ (V), 保护可靠动作。

当 $m=1.2$ 时, $U=2 \times 10 \times 2 + (1-1.05 \times 1.2) \times 100=40-26=14$ (V), 测量保护动作时间。

(1) 用状态序列法做试验。

1 态: 正常正序电压, 无电流 (见图 1-24), 时间大于 TV 断线复归时间 (13s), 如果验证重合闸, 则必须大于充电时间, 取 28s。

2.1 态：故障状态 $m=0.9$ ，施加的电流、电压见图 1-31（或图 1-32，详见下述），“最长状态时间”设置为 100ms，工频变化量距离保护可靠不动作。

由于相间故障所施加的电压与计算值不同，需要进行修正。有两种修正方法（以 AB 相阻抗 $Z_{ab}=U_{ab}/I_{ab}$ 为例）：

1) 故障相电压相差 120° 。 $U_a=U_p\angle 0^\circ$ ， $U_b=U_p\angle -120^\circ$ ，则 $U_{ab}=U_{pp}\angle 30^\circ$ ，故障相电流 $I_{ab}=20A\angle -60^\circ$ （设阻抗继电器最大灵敏角为 90° ）， $I_a=10A\angle -60^\circ$ ， $I_b=10A\angle 120^\circ$ ，其中的 U_{pp} 为上述计算电压 $45.5V$ ， $U_p=U_a=U_b=45.5V/1.732=26.27V$ ，即 $U_a=26.27V\angle 0^\circ$ ， $U_b=26.27V\angle -120^\circ$ ，见图 1-31。

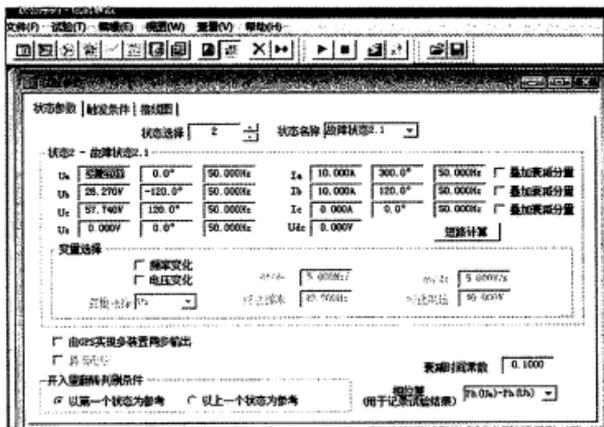


图 1-31 工频变化量距离相间故障检验方法一

2) 故障相电压相差 60° 。 $U_a=U_p\angle -30^\circ$ ， $U_b=U_p\angle -90^\circ$ ，则 $U_{ab}=U_{pp}\angle 30^\circ$ ，故障相电流 $I_{ab}=20A\angle -60^\circ$ （设阻抗继电器最大灵敏角为 90° ）， $I_a=10A\angle -60^\circ$ 故障， $I_b=10A\angle 120^\circ$ ，其中的 U_{pp} 为上述计算电压 $45.5V$ ， $U_p=U_a=U_b=U_{ab}=45.5V$ ，即 $U_a=45.5V\angle -30^\circ$ 故障， $U_b=45.5V\angle -90^\circ$ 故障，见图 1-32。

2.2 态：故障状态 $m=1.1$ 。

方法一：故障相电压相差 120° ，将图 1-31 中 U_a 、 U_b 数值改为 $24.5/1.732=14.1$ （V），角度不变，工频变化量距离保护可靠动作。

方法二：故障相电压相差 60° ，将图 1-32 的电压改为 U_a 、 U_b 数值改为 $24.5V$ ，角度不变，工频变化量距离保护可靠动作。

保护屏显示“工频变化量阻抗”动作。

2.3 态：故障状态 $m=1.2$ 。

方法一：故障相电压相差 120° ，将图 1-31 中 U_a 、 U_b 数值改为 $14/1.732=8.08$ （V），角度不变，测工频变化量距离保护动作时间。动作时间为 $10\sim 15ms$ 。

方法二：故障相电压相差 60° ，将图 1-32 中 U_a 、 U_b 数值改为 $14V$ ，角度不变，测工频变化量距离保护动作时间。动作时间为 $10\sim 15ms$ 。

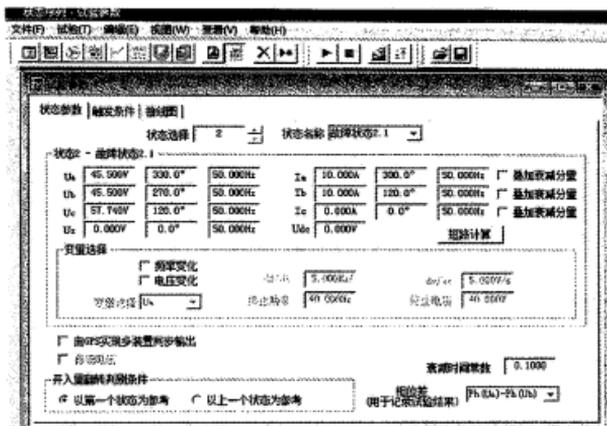


图 1-32 工频变化量距离相间故障检验方法二

保护屏显示“工频变化量阻抗”动作。

(2) 反方向故障试验。分别模拟反方向各种类型出口故障，工频变化量距离保护均应不动作。

3. 接地距离保护检验

相关定值 $Z_{p1}=2\Omega$, $Z_{p2}=3\Omega$, $T_{p2}=1s$, $Z_{p3}=6\Omega$, $T_{p3}=3s$, $Z_{pp1}=2\Omega$, $Z_{pp2}=4\Omega$, $T_{pp2}=1s$, $Z_{pp3}=6\Omega$, $T_{pp3}=3s$, 工频变化量距离定值 $DZ_{2D}=2\Omega$, $K=0.5$ 。

分别模拟 A、B、C 相单相接地瞬时故障，故障电流固定（一般 $I=I_N$ ），相角为灵敏角，模拟故障时间 100ms，故障电压为

$$\text{单相 } U = mIZ_{p1}(1+K)$$

式中 m ——系数，其值分别为 0.7、0.95、1.05；

K ——零序补偿系数；

Z_{p1} ——距离 I 段定值。

距离 I 段保护在 0.95 倍定值时应可靠动作，在 1.05 倍定值时应可靠不动，在 0.7 倍定值时测量动作时间，保护动作时间应不大于 35ms。

以 A 相接地距离保护为例：

(1) 试验条件。

- 1) 仅投入距离保护投入压板。
- 2) 重合把手切在“综重方式”。
- 3) 整定保护定值控制字中“工频变化量阻抗”SW1 置 0，投相间、接地各段距离置 1。

(2) 状态序列法设置。

1 态：正常状态。通入正常正序电压，无电流（见图 1-24），时间大于 TV 断线复归时间（13s），TV 断线灯灭；或大于重合闸充电时间（28s），直至“充电”灯亮。

2 态：故障状态。

$$I_a=10 \text{ (A)}$$

$$U_a=10 \times 2 (1+0.5) = 30 \text{ (V)}$$

2.1 态: $m=1.05$, $U_a=30 \times 1.05=31.5 \text{ (V)}$, 给保护施加如图 1-33 所示电流、电压, 时间设定为 0.1s, 距离 I 段可靠不动作。

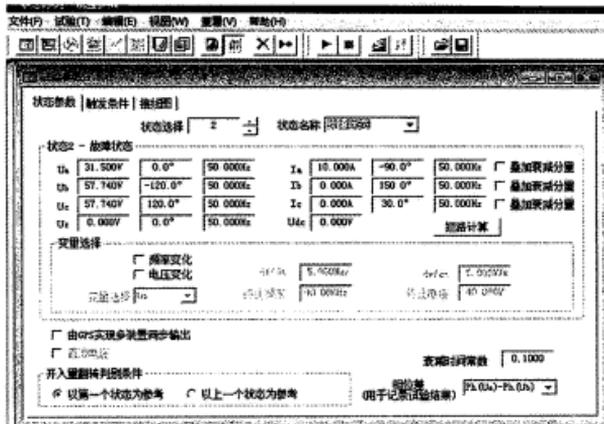


图 1-33 距离保护单相故障

2.2 态: $m=0.95$, $U_a=30 \times 0.95=28.5 \text{ (V)}$, 将图 1-33 中 U_a 改为 28.5V, 距离 I 段可靠动作。

2.3 态: $m=0.7$, $U_a=30 \times 0.7=21 \text{ (V)}$, 将图 1-33 中 U_a 改为 21V, 测量距离 I 段动作时间, 动作时间为 25~35ms。

4. 相间距离保护检验

分别模拟 AB、BC、CA 相间瞬时故障。故障电流固定 (一般 $I=I_N$), 相角为灵敏角, 模拟故障时间 100ms, 故障电压为

$$\text{相间 } U=2mIZ_{pp1}$$

式中 m ——系数, 其值分别为 0.7、0.95、1.05;

Z_{pp1} ——相间距离 I 段定值。

距离 I 段保护在 0.95 倍定值时应可靠动作, 在 1.05 倍定值时应可靠不动, 在 0.7 倍定值时测量动作时间, 保护显示或打印时间应不大于 30ms, 并与实际测量值差值不大于 6ms。

以 AB 相相间距离保护为例 (试验条件同接地距离 I 段):

(1) 状态序列法设置。

1 态: 正常状态。通入正常正序电压, 无电流 (见图 1-24), 时间大于 TV 断线复归时间 (13s), TV 断线灯灭; 或大于重合闸充电时间 (28s), 直至“充电”灯亮。

2 态: 故障状态。

$$I_a=I_b=10 \text{ (A)}$$

$$U_{ab}=2 \times 10 \times 2=40 \text{ (V)}$$

当 $m=1.05$ 时, $U_{ab}=40 \times 1.05=42$ (V), $42/1.732=24.2$ (V)。

当 $m=0.95$ 时, $U_{ab}=40 \times 0.95=38$ (V), $38/1.732=21.9$ (V)。

当 $m=0.7$ 时, $U_{ab}=40 \times 0.7=28$ (V), $28/1.732=16.16$ (V)。

由于相间故障所施加的电压与计算值不同,需要进行修正。有以下两种修正方法(以 AB 相阻抗 $Z_{ab}=U_{ab}/I_{ab}$ 为例):

1) 故障相电压相差 120° 。

2.1a 态: $U_a=U_p \angle 0^\circ$, $U_b=U_p \angle -120^\circ$, 则 $U_{ab}=U_{pp} \angle 30^\circ$, 故障相电流 $I_{ab}=20A \angle -60^\circ$ (设阻抗继电器最大灵敏角为 90°), $I_a=10A \angle -60^\circ$ 故障, $I_b=10A \angle 120^\circ$, 其中的 U_{pp} 为上述计算电压 42V, $U_p=U_a=U_b=42/1.732=24.2$ (V), 即 $U_a=24.2V \angle 0^\circ$ 故障, $U_b=24.2V \angle -120^\circ$ 故障, 距离 I 段保护可靠不动, 见图 1-34。

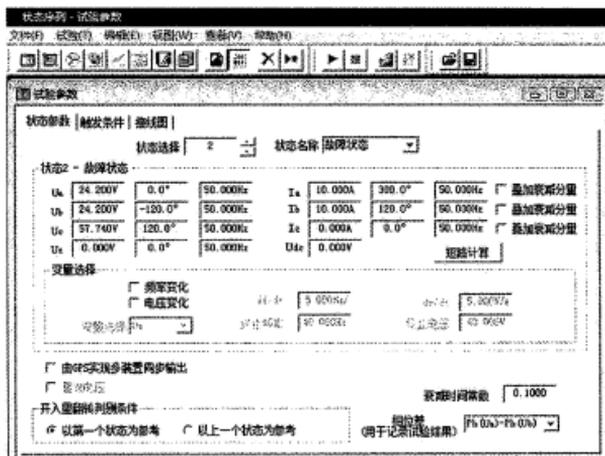


图 1-34 相间距离保护检验方法一

2.2a 态: 将图 1-34 中 U_a 、 U_b 改为 21.9V, 其余数值不变, 距离 I 段可靠动作。

2.3a 态: 将图 1-34 中 U_a 、 U_b 改为 16.1V, 其余数值不变, 测量距离 I 段动作时间。

2) 故障相电压相差 60° 。

2.1b 态: $U_a=U_p \angle -30^\circ$, $U_b=U_p \angle -90^\circ$, 则 $U_{ab}=U_{pp} \angle 30^\circ$, 故障相电流 $I_{ab}=20A \angle -60^\circ$ (设阻抗继电器最大灵敏角为 90°), $I_a=10A \angle -60^\circ$ 故障, $I_b=10A \angle 120^\circ$, 其中的 U_{pp} 为上述计算电压 42V, $U_p=U_a=U_b=U_{ab}=42V$, 即 $U_a=42V \angle -30^\circ$ 故障, $U_b=42V \angle -90^\circ$ 故障, 见图 1-35。

2.2b 态: 将图 1-35 中 U_a 、 U_b 改为 38V, 其余数值不变, 距离 I 段可靠动作。

2.2b 态: 将图 1-35 中 U_a 、 U_b 改为 28V, 其余数值不变, 测量距离 I 段动作时间。

(2) 反方向试验。加故障电流为 2 倍额定电流, 分别模拟反方向各种类型 (AN、BN、CN、AB、BC、CA) 出口故障, 距离保护均应不动作。

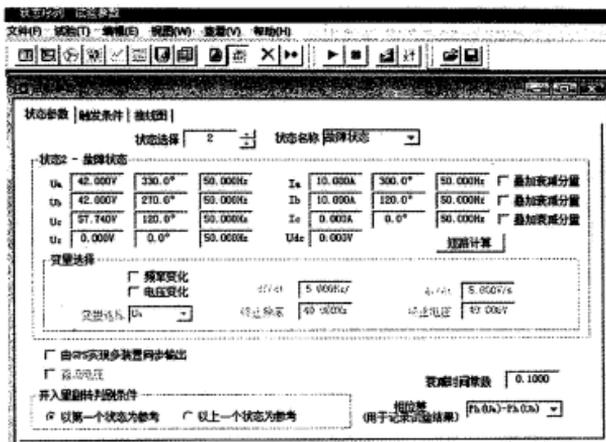


图 1-35 相间距离保护检验方法二

5. 距离 II 段和距离 III 段保护检验

分别模拟单相接地和相间故障，并测量保护动作时间。

模拟单相接地故障时 单相 $U=mIZ_{pm}(1+K)$

模拟相间故障时 相间 $U=2mIZ_{ppn}$

式中 m ——系数，其值分别为 0.95、1.05、0.7；

K ——零序补偿系数；

n ——其值分别为 2 和 3；

Z_{p2} ——接地距离 II 段定值；

Z_{p3} ——接地距离 III 段定值；

Z_{pp2} ——相间距离 II 段定值；

Z_{pp3} ——相间距离 III 段定值。

距离 II 段和距离 III 段保护在 0.95 倍定值时应可靠动作，在 1.05 倍定值时应可靠不动作，在 0.7 倍定值时测量距离 II、III 段时间。

检验方法与距离 I 段相仿，稍微不同的是，阻抗值变大后，相应的电流设定小一些，使试验电压不超出额定值；同时注意故障状态的时间设定得超过相应段距离保护的时间定值即可，不再详述。

6. 距离保护不同角度边界检验

以接地距离 I 段为例，检验该圆在 60° 与 30° 两点的阻抗值，故障状态的时间设定为 100ms，控制字设定同检验距离 I 段。

(1) 60° 测量阻抗。由于最大灵敏角为 85° ， 85° 的直线为圆的直径， 60° 的直线为圆的一根弦，与直径的夹角为 $85^\circ-60^\circ=25^\circ$ ，其测量阻抗应该为 $2\cos 25^\circ=2\times 0.906=1.81(\Omega)$ 。

施加试验电流 $I_n=10A$ ，则施加的试验电压计算值为

$$U_n=(1+K_0)IZ=(1+0.5)\times 10\times 1.81=27.2(V)$$



当 $m=1.05$ 时, $U_a=27.2 \times 1.05=28.56$ (V), 距离 I 段不动作 (实测 31V 不动)。

当 $m=0.95$ 时, $U_a=27.2 \times 0.95=25.84$ (V), 距离 I 段可靠动作 (检验数值见图 1-36)。

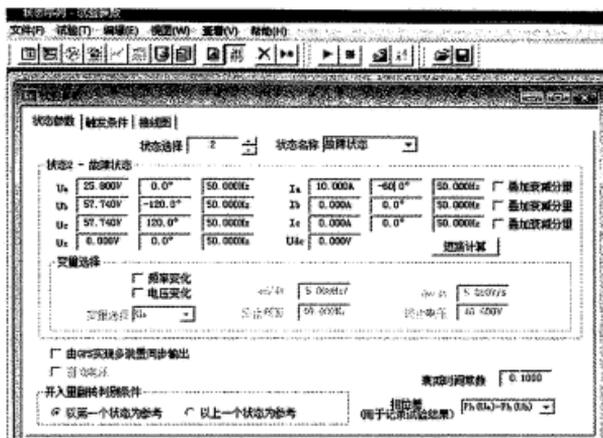


图 1-36 距离保护 60°边界值检验

(2) 30°测量阻抗。由于最大灵敏角为 85°, 85°的直线为圆的直径, 30°的直线为圆的一根弦, 与直径的夹角为 85°-30°=55°, 其测量阻抗应该为 $2\cos 55^\circ=2 \times 0.573=1.15$ (Ω)。

施加试验电流 $I_a=10$ A, 则施加的试验电压计算值为

$$U_a = (1+K_0)IZ = (1+0.5) \times 10 \times 1.15 = 17.25 \text{ (V)}$$

当 $m=1.05$ 时, $U_a=17.25 \times 1.05=18.1$ (V), 距离 I 段不动作 (实测 18.3V 不动)。

当 $m=0.95$ 时, $U_a=17.25 \times 0.95=16.4$ (V), 距离 I 段可靠动作 (检验数值见图 1-37)。

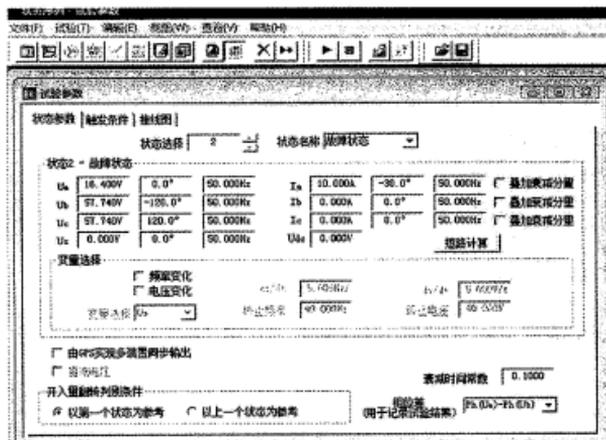


图 1-37 距离保护 30°边界值检验

7. 负荷限制线检验

(1) “负荷限制距离”控制字置 1，接地距离Ⅲ段定值改为 16Ω ，负荷限制电阻 9Ω 。

根据原理，当“负荷限制距离”控制字置 1 时，动作区必须在接地距离Ⅲ段和负荷限制线共同范围内。当 $R_{ZD}=9\Omega$ 时，大于接地距离Ⅲ段半径 8Ω ，检验出来的数值就是接地距离Ⅲ段的边界值。为简化，仅检验 60° 和 30° 两点。

(2) 60° 测量阻抗。由于最大灵敏角为 85° ， 85° 的直线为圆的直径， 60° 的直线为圆的一根弦，与直径的夹角为 $85^\circ-60^\circ=25^\circ$ ，其测量阻抗应该为 $16\cos 25^\circ=16\times 0.906=14.5(\Omega)$ 。

施加试验电流 $I_a=2A$ ，则施加的试验电压计算值为

$$U_a = (1+K_0)IZ = (1+0.5) \times 2 \times 14.5 = 43.5(V)$$

当 $m=1.05$ 时， $U_a=43.5 \times 1.05=45.7(V)$ ，距离Ⅲ段不动作（见图 1-38，故障时间设定为 4s）。

当 $m=0.95$ 时， $U_a=43.5 \times 0.95=41.3(V)$ ，距离Ⅲ段可靠动作（将图 1-38 中 U_a 数值改为 41.3V）。

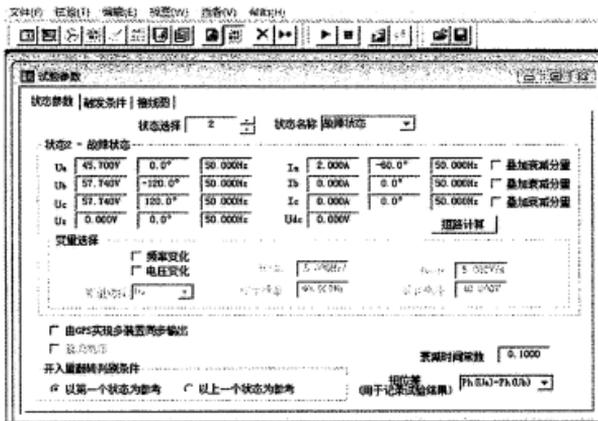


图 1-38 接地距离Ⅲ段 60° 边界值检验

(3) 30° 测量阻抗。由于最大灵敏角为 85° ， 85° 的直线为圆的直径， 30° 的直线为圆的一根弦，与直径的夹角为 $85^\circ-30^\circ=55^\circ$ ，其测量阻抗应该为 $16\cos 55^\circ=16\times 0.573=9.17(\Omega)$ 。

施加试验电流 $I_a=2A$ ，则施加的试验电压计算值为

$$U_a = (1+K_0)IZ = (1+0.5) \times 2 \times 9.17 = 27.5(V)$$

当 $m=1.05$ 时， $U_a=27.5 \times 1.05=28.9(V)$ ，距离Ⅲ段不动作（见图 1-39，故障时间设定为 4s）。

当 $m=0.95$ 时， $U_a=27.5 \times 0.95=26.1(V)$ ，距离Ⅲ段可靠动作（将图 1-39 中 U_a 数值改为 26.1V）。

(4) “负荷限制距离”控制字置 1，接地距离Ⅲ段定值为 16Ω ，负荷限制电阻改为 5Ω 。

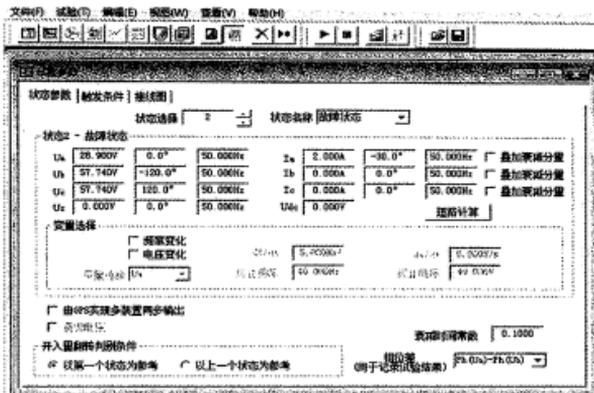


图 1-39 接地距离Ⅲ段 30°边界值检验

当负荷电阻 $R_{ZD}=5\Omega$ 时，由于小于接地距离Ⅲ段圆的半径 8Ω ，动作区变小，以计算 30° 方向线与负荷限制线交点的阻抗数值为例（见图 1-40），详细叙述如下：

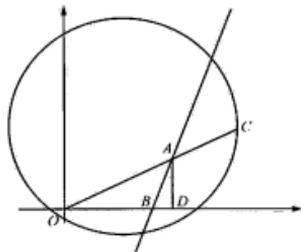


图 1-40 负荷限制线与距离Ⅲ段相交

图 1-40 中， OC 为接地距离Ⅲ段在 30° 方向的一根直线，与接地距离Ⅲ段相交于 C 点，与负荷限制线相交于 A 点， BA 为负荷限制线， AD 为 OB 的垂线。根据题意， $\angle AOD=30^\circ$ ， $\angle ABD=85^\circ$ ， $OB=R_{ZD}=5\Omega$ ，在直角 $\triangle AOD$ 和直角 $\triangle ABD$ 中，有如下公式：

$$AD = \sin 30^\circ OA = \sin 85^\circ AB, \text{ 得 } AB = \sin 30^\circ / \sin 85^\circ OA$$

$$OD = \cos 30^\circ OA = OB + BD = 5 + \cos 85^\circ AB = 5 + (\sin 30^\circ / \sin 85^\circ) \cos 85^\circ OA$$

$$OA_1 = 5 / (\cos 30^\circ - \sin 30^\circ \cot 85^\circ) = 5 / (0.866 - 0.5 \times 0.087) = 5 / 0.8225 = 6.08 (\Omega)$$

由前面检验可知， 30° 的接地距离Ⅲ段边界为 9.17Ω 。

试验电流 $I_a=2A$ ，试验电压 U_a 计算如下

$$U_a = (1+K_0) IZ = (1+0.5) \times 2 \times 6.08 = 18.24 (V)$$

当 $m=1.05$ 时， $U_a=18.24 \times 1.05=19.1(V)$ ，距离Ⅲ段不动作（将图 1-39 中 U_a 数值改为 $19.1V$ ）。

当 $m=0.95$ 时， $U_a=18.24 \times 0.95=17.3 (V)$ ，距离Ⅲ段可靠动作（将图 1-39 中 U_a 数值改为 $17.3V$ ）。

可方便地计算出 A_1 点（负荷限制电阻线与 30° 直线交点）的坐标为：

$$A_1 (5.26, 3.04), 6.08 \times \cos 30^\circ = 5.26, 6.08 \times \sin 30^\circ = 3.04$$

$$\tan \alpha = 3.04 / (5.26 - 5) = 11.69, \alpha = 85^\circ$$

（三）零序保护检验

1. 零序各段定值与时间检验

（1）仅投零序保护压板。“零序Ⅲ段经方向”控制字置 1。

零序保护相关定值： $I_{02}=5A$ ， $T_{02}=1.5s$ ， $I_{03}=4A$ ， $T_{03}=3.5s$ ， $I_{0S}=6A$ 。

分别模拟 A、B、C 相正方向单相接地故障，加故障电压 30V，故障电流 mI_{0n} ，故障时间分别大于各自整定的时间定值。其中： m 为系数，其值分别为 0.95、1.05； n 为其值分别为 2 和 3； I_{02} 为零序 II 段定值； I_{03} 为零序 III 段定值。

零序 II 段和零序 III 段保护在 0.95 倍定值时应可靠不动作，在 1.05 倍定值时应可靠动作，在 1.2 倍定值时测量零序 II、III 段时间。

(2) 具体计算。

零序 II 段： $1.05 \times 5 = 5.25$ (A)，时间设定 2s，零序 II 段可靠动作。

$0.95 \times 5 = 4.75$ (A)，时间设定 2s，零序 II 段可靠不动作。

$1.2 \times 5 = 6$ (A)，测量零序 II 段动作时间。

零序 III 段： $1.05 \times 4 = 4.2$ (A)，时间设定 3.6s，零序 III 段可靠动作。

$0.95 \times 4 = 3.8$ (A)，时间设定 3.6s，零序 III 段可靠不动作。

$1.2 \times 4 = 4.8$ (A)，测量零序 III 段动作时间。

(3) 用状态序列法做 (以零序 II 段为例)。

1 态：正常正序电压，无电流，时间大于 TV 断线闭锁复归时间，设定为 13s。

2 态： I_a 角度落后 $U_A 90^\circ$ ， I_A 数值为 5.25A， U_A 数值为 20V，时间设定为 2s，零序 II 段可靠动作。改变 I_A 数值为 4.75A，其余不变，零序 II 段可靠不动作。改变 I_A 数值为 6A，其余不变，测量零序 II 段动作时间。

2. 零序方向保护动作边界及最大灵敏角检验

(1) 用状态序列法。

1) 上边。

1 态：正常正序电压，无电流，时间大于 TV 断线闭锁复归时间，设定为 13s。

2 态： I_a 角度超前 $U_A 13^\circ$ ，数值为 5.5A (超过零序 II 段定值 5A)，时间为 2s，零序 II 段不动作 (见图 1-41)。

3 态：正常正序电压，无电流，时间设定为 1s。

4 态： I_a 角度超前 $U_A 7^\circ$ ，数值为 5.5A，时间为 2s，零序 II 段动作 (见图 1-42)。

2) 下边。

1 态：正常正序电压，无电流，时间大于 TV 断线闭锁复归时间，设定为 13s。

2 态： I_a 角度超前 $U_A 191^\circ$ ，数值为 5.5A，时间为 2s，零序 II 段不动作 (将图 1-41 中 I_a 电流角度改为 191°)。

3 态：正常正序电压，无电流，时间设定为 1s。

4 态： I_a 角度超前 $U_a 197^\circ$ ，数值为 5.5A，时间为 2s，零序 II 段动作 (将图 1-42 中 I_a 电流角度改为 197°)。

(2) 最大灵敏角计算。

$$\phi_{LM} = [360^\circ - (\phi_1 + \phi_2)] / 2 = [360^\circ - (7^\circ + 197^\circ)] / 2 = 156^\circ / 2 = 78^\circ$$

(3) 反方向试验。加故障电流为 2 倍额定电流，模拟反方向故障，零序各段保护均应不动作。

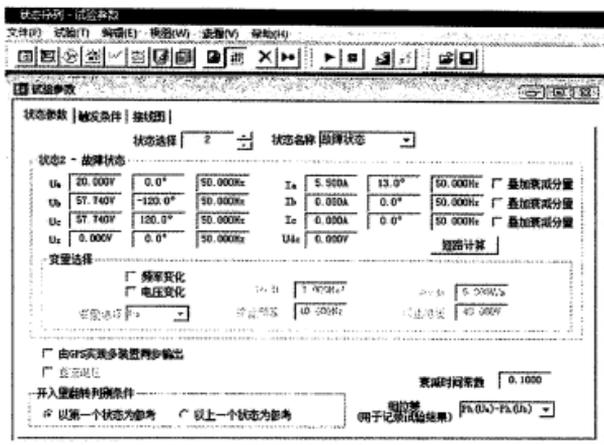


图 1-41 零功率方向动作边界检验（不动作点）

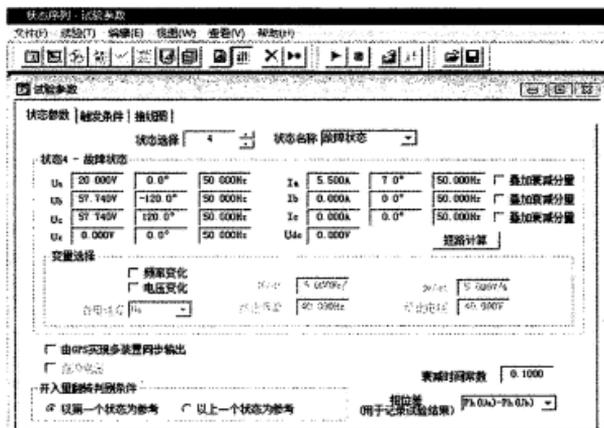


图 1-42 零功率方向动作边界检验（动作点）

（四）重合闸定值检验

1. 重合闸时间检验（单相重合闸）

重合闸把手切至“单重”位置，投入差动、距离、零序保护硬压板和软压板以及自环投入压板，各保护投入控制字置“1”。断路器置合位，给保护充电，直至“重合允许”灯亮。

采用“状态序列”法检验：

1 态：正常运行状态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 28s，使装置 TV 断线复归，并等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

2 态：故障态。根据保护定值计算，使得相应保护速动段动作于跳闸，一般时间设为 0.05s。

3 态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，采用重合闸触点动作停表，以测出重合闸时间。

说明：在检验三相重合闸时，在正常态需加入正常的线路电压。在重合闸状态则视重合闸条件而定，若为检同期则加线路电压，若为不检方式则不加线路电压。

2. 重合闸脉宽检验（单相重合闸）

重合闸把手切至“单重”位置，投入差动、距离、零序保护硬压板和软压板以及自环投入压板，各保护投入控制字置“1”。断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

采用“状态序列”法检验：

1 态：正常运行状态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 28s，使装置 TV 断线复归，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

2 态：故障态。根据保护定值计算，使得相应保护速动段动作于跳闸，一般时间设为 0.05s。

3 态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，并采用重合闸触点动作停表，转入下一态。

4 态：重合态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，采用重合闸触点返回停表，以测出重合闸脉宽，一般重合闸脉宽为 110ms 左右，如图 1-43 所示。

说明：开入量翻转判别条件需设置为“以上一个状态为参考”。

（五）TA 断线状态功能试验

1. TA 断线对差动保护的影响

（1）TA 断线特征描述。有自产零序电流而无零序电压，延时 10s 发 TA 断线异常信号。

（2）试验时，仅投“主保护投入”压板。“TA 断线闭锁差动”控制字整定为“0”，TA 断线后差动保护定值抬高。“TA 断线闭锁差动”控制字整定为“1”，TA 断线后差动保护退出运行。

1) “TA 断线闭锁差动”控制字整定为“0”（SW3=0）。

相关的定值： $I_n=4A$ ， $I_M=3A$ ，TA 断线差流定值 3.6A。

1 态：加正常三相电压，时间大于 15s（见图 1-24）。TV 断线闭锁复归。

2 态：模拟 TA 断线，加正常对称电压及零序电流大于 $0.1I_n$ 超过 10s，“最长状态时间”设置为 12s，AB 相通入 0.8A 电流，C 相无电流，见图 1-44。

3.1 态：模拟单相故障，故障电流大于差动低定值，但小于 TA 断线差流定值（大于 1.5A 小于 1.8A，取 1.6A），“最长状态时间”设置为 200ms，差动保护不动作，见图 1-45。

3.2 态：模拟单相故障，故障电流大于 TA 断线差流及差动低值的定值，但小于差动高定值（大于 1.8A 小于 2A，取 1.9A，将图 1-45 中 I_A 数值改为 1.9A），差动低值保护动作。

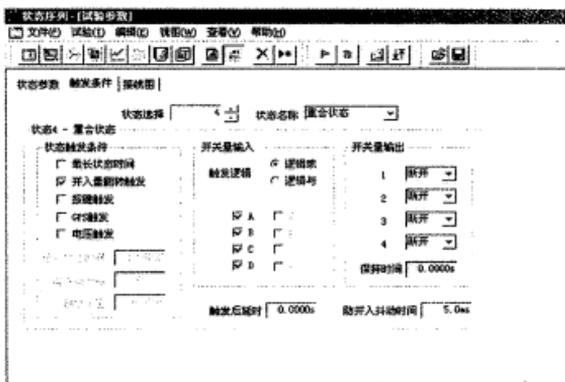


图 1-43 重合状态 (测量重合闸脉宽)



图 1-44 TA 断线状态

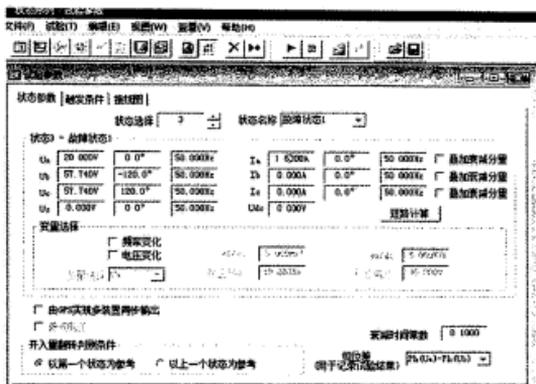


图 1-45 TA 断线后再故障

3.3 态: 模拟单相故障, 故障电流大于差动高定值及 TA 断线差流定值(大于 2A, 取 2.1A, 将图 1-45 中 I_A 数值改为 2.1A), 差动保护高值动作。

2) “TA 断线闭锁差动”控制字整定为“1”。重复上述试验, 差动保护均不动作。

2. TA 断线对零序保护的影响

试验时仅投“零序保护投入”压板。TA 断线, 零序 II 段保护不经方向控制, 零序 III 段保护退出运行。

零序保护相关定值 $I_{02}=5A$, $T_{02}=1.5s$, $I_{03}=4A$, $T_{03}=3.5s$, $I_{05}=6A$ 。

1 态: 加正常三相电压, 时间大于 15s, 使 TV 断线复归(见图 1-24)。

2 态: 模拟 TA 断线, 加正常对称电压及零序电流大于 $0.1I_N$ 超过 10s (设定为 12s), AB 相通入 0.8A 电流, C 相无电流(见图 1-44)。

3.1 态: 模拟 A 相故障, 故障电流大于零序 III 段定值(见图 1-46), 故障时间大于零序

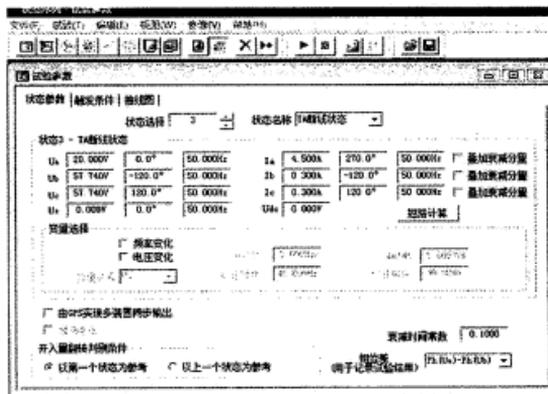


图 1-46 TA 断线后零序 III 段退出



III段时间（设定为 3.6s）， I_{03} 保护不动作。

3.2 态：模拟 A 相故障，故障电流大于零序 II 段定值（将图 1-46 中 I_A 的数值改为 5.5A），时间大于零序 II 段时间（设定为 1.6s）， I_{02} 保护动作。

3.3 态：模拟 A 相故障，故障电流大于零序 II 段定值，并且反方向（见图 1-47），时间大于零序 II 段时间（设定为 1.6s）， I_{02} 保护仍然动作。



图 1-47 TA 断线后零序 II 段不带方向

（六）TV 断线状态功能试验

1. TV 断线对保护的影响

（1）TV 断线特征描述。三相电压相量和大于 8V，保护不启动，延时 1.25s 发 TV 断线异常信号。三相电压相量和小于 8V，但正序电压小于 33.3V 时，若采用母线 TV 则延时 1.25s 发 TV 断线异常信号；若采用线路 TV，则当任一相有流元件动作或 TWJ 不动作时，延时 1.25s 发 TV 断线异常信号。装置通过整定控制字来确定是采用母线 TV 还是线路 TV。

（2）试验时，仅投“距离保护投入”压板。TV 断线信号动作的同时，保留工频变化量阻抗元件，将其门坎增加至 $1.5U_N$ ，退出距离保护，自动投入 TV 断线相过电流和 TV 断线零序过电流保护。RCS-931A 将零序过电流保护 II 段退出，III 段不经方向元件控制。

三相电压正常后，经 10s 延时 TV 断线信号复归。

2. TV 断线过电流保护定值检验

定值：TV 断线相过电流 4A，TV 断线零序过电流 3A，时间 4s。

1 态：加正常三相电压，无电流，时间小于 TV 断线复归时间（取 1s），见图 1-24。

2.1 态：模拟 A 相故障，设定 $I_A=3.5$ （A）， $U_A=(1+0.5) \times 3.5 \times 2 \times 0.95=10$ （V），故障时间设定为 4.5s，接地距离保护不动作，TV 断线零序过电流保护动作，报文为“TV 断线过电流”（见图 1-48）。

2.2 态：模拟 AB 相间故障，设定 $I_A=I_B=4.5$ A，方向相反， $U_A=2 \times 4.5 \times 2 \times 0.95=17.1$ （V），故障时间设定为 4.5s，相间距离保护不动作，TV 断线相过电流保护动作，报文仍为“TV 断线过电流”（见图 1-49）。

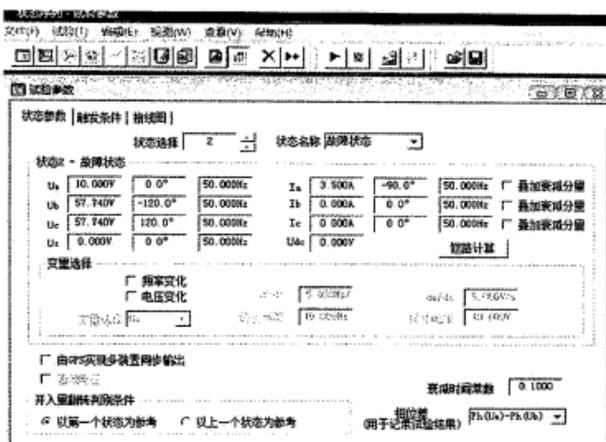


图 1-48 TV 断线自动投入零流保护

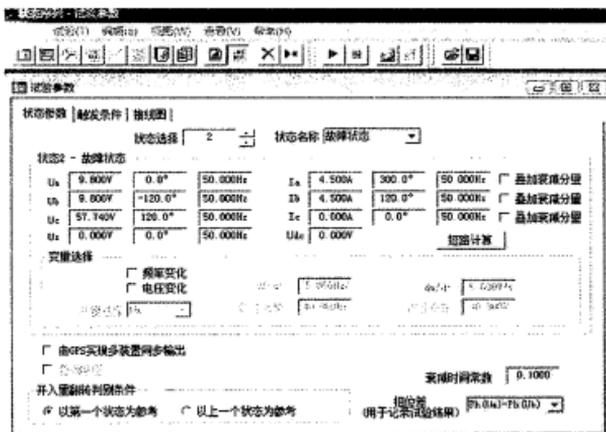


图 1-49 TV 断线自动投入相电流保护

结论: TV 断线后, 距离保护退出, 自动投入 TV 断线相电流和 TV 断线零序电流保护。

3. TV 断线对零序保护影响的试验

试验时仅投“零序保护投入”压板。零序保护相关定值 $I_{02}=5A$, $T_{02}=1.5s$, $I_{03}=4A$, $T_{03}=3.5s$, $I_{3s}=6A$ 。

用状态序列法做试验:

1 态: 加正常三相电压, 无电流, 如果时间大于 TV 断线复归时间 (取 13s), 则进入正常运行状态 (见图 1-24), 如果时间小于 10s, 如 1s, 则是 TV 断线状态。

2.1 态: 模拟 A 相零序 II 段故障 (见表 1-5), I_{02} 不动作。



2.2 态：模拟 A 相零序Ⅲ段反相故障（见表 1-5）， $3.5sI_{03}$ 仍然动作。

表 1-5 TV 断线对零序保护的影响一览表

项 目	TV 未断线（1 态时间设为 13s）		TV 断线（1 态时间设为 1s）	
	设定条件	试验结果	设定条件	试验结果
零序Ⅱ段	$I_A=5.5A, T=1.6s$	I_{02} 动作	同 TV 未断线	I_{02} 不动作
零序Ⅲ段反方向	$I_A=4.5A, T=3.6s, \varphi=90^\circ$	I_{03} 不动作	同 TV 未断线	I_{03} 动作

结论：TV 断线后，RCS-931A 零序过电流保护Ⅱ段退出，Ⅲ段不经方向元件控制。

（七）非全相运行功能检验

1. 状态描述

非全相运行流程包括非全相状态和合闸于故障保护，跳闸固定动作或跳闸位置继电器 TWJ 动作且无电流，经 30ms 延时置非全相状态。

（1）单相跳闸固定动作或 TWJ 动作而对应的有流元件不动作判为跳开相。

（2）三相跳闸固定动作或三相 TWJ 均动作且三相无电流时，置非全相状态，有电流或三相 TWJ 返回后开放合闸于故障保护 0.2s。

2. 非全相运行状态对保护的影响

非全相运行状态下，退出与断开相相关的相、相间工频变化量距离继电器，同时零序过电流保护Ⅱ段退出，Ⅲ段不经方向元件控制，Ⅲ段时间缩短 0.5s。

3. 非全相运行对距离保护的影响试验

试验时仅投入“距离保护投入”压板，重合闸把手置“单重”或“综重”，不可置“三重”。

1 态：正常正序电压，无电流，时间大于 TV 断线闭锁复归时间，设定为 13s。

2 态：模拟 A 相故障，时间设定为 0.1s，仅投入 A 相跳闸压板，使 A 相跳闸。

3 态：正常正序电压，无电流，时间设定为 0.2s（小于重合闸时间），目的是确认非全相状态。

4.1 态：模拟 B 相故障（故障时间设定为 25ms，下同），B 相工频变化量距离保护 13ms 动作，保护三相跳闸信号灯亮，不重合。模拟 C 相故障，C 相工频变化量距离保护 13ms 动作，保护三相跳闸信号灯亮，不重合。模拟 A 相故障，工频变化量距离保护不动作。

4.2 态：模拟 BC 故障，BC 相工频变化量距离保护 13ms 动作，保护三相跳闸信号灯亮，不重合。模拟 AB、CA 相故障，工频变化量距离保护不动作。

4. 非全相运行对零序保护的影响试验

试验时仅投入“零序保护投入”压板。

1 态：正常正序电压，无电流，时间大于 TV 断线闭锁复归时间，设定为 13s。

2 态：模拟 A 相故障，时间设定为 1.6s，仅投入 A 相跳闸压板，零序Ⅱ段动作，使 A 相跳闸。

3 态：正常正序电压，无电流，时间设定为 0.2s（小于重合闸时间），目的是确认非全相状态。

4 态：通入如表 1-6 所示电流。

表 1-6 非全相对零序保护的影响一览表

项 目	设 定 条 件	试 验 结 果
零序 II 段	$I_A=5.5A, T=1.6s$	无保护动作, 重合闸动作
零序 III 段反方向	$I_A=4.5A, T=3.6s, \varphi=90^\circ$	3.0s t_{03} 动作 (零序 III 段时间缩短 0.5s)

结论: 非全相后零流保护 II 段退出, III 段不经方向控制, III 段时间缩短 0.5s。

(八) 振荡闭锁功能试验

保护定值: 接地距离 I 段 2 Ω , 接地距离 II 段 3 $\Omega/1s$, 接地距离 III 段 6 $\Omega/2s$; 相间距离 I 段 2 Ω , 相间距离 II 段 4 $\Omega/1s$, 相间距离 III 段 6 $\Omega/2s$ 。

1. 系统发生在振荡后, 本线路又发生接地距离 I 段范围内不对称故障

(1) 初次故障时间小于 160ms (如 0.1s), 第二次故障保护不被闭锁, 可瞬时出口 (测试仪记录的第三态保护动作为 53ms, 保护装置记录的保护动作为 153ms)。

(2) 初次故障时间大于 160ms (如 0.3s), 第二次故障不满足不对称故障开放条件, 保护被闭锁。

(3) 初次故障时间大于 160ms (如 0.3s), 第二次故障满足不对称故障开放条件 ($I_2+I_0 \geq mI_1$), 保护重新开放 (测试仪记录的第三态保护动作为 53ms, 保护装置记录的保护动作为 353ms)。

用状态序列法做试验:

1 态: 正常态 (故障前状态), 时间 13s (大于 TV 断线时间) (见图 1-24)。

2 态: 初次故障状态 (故障状态 1) 时间为 100ms (见图 1-50)。

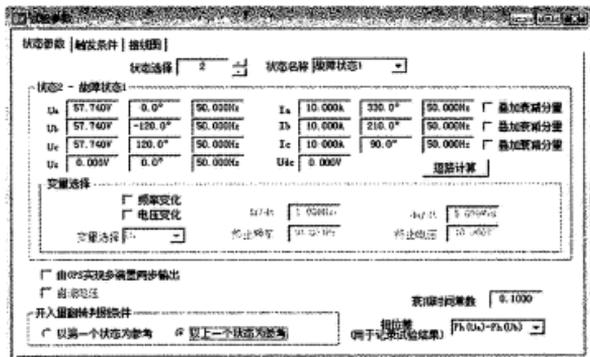


图 1-50 初次故障状态参数 (突然加三相电流, 保护由变化量启动元件启动)

3.1 态: 第二次发生不对称故障, 而且不满足不对称故障开放条件 ($I_2+I_0 \geq mI_1$)。

3.2 态: 第二次发生不对称故障, 而且满足不对称故障开放条件 ($I_2+I_0 \geq mI_1$)。

保护又重新被开放。

注意: 图 1-51 和图 1-52 的区别在于: 前者不满足不对称故障开放条件, 后者满足不对称故障开放条件 ($I_2+I_0 \geq mI_1$)。

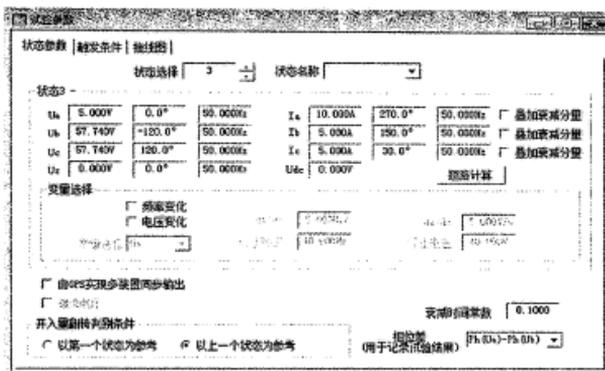


图 1-51 第二次故障（不满足不对称故障开放条件）

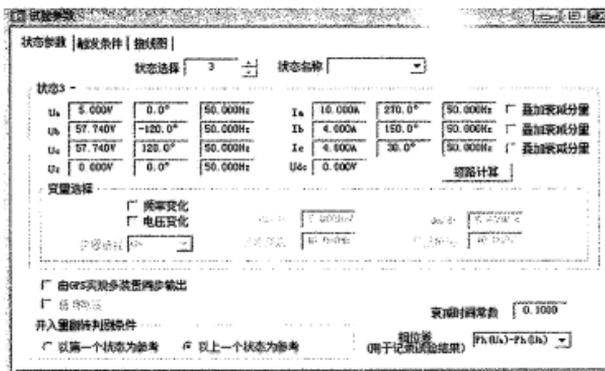


图 1-52 第二次故障（满足不对称故障开放条件）

具体计算如下：对于图 1-52， I_A 、 I_B 、 I_C 为正序电流，分别为 10、5、5A，根据对称分量法，可以计算得到 I_1 、 I_2 、 I_0 分别为 6.7、1.7、1.7A， $m=3.4/6.7=0.51$ ，不满足不对称故障开放条件。对于图 1-53， I_A 、 I_B 、 I_C 为正序电流，分别为 10、4、4A，根据对称分量法，可以计算得到 I_1 、 I_2 、 I_0 分别为 6.0、2.0、2.0A， $m=4/6=0.67$ ，满足不对称故障开放条件。

2. 系统发生振荡后，本线路又发生相间距离 I 段范围内对称故障

(1) 对称故障开放振荡闭锁的判据。采用的动作判据分为两部分：

— $-0.03U_N < U_{OS} < 0.08U_N$ ，延时 150ms 开放（公式 1）。

— $-0.1U_N < U_{OS} < 0.25U_N$ ，延时 500ms 开放（公式 2）。

其中， $U_{OS}=U_c \cos \varphi$ 。

(2) 改变故障电压数值的方法试验。

1) 对右边不等式的计算。取 $\varphi=60^\circ$ ， $U_{OS}=U_c \cos \varphi=U_c \cos 60^\circ=0.5U_c$ 。

由公式 1 得 $0.5U < 0.08 U_N = 4.616V$

即 $U < 9.23V$ (取 $U=8V$), 满足公式 1, 保护重新开放 150ms。

由公式 2 得 $0.5U < 0.25U_N = 14.425V$

即 $U < 28.85V$, 满足公式 2, 保护重新开放 500ms。

综合起来, 当 $U < 9.23V$ (取 $U=8V$) 时, 满足公式 1, 保护重新开放 150ms; 当 $9.23V < U < 28.85V$ 时 (取 $U=28V$), 满足公式 2, 保护重新开放 500ms; 当 $U > 28.85V$ (取 $U=32V$) 时, 不满足公式 1 和公式 2, 保护仍然被闭锁。

2) 对左边不等式的计算。取 $\varphi = 240^\circ$, $U_{OS} \cdot U \cos \varphi = U \cos 240^\circ = -0.5U$ 。

由公式 1 得 $-0.03U_N (-1.731V) < -0.5$

即 $U < 3.46V$ (实际试验下来, 为 2V), 满足公式 1, 保护重新开放 150ms。

由公式 2 得 $-0.1U_N (-5.77V) < -0.5$

即 $U < 11.5V$ (实际试验下来, 为 8V), 满足公式 2, 保护重新开放 500ms。

综合起来, 当 $U < 3.46V$ (实际试验下来, 为 2V) 时, 满足公式 1, 保护重新开放 150ms; 当 $3V < U < 8V$ 时, 满足公式 2, 保护重新开放 500ms; 当 $U > 11.5V$ (实际试验下来, 为 10V) 时, 不满足公式 1 和公式 2, 保护仍然被闭锁。

3) 对右边不等式的验证 (与对左边不等式的验证方法相仿, 不再叙述)。

4) 试验方法。

1 态: 正常态 (故障前状态), 时间 13s (大于 TV 断线时间, 见图 1-24)。

2a 态: (故障状态 1) 时间为 100ms (小于 160ms, 见图 1-53, 时间未显示)。

3a 态: 第二次故障保护不被闭锁 (故障状态 1 时间为 100ms), 可瞬时出口 (测试仪记录的第三态保护动作时间为 59ms, 保护装置记录的保护动作时间为 159ms)。

2b 态: (故障状态 1) 时间为 300ms (大于 160ms, 见图 1-53, 时间未显示)。

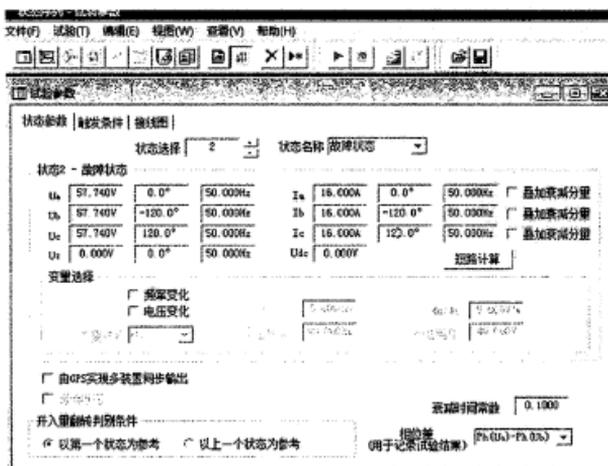


图 1-53 静稳破坏故障



3b1 态: 第二次故障不满足对称故障开放条件(故障状态 1 时间为 300ms), 保护被闭锁(见图 1-54)。

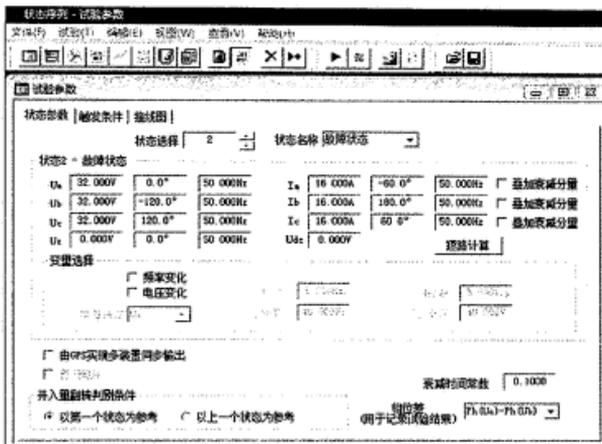


图 1-54 不满足对称故障开放三相故障

3b2 态: 第二次故障满足对称故障开放条件($U_S \leq 0.08 U_N$) (故障状态 1 时间为 300ms), 保护延时 150ms 后重新开放, 见图 1-55 (测试仪记录的第三态保护动作时间为 48ms, 保护装置记录的保护动作时间为 498ms)。

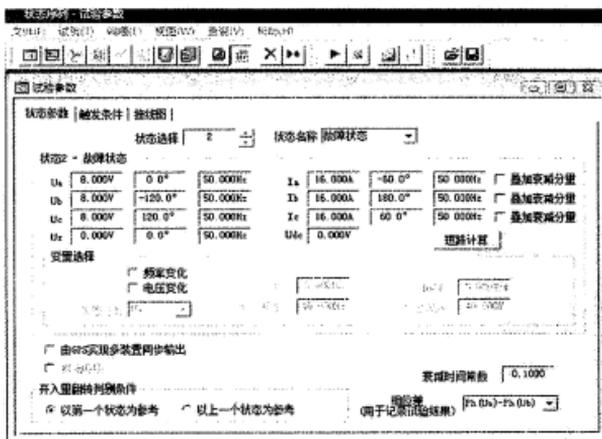


图 1-55 对称故障开放 150ms 的三相故障

3b3 态: 第二次故障满足对称故障开放条件($U_S \leq 0.25 U_N$) (故障状态 1 时间为 300ms), 保护延时 500ms 后重新开放, 见图 1-56 (测试仪记录的第三态保护动作时间为 48ms, 保

护装置记录的保护动作为 848ms)。

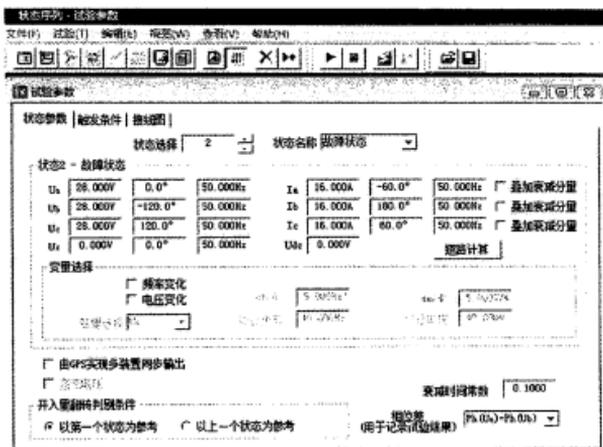


图 1-56 对称故障开放 500ms 的三相故障

3b1 态: 第二次故障不满足对称故障开放条件 ($U_S \geq 0.25U_N$), 保护被闭锁。

3b2 态: 第二次故障满足对称故障开放条件 ($U_S \leq 0.08U_N$), 保护延时 150ms 后重新开放。

3b3 态: 第二次故障满足对称故障开放条件 ($U_S \leq 0.25U_N$), 保护延时 500ms 后重新开放。

(3) 改变故障电压相位的方法试验。

采用“状态序列”法检验:

第一态: 正常运行状态。加入三相正序电压 (57.7V), 三相无电流, 一般正常态时间为 13s, 使装置 TV 断线复归 (见图 1-24)。

第二态: 系统失稳态。根据保护定值, 通入三相电压为 57.7V、正序, 通入三相电流为 15A、正序, 电流与电压的角度为 0° , 时间为 300ms (将图 1-53 中电流改为 15A)。

第三态: 故障态。试验时间设为 1s, 模拟三相短路, 根据以上定值得, 当三相电压 $U=20V$ 、故障相电流 $I=15A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离 I 段可靠动作, 动作为 170ms 左右。说明延时 150ms 开放, 此时, $U_{OS}=U_{OS}\cos\varphi=0$ (见图 1-57)。

维持电压、电流幅值不变, 改变它们之间的相位, 可验证其动作判据的边界, 如表 1-7 所示。表中所示角度均为电压超前电流的角度。

$$-0.03U_N < U_{OS} = U_{OS}\cos\varphi < 0.08U_N, \text{ 即 } -1.731V < U_{OS} < 4.616V, 95^\circ > \varphi > 77^\circ$$

$$-0.1U_N < U_{OS} = U_{OS}\cos\varphi < 0.25U_N, \text{ 即 } -5.77V < U_{OS} < 14.425V, 106^\circ > \varphi > 40^\circ$$

(九) 重合闸后加速功能试验

1. 距离加速段定值及时间验证

(1) 加速接地距离 II 段定值验证。条件: 仅投距离保护硬压板和软压板, 重合把手切在

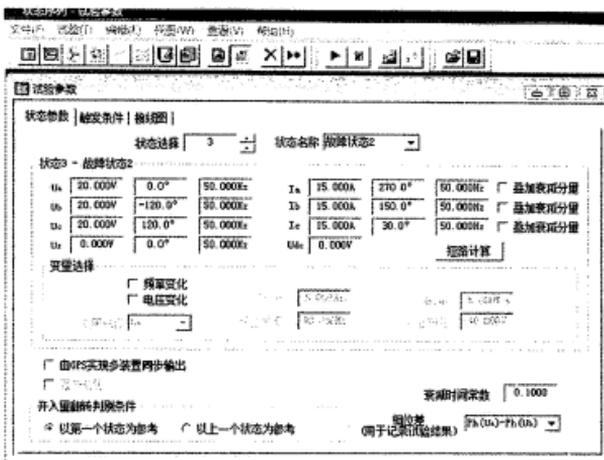


图 1-57 改变角度检验振荡闭锁开放

表 1-7 改变电压角度法

角 度	$U\cos\varphi$ (V)	XU_N	动作时间 (ms)
40°	15.32	$0.265 U_N$	不动作
41°	15.09	$0.261 U_N$	538
42°	14.86	U_N	530
76°	4.84	$0.083 U_N$	530
78°	4.16	$0.072 U_N$	184
94°	-1.4	$-0.024 U_N$	177
96°	-2.1	$-0.036 U_N$	527
105°	-5.18	$-0.089 U_N$	523
107°	-5.85	$-0.101 U_N$	不动作

“单重方式”。距离各段保护投入控制字置“1”。断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

采用“状态序列”法检验：

第一态：正常运行状态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 28s，使装置 TV 断线复归，“重合允许”灯亮。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得距离 I 段动作于跳闸，如 A 相故障，一般时间设为 0.1s。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为大于单相重合闸时间。用保护触点动作停表。

第四态：重合后加速态。加入故障态，当故障相电压 $U=0.95 \times 5 \times 3 \times (1+0.5) = 21.375$ (V)、故障相电流 $I=5$ A 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，距离加速段应可靠动作，测得的动作时间为 42ms 左右，装置报“距离加速动作”。当故障相电压 $U=1.05 \times 5 \times 3 \times (1+0.5) = 23.625$ (V)、故障相电流 $I=5$ (A) 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，距离加速段不动作。

(2) 加速相间距离 II 段定值验证。试验时重合闸把手一定要置“三重”或“综重”，其他试验方法同上，仅第四态计算公式不同。第四态：当故障相间电压 $U=0.95 \times 10 \times 4 = 38$ (V)、故障相间电流 $I=10$ (A) 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，距离加速段可靠动作。用保护触点动作停表，测得的动作时间为 42ms 左右。当故障相间电压 $U=1.05 \times 10 \times 4 = 42$ (V)、故障相间电流 $I=10$ (A) 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，距离加速段可靠不动作。

2. 零序过电流加速段定值验证

(1) 零序过电流保护定值验证。条件：仅投零序保护硬压板和软压板，重合把手切在“单重方式”。零序各段保护投入控制字置“1”。断路器置合位，并等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

采用“状态序列”法检验：

第一态：正常运行状态。加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般时间设为 28s，使装置 TV 断线复归，并等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得零序 II 段动作于跳闸，如 A 相故障，一般时间设为 1.6s。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般时间设为大于相应重合闸时间。

第四态：重合后加速态。加入故障态，故障相电压通入 30V，故障电流定值 $I=1.05 \times 6 = 6.3$ (A)，角度不限，零序过电流加速段可靠动作，装置报“零序加速动作”。故障电流定值 $I=0.95 \times 6 = 5.7$ (A)，角度不限，零序过电流加速段可靠不动作。

(2) 单重方式下零序过电流加速段时间验证。试验方法同上，第四态的故障电流需加到 1.2 倍零序过电流加速段定值以上，用保护触点动作停表，测得动作时间为 80ms 左右。

(3) 三重方式下零序过电流加速段时间验证。试验方法同上，需把重合把手切在“三重方式”，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，第三态时间设为大于三相重合闸时间。最后，第四态测得动作时间为 120ms 左右。

第三节 保护检验流程

微机保护检验项目见表 1-8。

表 1-8

微机保护检验项目

检验项目	新装检验	全部检验	部分检验
1 外观及接线检查	√	√	√
2 绝缘电阻检测	√	√	√



续表

检 验 项 目	新 装 检 验	全 部 检 验	部 分 检 验
3 逆变电源性能检验	√	√	√
4 通电初步检验	√	√	
5 开关量输入回路检验	√	√	√
6 模数转换系统检验 6.1 模拟量输入幅值特性检验 6.2 模拟量输入相位特性检验	√	√	√
7 保护定值检验 (详见第二节内容)	√	√	
8 整组试验 8.1 输出触点和信号检查 8.2 与其他保护装置联动试验 8.2.1 与本线路其他保护联动试验 8.2.2 与旁路保护配合试验 8.2.3 与母差及失灵保护配合试验 8.3 与中央信号、自动化系统等的配合试验 8.4 传动断路器试验	√	√	√
9 带通道联调试验 9.1 通道检查 9.2 装置带通道试验	√	√	√
10 用一次电流及工作电压的检验	√		
11 投运前定值与开关量的核查	√	√	√

注 表中有√的项目表示要求进行检验。

一、外观及接线检查

(1) 装置的硬件配置、铭牌应符合图纸要求。

(2) 装置各插件上元器件的外观质量、焊接良好，芯片位置正确且插紧，插件定位良好，插拔灵活背板接线牢固，无断线、短路。

(3) 切换开关、按钮、键盘应操作灵活。

(4) 各部件安装牢固清洁良好。

(5) 核对出厂装置接线图与施工图，根据装置接线图检查装置保护屏内部接线，按施工图检查保护与有关设备接线。

(6) 微机保护装置及保护屏接地良好。接入保护屏的电缆应为屏蔽电缆，屏蔽层接地良好。

二、绝缘电阻检测

(1) 将装置的 CPU、COM、SIG、LPF、OPT1 插件拔出机箱，其余插件插入。

(2) 断开打印机与保护的连接。

(3) 逆变电源开关置“ON”。

(4) 保护屏上压板投入，重合闸方式切换开关置“停用”。

(5) 断开直流电源、交流电压等回路，并断开保护与其他装置的连线。

(6) 在保护屏端子排内侧分别短接交流电压回路端子、交流电流回路端子、直流电源回路端子、跳合闸回路端子、开入量回路端子、各信号回路端子。

(7) 采用 1000V 绝缘电阻表分别测量各组回路之间及各组回路对地的绝缘电阻, 应大于 $1M\Omega$ 。带外回路大于 $1M\Omega$ 。

三、逆变电源性能检验

断开跳闸压板, 试验用直流电源应经专用闸刀, 并从端子排接入。屏上其他装置的直流电源开关处于断开状态, 断开保护装置跳闸出口压板。合上保护装置 DC 插件上的电源开关。

1. 自启动性能检验

直流电源缓慢上升时的自启动性能检验。试验直流电源由 0 缓慢升至 80% 额定电压值, 此时逆变电源插件面板上电源指示灯应亮。装置正常工作。

拉合直流电源时的自启动性能。直流电源调至 80% 额定电压, 断开、合上逆变电源开关, 逆变电源指示灯应亮。装置正常工作。

2. 稳定性检验

在 80%、100%、115% 额定直流电压下装置应正常工作。

四、通电初步检验

1. 保护装置通电检验

通电前用尾纤将装置接成自环方式。装置通电后, 将保护定值的“专用光纤”、“通道自环试验”控制字整定为 1, 装置“运行”灯应亮, “通道异常”灯应不亮, 除可能发“TV 断线”信号外, 应无其他异常信息。

2. 软件版本与 CRC 码核查

进入保护装置主菜单中的“程序版本”, 查对软件版本与设计图纸(或整定书)上要求一致。检验码正确。

3. 时钟整定与校核

时钟整定好以后, 通过断合逆变电源开关的方法, 检验在直流失去一段时间(至少 5min)后, 走时仍准确。

4. GPS 对时的接线和调试

本装置可以采用软件对时, 也可以采用硬触点对时(秒脉冲对时)。软件对时的通信口为对时 485 口, 在装置背面 com 插件上。分脉冲对时的输入触点为 614 ($\times 24V$), 601 (对时口)。必须说明的是, 两种对时方法只可任取一种方式。

5. 定值整定检查

按照整定书输入整定值, 然后打印定值报告进行核对(保护定值中“通道自环试验”此时仍为 1)。输入定值过程中检验键盘的功能。

6. 失电检查

拉合直流电源开关, 使微机保护失电后再带电, 微机保护的整定值、时钟显示应正常, 有关报告和数据不应丢失, 保护不误发信号, 不误出口。

五、开入量输入回路检验

进入“保护状态”中的“开入量状态”子菜单, 依次进行开入量的输入和断开, 同时监视液晶屏幕上显示的开入量变位情况。

各开入量名称、输入端子号以及与“保护状态”中的“开入量状态”的对应关系见表 1-9。



表 1-9 开关量端子号与 CPU 开关状态符号对应关系

开入状态	试验方法
差动保护	投入主保护压板 ILP18
距离保护	投入距离保护压板 ILP19
零序保护	投入零序保护压板 ILP17
重合闸方式 1、重合闸方式 2	切换屏上重合闸方式把手 IQK。单重时，两者都为 0；二重时，分别为 1 和 0；综重时，分别为 0 和 1；停用时，两者都为 1。如果不用保护的重合闸，可不进行此项试验
闭重三跳	投入 ILP21，闭重三跳应变 1。分别把 4D106、4D99、4D90 与正电 4D1 短接，4D95 与正电 4D5 短接，进行手跳、手合、TJR 三跳试验，每次短接闭重三跳开入都变位一次
单跳启动重合	短接 ID46 和 ID61
三跳启动重合	短接 ID46 和 ID62
A 相跳闸位置	断路器在合位时，短接一下 4D3 和 4D110，将 A 相断路器跳开，A 相跳闸位置为 1
B 相跳闸位置	断路器在合位时，短接一下 4D3 和 4D112，将 B 相断路器跳开，B 相跳闸位置为 1
C 相跳闸位置	断路器在合位时，短接一下 4D3 和 4D114，将 C 相断路器跳开，C 相跳闸位置为 1
合闸压力降低	短接一下 4D75 与负电 4D85 或将断路器压力降低至压力降低闭锁重合闸触点导通
发远跳	短接 ID46 和 ID50
发远传 1	短接 ID46 和 ID51
发远传 2	短接 ID46 和 ID52
收远跳	通道自环试验时，短接 ID46 和 ID50 即可，如果与对侧光纤通道连接正常后，对侧保护屏短接 ID46 和 ID50 即可
收远传 1	通道自环试验时，短接 ID46 和 ID51 即可，如果与对侧光纤通道连接正常后，对侧保护屏短接 ID46 和 ID51 即可
收远传 2	通道自环试验时，短接 ID46 和 ID52 即可，如果与对侧光纤通道连接正常后，对侧保护屏短接 ID46 和 ID52 即可
对时开入	短接 ID46 和 ID49
打印开入	可长按一下屏上打印按钮 IYA
投检修态	投入 ILP20 压板
信号复归	可长按一下屏上复归按钮 IFA

在做跳闸位置开入试验时，应分别跳 A、B、C 相断路器，不要三相一起跳，以便检查二次回路接线的正确性。另外，保护的跳、合闸出口压板要退出。

六、模数转换系统检验

1. 模拟量输入幅值特性检验

进入“保护状态”中的“DSP 采样值”子菜单，在保护屏上短接 n202、n204、n206、n208（即短接 I'_A 、 I'_B 、 I'_C 、 I'_D ），在 n201、n203、n205、n207（或电流试验端子）处分别接试验设备 I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_D ，短接端子 n209-n213，n212-n214（即线路电压与 A 相相同），在 n209、n210、n211、n212（或电压试验端子）处分别接试验设备的 U_A 、 U_B 、 U_C 、 U_N ，用同时加三相电流、电压方法检验采样数据。调整输入交流电压分别为 70、60、30、5、1V，电流分别为 $10I_N$ 、 $5I_N$ 、 I_N 、 $0.2I_N$ 、 $0.1I_N$ ，要求保护装置采样显示与外部表计允许误差在 10%之内，其他情况误

差应小于 5%。

进入“保护状态”中的“CPU 采样值”子菜单，做同样的试验。

说明：试验中如果保护压板未退出，保护长时间加电流会导致“运行”灯熄灭并报“跳闸出口异常”，但不影响采样数据测量。在输入 $10I_N$ 电流时，加电流时间应不超过 10s。

2. 模拟量输入相位特性检验

进入“保护状态”中的“相角显示”子菜单，将电流、电压加至额定值，调节电流、电压相位，当同相别电压和电流相位分别为 0° 、 45° 、 90° 时，装置显示值与表计测量值误差应不大于 3° 。

七、保护定值和性能检验

详见本章第二节叙述。

八、整组试验

1. 输出触点和信号检查

直流电源电压为 80% 额定电压值（部分检验用全电压）下进行检验，可以根据具体图纸要求对照表 1-10 检查。

投入主保护、距离、零序压板，定值中“投多相故障闭重”、“投三相故障闭重”置 0，压板定值中“投主保护压板”、“投距离保护压板”、“投零序保护压板”置 1，“投三跳闭重压板”置 0。每次试验在充电灯亮后再加入故障量，有关试验项目、触点动作、信号指示情况见表 1-10。

表 1-10 出口检查的试验项目、触点动作、信号指示情况

步骤	方法	信号		需检查动作触点
		单重	三重	
1	A 相瞬时故障，差动、距离 I 段动作	跳 A 重合 充电灯灭	三跳 重合 充电灯灭	A02-A05 (A07, A09), A04-A08 (A10, A12), A20-A19 (A21, A22), A24-A23 (A25, A26), A16-A15 (A17, A18) 单重时只有括号外的触点动作，三重时括号内的触点也同时动作： A01-A11, A29-A30, A27-A28 单重、三重都动作； 919-920 (921), 923-924 (925), 927-928 (929) 单重时括号外的触点动作，三重时括号内外的触点都动作； 901-904, 901-905 单重、三重都动作，且保持
2	B 相瞬时故障，差动、距离 I 段动作	跳 B 重合 充电灯灭	三跳 重合 充电灯灭	A02-A07 (A05, A09), A04-A10 (A08, A12), A20-A21 (A19, A22), A24-A25 (A23, A26), A16-A17 (A15, A18) 单重时只有括号外的触点动作，三重时括号内外的触点也同时动作： A01-A11, A29-A30, A27-A28 单重、三重都动作； 919-920 (921), 923-924 (925), 927-928 (929) 单重时括号外的触点动作，三重时括号内外的触点都动作； 901-904, 901-905 单重、三重都动作，且保持
3	C 相瞬时故障，差动、距离 I 段动作	跳 C 重合 充电灯灭	三跳 重合 充电灯灭	A02-A09 (A07, A05), A04-A12 (A10, A08), A20-A22 (A21, A19), A24-A26 (A25, A23), A16-A18 (A17, A15) 单重时只有括号外的触点动作，三重时括号内的触点也同时动作： A01-A11, A29-A30, A27-A28 单重、三重都动作； 919-920 (921), 923-924 (925), 927-928 (929) 单重时括号外的触点动作，三重时括号内外的触点都动作； 901-904, 901-905 单重、三重都动作，且保持



续表

步骤	方法	信号		需检查动作触点
		单重	三重	
4	C 相永久故障, 差动、距离 I 段动作	跳 C 重合再三跳, 充电灯灭	三跳重合再三跳, 充电灯灭	A02-A05 (A07, A09), A04-A08 (A10, A12), A20-A19 (A21, A22), A24-A23 (A25, A26), A16-A15 (A17, A18) 单重时括号外的触点先动作, 加速时括号内的触点也动作, 三重时括号内外的触点同时动作; A01-A11, A29-A30, A27-A28 单重、三重都动作; 919-920 (921), 923-924 (925), 927-928 (929) 单重时括号外的触点动作, 三重时括号内外的触点都动作; 901-904, 901-905 单重、三重都动作, 且保持
5	AB 相瞬时故障, 差动、距离 I 段动作	三跳不重合, 充电灯灭	三跳重合, 充电灯灭	A02-A05 (A07, A09), A04-A08 (A10, A12), A20-A19 (A21, A22), A24-A23 (A25, A26), A16-A15 (A17, A18), 919-920 (921), 923-924 (925), 927-928 (929) 括号内的触点也同时动作; 919-922, 923-926, 927-930 只有单重时动作; A01-A11, A29-A30, A27-A28 只有三重时动作
6	断开逆变电源开关, 内部故障			906-907, 901-902
7	TV 断线、TA 断线			901-903, 906-908
8	RX、TX 尾纤断开	通道告警灯亮		909-911, 910-912

注 1. 上述试验时应同时监视指示灯、屏显显示及触点动作情况。

2. 上述触点的测量应在与保护装置触点相应的端子排上进行, 详细见工程图纸。

另外, 增加条件三相重合闸方式试验。

条件三相重合闸的动作要求为: 单相瞬时故障, 三跳重合; 单相永久故障, 三跳重合再三跳; 相间瞬时故障, 三跳不重合。

条件三相重合闸构成条件: 外部重合闸把手置“三相重合闸”。内部控制字: “投多相故障闭重”、“投三相故障闭重”置 1; “内重合把手有效”置 0。压板定值中“投主保护压板”、“投距离保护压板”、“投零序保护压板”置 1, “投三跳闭重压板”置 0。

2. 与其他保护装置联动试验

(1) 与本线路其他保护联动试验。当线路有两套保护装置, 同时模拟故障, 动作行为应符合要求。重合闸用本装置重合闸, “不对应启动回路重合闸”控制字退出, 模拟其他保护动作, 同时本装置加入电流使本保护启动, 其他保护可通过单跳、三跳启动重合闸开入启动本保护重合。当线路有两套保护装置而重合闸用其他装置重合闸时, 模拟单相和相间故障, 至其他保护的重合启动及闭锁重合触点动作均正确。

(2) 与旁路保护的配合试验。当本装置可切旁路运行时, 将切换开关切至旁路位置, 验证旁路至本装置开入量接线正确, 本保护动作可联跳旁路断路器且信号正确。

(3) 与母差、失灵保护配合试验申请母差保护停用, 在本线路保护模拟单相及相间故障, 故障电流大于失灵保护电流整定, 故障时间与失灵保护动作时间配合。失灵保护应动作。

在母差保护屏上模拟母差动作, 本装置充电灯熄灭, 有“闭锁重合”及“远方跳闸”开入。

3. 与中央信号、自动化系统、保护信息采集系统的配合试验

根据图纸与中央信号、自动化系统、保护信息采集系统传送数量和方式的具体情况确定项目和方法。但要求至少应进行模拟保护装置异常、装置报警、保护动作、重合闸动作的试验。

九、传动断路器试验

重合闸方式分别置整定方式和重合闸停用方式，主保护投入压板、距离保护投入压板、跳合闸压板均投上。

尽可能减少断路器动作次数。在整定重合方式下做以下试验，断路器动作行为应符合要求。

- (1) 模拟一次单相瞬时接地故障。
- (2) 模拟一次单相永久接地故障。
- (3) 模拟一次相间故障。
- (4) 在重合闸停用方式下模拟一次单相瞬时故障。

十、带通道联调试验

保护用光纤通道验收结束，通道资料齐全后，将两侧装置光端机经光纤正确连接，控制字“主机方式”按照整定书整定，控制字“通道自环试验”改为 0，整定完毕后若通道正常，则两侧的“运行”灯应亮，“通道异常”灯应不亮。

1. 通道检查

(1) 在屏幕上检查通道。进入“通道状态”菜单，“失步次数”、“误码总数”、“报文异常数”、“报文时间超时”四项应为某个固定值，若该值一直在递增，说明通道不正常，应重新检查通道连接或光端机收发功率。

(2) 用光功率计测量 RCS-931 的发送电平和接收电平。测发送电平时，只要测量本侧发送的功率；测接收电平时，要求对方发信，测量本侧接收端子收到的电平。将对侧发送电平减去本侧接收电平，就是光缆（包括接头）的传输损耗。将数值记录备案，以供定期检验参考。要求接收电平满足接收灵敏度（-35dbm）的要求。

2. 装置带通道试验

接好光缆，把两侧 RCS-931A “通道自环试验”控制字置“0”，两侧装置运行灯亮，无任何异常信号。同时注意，“主机方式”控制字一侧置“1”，另一侧置“0”，两侧的差动保护投入压板均投入电流幅值检查。

两侧断路器可置任意位置，对侧分别通 A、B、C 相 5A 电流，检查本侧屏幕所显示的对侧电流幅值，误差应小于 5%。然后交换位置，本侧通电流，两侧记录电流。

3. 模拟出口发生高阻接地故障试验

1 态：模拟正常三相电压（对侧断路器处于分闸位置），本侧装置不报 TV 断线。

2 态：模拟 A 相电压 50V，其他电压正常， I_a 大于差动低定值，其他相电流为 0。零差保护动作，动作时间为 130ms。

4. 远跳试验

做远跳试验可不投入差动压板（说明：不同版本可能有不同要求），对侧模拟远跳输入触点动作。本侧当“远跳受本侧控制”置“0”时，开入显示“收远跳”=1，同时跳闸灯亮，跳闸报告显示远跳动作。当“远跳受本侧控制”置“1”时，开入显示“收远跳”=1，但无跳闸，必须加入故障启动量后跳闸（1.27 版本及以后版本增加一个功能，若连续 4s 有远跳开入或接收到远跳信号，闭锁远跳出口并报“远跳异常告警”）。配合对侧做此试验。

5. 空充线路试验

本侧断路器合，对侧断路器分，本侧通入分相电流，本侧跳闸。



6. 模拟弱馈功能

两侧断路器合上，本侧通入大于定值的分相电流，对侧加三相对称 34V 电压（以不出现 TV 断线为界线），两侧保护均出口。交换位置，做同样的试验。

十一、用一次电流及工作电压的检验

1. 交流电压的核相

测量端子排上交流电压应与已确认的 TV 小母线三相电压一致，若有旁路切换回路，当本装置切旁路电压时也应校核正确性。

2. 交流电压和电流的数值检验

装置运行状态下，分别进入“保护状态”菜单的“DSP 采样”和“CPU 采样”子菜单。以实际负荷为基准，检验电压、电流互感器变比。“DSP 采样”中还需检查对侧电流数值并与对侧核对，若有旁路切换回路，也应校核旁路电流回路的正确性。

3. 检查交流电压和电流的相位

“保护状态”菜单的“相角显示”子菜单中检验本侧三相电流相位及对侧三相电流与本侧三相电流同名相之间的相位，本侧各相电流相序正确，互差 120° ，而对侧与本侧同名相电流近似差 180° 。

十二、投入运行前定值与开关量的核査

进入打印菜单打印定值、保护状态，其中定值报告与整定书相同，保护状态与实际状态一致，无异常信息。

第四节 故障分析与操作要点

一、安全措施

根据工作任务、一次设备状态以及保护状态编写保安措施票，交待需执行的安全措施，包括直流电源回路、交流电压电流回路、联跳回路与其他运行设备的联系等。

二、打印整定值

在进行试验接线时，先打印整定值，若打印机不能打印，可能的情况有：

- (1) 改“装置参数”定值：打印波特率为 9600，打印机为 4800。
- (2) 改“装置参数”定值：“网络打印”为 1。
- (3) 打印机数据线交错。

三、核对整定值

核对整定值可解决如下问题：

- (1) 定值准确，为正常检验打好基础。
- (2) 如果由于整定定值不合理，造成运行绿灯不亮，可立即得到纠正。
- (3) 光纤自环实验控制字至“1”，再加上检查光纤是否接好，可克服通道异常故障。
- (4) 为重合闸能正常充电，排除部分干扰。

注意：“参数定值”额定电流、额定电压修改好后，还要到“保护定值”进行确认，否则运行灯灭，保护退出运行。

四、检查保护压板及把手状态

(1) 切换重合闸方式把手及三块保护投入压板, 至“保护状态”——“开入显示”有关开入量是否发生变位。

1) 上述 5 个量均未变位, 则检查开入+24V 电源是否断开 (1D46)。

2) 如仅重合闸方式开入无变位, 则检查端子 1D48 是否虚接, 再查复归按钮有关接线是否断线或虚接。

3) 反复投入退出“主保护投入”压板 1LP18, 观察“差动保护投入”开入量是否有变化。若始终为“1”, 则检查该压板是否被短接, 若始终“0”, 则检查该压板及其接线是否断线或虚接。同样的方法检查“距离保护投入”压板 1LP19 及“零序保护投入”压板 1LP17。

(2) 重点检查“闭重三跳”、“闭重三跳 S”、“收远跳”开入是否为“1”, 应该将原因搞清楚, 并加以处理 (处理方法见后叙)。

(3) 将断路器置分闸位置, 观察“A 相跳位”、“B 相跳位”、“C 相跳位”开入是否为“0”。

五、通采样

检查交流电流、交流电压回路接线正确性。

六、检验及整组

(1) 观察保护及操作箱面板指示灯及保护液晶显示屏。

若断路器处于运行状态, 在未对保护通电的情况下, 保护及操作箱指示灯:

保护: “运行”绿灯亮, “TV 断线”黄灯亮, 其余灯均不亮。

操作箱: A、B、C 三个运行绿灯亮, 其余灯均不亮。

(2) 在通电实验前, 先用短接法, 检查装置的基本情况:

1) 将三相断路器合上, 用一根导线做试验。将导线一头接正电源 (4D1), 另一头分别点 4D110 (A 跳)、4D112 (B 跳)、4D114 (C 跳), 操作箱 A、B、C 跳闸灯亮, 断路器应分别跳 A、B、C 相。

上述实验可初步检查出断路器各相跳闸回路是否接通的问题和是否有串接的问题。

2) 将导线一头接正电源 (4D1), 另一头点 4D98, 操作箱的重合闸灯亮, 断路器合闸。

上述实验可初步检查出断路器是否存在压力低闭锁跳合闸的问题。

(3) 用阶段试验的方法, 模拟线路处于正常运行——故障, 保护选跳——故障切除准备重合闸——永久故障, 保护三跳。

1) 正常运行状态: 时间 28s。给保护通入正常正序电压, 无电流。由时间切换至下阶段。

2) 故障状态: 时间 2s (大于最快保护出口时间), 可根据需要, 模拟各种单相、相间三相故障。由保护动作出口触点变位 (通常为动合触点 open—close) 切换至下阶段。

3) 故障切除准备重合闸状态: 时间 2s。(大于重合闸时间) 给保护通入正常正序电压, 无电流。由重合闸出口触点变位 (通常为动合触点 open—close) 切换至下阶段。

4) 永久故障, 保护三跳: 时间 2s (大于最快保护出口时间), 一般模拟与第二状态相同的故障, 由保护动作出口触点变位 (通常为动合触点 open—close) 切换至下阶段, 或结束试验。

(4) 不投跳闸压板, 不带断路器试验 (静态试验)。

1) 正常运行状态。通正常正序电压、无电流。12s 后, 保护装置“TV 断线”黄灯灭, 25s 后, “重合闸充电”黄灯亮。若“充电”灯不亮, 可能的情况有:



a. 断路器未处于合闸位置，可检查断路器位置，检查保护 TWTA、TWJB、TWJC 跳位开入是否为“0”。

b. 压板控制字 KG4“投闭锁重合闸三跳压板”是否为“0”。

c. 保护控制字 KG34“内重合把手有效”是否为“1”，而 KG35-KG37 是否为“0”。

d. 有无闭锁重合闸开入，重点检查如下部位：

a) 1LP21 压板及其相关回路是否接通。

b) 1D47—1D59 是否接通。

c) 2ZJ 是否处于常动作状态（即 4D31 与某一正电源或正常带正电的端子接通，如 4D30），可重点检查 4D31 的电压，应该带负电。

e. 1LP21 压板及其相关回路是否接通。

f. 1D47—1D59 是否接通。

g. 2ZJ 是否处于常动作状态（即 4D31 与某一正电源或正常带正电的端子接通，如 4D30），可重点检查 4D31 的电压，应该带负电。

2) 故障状态，特别是单相故障状态（以 A 相故障为例）。正常工况应 A 相跳闸红灯亮，有可能 A、B、C 三相跳闸红灯全点亮，可检查：

a. 保护控制字 KG21“投三相跳闸方式”是否为“1”。

b. 引起充电灯不亮的因素（已排除）。

3) 故障切除准备重合闸状态。重合闸红灯应该点亮，否则请检查：

a. 故障前，重合闸充电黄灯应该点亮过，否则按照第（4）条 1）有关方法处理。

b. 单重方式。A、B、C 三相跳闸红灯全点亮，重合闸红灯不亮，可按照第（4）条 2）有关方法处理；并检查是否有外部三跳开入（1D50—4D66，远跳开入“1”）。

c. 三重方式。

a) 检无压方式：线路 TV 异常或线路电压 U_x 大于 30V。

b) 检同期方式：线路电压小于 40V，或母线电压小于 40V，或不满足同期角度，或设置第一状态（正常态）时，线路电压 U_x 小于 40V。

4) 重合于永久故障，应三跳红灯亮。

（5）投 A 相跳闸压板，带断路器试验（单重方式，动态试验）。

1) 正常状态。经过前面的处理，应该正常。即通电 25s 后，TV 灯灭，充电灯亮。

2) 单相故障状态。正常工况：保护装置及操作箱均 A 跳闸红灯亮，A 相断路器跳闸。但可能出现下列几种不正常情况：A 相断路器无法跳闸；跳闸错位（不跳 A 相跳 B 相）；先单相跳闸，后三相跳闸（或单相跳闸同时三相跳闸）；除了跳故障相外，还跳了另外一相非故障相。下面分别叙述：

a. A 相断路器无法跳闸，可能的故障：

a) A 相跳闸回路虚接。4D107 虚接（此时 A 相合位运行灯灭），测量该端子电位不带负电；4D110（111）虚接，测量该端子电位不带负电。

A 相跳闸压板接线虚接。查 1D17 应带正电，1D70 及 1LP1 压板两端应带负电。

b) 压力低闭锁跳合闸继电器 11YJ 因故断电。4D7—4D8 断开，11YJ 断电。测量 4D8，应该带正电。同时有“压力低闭重”开入。4D8—4D9 之间短接，4YJ 带电，使 11YJ 断电。测量 4D9，

应该带负电。4D74—4D85（—KM）之间被短接，使11YJJ断电。测量4D74与负电源之间无电阻。

b. 跳闸错位（不跳A相跳B相）。保护及操作箱均指示A跳，实际B相（或C相）断路器跳闸（4D107之4N11与4D108之4N12对换）。

c. 先单相跳闸，后三相跳闸（或单相跳闸同时三相跳闸）。

a) 可造成断路器三相跳闸并放电的检查重点部位：

第一组直流供电的跳闸继电器1TJR（4D90—4D91）。

第一组直流供电的手跳继电器1STJ（4D106）。

第二组直流供电的跳闸继电器2TJR（4D95—4D97）。

有远跳开入（1D50—4D66，远跳开入“1”）。

压力低闭锁重合闸，并引起断路器三相跳闸（一般并有“闭重三跳”开入）。它们之间的区分，可以采用拉开直流电源的方法来判断。

b) 可能串接（或并接）到上述继电器，引起断路器三跳的触点见表1-11。

表1-11 操作箱触点表

触点原用途	跳 A	跳 B	跳 C
操作箱跳闸出口（至断路器）	4D107	4D108	4D109
操作箱跳闸（连接保护跳闸压板）	4D110—4D111	4D112—4D113	4D114—4D115
保护跳闸备用触点	1D84—1D87 1D92—1D96	1D84—1D88 1D92—1D97	1D84—1D89 1D92—1D98
跳位继电器备用触点	4D33—4D34 4D44—4D45	4D33—4D52 4D44—4D46	4D33—4D53 4D44—4D47
跳闸信号继电器触点	4D132—4D133 4D10—4D21	4D132—4D134 4D10—4D21	4D132—4D135 4D10—4D21
三相不一致触点	4D10—4D12		
控制回路断线触点	4D10—4D13		

c) 根据上述两种因素，可编辑出许多条单相故障、结果发生三相跳闸的故障事例。

d. 除了跳故障相外，还跳了另外一相非故障相。

a) 将跳A回路（跳A：4D107、4D110—4D111）与跳B回路（跳B：4D108、4D112—4D113）短接，除了A相跳闸外，B相也跳闸；与跳C回路（跳C：4D109、4D114—4D115）短接，除了A相跳闸外，C相也跳闸。

b) 上述可引起三跳的保护、操作箱备用跳A触点（见表1-11），与跳B回路（跳B：4D108、4D112—4D113）短接，除了A相跳闸外，B相也跳闸；与跳C回路（跳B：4D109、4D114—4D115）短接，则除了A相跳闸外，C相也跳闸。

c) 将三相不一致触点、控制回路断线触点与跳B回路短接，则不但跳A且跳B；与跳C回路短接，则不但跳A且跳C。

3) 重合闸状态（单重方式）：A、B、C三相跳闸压板及重合闸压板均投入。

正常应保护A跳，重合闸灯亮，操作箱A跳，重合闸灯亮，断路器A相跳闸又重合，最终断路器处于三相合闸位置。可能发生的情况有：

a. 保护A跳灯亮，充电灯灭，重合闸灯不亮，断路器A相跳闸不重合，最终断路器处



于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置（保护未发合闸脉冲）。

TWJA—TWJB—TWJC 跳位开入被短接（1D54—1D55—1D56 连接，或 4D65—4D60—4D61 连接），任一相跳闸，重合闸放电，充电灯灭。可打印或观看液晶开入量变化进行判断。

任一相保护跳闸触点（见表 1-11）动作启动 2ZJ（4D31），闭锁重合闸。可检查“闭锁重合闸”开入是否变位，同时测量 4D31 电位是否由负电转为正电。

b. 保护 A 跳，重合闸灯亮，操作箱 A 跳，重合闸灯不亮，断路器 A 相跳闸不重合，最终断路器处于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置（保护已发合闸脉冲，未传送到操作箱）。

4D98（4N33）虚接，可测量该端子是否带负电。

合闸压板 1LP4 及有关端子（1D18、1D74）虚接。可检查 1D18 是否带正电，1D74 及 1LP4 两端是否带负电。

c. 保护 A 跳，重合闸灯亮，操作箱 A 跳，重合闸灯亮，断路器 A 相跳闸不重合，最终断路器处于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置（保护合闸脉冲已传送到操作箱，但操作电源失去，无法合闸）。

检查表 1-11 中有关保护动作和跳位触点是否短接了 11YJJ 线圈（将它们并接在 4D74 与 4D85 之间）。检查表 1-11 中有关保护动作和跳位触点是否串接在 4YJJ 线圈回路中（将它们串接在正电源与 4D9 之间），使 4YJJ 带电、11YJJ 断电。此时测量 4D9，应该带负电。

故障示例见表 1-12。

表 1-12 故障示例

类型	故障设置	故障现象
电流电压回路	(1) In208 接到 In207; (2) In202 接到 In201; (3) 交换 In202 与 In201; (4) 1D11 上 In211 与 1D12 上 In212 颠倒; 把 U_A 、 U_B 接反, 1D9 与 1D10 颠倒; (5) 交换 1D3 上 (In203) 线与 1D5 上 (In205) 线 (做假号头)	(1) 零序电流通道无法采到电流; (2) A 相电流通道无采样; (3) A 相电流极性反; (4) U_A 、 U_B 相倒线, TV 断线, 不充电; (5) B、C 相电流极性端交换
跳合闸回路	(1) 解开 4D110 (4D107); (2) 解开 4D7、4D8 之间的连线; (3) 4D33 连 4D82 (-KM), 4D34 连 4D74; (4) 4D98 连 4D88、4D98 上 (4n33) 虚接 (若连 4D98 和 4D88, n6 与 4D100 虚接, 效果更好); (5) 4D107 上 (4n11) 线与 4D108 上 (4n12) 线交换; (6) 4D12 连 4D9, 用细铜丝做; (7) 1D82 连 11D2 (+KM), 1D88 连 4D97; (8) 1D91 连 11D2 (+KM), 1D96 连 4D90 或 4D25 连 11D2 (+KM), 4D81 连 4D93; (9) 4D13 连 4D115 (由于 2 圈没接, 控制回路断线在非全相时接通); (10) 1D91 连 11D2 (+KM), 4D131 连 4D8 上 (4n41), 同时与 4D8 端子绝缘	(1) 保护 A 相无法跳闸 (合位灯不亮); (2) YJJ 不动作, 断路器无法操作; (3) 压力禁跳经 A 相跳位控制, 跳 A 后压力继电器返回, 断开跳、合闸回路; (4) 重合出口时启动 1 圈 TJQ, 断路器三跳; 保护先跳单相, 重合, 跳三相信号均有; (5) 操作箱信号指示正确, 但当跳 A 相时, 开关实际是 B 相跳闸; (6) 保护单跳后非全相启动压力继电器 4YJJ, 断跳、合闸回路; 重合及跳其他两相无法完成; (7) 保护跳 B 瞬动触点启动 2 圈 TJR, “闭锁重合闸” 开入发生; 保护先单跳紧接着三跳, 若采用触点返回方式, 保护为单跳后重合闸放电; (8) 保护单跳瞬动触点启动 1 圈 TJR, “闭锁重合闸” 开入发生; 保护先单跳紧接着三跳; (9) 保护跳 A 相时同时跳 C 相, 重合闸放电; (10) 保护单跳后使所有压力继电器失电, 断跳、合闸回路; 重合及跳其他两相无法完成

续表

类型	故障设置	故障现象
重合闸回路	(1) 4D106 连 4D107 (恢复时需点手合翻 2ZJ), 用细铜丝做; (2) 1D54、1D55、1D56 连或 4D65、4D60、4D61 连, 用细铜丝做 (3) 短接 4D75 与 4D85; (4) 1D55、1D56 连或 4D60、4D61 连, 用细铜丝做; (5) 4D13 连 4D97; (6) 4D21 和 4D31 短接; (7) 4D98 上 (4n33) 虚接; (8) 4D30 连 4D31, 用细铜丝做; (9) 1D17、1D18 连片拆除	(1) 跳 A 回路与手跳回路短接: 当保护跳 A 时, 同时启动手跳, 翻转 KKJ, 2ZJ 动作“闭锁重合闸”开入发生; 保护先单跳紧接三跳, 且开关将不再能够合入; (2) 跳任一相, 三相跳位开入; 保护单跳重合闸放电 (跳位开入保持); (3) 将 21YJJ 线圈短接, 模拟压力降低禁止合闸, 不重合; (4) 跳 C 相, 两相跳位开入; 保护单跳, 重合闸不放电, TV 断线后放电 (跳位开入保持); (5) 保护跳单相后, 控制回路断线启动 2TJR, “闭锁重合闸”开入发生; 保护先单跳紧接三跳; (6) 操作箱跳闸信号启动 2ZJ “闭锁重合闸”开入; 保护先单跳接三跳; (7) 保护发重合令, 但开关不能重合; (8) “闭锁重合闸”开入始终存在; (9) 重合闸无正电, 重合闸不动作

CSC-101B 型线路保护装置

④ 本章摘要

本章简要介绍了 CSC-101B 型成套线路保护装置的配置情况,并详细描述了装置中各保护功能模块的实现原理;同时总结出一套可用于现场工作的标准检验方法,并整理归纳出一些针对 CSC-101B 型线路保护屏内二次回路常见故障的处理流程。

闭锁式纵联保护曾广泛应用于 220kV 输电线路,有关讨论其构成原理的理论著作可谓备矣。本文旨在将理论与实际操作相结合,通过在异常运行状态下对保护功能的检验及对二次回路故障的排查,来加深读者对于 CSC-101B 型保护的认识与理解。

第一节 保护装置原理简介

一、装置概述

CSC-101 系列保护功能配置见表 2-1。

表 2-1 CSC-101 系列保护功能配置

装置型号	保 护 功 能			
	纵联距离	三段式距离保护	四段式零序保护	综合重合闸
CSC-101A	√	√	√	
CSC-101B	√	√	√	√

CSC-101A/101B(以下简称装置或产品)是适用于 220kV 及以上电压等级的数字式超高压线路保护装置,其主要功能包括纵联距离保护、三段式距离保护、四段式零序保护、综合重合闸等。在上海超高压电网,使用 CSC-101A 型装置较多,而 2009 年国家电网公司技能竞赛中使用 CSC-101B 型(主程序版本号为 V1.12Z),下面将对其保护原理进行简单介绍。

(1) CSC-101A 不包括综合重合闸功能,适用于包括双母线和—个半断路器接线的各种接线形式。

(2) CSC-101B 包括综合重合闸功能,适用于双母线接线形式。

二、保护原理及其实现

(一) 启动元件及其复归

保护 CPU 软件包括主程序、采样中断和故障处理程序。每隔一个采样间隔时间,采样中

断执行一次，对采集的电气量进行启动元件判别。

启动元件用于监视异常状态、启动故障处理程序及开放出口继电器的正电源。启动元件一旦动作后，将启动保护及开放出口继电器的正电源，在保护整组复归时才返还。

1. 突变量启动元件

判据为

$$\Delta i_{\varphi\varphi} > I_{QD} \text{ 或 } \Delta 3i_0 > I_{QD}$$

式中： $\Delta i_{\varphi\varphi} = |i_{K-t} - i_{K-t-1}|$ ； $\varphi\varphi$ 为 AB、BC、CA 三种相别； i_K 、 i_{K-T} 、 i_{K-2T} 分别为当前时刻和 1 周前、2 周前时刻的电流采样值； $\Delta 3i_0$ 为零序电流突变量； I_{QD} 为突变量电流定值。

当任意相间电流突变量或零序电流突变量连续 4 次大于启动值时，该元件启动。

2. 零序辅助启动元件

它主要用于解决大过渡电阻接地短路时，突变量启动元件灵敏度不够的问题。其判据为：

$$3i_0 > 0.9I_{0DZ}$$

I_{0DZ} 取下列情况的最小值：①零序 IV 段定值；②纵联零序定值。

此条件持续满足 30ms 后，该元件启动。

3. 静稳失稳启动元件

考虑静稳失稳的情况，还设置了静稳失稳启动元件，其判据为：

(1) 三相电流均大于静稳电流定值，且电流突变量启动元件未启动。

(2) AB、BC、CA 三个相间阻抗，三个测量阻抗均落入距离 III 段范围内，且电流突变量启动元件未启动。

以上任一条件满足持续 30ms 后，判断为静稳破坏，该元件启动。

关于静稳电流定值的相关检验，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

4. 整组复归判别

同时满足以下 4 个条件，并持续 5s，装置才整组复归：

(1) 纵联保护停信元件都不动作。

(2) 六种阻抗均在阻抗 III 段外。

(3) 零序电流小于零序 IV 段、纵联零序定值中小者。

(4) 三相电流均小于静稳失稳电流定值。

(二) 三段式距离保护

1. 阻抗测量

阻抗测量元件采用微分方程算法。

$$\text{对单相接地阻抗有 } \dot{U}_{\varphi} = L_{\varphi} \frac{d(\dot{I}_{\varphi} + K_x \cdot 3\dot{I}_0)}{dt} + R_{\varphi}(\dot{I}_{\varphi} + K_r \cdot 3\dot{I}_0)$$

$$\text{对相间阻抗有 } \dot{U}_{\varphi\varphi} = L_{\varphi\varphi} \frac{d\dot{I}_{\varphi\varphi}}{dt} + R_{\varphi\varphi} \dot{I}_{\varphi\varphi}$$

$$\text{其中 } K_x = \frac{X_0 - X_1}{3X_1}, \quad K_r = \frac{R_0 - R_1}{3R_1}$$

通过求解微分方程，可得保护安装处的测量电阻 R 和测量电抗 $X=2\pi fL$ 。



2. 阻抗元件的动作特性

阻抗元件的动作特性均为多边形特性（见图 2-1），其中， X_{DZ} 按保护范围整定， R_{DZ} 按躲负荷阻抗整定（一般情况下）。适当选择多边形上边的下倾角，可提高躲区外故障超越能力。

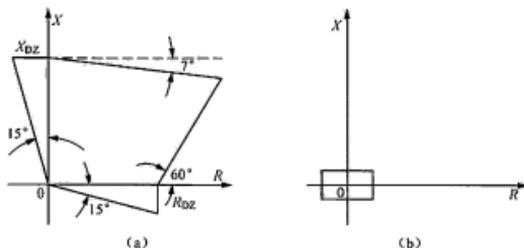


图 2-1 阻抗元件动作特性

(a) 多边形动作区；(b) 小矩形动作区

设置小矩形动作区是为了保证出口故障时距离保护动作的可靠性。

小矩形动作边界定值见表 2-2。

表 2-2 小矩形动作边界定值

X 取值	当 $X_{DZ} \leq \frac{5}{I_n} \Omega$ 时，取 $X_{DZ}/2$ ；否则，取 $\frac{2.5}{I_n} \Omega$ ($I_n=1, 5A$)
R 取值	8 倍上述 X 取值与 $R_{DZ}/4$ 两者中的最小值

X_{DZ} 是“纵联距离电抗定值”或“距离电抗定值”； R_{DZ} 是“纵联距离电阻定值”或“距离电阻定值”。

为了解决距离保护出口故障的死区问题，专门设置了方向元件。对于对称故障，采用记忆电压，即以故障前的电压，同故障后电流比相来判别故障方向；对于不对称故障，采用负序方向来作为方向判别依据，如图 2-2 所示。

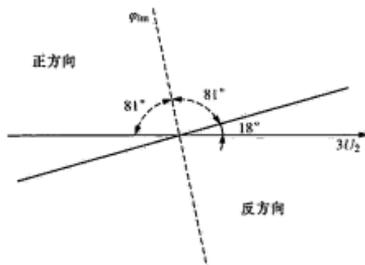


图 2-2 负序方向元件动作区

负序正方向动作区为

$$180^\circ \leq \text{Arg} (3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) \leq 180^\circ$$

负序反方向动作区为

$$-162^\circ \leq \text{Arg} (3\dot{I}_2/3\dot{U}_2) \leq 0^\circ$$

阻抗元件的动作条件为：方向元件判为正方向，且计算阻抗在整定的四边形范围内。

3. 距离保护功能配置

距离保护设置了三段相间距离和三段接地距离保护，用于切除相间故障和单相接地故障，还设有可投退的快速 I 段。距离保护逻辑图如图 2-3 所示。没有特殊跳闸控制字时，距离 I、II 段选相跳闸，距离 III 段直接三跳，加速出口均永跳。

关于距离保护的相关检验，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

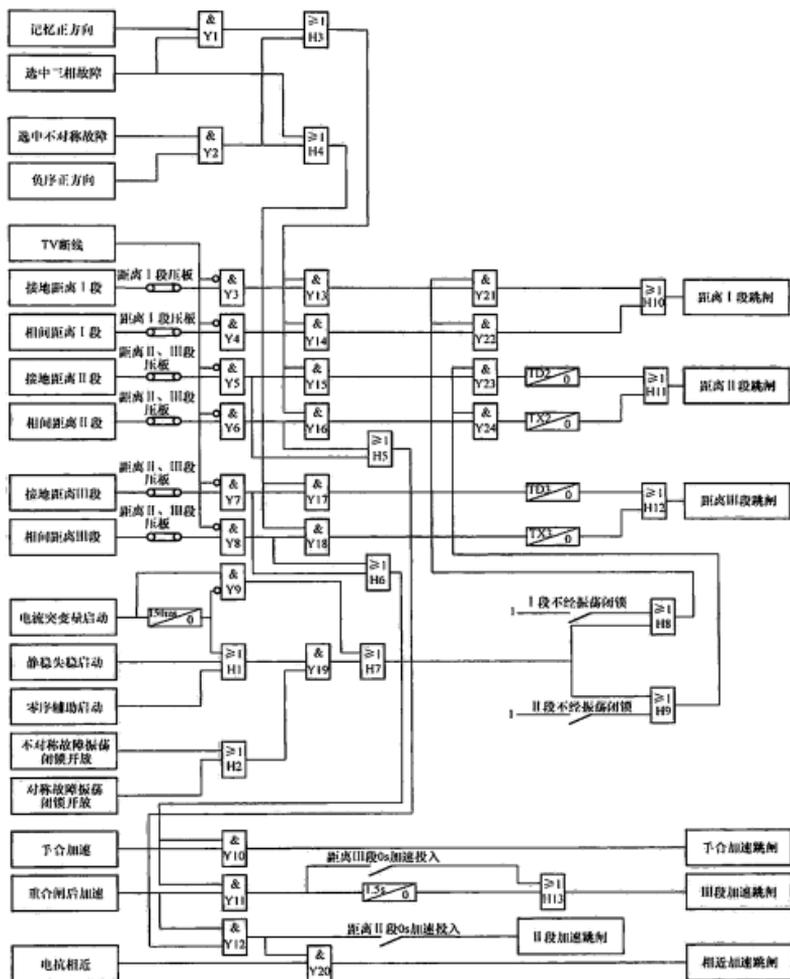


图 2-3 距离保护逻辑图

4. 相关说明

接地电阻定值：接地距离 I、II、III 段共用的电阻定值，按躲过负荷阻抗整定。由于按躲过负荷阻抗整定时接地电阻分量通常整定范围较大，接地距离 I 段所使用的电阻定值在整定定值基础上适当有所减小，其基本原则是按短线路保护出口处 25Ω 过渡电阻故障、长线路不大于接地 I 段定值一半，其计算公式为



$$R_d = \min\{R_{D1}, \max\{X_{D1}/2, 25/L_Z + R_1\}, 8X_{D1}\}$$

式中 R_d ——实际使用的接地 I 段电阻定值;

R_{D1} ——整定的接地电阻定值;

X_{D1} ——整定的接地 I 段电抗定值;

L_Z ——阻抗一、二次的换算系数, 即“TV 变比与 TA 变比”之比; $25/L_Z$ 的意思是考虑一次侧带过渡电阻 25Ω ;

R_1 ——全线路正序阻抗电阻分量;

$8X_{D1}$ ——复平面阻抗特性中, 第一象限的下斜线与 R 轴的交点。

说明: R_d 参数由装置内部自动按上述公式计算得到, 不必整定。

相间电阻定值与上述情况相似。

$$R_x = \min\{R_{X1}, \max\{X_{X1}/2, 15/L_Z + R_1\}, 8X_{X1}\}$$

(三) 零序保护简介

1. 零序方向元件

设有正、反两个方向的方向元件, 正向元件的整定值可以整定, 反向元件不需整定, 灵敏度自动比正向元件高, 电流门槛取为正向的 0.625 倍。

零序方向元件动作区如图 2-4 所示。

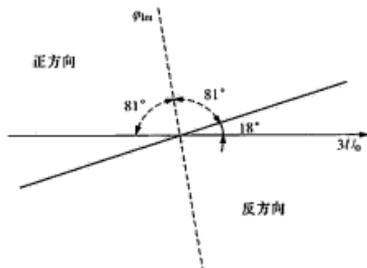


图 2-4 零序方向元件动作区

零序正方向动作区为

$$18^\circ \leq \text{Arg}(3\dot{I}_0/3\dot{U}_0) \leq 180^\circ$$

零序反方向动作区为

$$-162^\circ \leq \text{Arg}(3\dot{I}_0/3\dot{U}_0) \leq 0^\circ$$

(a) 零序正方向元件的动作判据为: $3I_0 > 3I_{0DZ}$, 且位于零序正方向动作区。其中, $3I_{0DZ}$ 指纵联零序电流定值 $3I_0$ 、零序 IV 段电流定值 I_{04} 的最小值。

(b) 零序反方向元件的动作判据为: $3I_0 > 0.6253I_{0DZ}$, 且位于零序反方向动作区。

零序方向元件采用自产 $3U_0$, 供零序方向元件

方向判别用。用于判零序方向的 $3U_0$ 门槛为 1V 有效值。

2. 零序保护功能配置

零序保护功能配置了四段零序保护, 除零序 I 段的方向外, 每段都可由控制字选择经方向或不经方向元件闭锁。零序保护逻辑图如图 2-5 所示。

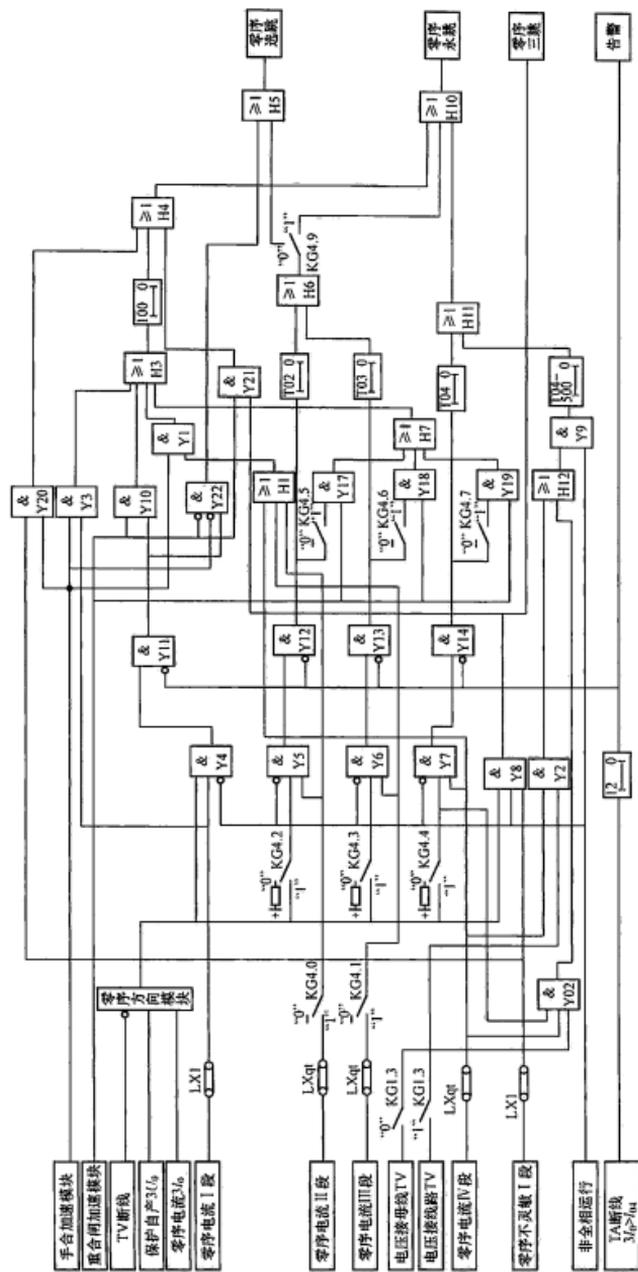
没有特殊跳闸控制字时, 零序 I、II、III 段选相跳闸, 零序 IV 段直接永跳, 加速出口均永跳。

关于零序保护的相关检验, 详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

(四) 纵联保护简介

1. 纵联保护功能配置

纵联距离保护配置有纵联方向距离元件和纵联零序方向元件, 纵联方向距离元件包括接地方向距离元件和相间方向距离元件, 负序方向元件主要用于在振荡闭锁中与纵联方向距离



注释:

KG4.5: 加速零序 II 段投退;
 KG4.6: 加速零序 III 段投退;
 KG4.7: 加速零序 IV 段投退;
 KG4.9: 零序 II、III 段本侧、远侧;
 KG1.3: 电压接母线或线路控制

KG4.0: 零序 II 段投退;
 KG4.1: 零序 III 段投退;
 KG4.2: 零序 II 段带方向投退;
 KG4.3: 零序 III 段带方向投退;
 KG4.4: 零序 IV 段带方向投退;

图例:



图 2-5 零序保护逻辑图



元件配合,以快速切除各种多相故障和单相接地故障。纵联零序方向元件灵敏度较高,可作为高阻接地故障时对纵联方向距离元件在灵敏度上的补充。

2. 纵联保护相关逻辑

(1) 跳闸后逻辑。驱动跳闸令应在故障切除后收回,本装置在发出跳闸命令后的 40ms 内不考虑撤销命令,以保证可靠跳闸。

保护发跳闸命令后,则停信命令一直持续到跳闸命令收回后 120ms 才返回,以保证两侧纵联保护能够可靠动作。

保护发三跳令后 12s 三相无电流,程序转至整组复归,12s 是考虑三相重合闸最长整定时间不会大于 10s。如果单跳后 5s 故障相仍无电流,程序转至整组复归,5s 是由于单相重合闸延时不可能大于 5s。

(2) 弱馈停信与跳闸逻辑。当保护安装处为弱电源或无电源方式,正方向发生区内故障时,启动元件可能无法启动,被对侧(启动元件)远方起信,从而闭锁纵联保护,使对侧跳闸。此时应投入纵联保护的弱馈功能和弱馈跳闸功能,以便开放对侧跳闸。

(3) 低电压弱馈停信逻辑。当弱电源保护的功能投入时,即使启动元件不动作,只要保护满足以下条件,则弱电源侧保护也能向对侧停信。

- 1) 电压低于 $0.5U_n$ 。
- 2) 有收信信号(无论闭锁式还是允许式)。

弱电源侧将快速停信,并展宽 120ms,以保证强电源侧保护快速跳闸。

(4) 保护启动时弱馈侧跳闸逻辑。如果弱馈侧的启动元件动作并同时满足下列条件,且弱电源侧保护跳闸控制字投入,则经对侧的闭锁信号确认后,弱馈侧就可以跳闸。

- 1) 至少有一相或相间电压低于 $0.5U_n$ 。
- 2) 各保护正方向和反方向元件均不动作。
- 3) 启动元件动作时间小于 200ms。
- 4) 收不到对侧闭锁信号 8ms。

(5) 相继动作。如果在大电源侧出口附近经大电阻接地,由于助增作用,可能使对侧纵联保护停信灵敏度不足,此时靠大电源侧零序 I 段或接地距离 I 段先动作,在本侧断路器跳开助增消失后对侧纵联保护再相继动作。保护在任何情况下,先跳侧纵联保护的停信元件在检测到本装置内零序、距离保护发出跳闸令后,检测原故障相确无电流后,将停信脉冲展宽 120ms。

(6) 功率倒向问题。为防止区外短路过程中因零序或负序功率倒向而造成误动作,保护方向元件从反向倒正向元件动作带 40ms 延时,跳闸确认 15ms 延时。

(7) 其他保护动作停信。为防止线路 TA 与断路器之间发生死区故障保护拒动,在保护启动状态下,且“其他保护停信”有开入,则保护停信 120ms 后返回。

(8) 三跳位置停信。保护未启动,当 TWJ 有开入时,只要收到对侧信号,保护即延时 160ms 再发信。保护启动后,自动解除三跳位置停信。

(9) 远方启动发信。如 TWJ 开入为 0,当收到对侧信号,即立即发信 10s,直到停信元件动作。

纵联保护逻辑图(专用闭锁式)如图 2-6 所示。

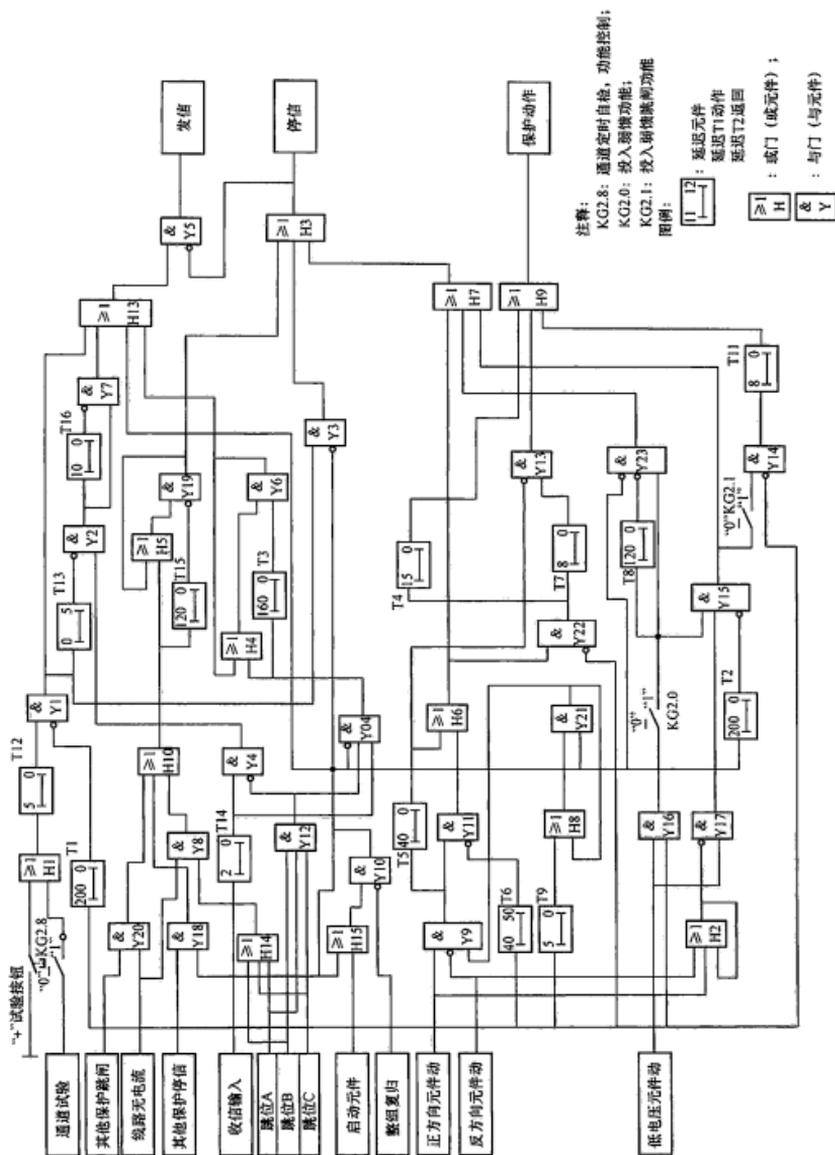


图 2-6 纵联保护逻辑图



关于纵联保护的相关检验，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

（五）综合重合闸简介

CSC-101B 型装置具有综合重合闸功能，利用背面端子接切换开关可以实现四种重合闸方式切换（硬压板）或软压板方式切换，只能投一种重合闸方式，若同时投入两种以上方式，则报“重合闸压板异常”。

1. 三相重合闸

检“无压”为检定电压低于额定电压的 30%，检“有压”门槛是额定电压的 70%，检同期角度可以整定；检同期或检无压的相别不用整定，采用装置软件自动识别。若不能找到两侧满足同期条件的相别，在断路器合闸状态下，告警“检同期电压异常”。检无压或检同期时，指的是检 U_x 端子上的电压，若两侧均有电压时，自动转检同期。若重合闸检定方式未指定，则面板显示“重合闸方式：非同期”。

2. 重合闸的充放电

充电元件充满电所需时间为 15s，重合闸的重合功能必须在“充电”完成后才能投入，同时点亮面板上的充点灯，未充满电时不允许重合，以避免多次重合闸。

3. 重合闸长、短延时

若重合闸长延时压板不投入，则保护跳闸启动重合闸或断路器偷跳启动重合闸情况下，即为重合闸的短延时定值；若重合闸长延时压板投入，则保护跳闸启动重合闸或断路器偷跳启动重合闸情况下，定值即为重合闸的延时定值。如果全线速动保护投入（纵联保护投入），可采用短延时；如果全线速动保护退出（纵联保护退出），可采用长延时。

关于重合闸定值的相关检验，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

（六）异常状态下保护动作情况

1. TV 断线

设有两种检测 TV 断线的判据，两种判据都带延时，且仅启动元件不启动的情况下投入，一旦启动元件启动，TV 断线检测立即停止，等整组复归后才恢复。

判据 a 为：三相电压之和不等于零， $|U_a + U_b + U_c| > 7V$ （有效值）。

判据 a 可以用于检测一相或两相断线。

判据 b 为： $|U_a|$ 、 $|U_b|$ 及 $|U_c|$ 任一相电压小于 8V，且任一相电流大于 0.04 倍额定电流或断路器在合位（利用跳闸位置开入）。

在 TV 断线条件下装置将继续监视 TV 电压，一旦电压恢复正常，各元件将自动重新投入运行。

TV 断线时距离保护退出工作，同时装置将继续监视 TV 电压，电压恢复正常后 100ms，距离保护将自动重新投入运行。

TV 断线后，投入 TV 断线后的相过电流保护和零序过电流保护，动作后永跳。相过电流和零序过电流保护的定值均可独立整定，并公用一个延时定值和控制字。

零序保护采用自产 $3U_0$ ，供方向判别用，TV 断线时，带方向的零序保护退出，不带方向的零序各段保留。

关于 TV 断线下保护功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

2. TA 断线检测

为防止 TA 断线引起保护误动作，本装置还设置了 TA 断线检测，在零序电流持续 12s

大于 I_{04} 整定值时报警，并闭锁零序各段。

关于 TA 断线下保护功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

3. 振荡闭锁逻辑

(1) 失稳条件。保护启动后的 150ms 内，保护装置固定开放纵联方向距离元件，距离 I、II 段元件。在电流突变量启动 150ms 后或经静稳失稳启动、零序辅助启动后，对于不对称故障，纵联方向距离经负序方向元件开放，而距离 I、II 段须经不对称判据开放。对于三相故障，所有阻抗元件须经对称判据开放。

如果控制字设置为“距离 I、II 段不经振荡闭锁”方式，则保护启动后，距离 I、II 段固定投入。距离 III 段固定投入，不经振荡闭锁，动作后永跳。纵联零序方向元件一直投入，作为接地故障的保护元件。

在振荡闭锁期间有判断振荡停息的程序模块，即在持续 5s 后，零序辅助启动元件、静稳破坏检测元件和距离 III 段的六种阻抗都不动作时整组复归。

(2) 不对称开放判据。不对称故障开放元件，利用零序和负序电流特征可区分是发生了故障还是振荡。其开放判据为

$$|I_0| > m_1 |I_1| \text{ 或 } |I_2| > m_2 |I_1|$$

为了防止振荡系统切除时零序和负序电流不平衡输出引起保护的误动，保护经短延时确认动作。

关于不对称判据 m 值验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

(3) 对称开放判据 (*). 系统振荡时，保护安装处的测量电阻或测量阻抗随时间不断地持续变化，且有时变化缓慢，有时变化剧烈，变化速率取决于振荡周期和功角。

被保护线路发生短路后，测量阻抗的电阻分量虽然也可能因电弧拉长而有所变化，但分析和计算指出，电弧电阻的变化速率远小于迄今记录的最大可能的振荡周期所对应的电阻变化速率。于是，短路后，测量电阻基本上为短路电阻 R_K ，其数值变化很小或几乎维持不变。测量阻抗也有类似的规律。

由分析可以知道，电阻变化最小的情况出现在：① $\delta=180^\circ$ 附近；② 最大的振荡周期 T_{ZMAX} 。于是，将这一部分的电阻变化轨迹放大后，如图 2-7 所示。

综合上述分析后，得到区分短路与振荡的判别方法：在时间 τ 内，满足 $\Delta R < K \Delta R_{MIN}$ ($180^\circ, T_{ZMAX}, \tau$) 的条件，则判定为系统发生了短路；否则判定为振荡。式中， K 为小于 1 的可靠系数。

被保护线路突然发生短路时，如果两侧功角没有摆到 180° ，或者不是在振荡中心发生三相短路，短路前后阻抗的大小和角度都会有很大的突变。利用这一点，我们可以在保护启动 150ms 后振荡不严重或未发生振荡的情况下发生三相故障时快速开放距离元件。

4. 非全相运行时的保护功能

保护单跳固定后，即进入非全相运行逻辑。

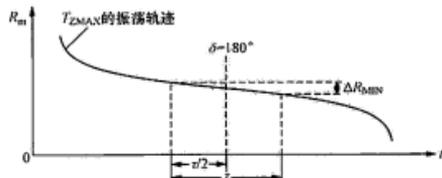


图 2-7 测量电阻变化最小的情况



在非全相逻辑中，闭锁与断开相相关的阻抗元件动作。

纵联距离，距离 I、II 段满足以下条件后出口：

- (1) 反映两个健全相电流差突变量的 DI2 元件启动。
- (2) DI2 元件所对应的突变量方向元件判断为正向。
- (3) 健全相对地或健全相间阻抗，任一阻抗元件在相应阻抗元件整定范围内。
- (4) 经相应延时整定确认。

非全相时设置了瞬时段，通常称为不灵敏 I 段，固定带方向，不灵敏 I 段根据零序 I 段压板投退；非全相运行时，闭锁零序 I、II、III、IV 段，投入零序不灵敏 I 段和短时限的零序 IV 段（ $T_{04} - 500\text{ms}$ ），零序不灵敏 I 段动作后三跳、短时限的零序 IV 段动作后永跳。

关于非全相运行时保护的功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

5. 手合加速逻辑

CSC-101 保护装置中，保护根据跳闸命令、跳位和电流情况自动判别是否投入手合和重合加速的功能，不需要特殊的外部开入。在有三相断路器跳闸位置情况下，又有电流突变量启动，则判为手动合闸，投入手合加速回路。

判为手动合闸时，纵联距离保护投入阻抗加速元件，计算六种阻抗，任一阻抗元件动作就永跳出口，不利用通道。为可靠切除出口故障，手合加速也采用停信阻抗定值所限定的偏移特性动作区 [如图 2-1 (b) 所示]。距离保护采用相同的阻抗加速判别是否手合于故障 (X_{DZ} 与 R_{DZ} 须按距离保护整定值重新计算)。

关于阻抗元件的手合加速功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

零序保护采用延时 100ms 判别是否手合于故障。手合于故障时，投入不灵敏 I 段、零序各段，不灵敏 I 段瞬时动作，其他均带 0.1s 延时，动作永跳。手合时不判方向。

关于零序保护的手合加速功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

6. 重合闸后加速逻辑

保护检测到断路器跳开后，如果检测到故障相又有电流（单重），或任一相又有电流（三重）时，则判断为重合闸动作，于是，保护将根据整定值中控制字的设置情况，决定是否投入重合闸后加速功能。

距离保护中提供以下后加速功能元件：

- (1) 电抗相近加速（重合后，原故障相的测量阻抗在 II 段内，且电抗分量同跳闸前的电抗分量相近时，则保护加速出口）。此功能固定投入 100ms，不经控制字投退。
- (2) 瞬时加速 II 段，此功能受“瞬时加速距离 II 段投入”控制字控制。
- (3) 瞬时加速 III 段，此功能受“瞬时加速距离 III 段投入”控制字控制。
- (4) 1.5s 躲振荡延时加速 III 段，此功能固定投入，不经控制字投退。

关于阻抗元件的重合后加速功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

对于零序保护，如果判断为重合闸动作时投入零序 I 段和零序不灵敏 I 段，通过整定控制字还可以实现：加速 II 段，加速 III 段，加速 IV 段，不灵敏 I 段动作不带延时，其他各段后

加速时间固定为 0.1s，动作永跳。

手合和重合闸加速段带 0.1s 延时，是为了躲开断路器三相不同期。

关于零序保护重合后加速功能验证，详见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

三、保护装置菜单介绍及操作说明

保护装置外形图如图 2-8 所示。

(一) 面板上各元件说明

(1) 液晶左侧为<运行>、<跳 A>、<跳 B>、<跳 C>、<重合>、<充电>、<通道告警>、<告警>灯。

<运行>灯：正常为绿色光，当有保护启动时闪烁。

<跳 A>、<跳 B>、<跳 C>灯：保护跳闸出口灯，动作后为红色，正常灭。

<重合>灯：B 型装置重合闸出口灯，动作后为红色，正常灭。

<充电>灯：B 型装置重合闸充满电后为绿灯亮，当重合闸停用、被闭锁或合闸放电后为灭。

<通道告警>灯：正常灭，当通道异常时亮，为红色。

<告警>灯：此灯正常灭，动作后为红色。有告警 I 时（严重告警），装置面板告警灯闪亮，退出所有保护的功能，装置闭锁保护出口电源；有告警 II 时（设备异常告警），装置面板告警灯常亮，仅退出相关保护功能（如 TV 断线），不闭锁保出口电源。

(2) 液晶右侧四方按键的说明。

SET 键：确认键，用于设置或确认。

QUIT 键：循环显示时，按此键，可固定显示当前屏幕的内容（显示屏右上角有一个钥匙标示，即定位当前屏），再按即可取消定位当前屏功能；菜单操作中按此键后，装置取消当前操作，回到上一级菜单；回到正常显示状态时可进行其他按键操作。

上、下、左、右键：选择键，用于从液晶显示器上选择菜单功能命令。选定后用左、右键移动光标，上、下键改动内容。

(3) “信号复归”按钮。用来复归信号灯和使屏幕显示恢复正常状态。

(4) 液晶屏显示。可以根据运行单位要求由调试人员使用 CSPC 工具软件选择配置显示内容，出厂时一般配置为电流、电压量及其角度和压板投入情况。

(5) 液晶屏下部四个快捷键及两个功能键。运行人员的操作接口，可以实现运行人员的简单操作，按键后将提示如何操作。

F1 键：按一下后提示是否打印最近一次动作报告。选是，则提示录波打印格式。图形/数据可选择图形格式或数据格式打印。在定值菜单下可以向下翻页。

F2 键：按一下后提示是否打印当前定值区定值。在定值菜单下可以向上翻页。

F3 键：按一下后提示是否打印采样值。

F4 键：按一下后提示是否打印装置信息和运行工况。

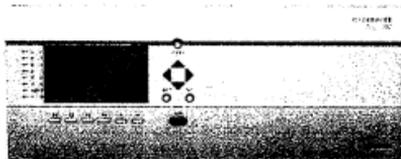


图 2-8 保护装置外形图



+/-键：功能键，使定值区加/减1。按一下后提示选择要切换到的定值区号。当前定值区号：xx；切换到定值区：xx。

(6) SIO 插座。连接外接 PC 机用的九针插座，为调试工具软件“CSPC”的专用接口。

(7) 正常运行时，<运行>绿灯亮，<充电>灯充满电后黄灯亮，其他灭。液晶屏循环显示顺序是：年一月一日，时：分：秒； I_a ， I_b ， I_c ， $3I_0$ ， U_a ， U_b ， U_c ， P ， Q 的大小及相位角；已投压板；当前定值区；重合闸检定方式；右下角显示“已充满”或“充电中”字样。刷新时间为 2~3s。上电 5min 后若无操作，液晶显示器变暗，按 SET 键或 QUIT 键又恢复到正常状态。

(二) 菜单结构

装置主菜单共 10 项，操作密码默认为 8888。在循环显示时按 SET 键进入装置主菜单，见表 2-3。

表 2-3 菜单结构表

一级菜单	二级菜单	说明
运行工况	模入量(注)	首先选 CPU 号
	装置版本	
	开入	显示各量当前状态，“开”或“合”
	阻抗量	复数形式显示大小
	装置工况	显示大小
	装置编码	
	测量量	显示大小及相位
报告查询	动作报告	按 SET 键查看内容
	告警报告	按 SET 键查看内容
	启动报告	按 SET 键查看内容
	操作记录	同上
修改时钟	当前时间	用上下左右键修改
	整定时间	
打印	定值	连接打印机即可按提示进行
	装置参数	
	工况	
	报告	
	装置设定	
	打印采样值	
液晶调节	液晶调节	按上、下键修改对比度
装置设定 (输入密码)	间隔名称 *	可用 CSPC 设置
	通讯地址 *	以太网 1、2 地址不能为 0

续表

一级菜单	二级菜单	说明
装置设定 (输入密码)	规约选择	若通过 485 接口和和监控后台通信时, 可不处理该项
	修改密码	装置出厂权限密码: 8888
	对时方式 *	可选择网络对时、GPS 分脉冲 或 GPS 秒脉冲
	485 波特率 *	上、下键选择
	SOE 复归选择	可选复归方式
	打印设置	"√" 为选择该项设置, "x" 为 不选该项设置
	103 功能类型	设 IEC 60870-5-103 功能码
开出传动		首先输入密码
定值设置	保护定值	首先输入密码
	装置参数	
	通信参数	只在按位显示方式时有效
	保护控制字	
测试操作	通信对点	用√或×选择对点
	切换定值区: 切换定值区 (首先输入密码)	首先输入密码, 查看和调整指定 CPU 的零漂及刻度
	查看零漂	
	调整零漂	
	查看刻度	
	调整刻度	
打印采样值: 打印指定 CPU 的采样值		
压板操作	软压板投退: 输入密码后进行投退	
	查看压板状态: 显示各压板名称及投退状态, 第 1 列为软压板, 第 2 列为压板总状态	

注 带*项只有 16 进制控制字使用。

说明:

1. 开关量打印

在装置设定—打印设置—录波打印量设置—开关量打印设置菜单中, 可供选择的开关量为: 保护启动、跳 A、跳 B、跳 C、永跳、沟通三跳、跳位 A、跳位 B、跳位 C、重合、其他保护停信、发信控制、收信、解除闭锁、单跳启动重合闸、三跳启动重合闸、闭锁重合闸、低气压闭锁重合闸。

2. 压板投入方式

CSC-101 系列提供两种压板方式, 即软硬压板串联方式和硬压板方式(屏上压板), 出厂默认配置为软硬压板串联方式。在压板操作—查看压板状态菜单中, 可以查看压板投入情况。第一列为压板名称, 第二列为软压板状态, 第三列为总压板状态。



3. 检修状态

调试时若投入检修状态压板, 动作报告不上送监控后台也不保存, 只输出打印和面板显示。

4. 查看采样

当进入测量量、阻抗量、模入量菜单后, 再进行保护试验, 该菜单不返回可方便调试, 用于查看所加入的模拟量和保护显示的数值是否一致。

第二节 保护定值及性能检验

一、检验内容

检验项目见表 2-4。

表 2-4 检 验 项 目

序号	项 目	序号	项 目
1	保护装置的整定及检验	7	TA 断线功能检验
2	距离保护的检验	8	TV 断线功能检验
3	零序保护的检验	9	非全相运行功能检验
4	纵联保护的检验	10	手合加速功能检验
5	重合闸功能检验	11	重合后加速功能检验
6	振荡闭锁功能检验		

按所给整定书进行检验。定值清单见表 2-5, 保护控制字见表 2-6。

表 2-5 定 值 清 单

序号	定 值 名 称	整定值	序号	定 值 名 称	整定值
1	突变量电流定值	1A	14	通道自检时间	10
2	静稳失稳电流定值	6A	15	接地电阻定值	5Ω
3	零序电抗补偿系数	0.5	16	接地 I 段电抗定值	2Ω
4	零序电阻补偿系数	0.5	17	接地 II 段电抗定值	4Ω
5	全线路正序电抗值	1Ω	18	接地 III 段电抗定值	6Ω
6	全线路正序电阻值	1Ω	19	接地 II 段时间定值	0.5s
7	线路长度定值	500km	20	接地 III 段时间定值	1.8s
8	线电压一次额定值	220kV	21	相间电阻定值	6Ω
9	电流一次额定值	2.4kA	22	相间 I 段电抗定值	2Ω
10	电流二次额定值	5A	23	相间 II 段电抗定值	4Ω
11	纵联零序电流定值	7A	24	相间 III 段电抗定值	6Ω
12	纵联距离电抗定值	3Ω	25	相间 II 段时间定值	0.5s
13	纵联距离电阻定值	5Ω	26	相间 III 段时间定值	1.8s

续表

序号	定 值 名 称	整定值	序号	定 值 名 称	整定值
27	TV 断线后过电流定值	6A	37	零序Ⅳ段时间定值	3.5s
28	TV 断线后零序过电流定值	2A	38	零序反时限电流定值	2A
29	TV 断线后延时定值	4s	39	零序反时限时间定值	0.14
30	零序Ⅰ段电流定值	15A	40	零序反时限指数定值	0.02
31	零序Ⅱ段电流定值	10A	41	零序反时限延时定值	0.5s
32	零序Ⅲ段电流定值	6A	42	单相重合闸短延时段定值	0.7s
33	零序Ⅳ段电流定值	3A	43	单相重合闸长延时段定值	4.5s
34	不灵敏Ⅰ段电流定值	5A	44	三相重合闸短延时段定值	1s
35	零序Ⅱ段时间定值	0.5s	45	三相重合闸长延时段定值	1.5s
36	零序Ⅲ段时间定值	2S	46	重合闸检同期角度定值	30°

表 2-6

保 护 控 制 字

序号	定 值 名 称	数值	序号	定 值 名 称	数值
1	相间永跳投入	0	21	零序Ⅱ段投入	1
2	三相永跳投入	0	22	零序Ⅲ段投入	1
3	电压接线路 TV	0	23	零序Ⅱ段带方向投入	1
4	弱电源功能投入	0	24	零序Ⅲ段带方向投入	1
5	弱电源跳闸功能投入	0	25	零序Ⅳ段带方向投入	1
6	专用收发信机闭锁式投入	1	26	加速零序Ⅱ段投入	1
7	复用载波机闭锁式投入	0	27	加速零序Ⅲ段投入	0
8	允许式投入	0	28	加速零序Ⅳ段投入	1
9	解除闭锁式功能投入	0	29	3U ₀ 突变量闭锁投入	0
10	远方起信由收发信机完成	0	30	零序Ⅱ、Ⅲ段永跳投入	0
11	纵联保护阻抗瞬时加速投入	0	31	零序Ⅳ段永跳投入	0
12	通道定时自检投入	0	32	零序反时限带方向投入	0
13	距离Ⅰ端不经振荡闭锁	0	33	零序反时限永跳投入	0
14	距离Ⅱ端不经振荡闭锁	0	34	非同期方式投入	1
15	快速Ⅰ段投入	1	35	检无压方式投入	0
16	瞬时加速距离Ⅱ段投入	0	36	检同期方式投入	0
17	瞬时加速距离Ⅲ段投入	0	37	单相偷跳启动重合闸	0
18	距离Ⅱ段永跳投入	0	38	三相偷跳启动重合闸	0
19	距离Ⅲ段永跳投入	0	39	备用	0
20	TV 断线后过电流投入	1			



二、检验方法与步骤

(一) 距离保护的检验

1. 距离 I 段保护电抗定值检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得, $K_X=0.5$, $X_{D1}=2\Omega$, $X_{X1}=2\Omega$ 。试模拟线路运行中近端 A 相金属性短路接地以及 BC 相金属性短路故障, 检验距离 I 段相关定值。

(2) 计算检验数据。

1) A 相故障。令故障电流 $I_a=5A$, 故障相电压 $U=0.95I_aX_{D1}(1+K_X)=14.25(V)$; 1.05 倍为 15.75V, 0.7 倍为 10.5V。

2) BC 相故障。故障电流 $I_{bc}=10A$, 故障相电压 $U=0.95I_{bc}X_{X1}=19(V)$; 1.05 倍为 21V。

(3) 试验接线。

1) 交流接线。电流、电压接线如图 2-9 所示。

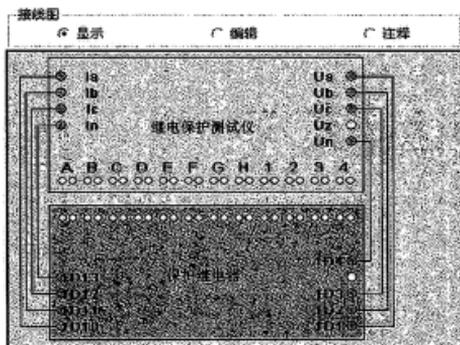


图 2-9 线路保护交流接线

2) 把手压板配合。投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(4) 检验仪器上设置 (状态序列法)。

1 态: 空载运行态, 10s。复归 TV 断线, 本态不翻转。

2.1 态 (单相 0.95): 0.3s, 故障态。 U_a 为 14.25V, 0° ; I_a 为 5A, 270° , 如图 2-10 所示。

2.2 态 (单相 1.05): 0.3s, 故障态。 U_a 为 15.75V, 0° ; I_a 为 5A, 270° 。

2.3 态 (单相 0.7): 0.3s, 故障态。 U_a 为 10.5V, 0° ; I_a 为 5A, 270° 。

2.4 态 (相间 0.95): 0.3s, 故障态。 U_b 、 U_c 为 19V, 角度分别为 210° 、 150° ; I_b 为 5A, 180° ; I_c 为 5A, 0° , 见图 2-11。

2.5 态 (相间 1.05): 0.3s, 故障态。 U_b 、 U_c 为 21V, 角度分别为 210° 、 150° ; I_b 为 5A, 180° ; I_c 为 5A, 0° 。

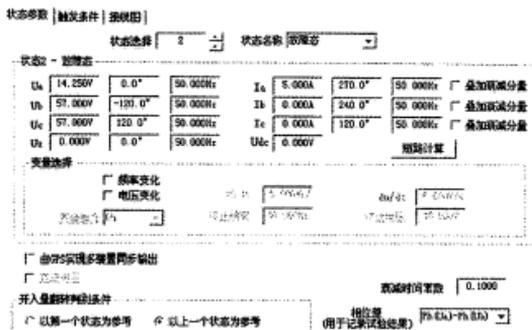


图 2-10 2.1 态电流参数设置



图 2-11 2.4 态电流参数设置

2 态使用输入 A 触发翻转；各态停表方式为“以上一个状态为参考”。

(5) 信号与报告。

2.1/2.3/2.4 态：装置面板上相应跳闸灯亮，液晶上显示“Ⅰ段阻抗出口”。

2.2/2.5 态：保护应不动作。

2.3 态： T_a （指仪器输入 A 测时结果，下同）应不大于 20ms（实测 20ms）。

(6) 备注。距离Ⅱ段电抗定值 (X_{D2}/X_{X2}) 检验的计算与Ⅰ段检验方法相似。动作时间应与 T_{D2}/T_{X2} 误差不超过 20ms。距离Ⅲ段电抗定值 (X_{D3}/X_{X3}) 检验的计算与Ⅰ段检验方法相似。动作时间应与 T_{D3}/T_{X3} 误差不超过 20ms，不行赘述。

2. 距离保护Ⅱ段电阻定值检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得， $K_R=0.5$ ， $R_{D1}=5\Omega$ ， $R_{X1}=6\Omega$ 。试模拟线路运行中出口处 B 相经高阻接地以及出口处 AC 相经过渡电阻短路故障，检验距离Ⅱ、Ⅲ段相关定值。

(2) 计算检验数据。

1) B 相故障。令故障电流 $I_b=5A$ ，故障相电压 $U=0.95I_bR_D(1+K_R)=35.7(V)$ ；1.05 倍

为 40V。

2) AC 相故障。故障电流 $I_{ac}=4A$ ，故障相电压 $U=0.95I_{ac}R_X=22.8(V)$ ；1.05 倍为 25.2V。

(3) 试验接线。

1) 交流接线。电流、电压接线如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 II、III 段投入” IKLP3 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点。

(4) 检验仪器上设置。

1 态：空载运行态，10s。复归 TV 断线，本态不翻转。

2.1 态（单相 0.95）：故障态。 U_b 为 35.7V， 240° ； I_b 为 5A， 240° ，见图 2-12。



图 2-12 2.1 态电流参数设置

2.2 态（单相 1.05）：故障态。 U_b 为 40V， 240° ； I_b 为 5A， 240° ；

2.3 态（相间 0.95）：故障态。 U_a 、 U_c 为 22.8V，角度分别为 30° 、 90° ； I_a 为 2A， 330° ； I_c 为 2A， 150° ，见图 2-13。

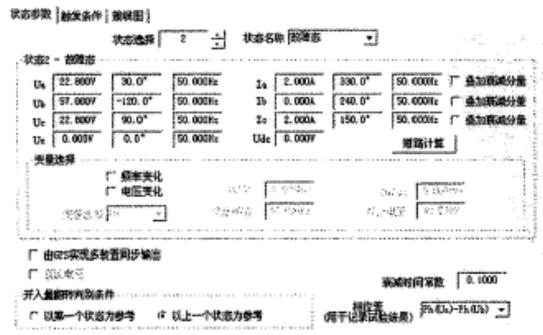


图 2-13 2.3 态电流参数设置

2.4 态 (相间 1.05): 故障态。\$U_a\$、\$U_c\$ 为 25.2V, 角度分别为 30°、90°。

\$I_a\$ 为 2A, 330°, \$I_c\$ 为 2A, 150°。

2 态使用输入 A 触发翻转; 各态停表方式为“以上一个状态为参考”。

(5) 信号与报告。

2.1/2.3 态: 装置面板上相应跳闸灯亮, 液晶上显示“II 段阻抗出口”, \$T_a\$ 实测 0.51s。

2.2/2.4 态: 保护应不动作。

3. 距离保护 I 段电阻定值检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得, \$K_R=0.5\$, \$R_{D1}=5\Omega\$, \$R_{X1}=6\Omega\$。试模拟线路运行中出口处 B 相经小电阻接地以及出口 AC 相经弧光电阻短路故障, 检验距离 I 段相关定值。

(2) 计算检验数据。

1) B 相故障。距离 I 段的接地电阻定值 \$R_d\$ 计算方法:

\$R_d=0.5\min\{R_D, \max[X_{D1}/2, 25/L_Z+R_1], 8X_{D1}\}\$ (公式说明见原理部分)

此例中, \$R_D=5\$, \$X_{D1}=2\$, \$R_1=1\$, \$L_Z=2200/2400/5=4.6\$, 故 \$R_d=2.5\$

令故障电流 \$I_a=5A\$, 则 \$U_a=0.95I_bR_d(1+K_R)=17.8(V)\$; 1.05 倍为 20V, 0.7 倍为

13.3V。

2) AC 相故障。距离 I 段的相间电阻定值 \$R_x\$ 计算方法:

\$R_x=0.5\min\{R_X, \max[X_{X1}/2, 15/L_Z+R_1], 8X_{X1}\}\$ (公式说明见原理部分)

此例中, \$R_X=6\$, \$X_{X1}=2\$, \$R_1=1\$, \$L_Z=2200/2400/5=4.6\$, 故 \$R_x=2.13\$

故障电流 \$I_{bc}=10A\$, 故障相电压 \$U=0.95I_bR_x \cdot 2=20(V)\$; 1.05 倍为 22.5V。

(3) 试验接线。

1) 交流接线。电流、电压接线如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(4) 检验仪器上设置。

1 态: 空载运行态, 10s。复归 TV 断线, 本态不翻转。

2.1 态 (单相 0.95): 0.3s, 故障态。\$U_b\$ 为 17.5V, 240°; \$I_b\$ 为 5A, 240°, 见图 2-14。

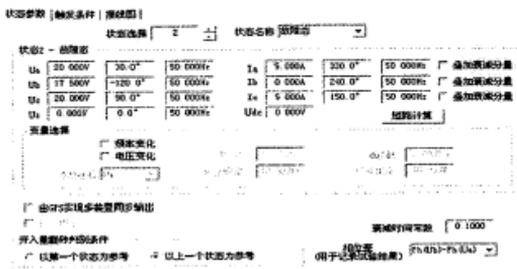


图 2-14 单相故障态电流参数设置

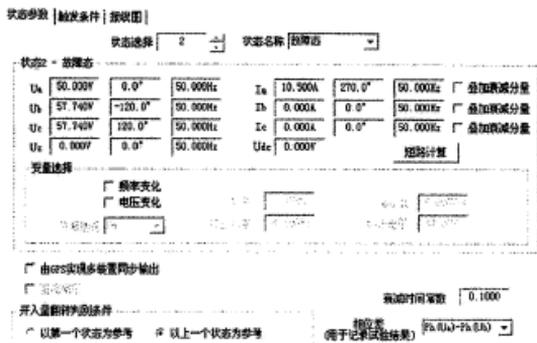


图 2-16 单相故障态电流 (2.1 态)

2.3 态 (1.2): 故障态, 1s。U_a 为 50V, 0°; I_a 为 12A, 270°。

2 态使用输入 A 触发翻转; 各态停表方式为“以上一个状态为参考”。

(4) 信号与报告。

2.1/2.3 态: 装置面板上相应跳闸灯亮, 液晶上显示“零序 II 段出口”。

2.2 态: 保护应不动作。

2.3 态: T_a 应不大于 520ms (实测 509ms)。

(5) 备注。零序 III、IV 段的检验与 II 段方法相似。其动作时间应与 T03/T04 之间误差不能超过 20ms。零序 I 段的检验与 II 段方法相似, 仅需更换保护投入压板为“零序 I 段”, 且不需整定而自动带方向。动作时间应不大于 20ms。此处不行赘述。

2. 零序方向边界检验

(1) 检验说明。将零序控制字中整定“零序 II 段经方向”。试模拟双侧电源线路运行中 A 相经过渡电阻接地, 故障电流 12A, 检验零序方向元件边界。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。电流、电压接线如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 空载运行态, 10s。复归 TV 断线, 本态不翻转。

2 态: 故障态, 1s。电压 U_a 为 27V, 0°; I_a 为 12A, 见图 2-17。

2 态使用输入 A 触发翻转; 各态停表方式为“以上一个状态为参考”。不断变换 I_a 相位 (0°~360°), 记录使保护动作情况, 如表 2-7 所示。



图 2-17 单相故障态电流（边界）

表 2-7

零序方向元件动作情况

I_0 ($3I_0$) 相位	U_0 相位	$3U_0$ 相位	保护动作情况
3°	0°	180°	不动作
197°	0°	180°	不动作
203°	0°	180°	动作
357°	0°	180°	动作

由此得到零序方向元件的动作边界，如图 2-18 所示。

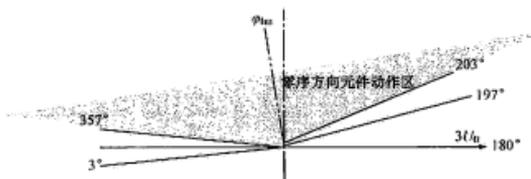


图 2-18 零序边界图

可以计算零序正方向元件灵敏角 ($3I_0$ 超前 $3U_0$ 的角度)：

$$\varphi_{lm} = (203^\circ + 357^\circ) / 2 - 180^\circ = 100^\circ$$

与说明书给出的 99° 大致相符。

说明：零序各段公用此零序方向元件，因此不用对每段保护检验动作边界。零序 I 段不需整定而自动带方向；其他三段需将零序控制字中“零序 X 段反方向”置 1。

(三) 纵联保护的检验

1. 纵联距离方向元件检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得， $X_{DZ}=1\Omega$ ， $R_{DZ}=5\Omega$ 。试模拟双侧电源线路区内 A 相经过渡电阻接地故障（阻抗角约为 60° ），检验纵联距离元件相关定值。

(2) 计算检验数据。令故障电流 $I_a=6A$ ，阻抗角 $\varphi=60^\circ$ ，将相关定值代入阻抗测量元件微分方程式

$$\dot{U}_0 = L_0 \frac{d(\dot{I}_0 + K_s \cdot 3\dot{I}_0)}{dt} + R_0 (\dot{I}_0 + K_s \cdot 3\dot{I}_0)$$

经过简化可得

$$U_a = m \cdot 3I_a Z_r$$

式中 Z_r ——该相量阻抗在 R 方向的坐标。

$Z_r = X_{DZ} / (\tan 7^\circ + 1.732)$ ，由于 $X_{DZ} = 3\Omega$ ，可得 $Z_r = 1.6 (\Omega)$

$$U_a (0.95) = 0.95 \times 3 \times 6 \times 1.6 = 27 (\text{V})$$

$$U_a (0.7) = 0.7 \times 3 \times 6 \times 1.6 = 20 (\text{V})$$

$$U_a (1.05) = 1.05 \times 3 \times 6 \times 1.6 = 30 (\text{V})$$

(3) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板，投入“距离 II、III 段投入”1KLP3 压板。重合闸切换开关放“停用”位置。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点；仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 B (2) 接 1D107，监视录波发信触点。

(4) 检验仪器上设置。

1 态：空载运行态，15s。此态不翻转。

2.1 态 (0.95)：1s，故障态。 U_a 为 27V， 0° ； I_a 为 6A， 300° 。

2.2 态 (1.05)：1s，故障态。 U_a 为 30V， 0° ； I_a 为 6A， 300° 。

2.3 态 (0.7)：1s，故障态。 U_a 为 20V， 0° ； I_a 为 6A， 300° 。

2 态使用输入 A 触发翻转，如图 2-19 所示。

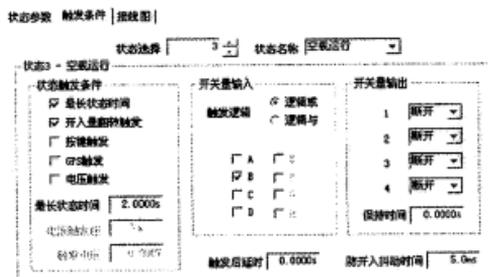


图 2-19 2 态时间

3 态：2s，空载运行态。使用输入 B 触发翻转，如图 2-20 所示。

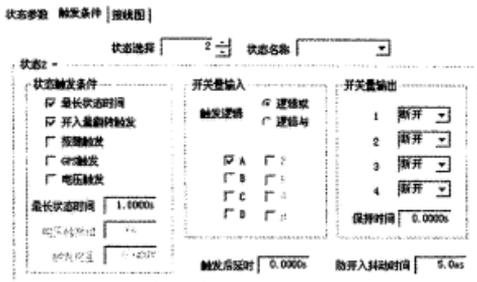


图 2-20 3 态时间

各态停表方式均以第一态为参考。

(5) 信号与报告。

2.1/2.3 态：装置面板上相应跳闸灯亮，液晶上显示“纵联保护出口”。

2.2 态：显示“II 段阻抗出口”。

2.3 态： T_a 应小于 35ms（实测 33ms）。

3 态： $160\text{ms} < T_b < 170\text{ms}$ 。此时，输入 B 所测时间为纵联保护或距离 II 段动作后停信展宽的时间（120+40）ms（实测 161ms），这种本保护跳闸后延展停信时间，从而使对侧纵联保护跳闸的动作逻辑称为相继动作。

2. 纵联零序检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得， $3I_0=7A$ 。试模拟双侧电源线路区内 A 相接地故障，检验纵联零序方向元件相关定值。

(2) 计算检验数据。由于 $3I_0=7A$ ，可得

$$I_a(1.05) = 1.05 \times 7 = 7.4 \text{ (A)}$$

$$I_a(1.2) = 1.2 \times 7 = 8.4 \text{ (A)}$$

$$I_a(0.95) = 0.95 \times 7 = 6.6 \text{ (A)}$$

(3) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板。

3) 开入配合。断路器合位，重合闸切换开关放“停用”位置。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点；仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 B (2) 接 1D107，监视录波发信触点。

(4) 检验仪器上设置。

1 态：空载运行态，15s。此态不翻转。

2.1 态 (1.05)：2s，故障态。 U_a 为 50V， 0° ； I_a 为 7.4A， 270° 。

2.2 态 (1.2)：2s，故障态。 U_a 为 50V， 0° ； I_a 为 8.4A， 270° 。

2.3 态 (0.95): 2s, 故障态。 U_a 为 50V, 0° ; I_a 为 6.6A, 270° 。

2.4 态 (区外): 0.5s, 故障态。 U_a 为 50V, 0° ; I_a 为 8.4A, 90° 。

3.4 态: 2s, 故障态。 U_a 为 50V, 0° ; I_a 为 8.4A, 270° 。

2 态与 3.4 态使用输入 A 触发翻转, 停表方式为以上一个状态为参考。

3 态时间见图 2-21。

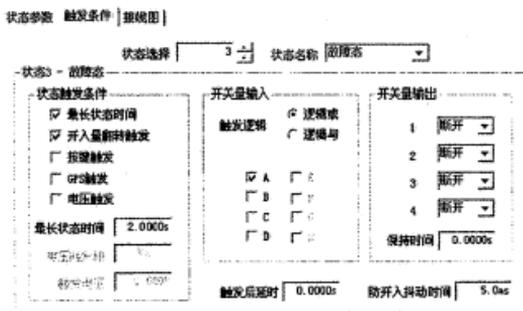


图 2-21 3 态时间

(5) 信号与报告。

2.1/2.2 态: 装置面板上相应跳闸灯亮, 液晶上显示“纵联零序停信”, “纵联保护出口”。

2.2 态: T_a 应不大于 35ms (实测 42ms)。

2.3 态: 保护应不动作。

2.4 态: 纵联零序保护固定带方向, 使用与零序电流保护相同的零序方向判别元件, 因此反向时应不动作。

3.4 态: T_a 应为 $42+40+15=97$ (ms) 左右 (实测 $T_a=94$ ms)。

3.4 态模拟的是区外转区内故障 (即发生功率倒向)。此时, 在保护动作后 (42ms) 延时 40ms 停信, 停信后经过跳闸确认延时 (15ms), 纵联保护出口。

3. 弱馈功能检验

(1) 检验说明。将纵联控制字 KG2 中“弱电源功能投入”、“弱电源跳闸功能投入”置 1; 控制字 KG2 由 0004 变为 0007。试模拟线路区内故障, 对侧正确动作, 检验本侧 (弱电源) 保护的弱馈停信功能。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板。

3) 开入配合。断路器合位: 输出 1 (1) 接 1D58, 输入 1 (2) 接 1D114。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点; 仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 B (2) 接 1D107, 监视录波发信触点。



(3) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 空载运行态。输出 1 在 14s 后闭合, 输入 B 触发翻转, 见图 2-22。

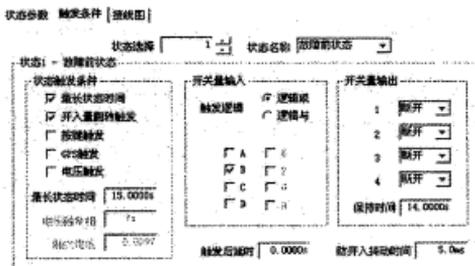


图 2-22 1 态时间

2 态: 2s, 故障态。 U_a 为 25V, $I_{abc}=0$; 输入 B 触发翻转; 输出 1 始终闭合。

3 态: 2s, 故障态。 U_a 为 25V, $I_{abc}=0$ 。

输入 A 触发翻转 (保护跳闸), 输出 1 始终打开。

各态停表方式以上一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

1 态: 测量远方起信时间, T_b 应不大于 14.01s (实测 14.009s)。

2 态: 测量弱馈停信时间, T_b 应不大于 40ms (实测 0.0373s), 如图 2-23 所示。

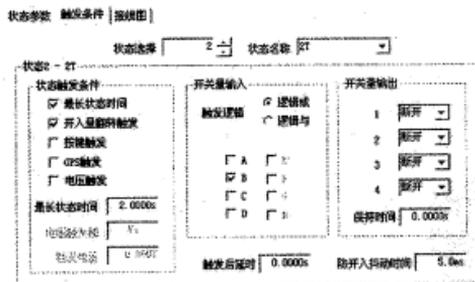


图 2-23 2 态时间

3 态: 测量弱馈侧跳闸时间, T_a 应不大于 40ms (实测 0.0181s), 如图 2-24 所示。

4. 三跳位置停信功能检验

(1) 检验说明。试模拟线路投运时, 对侧空充线路合于故障, 本侧处于断路器分闸位置。试检验三跳位置停信功能。

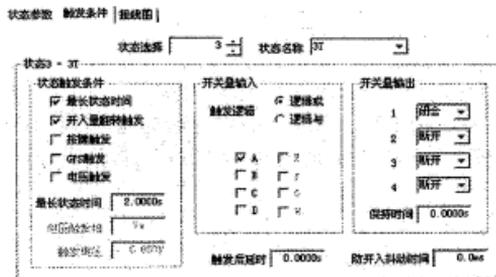


图 2-24 3 态时间

(2) 试验接线。

- 1) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板。
- 2) 开入配合。断路器分位；输出 1 (1) 接 1D58，输入 1 (2) 接 1D114。
- 3) 开出配合。仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97)；输入 B (2) 接 1D107，监视录波发信触点。

(3) 检验仪器上设置。

- 1 态：15s，空载运行态。此态不翻转。
- 2 态：2s，空载运行态。见图 2-25。

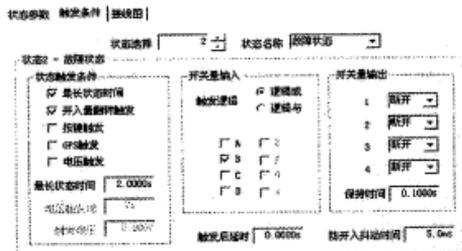


图 2-25 2 态时间

0.1s 后输出 1 闭合，输入 B 触发翻转。

各态停表方式以上一个状态为参考。

- (4) 信号与报告。保护面板应显示“跳闸位置停信”， T_b 所测为起信延时 (100ms) + 三跳位置停信展宽 (160ms)，约为 260ms，实测 262ms。

5. 其他保护动作停信功能检验

- (1) 检验说明。线路断路器与其电流互感器之间发生死区故障，应由母差保护切除故障，同时向保护发出停信命令。试模拟母差保护动作情况，检验“其他保护动作”的逻辑功能。



(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板。

3) 开入配合。断路器合位；输出 1 (1) 接 1D58，输出 1 (2) 接 1D71。

4) 开出配合。仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 B (2) 接 1D107，监视录波发信触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态：15s，空载运行态。此态不翻转。

2 态：0.2s，故障态。 U_a 为 50V， 0° ； I_a 为 9A， 90° 。输出 1 在 0.1s 后闭合，此态不翻转，见图 2-26。

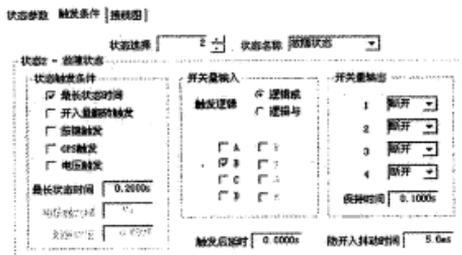


图 2-26 2 态时间

3 态：2s，故障态。交流量设置同上，输出 1 在 0.1s 后打开；输入 B 触发翻转，见图 2-27。

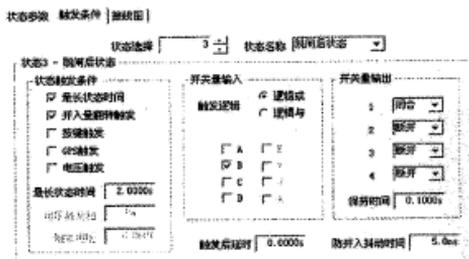


图 2-27 3 态时间

各态停表方式以上一个状态为参考。

(4) 信号与报告。保护面板上显示“保护跳闸停信”， T_b 所测为“其他保护动作”开入返回延时 (100ms) + 其他保护动作停信展宽 (120ms)，约为 220ms，实测 242ms。

(四) 重合闸功能检验

1. 重合闸时间定值检验

(1) 检验说明。以单相重合闸为例进行说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得, $T_{S1}=0.7s$, $T_{L1}=1.5s$ 。试模拟双侧电源线路区内 A 相接地故障, 检验重合闸延时定值以及重合闸脉宽。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

重合闸控制字 KG5 中 B0、B1 置 0, B2 置 1。1QK1 放单重位置。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点; 仪器输入 B (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 B (2) 接 1D109, 监视录波重合闸触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 20s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 2s, 故障态。 U_a 为 50V, 0° ; I_a 为 11A, 270° 。输入 A 触发翻转。

3 态: 2s, 跳后态 (同空载运行态)。输入 B 触发翻转, 见图 2-28。

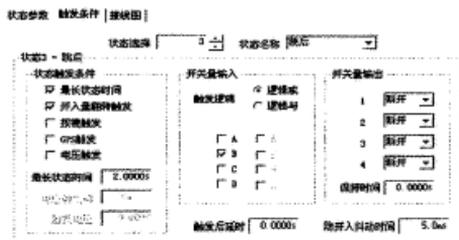


图 2-28 3 态时间

4 态: 2s, 重合后态 (同空载运行态)。输入 B 触发翻转, 见图 2-29。



图 2-29 所有 4 态的停表方式



各态停表方式以上一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

3 态: $T_b - T_a$ 即为单相重合闸延时 0.7s [实测 740-39=701 (ms)]。

4 态的 T_b 为重合闸脉宽。

投入“重合闸长延时投入”1KLP7 压板(同时操作软压板),重复试验。

3 态的 $T_b - T_a$ 应与整定 T_{L1} 相差不超过 20ms。

(五) 振荡闭锁功能检验

1. 静稳条件定值检验

(1) 检验说明。整定静稳失稳电流定值 $I_{JW}=6A$ 。试模拟系统振荡中,线路发生区内 A 相接地故障,通过观察距离 I 段保护动作情况,检验 I_{JW} 的定值。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 振荡态。此态不翻转, 见图 2-30。



图 2-30 1 态状态参数

2.1 态: 50 ms, 失稳态。三相电流增大至 5.9A。此态不翻转, 见图 2-31。

2.2 态: 50 ms, 失稳态。三相电流增大至 6.2A。此态不翻转。

3 态: 2s, 故障态。模拟距离 I 段整定范围内故障, 见图 2-32。

3 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

3.1 态(指 2.1 态后的 3 态, 下同): A 相跳闸灯亮, 保护面板应显示“I 段阻抗出口”。

3.2 态(指 2.2 态后的 3 态, 下同): 保护应不动作。

本试验说明距离 I 段受振荡闭锁影响。在保护判定为进入振荡后, 距离 I 段则被不对称故障判据闭锁。2 态的静稳电流大小就是影响保护判定进入振荡与否的判据。由此可见, I_{JW}

动作值为 6A 左右。

状态参数 | 触发条件 | 接线图 |

状态选择 2 状态名称 irffc

状态 = irffc

Ua	57.740V	0.0°	50.000Hz	Ia	5.800A	210.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
Ub	57.740V	-120.0°	50.000Hz	Ib	5.800A	150.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
Uc	57.740V	120.0°	50.000Hz	Ic	5.800A	30.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0c	0.000V				

短路计算

变量选择

频率变化 电压变化

系数选择: 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0

由仿真软件同步输出

启动时间

启动时间常数: 0.1000

投入量数判断条件

以第一个状态为参考 以上一个状态为参考

相位差 (用于记录比较结果): [Ph.0(A)-Ph.0(B)]

图 2-31 2.1 态状态参数

状态参数 | 触发条件 | 接线图 |

状态选择 3 状态名称 跳闸后状态

状态 = 跳闸后状态

Ua	30.000V	0.0°	50.000Hz	Ia	10.000A	270.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
Ub	57.740V	-120.0°	50.000Hz	Ib	6.300A	150.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
Uc	57.740V	120.0°	50.000Hz	Ic	6.300A	30.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加	<input type="checkbox"/> 减法
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0c	0.000V				

短路计算

变量选择

频率变化 电压变化

系数选择: 1.0, 1.2, 1.5, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 10.0, 20.0, 50.0, 100.0

由仿真软件同步输出

启动时间

启动时间常数: 0.1000

投入量数判断条件

以第一个状态为参考 以上一个状态为参考

相位差 (用于记录比较结果): [Ph.0(A)-Ph.0(B)]

图 2-32 3 态状态参数

2. 不对称判据功能检验

(1) 检验说明。不对称判据由 $I_0 > m_1 I_1$ 、 $I_2 > m_2 I_1$ 组成。模拟线路区外故障，引起系统振荡，振荡中线路区内故障。通过观察距离 I 段保护动作情况，估算判据中 m_1 、 m_2 的值。

(2) 数据计算。打开检验仪器的手动测试菜单，将电流设置改为按序分量设置。将 I_1 固定为 10A、270°， I_0 为 0，改变 I_2 为 $m \cdot 10A$ 、270°，记录各 m_2 对应的数据。置 I_2 为 0，改变 I_0 为 $m \cdot 10A$ ，记录各 m_1 对应的数据，见表 2-8。

表 2-8 不对称判据系数表

系数	取值	I_0 (A)	φ_0 (°)	I_2 (A)	φ_2 (°)	I_c (A)	φ_c (°)
m_1	0.23	12.3	270	9.1	163	9.1	17
m_1	0.21	12.1	270	9.13	161.5	9.13	18.5
m_1	0.2	12	270	9.16	160	9.16	20
m_2	0.46	14.6	270	8.67	122.6	8.67	57.4
m_2	0.45	14.5	270	8.675	123	8.675	57
m_2	0.44	14.4	270	8.68	124	8.68	56



(3) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 I 段投入”IKLP2 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(4) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 空载运行态。此态不翻转。

2.1 态: 0.13s, 区外故障态。此态不翻转, 见图 2-33。

状态参数 | 触发条件 | 逻辑图

状态选择 | 2 | 状态名称 |

状态 2 -

Us	57.740V	0.0°	50.000Hz	Ia	5.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加幅值分量
Ub	57.740V	-120.0°	50.000Hz	Ib	5.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加幅值分量
Uc	57.740V	120.0°	50.000Hz	Ic	5.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加幅值分量
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0c	0.000V			<input type="checkbox"/> 叠加幅值分量

开量选择

频率变化

电压变化

频率范围: [] Hz

电压范围: [] V

频率误差: [] Hz

电压误差: [] V

由0ms实现多数据同步输出

启动时间

启动时间常数: [0.1000]

开入量翻转逻辑条件

以第一个状态为参考

以上一个状态为参考

报警 (用于记录报警结果) [Ph.0kV-Ph.0kV]

图 2-33 2.1 态状态参数

2.2 态: 0.15s, 区外故障态。此态不翻转。

3 态: 2s, 区内故障态。 U_a 为 10V, 0° 。电流设置如表 2-8 所示。

3 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均已第一个状态为参考。

(5) 信号与报告。根据 3.2 态动作情况, 估算出 m_1 、 m_2 对应的临界值, 如表 2-9 所示。

表 2-9

不对称判据 m 系数动作情况表

系数	系数取值	保护动作情况
m_1	0.21	动作
m_1	0.2	不动
m_2	0.45	动作
m_2	0.44	不动

由此得出结论: m_1 值约在 0.2~0.21 之间, m_2 值约在 0.44~0.45 之间。

(六) TA 断线时的功能检验

1. TA 断线时零序保护功能检验

(1) 检验说明。模拟 TA 断线后 A 相接地故障, 验证零序各段保护动作情况。

(2) 试验接线。

- 1) 交流接线。如图 2-9 所示。
 - 2) 把手压板配合。投入“零序 I 段投入”1KLP4 压板，投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。
 - 3) 开入配合。断路器合位。
 - 4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点。
- (3) 检验仪器上设置。
- 1 态：15s，运行态。此态不翻转，见图 2-34。



图 2-34 1 态状态参数

2.1 态：13s，TA 断线态。此态不翻转。

2.2 态：11s，TA 断线态。此态不翻转，见图 2-35。



图 2-35 2.2 态状态参数

3 态：5s，A 相接地故障态。此态使用输入 A 触发翻转，见图 2-36。

各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

3.1 态：应显示“TA 断线告警”，保护不动作。

状态参数 | 触发条件 | 预视图

状态选择: 3 | 状态名称: |

Ua	59.000V	0.0°	50.000Hz	Ia	18.000A	270.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加谐波分量
Ub	57.746V	-120.0°	50.000Hz	Ib	0.000A	123.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加谐波分量
Uc	57.746V	120.0°	50.000Hz	Ic	0.000A	97.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 叠加谐波分量
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0c	0.000V			

测量选择:

频率变化 电压变化

采样速率: 497 Hz 采样周期: 2.0162 ms 采样时间: 0.0576 s

由中实线多位置同步输出 其值中至

开入量翻转的条件: 以第一个状态为参考 以上一个状态为参考

用于记录的数据: [0.000V-26.00V]

观测时间常数: 0.1000

图 2-36 3 态状态参数

3.2 态: 应显示“零序 I 段出口”。证明 TA 断线的判定时间为 12s。

以上试验说明 TA 断线后闭锁零序各段。

(七) TV 断线功能检验

1. TV 断线下自动投入的零流保护定值检验

(1) 检验说明。TV 断线下自动投入不带方向的过电流、零流元件。试模拟 TV 断线后 A 相接地故障, 检验相关定值。整定设置: 零序各段设为经方向。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板, 投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板, 投入“距离 II、III 段投入”1KLP3 压板, 投入“零序 I 段投入”1KLP4 压板, 投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 2s, TV 断线态。 $U_b=U_c=0$; 此态不翻转。

3.1 态: 5s, 故障态, $U_{abc}=0$; $I_a=2.1A$, 270° 。

3.2 态: 5s, 故障态, $U_{abc}=0$; $I_a=1.9A$, 270° 。

3.3 态: 5s, 故障态, $U_{abc}=0$; $I_a=2.4A$, 270° 。

3.4 态: 3.6s, 故障态, $U_a=10V$, 0° ; $I_a=18A$, 100° 。

3 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

3.1/3.3 态: A 相跳闸灯亮。液晶应显示“TV 断线过流出口”。

3.2/3.4 态: 保护应不动作。3.4 态证明所有带方向的零序保护退出。

3.3 态: T_a 实测 4.013s。

3.1/3.2/3.3 态：证明 TV 断线下所有距离元件退出。

2. TV 断线下自动投入的过流保护定值检验

(1) 检验说明。TV 断线下自动投入不带方向的过电流、零流元件。试模拟 TV 断线后 AB 相间短路故障，检验相关定值。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“纵联保护投入”1KLP1 压板，投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板，投入“距离 II、III 段投入”1KLP3 压板，投入“零序 I 段投入”1KLP4 压板，投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态：15s，空载运行态。此态不翻转。

2 态：2s，TV 断线态。 $U_c=0$ ；此态不翻转。

3.1 态：5s，故障态。 $U_{abc}=0$ ； $I_a=6.3A$ ， 120° ； $I_b=6.3A$ ， 300° 。

3.2 态：5s，故障态。 $U_{abc}=0$ ； $I_a=5.7A$ ， 120° ； $I_b=5.7A$ ， 300° 。

3.3 态：5s，故障态。 $U_{abc}=0$ ； $I_a=7.2A$ ， 120° ； $I_b=7.2A$ ， 300° 。

3 态使用输入 A 触发翻转，各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

3.1/3.3 态：A 相跳闸灯亮。液晶应显示“TV 断线过流出口”。

3.2 态：保护应不动作。

3.3 态： T_a 实测 4.013s。

(八) 非全相运行功能检验

1. 不灵敏 I 段定值检验

(1) 检验说明。根据表 2-5 和表 2-6 可得， $I_{N1}=5A$ 。试模拟线路 A 相跳开重合期间内 B 相再故障，检验不灵敏 I 段相关定值。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序 I 段投入”1KLP4 压板。重合闸把手放“停用”位置。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态：26s，空载运行态。此态不翻转。

2 态：0.6s，初次故障态。 $U_a=50V$ ， 0° ； $I_a=11A$ ， 270° ；此态不翻转。

3 态：0.5s，重合态（同 1 态）。此态不翻转。

4.1 态：5s，再故障态。 $U_b=50V$ ， 240° ； $I_b=5.3A$ ， 150° 。



4.2 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=5.3A$, 330° 。

4.3 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=4.7A$, 150° 。

4.4 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=6A$, 150° 。

4 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

4.1/4.4 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“不灵敏 I 段出口”。

4.2/4.3 态: 保护应不动作; I_b 相位 330° 时不动说明不灵敏 I 段带方向。

4.4 态: T_a 应不大于 40ms 左右 (实测 29ms)。

2. 非全相对零序保护影响

(1) 检验说明。线路处于 BC 两相运行时, 发生区内故障, 如表 2-5 和表 2-6 所示, $I_{04}=3A$, $T_{04}=3.5s$ 。试验证非全相运行时零序 IV 段保护动作情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。重合闸控制字 KG5 中“非同期方式”置 1; 重合闸把手放“停用”位置。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 26s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 0.6s, 初次故障态。 $U_a=50V$, 0° ; $I_a=11A$, 270° ; 此态不翻转。

3 态: 0.5s, 重合态 (同 1 态)。此态不翻转。

4.1 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=3.1A$, 330° 。

4.2 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=2.9A$, 330° 。

4.3 态: 5s, 再故障态。 $U_b=50V$, 240° ; $I_b=3.6A$, 330° 。

4 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

4.1/4.3 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“零序 IV 段出口”; 4 态放 330° 说明非全相状态下零序 IV 段固定不带方向。

4.2 态: 保护应不动作。

4.3 态: T_a 应在 3s 左右 (实测 3.022s)。

以上试验说明, 非全相情况下, 零序 IV 段出口时间缩短了 500ms。

3. 非全相对距离保护影响

(1) 检验说明。线路处于 BC 两相运行时, 发生区内故障。试验证非全相运行时距离 I 段保护动作情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入投入“距离 I 段投入”1KLP2 压板。重合闸控制字 KG5 中“非

同期方式”置1；单重方式。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97)，输入 A (2) 接 1D104，监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 26s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 0.1s, 初次故障态。 U_a 为 0V; I_a 为 5A, 270°。此态不翻转, 见图 2-37。



图 2-37 2 态状态参数

3 态: 0.2s, 重合态 (同 1 态)。此态不翻转。

4.1 态: 2s, B 相再故障态。 $U_b=10V$, 240°; $I_b=5A$, 150°, 见图 2-38。

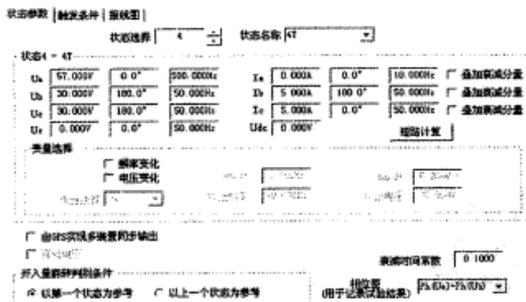


图 2-38 4.1 态状态参数

4.2 态: 2s, A 相再故障态。 $U_a=10V$, 0°; $I_b=5A$, 270°。

4.3 态: 2s, BC 相再故障态。 $U_b=U_c=50V$, 180°; $I_b=5A$, 180°; $I_c=5A$, 0°, 见图 2-39。

4.4 态: 2s, AC 相再故障态。 $U_a=U_c=50V$, 60°; $I_a=5A$, 240°; $I_c=5A$, 60°, 见图 2-40。

4 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

状态参数 | 触发条件 | 图形组 |

状态选择 | 4 | 状态名称 | AC两相短路

状态4 - AC两相短路

Ua	57.748V	0.0°	50.000Hz	Ia	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Ub	50.000V	180.0°	50.000Hz	Ib	5.000A	180.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Uc	50.000V	180.0°	50.000Hz	Ic	5.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Ud	0.000V	0.0°	50.000Hz	Ud1	0.000V				短路计算

变量选择

频率变化 电压变化

初始相位: 0.0° 1.5倍幅值: 10.000Hz 幅值: 0.000V 幅值: 0.000V

由0ms实现多通道同步输出

33.34ms

打开量翻转判断条件

以第一个状态为参考 以上一个状态为参考

相位表 (用于记录试验结果) P5 (A)~P5 (B) |

高级时间常数: 0.1000

图 2-39 4.3 态状态参数

状态参数 | 触发条件 | 图形组 |

状态选择 | 4 | 状态名称 | AC两相短路

状态4 - AC两相短路

Ua	50.000V	60.0°	50.000Hz	Ia	5.000A	240.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Ub	57.705V	240.0°	50.000Hz	Ib	0.000A	180.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Uc	50.000V	60.0°	50.000Hz	Ic	5.000A	60.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/>	叠加测试分量
Ud	0.000V	0.0°	50.000Hz	Ud1	0.000V				短路计算

变量选择

频率变化 电压变化

初始相位: 0.0° 1.5倍幅值: 10.000Hz 幅值: 0.000V 幅值: 0.000V

由0ms实现多通道同步输出

33.34ms

打开量翻转判断条件

以第一个状态为参考 以上一个状态为参考

相位表 (用于记录试验结果) P5 (A)~P5 (B) |

高级时间常数: 0.1000

图 2-40 4.4 态状态参数

4.1/4.3 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮; 液晶应显示“ I 段阻抗出口”、“单跳启动重合”、“阻抗 I 段发展出口”。 T_3 实测 33ms。

4.2/4.4 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后重合灯亮; 液晶应显示“ I 段阻抗出口”、“单跳启动重合”、“重合出口”。表明与断开相有关的阻抗 I 段元件被闭锁。

再故障若发生在 C 相, 动作行为应与 4.1 态相似。再故障若发生在 AB 相, 动作行为应与 4.4 态相似。此处不行赘述。

(九) 手合加速功能检验

1. 手合加速距离保护功能检验

(1) 检验说明。线路投运时手合于故障。试验验证此时距离加速段相关定值。

由于 $X_{DZ} > 5/I_N = 1\Omega$, 因此 X 取值为 $2.5/I_N = 0.5(\Omega)$; R 取 $5/4 = 1.25(\Omega)$ 。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 II、III 段投入”1KLP3 压板。

3) 开入配合。断路器分位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 空载运行态。此态不翻转。

2.1 态: 1s, 故障态。 $U_a=0.95 \times 1.5 \times 5 \times 0.5=3.5$ (V); I_a 为 5A, 90° 。

2.2 态: 1s, 故障态。 $U_a=1.05 \times 1.5 \times 5 \times 0.5=3.9$ (V); I_a 为 5A, 90° 。

2.3 态: 1s, 故障态。 $U_a=0.7 \times 1.5 \times 5 \times 0.5=2.6$ (V); I_a 为 5A, 90° 。

2.4 态: 1s, 故障态。 $U_a=0.95 \times 1.5 \times 5 \times 1.25=8.8$ (V); I_a 为 5A, 180° 。

2.5 态: 1s, 故障态。 $U_a=1.05 \times 1.5 \times 5 \times 1.25=9.7$ (V), I_a 为 5A, 180° 。

2 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

2.1/2.3/2.4 态: 三相跳闸灯亮; 液晶应显示“阻抗手合加速出口”。

2.3 态: T_a 应不超过 30ms (实测 27ms)。

2.2/2.5 态: 保护应不动作。

纵联距离, 接地距离 I、III 段以及相间距离由于同样使用距离元件, 因此各段手合加速情况与此相似, 不行赘述。

2. 手合加速零序过电流保护功能检验

(1) 检验说明。模拟线路投运时手合于故障。验证此时零序 II 段动作情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

3) 开入配合。断路器分位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 15s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 1s, 故障态。 $U_a=50V$, 0° ; $I_a=12A$, 270° 。

2 态使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

(4) 信号与报告。

2 态: A 相跳闸灯亮; 液晶应显示“零序手合加速出口”。

T_a 应不超过 120ms (实测 120ms)。

零序 I、III、IV 段动作情况与此相似, 不行赘述。

(十) 重合后加速功能检验

1. 重合后加速距离保护功能检验

(1) 检验说明。将距离控制字 KG3 中“瞬时加速距离 III 段投入”置 1。模拟线路重合于永久故障。试验验证距离 III 段保护动作情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“距离 II、III 段投入”1KLP3 压板。1QK1 放“单重”方式。

3) 开入配合。断路器合位。



4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置 (状态序列法)。

1 态: 26s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 0.7s, 故障态。 $U_a=20$; I_a 为 5A, 270° 。此态不翻转。

3 态: 1s, 重合态 (同 1 态)。此态不翻转。

4.1 态: 1s, 加速态 (瞬时加速)。 $U_a=35$, 0° ; I_a 为 5A, 270° 。

将距离控制字 KG3 中“瞬时加速距离 III 段投入”置 0, 重复试验。

4.2 态: 1s, 加速态 (延时加速)。 $U_a=35$, 0° ; I_a 为 5A, 270° 。

4.1/4.2 态: 使用输入 A 触发翻转。

4.3 态: 0.1s, 合后态。正常电压, 1A 负荷电流。此态不翻转。

4.4 态: 0.12s, 合后态。正常电压, 1A 负荷电流。此态不翻转。

5.3/5.4 态: 1s, 加速态 (X 相近), $U_a=20$; $I_a=5A$, 270° 。

(4) 信号与报告。

4.1 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“III 段阻抗加速出口”, T_a 应不大于 30 ms (实测 26ms)。

4.2 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“III 段阻抗加速出口”, T_a 应不大于 1.53s (实测 1.523s)。此试验为重合后延时加速阻抗 III 段。时间固定为 1.5s, 且不受控制字开关 (距离 III 段原时间定值为 1.8s)。

5.3 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“阻抗相近加速出口”, T_a 应不大于 40 ms (实测 31ms)。

5.4 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后三相跳闸灯亮。液晶应显示“II 段阻抗出口”, T_a 实测 524ms, 表明 5.4 态时距离 II 段未经加速。5.3/5.4 态定值设置为 X 方向阻抗相近 (及与 2 态故障 X 电阻抗相近), 此功能只固定投入 100ms, 而 4.4 态由于超过 100ms (120ms), 因此 5.4 态距离 II 段无法加速出口。

2. 重合后加速零序过电流保护功能检验

(1) 检验说明。将零序控制字 KG4 中“加速零序 IV 段投入”控制字置 0。模拟线路重合于永久故障。验证零序保护动作情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序 I 段投入”1KLP4 压板, 投入“零序其他段投入”1KLP5 压板。

1QK1 放“单重”方式。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。仪器输入 A (1) 接录波 COM+ (1D97), 输入 A (2) 接 1D104, 监视录波单跳触点。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 26s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 0.7s, 故障态。 $U_a=50$, 0° ; $I_a=12A$, 270° ; 此态不翻转。

3 态: 1s, 重合态 (同 1 态)。此态不翻转。

4.1 态: 1s, 后加速态 (不灵敏 I 段)。 $U_a=50$; $I_a=6A$, 270° 。

使用输入 A 触发翻转, 各态停表方式均以第一个状态为参考。

将零序控制字 KG4 中“加速零序 IV 段投入”控制字置 1。重复试验。

4.2 态: 1s, 后加速态 (加速 II 段)。 $U_a=50$; $I_a=3.5A$, 270° 。

(4) 信号与报告。

4.1 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后重合闸, 三相跳闸灯亮。液晶应显示“不灵敏 I 段出口”, T_a 应不大于 40ms (实测 33ms)。

4.2 态: 先 A 相跳闸灯亮, 后重合闸, 三相跳闸灯亮。液晶应显示“零序 IV 段加速出口”, T_a 应不大于 130ms (实测 126ms)。

零序其他段重合加速情况与此相似, 不行赘述。

3. 重合后加速整组联跳断路器功能检验

(1) 检验说明。试模拟线路重合于永久故障。检验零序保护相关定值。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。如图 2-9 所示。

2) 把手压板配合。投入“零序其他段投入”1KLP5 压板, 将零序控制字 KG4 中“加速零序 II 段”置 1。

1QK1 放“单重”方式。

3) 开入配合。断路器合位。

4) 开出配合。放上跳 A、跳 B、跳 C, 三跳, 永跳, 重合压板。

(3) 检验仪器上设置。

1 态: 26s, 空载运行态。此态不翻转。

2 态: 0.7s, A 相接地故障态。 $U_a=50$; $I_a=12A$, 270° 。

3 态: 0.7s, 跳后态 (空载运行态)。

4 态: 0.5s, A 相加速态 (加速 II 段)。 $U_a=50$; $I_a=12A$, 270° 。

(4) 信号与报告。观察操作箱与模拟断路器屏, 信号应正确。保护信号应为“零序 II 段出口, 重合闸出口, 零序 II 段加速出口”。

第三节 保护检验流程及常见故障处理

微机保护检验项目见表 2-10。

表 2-10 微机保护检验项目

序号	检验项目	新安装	全部检验	部分检验
1	检验前准备工作	√	√	√
2	回路检验	—	—	—
3	电流、电压互感器检验	√		



续表

序号	检 验 项 目	新安装	全部检验	部分检验
4	回路检验	√	√	√
5	二次回路绝缘检查	√	√	√
6	屏柜及装置检验	—	—	—
7	外观检查	√	√	√
8	绝缘试验	√		
9	上电检查	√	√	√
10	逆变电源检查	√	√	√
11	开关量输入回路检验	√	√	√
12	输出触点及输出信号检查	√	√	√
13	模数变换系统检验	√	√	√
14	整定值的整定及检验	√	√	√
15	纵联保护通道检验	√	√	√
16	操作箱检验	√	√	√
17	整组试验	√	√	√
18	与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验	√	√	√
19	装置投运	√	√	√

一、检验前准备工作

DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》(以下简称《检验规程》)中第 5.2.1 条规定:“在现场进行检验工作前,应认真了解被检验装置的一次设备情况及其相邻的一、二次设备情况,及与运行设备关联部分的详细情况,据此制定在检验工作全过程中确保系统安全运行的技术措施。”

因此通常情况下,在进行微机保护检验前必须根据工作任务,针对一次设备状态以及保护状态制定《二次工作安全措施票》,并执行相关安全措施。

对于 CSC-101B 型微机保护装置,安全措施的内容如表 2-11 所示。

其余内容及要求详见《检验规程》第 5.2 条。

表 2-11 适用于 CSC-101B 型微机保护装置的二次工作安全措施票

二次工作安全措施票			
站名	超高压培训基地	检验性质	
二次设备名	超培 2203 线第一套主保护	二次设备状态	停用
装置型号	CSC-101B	一次设备状态	超培 2203 线运行
执行人		执行日期	
恢复人		恢复日期	

续表

序号	技术措施项	措施内容	执行细目	执行	恢复
1	断开跳闸压板 及失灵启动压板	断开第一组跳闸压板	1CLP1~1CLP5		
2		断开第二组跳闸压板	1CLP6~1CLP10		
3		断开失灵启动压板	1ZLP1~1ZLP6		
4		断开重合闸相关压板	1CLP11, 1CLP12, 1ZLP7		
5	直流电源回路	隔离第一、二组操作直流	拉开 4DK1、4DK2 直流小开关		
6		隔离保护用直流	拉开 1DK 直流小开关		
7	交流电压回路	隔离保护用母线电压	拉开 1ZKK 交流小开关		
8		隔离 N600	挑开 1D4 保护侧连线		
9		隔离线路电压 U_a 及 U_a'	挑开 1D5、1D6 保护侧连线		
10	交流电流回路	隔离保护用电流回路	可靠短接 1D10~1D13 外侧后, 断开其凤凰端子连片		
11					
12	需使用绝缘胶带 隔离的带电端子	第一、二组跳闸正电源	1D21~1D25		
13		第一、二组跳合闸出口	1D76~1D85		
14		第一、二组启动失灵回路	1D43~1D50		
15		启动/闭锁重合闸回路	1D52~1D56		
16		直流电源回路	GD 端子排组		
17		电流电压回路	1D1~1D6, 1D10~1D13 外侧		
18		交流电源回路	JD 端子排组		
19		公共回路正电源	1D27~1D32, 1D88、1D89, 1D97~1D102		
20		隔离屏内邻近设备	第一、二组操作回路	用绝缘胶带隔离 4D 端子排组	
21	母线电压切换回路		用绝缘胶带隔离 7D 端子排组		
22	断路器保护		用绝缘胶带隔离 8D 端子排组		
23	本回路特殊安措				
24	试验拆接线	记录试验过程中的拆接线			
注意事项: (1) 执行措施内容前应注意设备状态, 记录压板、切换开关、空气小开关位置, 以及运行整定区、保护信号等, 恢复安全措施后应按记录将设备状态复原。 (2) 措施内容应视一、二次设备状态而定。 (3) 交流电流回路恢复安措时, 要确保回路连续性, 注意三相负荷应基本对称。 (4) 合上交流直流小开关前, 应确保其负荷侧绝缘良好。 (5) 恢复跳闸及失灵压板时, 应注意出口处无正电。 注: 见于《检验规程》第 8.1 条					
编制人		审核人		审核日期	

二、回路检验

三、电流、电压互感器检验

四、回路检验

五、二次回路绝缘实验

六、屏柜及装置检验



七、外观检查

八、绝缘试验

九、上电检查

十、逆变电源检查

以上部分详见《检验规程》第6条。

十一、开关量输入回路检验

(1) 进入<主菜单>-<运行工况>-<开入>菜单中, 查看各开入当前状态, 所有开入均应为分。将+24V 端子(1D58)逐个与表 2-12 中所列保护屏端子间用导线短接, 面板应显示相应开入为合。如某一通道不正确, 检查与之对应的装置背板、保护屏端子内侧面间连线有无虚接或错接; 如多个相连的通道不正确, 检查装置背板 1X5:a2 及 1X5:a32 间有无 24V 电源。

表 2-12 利用短接试验检验的开入量通道

序号	开入名称	保护屏端子	背板端子
1	跳位 A	1D63	X5:c4
2	跳位 B	1D64	X5:c6
3	跳位 C	1D65	X5:c8
4	闭锁重合闸	1D66	X5:a14
5	低气压闭锁重合	1D67	X5:c22
6	收信输入	1D114	X5:c10
7	其他保护停信	1D71	X5:c20

(2) 进入<主菜单>-<压板投退>-<软压板投退>, 将所有软压板置于投入位置; 然后进入<主菜单>-<压板投退>-<查看压板状态>, 对硬压板 1KLP1~1KLP9 及切换开关 1QK1 进行投退试验, 查看压板投入情况: 第 1 列为软压板状态, 第 2 列为总压板状态。检查所有压板投退是否正常。注意, 一次只能投退一个压板; 当投退多个压板时, 最后一个有效。若投退某一硬压板后无变化, 则检查该压板所对应背板端子是否被虚接或错接; 如多个相连的压板都无变化, 则检查压板下侧 24V 电源环形连接线与 1D58 处正电源连接是否完好(投上某一无变化的压板, 测其与 1D58 间电位差)。

(3) 逐次切换重合闸方式切换开关 1QK1, 观察装置菜单中重合闸方式投入压板的总状态, 若切换至某一方式后无变化, 则检查该方式相应辅助触点或背板端子是否被虚接或错接; 如多个方式都无变化, 则检查 1QK1 上 24V 电源连接线与 1D58 处正电源连接是否完好(投入某一无变化的方式, 测其与 1D58 间电位差)。利用投退方法检验的开入量通道见表 2-13。

表 2-13 利用投退方法检验的开入量通道

序号	元件名称	压板名称	元件端	背板端子
1	1KLP1	纵联保护投入	1KLP1-2	X4: a4
2	1KLP2	距离 I 段投入	1KLP2-2	X4: a6

续表

序号	元件名称	压板名称	元件端	背板端子
3	1KLP3	距离Ⅱ、Ⅲ段投入	1KLP3-2	X4: a8
4	1KLP4	零序Ⅰ段投入	1KLP4-2	X4: a10
5	1KLP5	零序其他段投入	1KLP5-2	X4: a12
6	1KLP6	零序反时限投入	1KLP6-2	X4: a14
7	1KLP7	重合闸长延时投入	1KLP7-2	X5: a12
8	1KLP8	闭锁远方操作	1KLP8-2	X4: a22
9	1KLP9	检修状态压板	1KLP9-2	X4: a24
10	1QK1	单重	1QK1-4	X5: a4
11	1QK1	三重	1QK1-2	X5: a6
12	1QK1	综重	1QK1-6	X5: a8
13	1QK1	停用	1QK1-8	X5: a10

(4) 按下信号复归按钮 1FA, 保护应短暂复归。自环模式下, 按下通道试验按钮 1FXA, 应有收信开入; 如无, 检查对应端子接线, 1FA (1D62-1X4: a26), 1FXA (1FXA: 4-1X4: a20), 方法同上。

十二、输出触点及信号检查

进入<主菜单>—<开出传动>菜单, 传动保护装置的输出触点, 见表 2-14。根据图纸, 查出触点的用途, 投上所有出口压板, 在保护端子排处使用万用表测量其通断, 观察其动作及信号显示是否正确。若观察到的现象与表中或图纸不符, 则应检查对应端子至装置背板连线是否存在错接或虚接。

表 2-14

CSC-101B 输出触点列表

序号	试验项目	应接通触点	面板应亮的灯	液晶屏应显示
1	告警Ⅰ	X9: c22-a22 X9: c24-a24 X4: c30-a30 X4: c32-a32	告警灯闪, 运行灯闪	开出传动成功告警Ⅰ
2	告警Ⅱ	X9: c26-a26 X9: c28-a28	告警灯常亮	开出传动成功告警Ⅱ
3	跳 A 相	X7: a2-a10 X7: c2-c10 X7: c6-c20 X7: a6-a20 X7: c26-a26 X7: c28-a28 X8: c22-a22 X8: c24-a24	跳 A 灯亮, 运行灯闪, 告警灯亮	开出传动成功跳 A 相
4	跳 B 相	X7: a2-a12 X7: c2-c12 X7: a6-a22 X7: c6-c22 X7: c26-a26 X7: c28-a28 X8: c22-a22 X8: c24-a24	跳 B 灯亮, 运行灯闪, 告警灯亮	开出传动成功跳 B 相
5	跳 C 相	X7: a2-a14 X7: c2-c14 X7: a6-a24 X7: c6-c24 X7: c26-a26 X7: c28-a28 X8: c22-a22 X8: c24-a24	跳 C 灯亮, 运行灯闪, 告警灯亮	开出传动成功跳 C 相



续表

序号	试验项目	应接通触点	面板应亮的灯	液晶屏应显示
6	跳三相	X7: a2-a10 X7: a2-a12 X7: a2-a14 X7: a6-a20 X7: a6-a22 X7: a6-a24 X7: c2-c10 X7: c2-c12 X7: c2-c14 X7: c6-c20 X7: c6-c22 X7: c6-c24 X7: a4-a16 X7: c4-c16 X7: c26-a26 X7: c28-a28 X7: c30-a30 X7: c32-a32 X8: c22-a22 X8: c24-a24	跳 A、B、C 灯亮, 运行灯闪, 告警灯亮	开出传动成功跳三相
7	永跳	X7: a2-a10 X7: a2-a12 X7: a2-a14 X7: a6-a20 X7: a6-a22 X7: a6-a24 X7: c2-c10 X7: c2-c12 X7: c2-c14 X7: c6-c20 X7: c6-c22 X7: c6-c24 X7: a4-a16 X7: c4-c16 X7: a4-a18 X7: c4-c18 X7: c26-a26 X7: c28-a28 X7: c30-a30 X7: c32-a32 X8: c22-a22 X8: c24-a24	跳 A、B、C 灯亮, 运行灯闪, 告警灯亮	开出传动成功永跳
8	发信	X8: c2-a2 X8: c4-a4	无	开出传动成功发信
9	纵联通道告警	X8: c26-a26 X8: c28-a28	通道告警灯亮	开出传动成功纵联通道告警
10	合闸出口	X9: c2-a2 X9: c4-a4	重合灯亮, 运行灯闪	开出传动成功合闸出口
11	沟通三跳	X7: c8-a8	运行灯闪	开出传动成功沟通三跳

十三、模数变换系统检验

1. 零漂检验以及刻度调整
2. 模入量精度及线性度检验

以上部分操作步骤及试验标准详见相关保护装置说明文档与技术规程。

3. 模入量接入正确性检验

在 1D10、1D11、1D12、1D13 内侧分别接仪器 IA/IB/IC/IN, 1ZKK 下桩头分别接仪器的电压通道 (1D4 已挑开的小线上接 U_a), 同时通入三相电流、电压, 检验采样数据。输入电压分别为 20、30、40V, 角度同为 0° 。电流分别为 2、3、4A, 正序。观察<主菜单>—<运行工况>—<测量量>中, 三相电压电流的幅值和相位应与设置相同; 电流 3I0 应显示为 1.732A。若不符合, 则停止试验, 检查接线问题。

采样通道常见故障示例见表 2-15。

表 2-15

采样通道常见故障示例

序号	实际故障	故障现象
1	1D13 与 1D14 绝缘不好 (有短路)	<测量量>中仅 $3I_0$ 显示不正确
2	1D10 与 1D11 保护侧线接反	<测量量>中 I_a/I_b 显示交错
3	1X1: a1 与 1X1: b1 接反	<测量量>中 I_a 反相

续表

序号	实际故障	故障现象
4	1X1: a10 与 1X1: a9 接反	<测量量>中 U_d/U_b 显示交情
5	1X1: b10 接线松动 (虚接)	<测量量>中 $U_a, 10V, 0^\circ; U_b, 0V; U_c, 10V, 180^\circ$

十四、装置值的整定及检验

1. 打印整定值

进入<主菜单>—<打印>—<定值>菜单,选择定值区打印定值。打印机应正确打印。操作面板上的快捷键 F2 应打印正常。若打印机不能打印,常见的故障情况有:

- (1) 改<打印>—<装置设定>定值。例如,打印波特率为 9600,打印机为 4800。
- (2) 打印机数据线交错 (WD 端子排侧)。
- (3) 打印机交流电源失却。

2. 核对整定值

将打印的定值清单与整定单逐一核对,可解决如下问题:

- (1) 定值准确,为正常检验打好基础。
- (2) 如果由于整定定值不合理,造成运行绿灯不亮,可立即得到纠正。
- (3) 为重合闸能正常充电,排除部分控制字上的干扰。

3. 定值检验

见“CSC-101B 保护定值及性能检验”部分。

十五、纵联保护通道检验

《检验规程》中第 6.5.2 条规定:“对于光纤及微波通道可以采用自环的方式检查光纤通道是否完好。”

利用尾纤连接其远方信号传输装置的光收发端口(注:示例中为四方 CSY-102AZ 型光纤通道专用收发信机)。按下保护的通道试验按钮 1FXA,收发信机对应通道信号灯(示例中为<收信 1>、<发信 1>)应同时动作。按下收发信机的复归按钮 1FA,信号应能复归。

《检验规程》中第 6.5.2 条还规定:“对于与光纤及微波通道相连的保护用附属接口设备应对其继电器输出触点、电源和接口设备的接地情况进行检查。”

检查 CSY-102AZ 收发信机的装置接地端是否已可靠接地。对 CSY-102AZ 收发信机的收信开出触点进行绝缘检查。宜将端子 1D60 与 1D114 上至 11D 侧的连线挑开,对与挑开的线端分别进行对地及线端间绝缘测量。对 CSY-102AZ 收发信机的电源进行绝缘检查。宜将端子 1D19 与 1D73 上至 11D 侧的连线挑开,对与挑开的线端分别进行对地及线端间绝缘测量。

其余内容及要求详见《检验规程》第 6.5.2 条。

十六、操作箱检验

1. 压力监视回路功能检查

《检验规程》中第 6.6.2 条规定:“操作箱的检验根据厂家调试说明书并结合现场情况进行,并重点检查压力低闭锁合闸、闭锁重合闸、闭锁跳闸等功能是否正确。”

首先,应检查压力监视回路电源 4D12 (+) 与 4D95 (-) 的直流独立性,依次分别



短接 4D12 与 4D14、4D13、4D15、4D16，模拟 1YJJ/2YJJ/3YJJ/4YJJ 继电器组动作，测量 4D19 与 4D29、4D30、4D31、4D32 之间的通断情况；如不正确，应检查压力监视中间的启动回路的接线情况。然后模拟 1YJJ/2YJJ/3YJJ/4YJJ 继电器组动作，检查 4D84—4D85/4D91—4D92（1YJJ），1D58—1D67（2YJJ），4D120—4D122（3YJJ）触点通断情况，应符合图纸描述。

2. 分合闸回路独立性检查

《检验规程》中第 6.6.2 条还规定：“操作箱的检验根据厂家调试说明书并结合现场情况进行，并重点检验合闸回路、跳闸 1 回路及跳闸 2 回路的接线正确性，并保证各回路之间不存在寄生回路。”

拉开第二组操作直流 4DK2，同时合上其他直流小开关。测量 4DK2 下侧端子对地及之间应无电位。将 4D85 与 4D92 短接，并投上所有跳闸及失压压板。依次传动保护输出触点“跳闸 1（分相）”、“跳闸 1（三相）”、“跳闸 1（永跳）”、“重合闸”，观察保护及操作箱信号灯应正确，断路器位置应正确（注：如断路器自带三相不一致回路，宜先解除）；同样，需进行跳闸 2 回路的相关试验。此试验能排除保护出口至操作箱之间的故障。

分别在 4D1 与 4D120、4D1 与 4D126 之间进行短接，模拟分合闸操作。观察保护及操作箱信号灯应正确，断路器位置应正确（注：注意复归合后中间 HHJ）。

进行上述试验时，应同时监视保护开入通道“A、B、C 相跳位”、“闭锁重合闸”、“其他保护停信”应动作正确。

其余内容及要求详见《检验规程》第 6.6 条。

保护及操作箱常见故障示例见表 2-16。

表 2-16 保护及操作箱常见故障示例

序号	实际故障	故障现象
1	1CLP1-1 桩头松动（虚接）	保护 A 相信号灯亮，操作箱以及断路器无显示
2	4D15 与 4D16 绝缘不好（有短路）	4YJJ 动作，断路器无法操作；同时“控制回路断线”灯亮
3	4D112 与 4D114 外侧电缆接反	操作箱信号正确，但断路器跳闸相错误
4	4X04-04 与 4X04-10 有短线未拆除	操作箱及断路器 A 跳，同时重合闸放电，保护显示“闭锁重合闸”开入
5	4X04-02 与 4X05-02 在端子排上接反	断路器跳闸正确，操作箱显示跳闸 2 永跳
6	4X04-10 与 4X04-11 间绝缘击穿	断路器不动作（分闸态），重合闸灯亮，保护显示“闭锁重合闸”开入

十七、整组试验

《检验规程》中第 6.7.6 条规定：“对装有综合重合闸装置的线路，应检查各保护及重合闸装置间的相互动作情况与设计相符合。为减少断路器的跳合次数，试验时，应以模拟断路器代替实际的断路器。使用模拟断路器时宜从操作箱出口接入，并与装置、试验器构成闭环。”

《检验规程》中第 6.7.9 条规定：“在整组试验中着重检查如下问题：所有相互间存在闭锁关系的回路，其性能是否与设计符合；各套保护在直流电源正常及异常状态下（自端子排处断开其中一套保护的负电源等）是否存在寄生回路；自动重合闸是否能确实保证按规定的方式动作并保证不发生多次重合情况。”

因此在整组试验中，需要模拟保护发生区内故障后故障消失，又重合于故障的整组动作情况。整组试验，需要考虑动态过程中的隐性故障，宜分两阶段验证回路正确性。

A 阶段：模拟运行时区内故障，保护选跳（单重方式）；故障成功切除，准备合闸。应注意观察：

(1) 正常运行时。TV 断线灯复归后，充电灯应亮。其时间间隔应符合说明书与仪器设置。重点检查保护应无开入置 1。若有开入，则应检查该开入端子（1D）外侧各连线是否连接正确。

(2) 区内故障。可根据需要（重合方式），模拟各种单相、相间或三相故障。保护投入跳闸压板，观察收发信机、保护装置、操作箱信号灯以及断路器动作情况。由保护动作所触发的一系列动态过程，会引起隐性故障起作用，并且在试验结束时消失。需要认真观察信号相别、时序等，结合报文做出判断。

(3) 准备重合时。不投入跳闸压板，观察有无异常信号。试验结束时，应观察到保护面板“重合闸”灯亮。

试验结束后，应检查保护动作报文，以及开入量动作记录，从时间以及动作性质上判断有无异常。A 阶段应重点排除可能引起保护（重合闸）误动作的原因。

B 阶段：模拟运行时故障，重合出口后合于故障，加速跳闸。

应注意观察：

(1) 准备重合时。投入重合闸出口压板。重点观察操作箱信号以及断路器动作情况。例如，若重合灯亮，而断路器未重合，则重点检查断路器的合闸回路（以 A 相为例，4D1—4D98—4D99—4D100—4D101—4D85），监视其可能动作的触点，逐步排查。此步骤可排除至断路器成功合闸为止的隐性故障的出现。

(2) 合于故障。根据需要模拟故障。观察各单元信号动作时序。由重合闸动作所触发的一系列动态过程，会引起隐性故障起作用。即使最后断路器加速三跳，也需要认真观察信号相别、时序等，结合报文做出判断。

B 阶段应重点排除操作回路存在的隐性故障。

整组试验常见故障示例见表 2-17。

表 2-17 整组试验常见故障示例

序号	实际故障	故障现象
1	1D109 与 1D114 间有短路	重合出口后，保护收信约 100ms；单重方式下重合于故障时纵联保护无法动作
2	1D69 与 1D68 间有短路	整组时其他保护动作后，使本保护重合闸放电；断路器三跳不重合。操作箱水跳灯亮
3	4X03-07 与 4X06-07 间有短路	C 相分闸后导致 2YJJ 复归，闭锁重合闸出口；同时保护显示“压力低闭锁重合闸”
4	4D16 与 4D21 之间有短路	4YJJ 经非全相信号控制；任一相跳闸后 4YJJ 动作，断开操作回路；保护同时有“闭锁重合闸”、“压力低闭锁重合闸”开入；保护显示三跳，但无法输出分合闸脉冲
5	4D15 与 4D14 虚接，同时外侧与 4X13-13 相连（应接 4D167）	保护跳闸后使 3YJJ 失电，断开合闸回路；重合无法完成



十八、与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验

详见《检验规程》第7条。

十九、装置投运

《检验规程》中第8.2.2条规定：“对新安装的或设备回路有较大变动的装置，在投入运行以前，必须用一次电流及工作电压加以检验和判定。”

对于 CSC-101B 型微机保护装置，利用一次电流及工作电压进行检验工作，宜使用下述方法：

1. 交流电压的核相

测量保护屏端子排 1D1~1D6 上的交流电压，其同名相与已确认正确的使用同一次级的母线电压间的误差应在测量误差允许范围内。

2. 交流电压和电流的测量值检验

进入保护装置采样菜单（注：详见本节“十三、模数变换系统检验”），记录二级菜单<模入量>及<测量量>中各采样通道的大小及相位。对实际负荷加以分析计算，得出预期的二次电流、电压测量值及其相位关系，并与记录内容相比较，其误差应在允许范围内。

其余内容及要求详见《检验规程》第8.2条。

WXH-803A 型线路保护装置

◎ 本章摘要

随着电网的飞速发展, 继电保护技术的日新月异, 对继电保护工作人员的要求也越来越高。本章旨在提高继电保护工作人员对 WXH-803A 超高压线路保护装置的认识。WXH-803A 系列保护装置为微机实现的数字式超高压线路快速保护装置, 可用作 220kV 及以上电压等级输电线路的主保护及后备保护。本章结合现场实际及相关技术标准, 对 WXH-803A 超高压线路保护装置的保护原理及其各项功能的检验方法进行介绍, 并对可能发生的常见故障进行分析。

第一节 保护装置原理简介

一、装置概述

WXH-803A 系列保护装置为微机实现的数字式超高压线路快速保护装置, 可用作 220kV 及以上电压等级输电线路的主保护及后备保护。其产品有以下特点:

(一) 系统平台

1. 逻辑开发可视化

国内首家在高压保护上实现可视化逻辑编程, 保护源代码完全由软件机器人自动生成, 正确率达到 100%, 杜绝了人为原因产生软件 Bug。所有的保护逻辑由基本的元件和组件组成。

可视化逻辑编程见图 3-1, 三级监视平台见图 3-2。

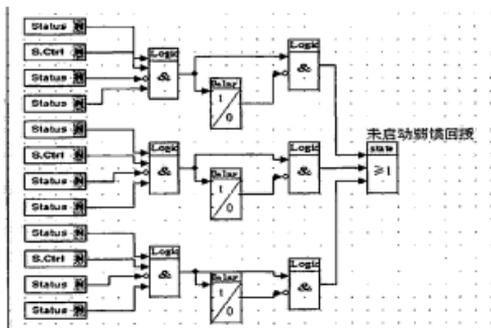


图 3-1 可视化逻辑编程

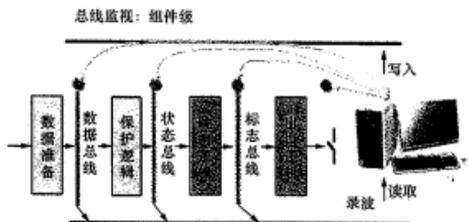


图 3-2 三级监视平台

2. 事故分析透明化

通过分层、模块化、元件化的设计，装置内部实现了元件级、模块级、总线级三级监视点，可以监视装置内部任一个点的数据，发生事故后通过透明化事故分析工具，可以对故障进行快速准确的定位。

故障波形回放见图 3-3。

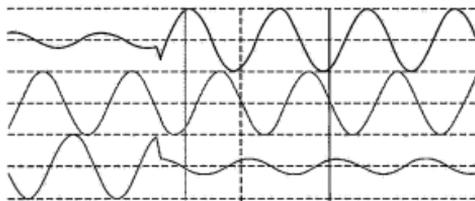


图 3-3 故障波形回放

3. 工程应用柔性化

采用功能自描述和数据自描述技术，实现了内容可以通过描述文件以不同的形式重组，功能可以通过配置文件形式重构，解决了不同用户差异化需求和软件版本集中管理的矛盾。

4. 人机界面人性化

XJ-GUI 和现场调试向导的成功应用，降低了现场维护和运行人员的工作强度，使运行维护工作变得轻松。

- (1) 借助 XJ-GUI 界面设计工具，实现操作界面的灵活定制及人性化设计。
- (2) 主接线图及丰富的实时数据显示。
- (3) 类 Windows 菜单，通过菜单提示，可完成装置的全部操作。

(二) 保护性能特点

1. 近端故障动作时间小于 10ms

配置快速可靠的快速距离 I 段保护。

2. 差动保护、距离保护采用变动作特性的原理

保护的变动作特性，根据故障类型设置相应特性的保护，设置速动区、一般区、灵敏区，不同区域设置不同数字滤波算法、不同时延，见图 3-4。

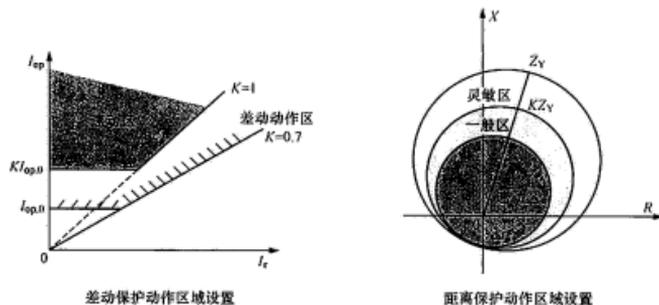


图 3-4 保护的变动作特性原理

3. 采用精心设计优选的数字滤波新算法

有效保证距离保护的快速动作及测量精度，设计的各种级联式的幅频特性图优选新算法的测量阻抗值。

4. 自适应的振荡判据及先进的振荡识别功能

确保距离保护在系统振荡加区外故障能可靠闭锁，而在系统未振荡时区内故障快速动作，振荡中区内故障可靠动作。

(三) 先进的光纤通道技术

(1) 装置可选配双光纤通信接口，且两接口独立，轻松实现双通道、双差动，充分满足双通道接入的要求。光纤通道逻辑见图 3-5。

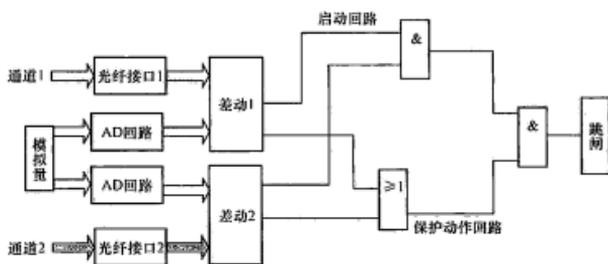


图 3-5 光纤通道逻辑

(2) 通道监测按照 G826 规范要求，详细的通道信息使用户直观了解通道质量，并进行准确的故障定位。

(3) 通道传输采样值修补功能，利用插值算法修复通道偶尔丢帧或误码引起的坏采样点，提高保护抗通道误码的能力。

(4) 光纤通道自适应主从定位技术，主从状态免整定。

(5) 自适应 TA 变比，即无需整定对侧变比值。

(6) 传输状态数据编码，抗误帧率可达到 10^{-1} 。



二、保护原理及其实现

WXH-803A 系列线路保护装置包括以光纤电流差动保护为主体的全线速动主保护,当光纤通道异常时可自动切换到高频距离保护(专门型号);由三段式相间和接地距离保护及四段零序保护构成的全套后备保护;及配置自动重合闸及三相不一致保护。

WXH-803A 的保护功能设计,基于许继公司开发的可视化逻辑开发环境(VLD),同时采用分层、分模块的设计思想,将保护功能实现按数据处理、元件计算、保护逻辑、出口逻辑等进行划分。

差动保护、距离保护按故障特征采用多种自适应变化特性继电器实现严重故障快速动作,弱故障可靠动作。

(一) 电流差动元件

本装置差动元件针对线路保护区内各种故障类型配置了分相稳态量差动、分相故障分量差动及零序电流差动。

分相稳态量差动元件设置快速区元件及灵敏区元件,快速区元件采用短窗相量自适应算法实现快速动作,使保护典型金属性故障小于 18ms;灵敏区采用全周付氏相量算法作为快速区的补充。

分相故障分量差动不受负荷影响,对于区内高阻故障及振荡中故障性能优越,元件本身采用全周付氏相量算法并略带延时保证其可靠性。

零序电流差动作为稳态量差动及故障分量差动的后备,延时 100ms 动作,主要针对缓慢爬升高阻故障。

1. 分相稳态量差动元件

动作方程

$$\begin{cases} I_{cdp} > I_{sep} \\ I_{cdp} > 0.75I_r \end{cases} (\varphi = A、B、C)$$

式中:动作电流 $I_{cdp} = |I_{Mp} + I_{Np}|$ 为两侧电流矢量幅值的幅值;制动电流 $I_r = |I_{Mp} - I_{Np}|$ 为两侧电流矢量差的幅值; I_{sep} 为相量差动电流定值,由用户整定,整定时应保证末端短路有足够的灵敏度,整定值应大于 1.5 倍本线路稳态电容电流值。

2. 分相故障分量差动元件

动作方程

$$\begin{cases} \Delta I_{cdp} > I_{sep} \\ \Delta I_{cdp} > 0.75\Delta I_r \end{cases} (\varphi = A、B、C)$$

式中:动作电流 $\Delta I_{cdp} = |\Delta I_{Mp} + \Delta I_{Np}|$ 为两侧电流变化量矢量和的幅值;制动电流 $\Delta I_r = |\Delta I_{Mp} - \Delta I_{Np}|$ 为两侧电流矢量差的幅值; I_{sep} 为相量差动电流定值。

3. 零序电流差动元件

动作方程

$$\begin{cases} I_{cd0} > I_{set0} \\ I_{cd0} > 0.75I_{r0} \end{cases} (\varphi = A、B、C)$$

式中：动作电流 $I_{\text{cd0}} = |3\dot{i}_{\text{Mop}} + 3\dot{i}_{\text{Nop}}|$ 为两侧零序电流矢量和的幅值；制动电流 $I_{\text{r0}} = |3\dot{i}_{\text{Mop}} - 3\dot{i}_{\text{Nop}}|$ 为两侧零序电流矢量差的幅值； I_{set0} 为零序差动电流定值，由用户整定。零序差流动作整定值，按保证经大过渡电阻接地时有足够的灵敏度整定。该元件满足条件后延时 100ms 动作。零序差动元件配合差动电流选相元件选择差动电流最大相出口。

图 3-6 为差动保护动作特性图，各差动元件动作特性区别仅在于差动电流定值及制动系数的不同，图中 I_{set0} 为相应差动元件的动作定值门槛， $C_{\text{coef,K}}$ 为相应差动元件的比率制动系数。

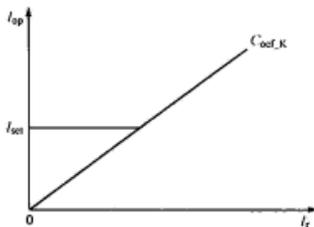


图 3-6 差动保护动作特性图

图 3-7 为差动保护逻辑图，以 A 相为例。压板投入包含软压板和硬压板，两个均投入时认为保护投入。通道数据异常包含误码高、连接错误（通道混联和装置混联）、通道中断、自环状态与自环压板不一致及两侧失步等情况。TA 断线时，若 TA 断线闭锁控制字投入，则分相闭锁差动保护；若满足差动判据，则出口。

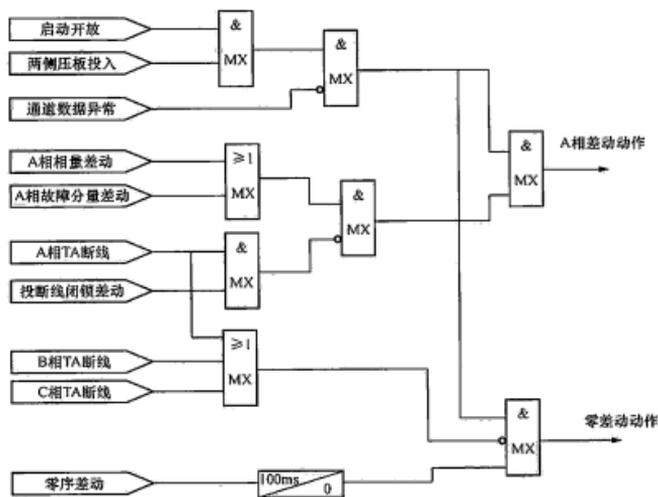


图 3-7 差动保护逻辑图

关于电流差动元件的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

（二）阶段式距离元件

装置设置了三段式相间距离及三段式接地距离保护。相间距离保护由圆特性阻抗复合负荷线构成，接地距离保护由多边形特性阻抗元件构成。

1. 三段式接地距离

由多边形特性阻抗元件、零序电抗元件、零序功率方向元件复合构成接地距离 I、II、III 段保护。



(1) 接地距离 I、II 段动作特性见图 3-8。

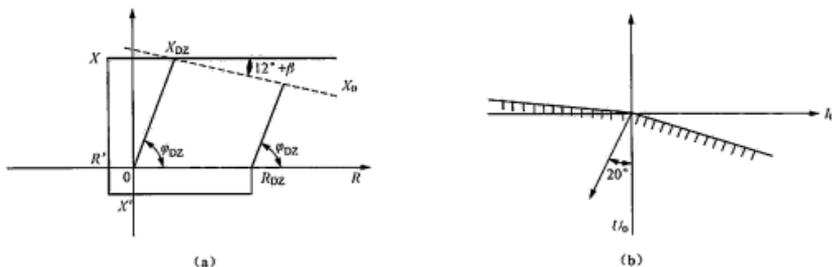


图 3-8 接地距离 I、II 段动作特性

(a) 接地距离多边形特性；(b) 零功方向元件特性

零序电抗线
$$90^\circ \leq \text{Arg} \frac{\dot{U}_\varphi - (\dot{I}_\varphi + K_z \cdot 3\dot{I}_0)Z_{\text{set}} e^{j\mu_{\text{sc}}}}{3\dot{I}_0 e^{j28^\circ}} \leq 270^\circ$$

零序功率方向
$$-190^\circ < \text{Arg} \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} < -30^\circ$$

说明：在非全相过程中动作元件的特性不变，方向由工频变化量方向代替。

(2) 接地距离 III 段动作特性见图 3-9。

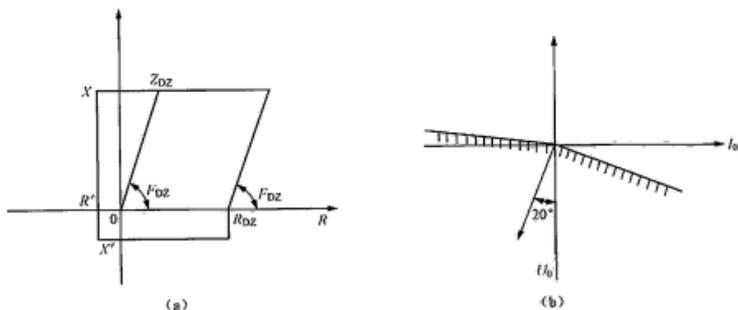


图 3-9 接地距离 III 段动作特性

(a) 接地距离多边形特性；(b) 零功方向元件特性

零序功率方向
$$-190^\circ < \text{Arg} \frac{\dot{U}_0}{\dot{I}_0} < -30^\circ$$

说明：在非全相过程中动作元件的特性不变，无零序功率方向元件。

测量方程 (X 、 R 的测量)

$$\dot{U}_\varphi = (R + jX)(\dot{I}_\varphi + K_z \cdot 3\dot{I}_0)$$

式中 K_z ——零序电流补偿系数。

2. 三段式相距离

相间距离 I、II 段保护采用由正序电压极化的圆特性。

(1) 相间距离 I、II 段动作特性见图 3-10。

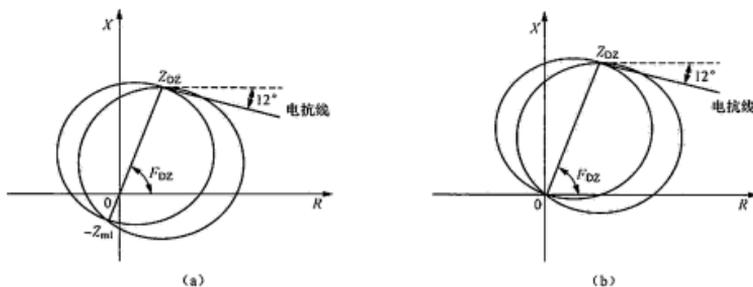


图 3-10 相间距离 I、II 段动作特性

(a) 正方向故障时动作特性 (带记忆); (b) 正方向故障时动作特性 (稳态)

(2) 相间距离 III 段动作特性见图 3-11。

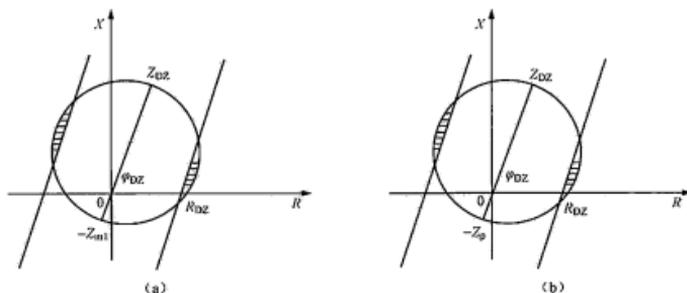


图 3-11 相间距离 III 段动作特性

(a) 正方向不对称故障时动作特性; (b) 三相故障时动作特性 (偏移阻抗)

说明: Z_{m1} 为背后系统正序阻抗, 相间距离 III 段固定反偏, 偏移阻抗 $Z_p = \min\{0.3\Omega, 0.5Z_{D3}\}$, 其中 Z_{D3} 为相间阻抗 III 段定值。

正序极化电压较高时, 由正序电压极化的距离继电器有很好的方向性; 当正序电压下降至 20% 以下时, 由正序电压记忆量极化。为保证正方向故障能可靠动作, 反方向故障不动作, 设置了偏移特性。在 I、II 段距离继电器暂态动作后, 改用反偏阻抗继电器, 保证继电器动作后能保持到故障切除。在 I、II 段距离继电器暂态不动作时, 改用上抛阻抗继电器, 保证母线及背后故障时不误动。对后加速则一直使用反偏阻抗继电器。

I、II 段相间阻抗继电器

$$-90^\circ < \text{Arg} \frac{-\dot{U}_{\text{pol}} e^{j\theta}}{\dot{U}_{\text{op}}} < 90^\circ \quad (\theta \text{ 为偏移角})$$



电抗线

$$-90^\circ < \text{Arg} \frac{-j_{\text{qq}} |Z_{\text{set}}| e^{j78^\circ}}{\dot{U}_{\text{op}}} < 90^\circ$$

III段相间阻抗继电器

$$-90^\circ < \text{Arg} \frac{-\dot{U}_{\text{pol}}}{\dot{U}_{\text{op}}} < 90^\circ$$

式中： \dot{U}_{pol} 为极化电压，全相时采用正序极化，非全相过程中改为健全相间电压极化； $\dot{U}_{\text{op}} = \dot{U}_{\text{qp}} - \dot{Z}_{\text{set}} \dot{i}_{\text{qp}}$ 为工作电压。

距离保护逻辑图见图 3-12。

1) 全相及非全相时配置三段式相间距离及接地距离保护。

2) 在手合故障时设置了按阻抗III段加速切除故障的功能，考虑到手合故障 TV 可能在线路侧，手合加速阻抗带偏移特性。

3) 线路重合时，重合于故障线路分为单重加速和三重加速。单重加速固定投入经振荡开放元件开放的加速接地 II 段距离保护；三重于故障线路时可以选择投入不经振荡闭锁的瞬时加速距离 II 段或瞬时加速距离 III 段，在瞬时加速距离 II 段或瞬时加速距离 III 段均未投入时，还可通过经振荡闭锁元件开放的瞬时加速距离 II 段及带延时的距离 II 段、距离 III 段切除故障。

4) 距离保护在系统未振荡时一直投入突变量启动元件瞬时开放距离保护，当保护识别出系统振荡时则闭锁突变量启动元件，并由不对称开放元件、对称开放元件、非全相开放元件开放距离保护。

5) 距离保护在手合时总是加速距离 III 段。

6) 距离加速仅受距离压板控制，不经各段控制投退。

关于阶段式距离元件的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

(三) 零序电流保护

装置设置了四段式零序电流保护，与三段式相间和接地距离保护共同构成的全套后备保护。

(1) 全相时投入零序 I 段、零序 II 段、零序 III 段、零序 IV 段和零序加速段，零序 I 段、零序 II 段固定带方向，零序 III 段、零序 IV 段是否经方向控制可整定。

(2) 非全相时退出零序 I 段、零序 II 段、零序 III 段，保留零序 IV 段，当投入控制字“零序 IV 段跳闸后加速”，零序 IV 段延时时间为 $\max\{\text{零序 IV 段延时}-500\text{ms}, 500\text{ms}\}$ 。

(3) 合闸后投入零序加速段，不经方向，单重加速零序加速段延时 60ms，手合及三重加速零序加速段延时 100ms。

(4) 零序压板或距离压板投入时，TV 断线后自动投入零序过电流及相过电流，经同一延时动作。

(5) TV 断线时零序电流方向保护 I、II 段退出，III、IV 段若不经方向元件控制，则满足电流门槛定值动作出口，否则退出零序 III、IV 段保护。

(6) 零序 IV 段动作及 TV 断线下保护动作时，三相跳闸并闭锁重合。

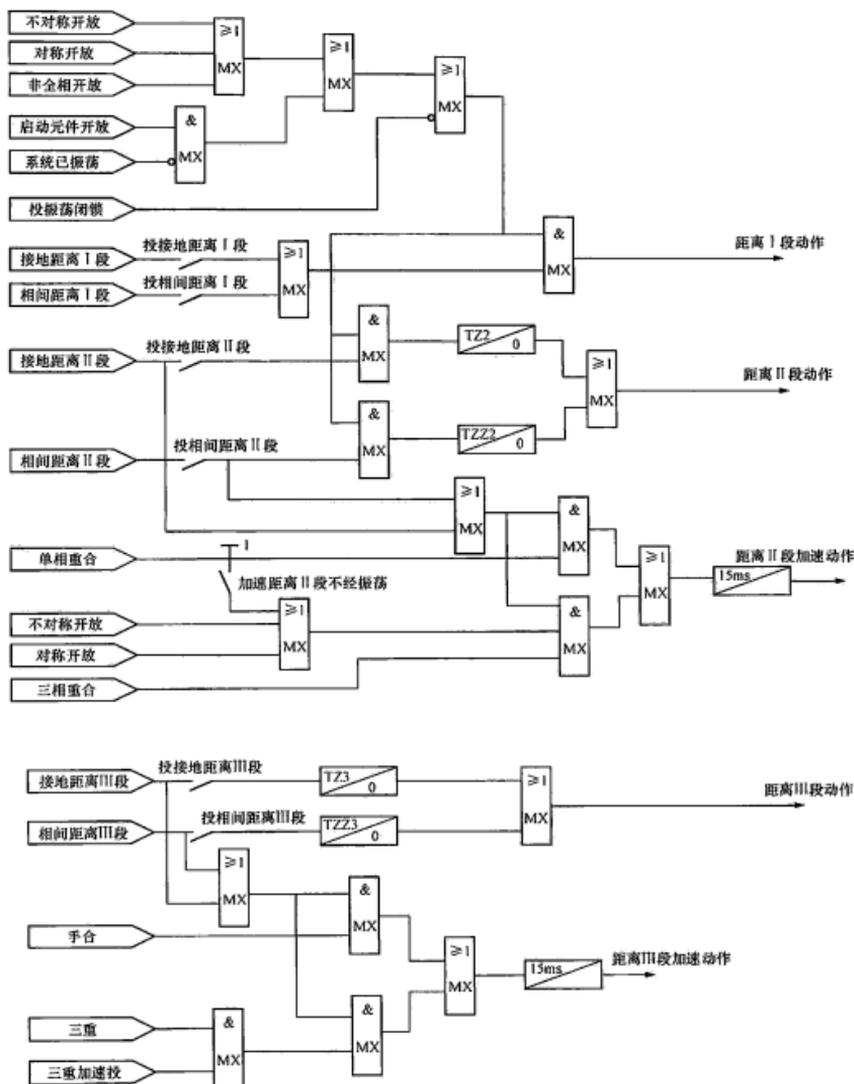


图 3-12 距离保护逻辑图

关于零序电流元件的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。
零序保护逻辑图见图 3-13。

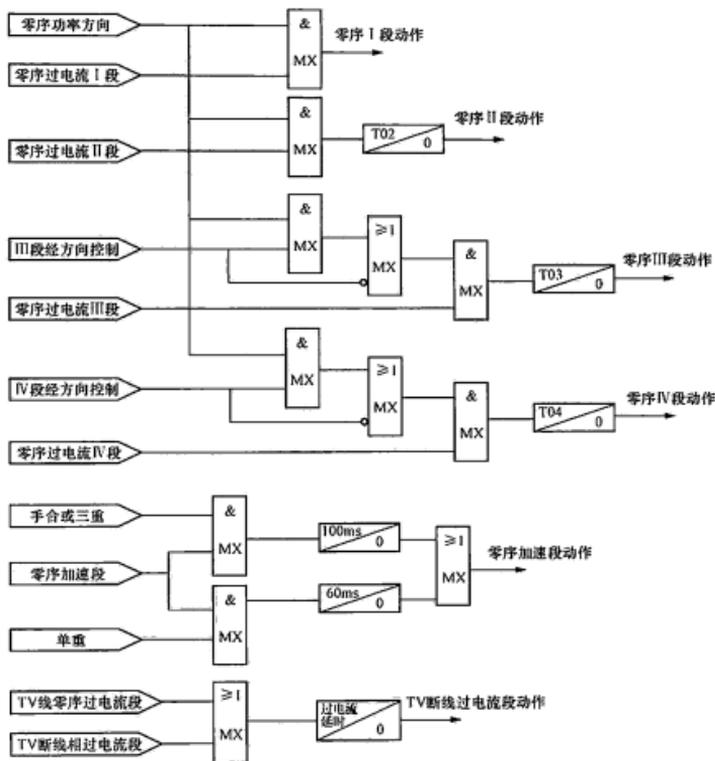


图 3-13 零序保护逻辑图

(四) 非全相运行

1. 非全相状态识别

当跳闸固定动作或跳闸位置继电器 TWJ 动作且无流时置非全相状态。

2. 非全相运行状态下，相关保护的投退

非全相运行状态，退出与断开相相关的相、相间快速距离，同时将零序 I、II、III 段退出，保留零序 IV 段。

3. 单相运行时切除三相

当线路因任何原因切除两相时，由单相运行三跳元件切除三相，其判据为：当任一保护投入时，有两相 TWJ 动作且另外一相有流，则延时 200ms 发单相运行三跳命令。

单相运行切除运行相逻辑图见图 3-14。

当线路因任何原因仅有一相在运行时，由单相运行三相跳闸保护切除运行相，判据为：仅有两相跳位且对应相无流 ($<0.04I_n$)，而运行相电流大于 $0.08I_n$ 时延时 200ms，发三相跳闸命令。

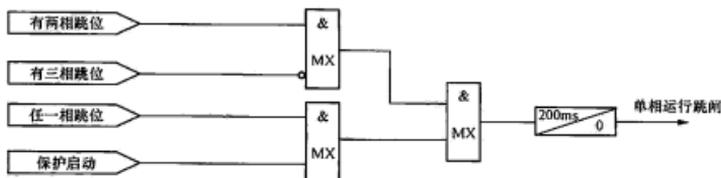


图 3-14 单相运行切除运行逻辑图

关于非全相运行的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

(五) 辅助元件

1. TV 断线检查

TV 断线检测仅在线路正常运行时投入，保护启动后不进行 TV 断线检测。

TV 断线判据为：

(1) 三相电压相量和大于 7V，即自产零序电压大于 7V，保护不启动，延时 1s 发 TV 断线异常信号。

(2) 三相电压相量和小于 8V，但正序电压小于 30V 时，若采用母线 TV，则延时 1s 发 TV 断线异常信号；若采用线路 TV，则当三相有流元件均动作或 TWJ 不动作时，延时 1s 发 TV 断线异常信号。装置通过整定控制字来确定是采用母线 TV 还是线路 TV。

1) 判别 TV 断线后退出距离保护，同时自动投入 TV 断线相过电流和 TV 断线零序过电流保护，零序电流方向保护 I、II 段退出，若“零序 III 段经方向”，则退出 III 段零序方向过电流，否则保留不经方向元件控制的 III 段零序过电流。

2) TV 断线恢复后保护延时 2s 恢复正常，同时 TV 断线异常信号返回。

3) 当重合闸投入且处于三重或综重方式时，如果装置整定为重合闸检同期或检无压，断路器在合闸位置时检查输入的抽取电压小于 $0.85U_{XN}$ ，经 10s 延时报抽取 TV 异常，闭锁检同期和检无压。当重合闸不投、不检定同期或无压时，抽取电压可以不接入本装置，装置也不进行抽取电压断线判别。

2. TV 反序检查

装置设有 TV 反序检测功能。

TV 反序判据为：负序电压 (U_2) 大于 4 倍正序电压 (U_1) 且负序电压 (U_2) 大于 12V。

此判据带 1s 延时，报 TV 反序，驱动告警继电器。

3. TA 反序检查

装置设有 TA 反序检测功能。

TA 反序判据为：负序电流 (I_2) 大于四倍正序电流 (I_1) 且负序电流 ($3I_2$) 大于 $0.1I_n$ 。

此判据带 1s 延时，报 TA 反序，驱动告警继电器。

4. TA 断线

由于差动保护的灵敏性，对 TA 二次回路的监视应更加严格，其中 TA 断线可能引起误动。当一侧 TA 断线时，本侧可能会电流突变量启动，但对侧不会电流突变量启动，且系统



电压不会发生变化。由于差动保护经过以下把关逻辑：①两侧电流突变量同时启动；②一侧电流突变量启动时需有电压变化量，因此差动保护不会开放而误动作。基于双端量的 TA 断线判据只考虑系统不发生故障情况下单侧 TA 断线。

TA 断线逻辑框图见图 3-15。

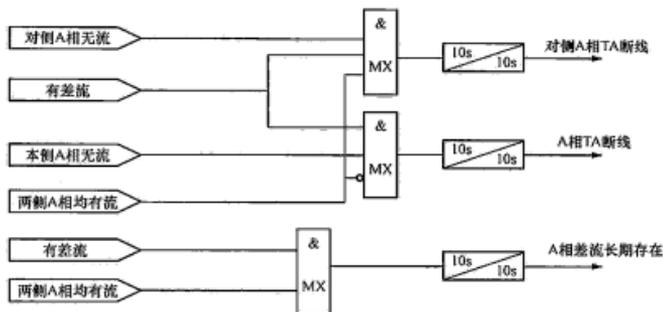


图 3-15 TA 断线逻辑框图

图 3-16 中无流判别的电流门槛为 $0.04I_n$ ，TA 断线逻辑中差流门槛为 0.8 倍相差定值 $0.15I_n$ 之间的小值，当装置检测到有差流存在且该相一侧无流时，延时 10s 报该侧 TA 断线；差流长期存在逻辑的差流门槛 0.8 倍相差定值，若检测到有差流而该相两侧都有流，延时 10s 报差流长期存在。

TA 断线时，发生故障或系统扰动导致启动元件动作，若“TA 断线闭锁差动”整定为“1”，则闭锁该相电流差动保护；若整定为“0”，则仍开放电流差动保护。

对于后备保护仍需单独设置 TA 断线判据，即 $3I_0$ 启动 12s 不返回且无零序电压，则发 TA 断线告警信号，且闭锁 $3I_0$ 启动保护功能，TA 断线后后备仅保留距离 II、III 段保护。

关于辅助元件的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

（六）故障开放元件

1. 短时开放保护

相电流突变量启动元件，能灵敏反映各种不对称和对称故障，利用该元件动作后瞬时开放保护，如识别系统失稳后的期间再发生故障时则采用不对称故障开放及对称故障开放保护逻辑。

2. 不对称故障开放元件

不对称故障判别元件的基本出发点就是检测三相不对称度。

不对称故障判别元件的动作判据为

$$I_2 + I_0 \geq mI_1$$

采用这种故障判别元件在振荡过程中发生区外故障时不会误开放保护，在区内故障只要两侧功角 δ 较小就能开放保护。若 $T_S=0.1s$ ，在 $\delta=\pm 36^\circ$ 的区间将历时 20ms，I 段距离继电器可以动作。由于 $m<1$ ，一般线路两侧保护同时开放，在不利的情况下才是一侧保护 I 段跳闸后另一侧纵续动作。

3. 对称故障开放元件

在启动元件开放 150ms 以后或系统振荡过程中, 如发生三相故障, 则上述开放措施均不能开放保护, 本装置中另设置了专门的振荡判别元件, 即判别测量振荡中心的电压

$$U_Z = U_{1M} \cos(\varphi + 90^\circ - \varphi_x)$$

式中: φ_x 为线路阻抗角; $\varphi = \arg(\dot{U}_M / \dot{I})$; U_{1M} 为正序电压。

系统电压相量图见图 3-16。

在系统正常运行或系统振荡时, U_Z 恰好反应振荡中心的电压。

本装置采用的动作判据分两部分:

(1) $-0.03U_N < U_Z < 0.08U_N$, 延时 150ms 开放。

(2) $-0.1U_N < U_Z < 0.20U_N$, 延时 500ms 开放。

关于不对称故障和对称故障开放元件的相关检验, 详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

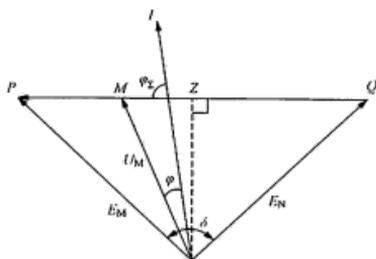


图 3-16 系统电压相量图

(七) 自动重合闸

重合闸逻辑框图见图 3-17。

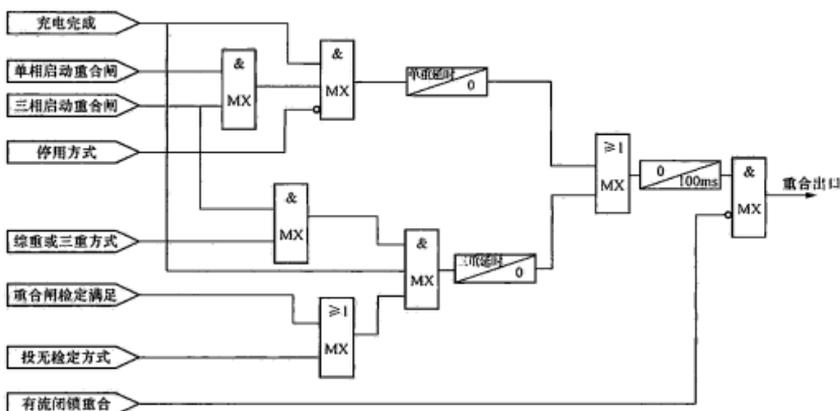


图 3-17 重合闸逻辑框图

重合闸充电逻辑框图见图 3-18。

(1) 本装置重合闸为一次重合闸方式, 可实现单相重合闸、三相重合闸或综合重合闸。重合闸的启动方式可以由保护动作启动或断路器位置不对应启动方式。当与其他公司带有重合闸的保护装置配合时, 可以投入停用方式, 此时重合闸不沟三; 当投入闭重三跳软压板时, 重合闸沟三。

(2) 三相重合时, 可采用无检定、检线路无压重合闸或检同期重合闸, 也可选择线路有

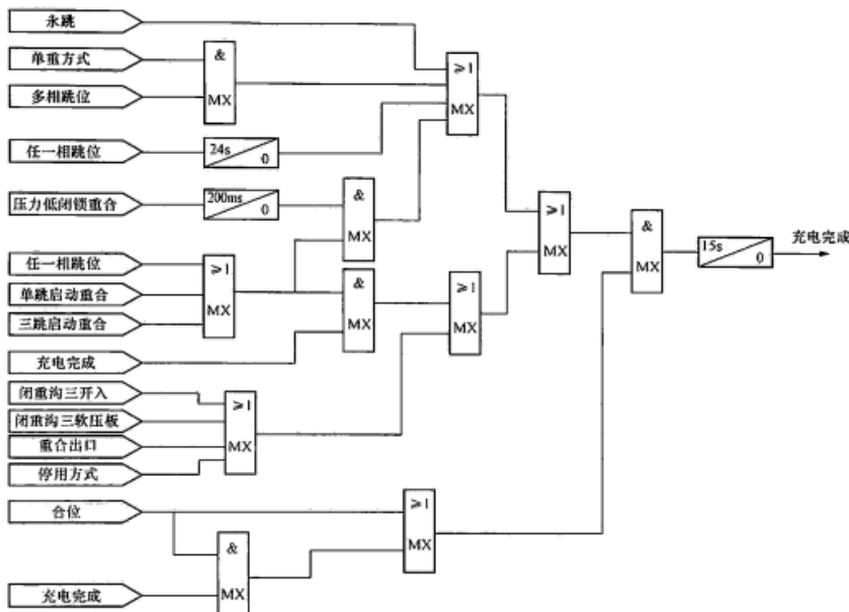


图 3-18 重合闸充电逻辑框图

压转检同期重合闸方式。检无压时，检查抽取电压小于 $0.3 U_{XN}$ 或母线电压小于 $30V$ ；投入抽取有压转检同期重合闸方式或检同期时，检查抽取电压大于 $0.7 U_{XN}$ 和母线电压大于 $40V$ ，且线路和母线电压间相位差在整定范围内。

(3) 闭锁重合条件是为了线路两套重合闸同时使用时不会出现多次重合。重合闸启动过程中若对应相有流，则闭锁重合出口。

(4) 充电条件：为避免多次重合闸，重合闸必须在“充电”15s 完成后，才可能启动。当断路器在合位，跳闸位置继电器不动作，无闭锁重合条件开始充电。

(5) 放电条件：永跳、单重方式时三跳、跳闸位置继电器动作持续 24s、充电未满时启动重合闸、外部闭锁重合开入、停用方式、重合出口时均可放电。当合闸压力不足时，若重合闸未启动，延时 200ms 后放电，闭锁重合闸；当合闸压力不足时，在 200ms 内若重合闸启动，则闭锁重合闸的放电回路。重合闸置单重方式，则三相跳闸后，重合闸放电不重合。

(6) 单相跳闸或任一跳位动作启动重合闸，在单相重合闸计时过程中，查询有无三跳位置开入，若有则按三相跳闸启动重合闸处理。

(7) 三相跳闸启动重合计时开始：检无压方式投入时无压开始重合计时，有压时如投入有压转检同期方式则同期开始重合计时；检同期方式投入时同期开始重合计时。

(8) 重合闸方式由外部切换把手或内部切换把手决定。

(9) 在线路正常运行时重合闸自适应判别抽取电压的幅值、相位。

关于自动重合闸的相关检验，详见“WXH-803A 保护定值及性能检验”部分。

三、WXH-803A 微机线路保护装置菜单介绍及操作说明

正面板布置见图 3-19。

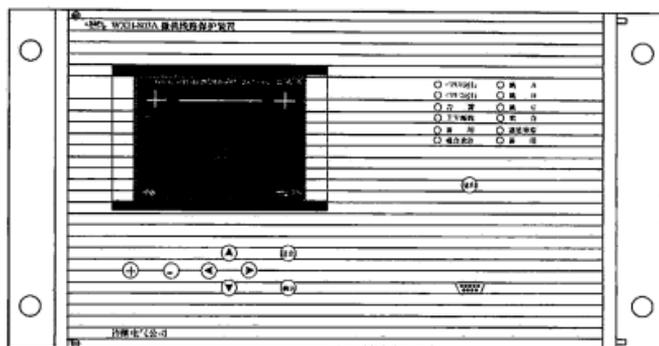


图 3-19 正面板布置

保护装置面板上包含 12 个信号灯，其中有两个为备用。

面板信号灯含义见表 3-1。

表 3-1 面板信号灯含义

信号灯名称	颜色	含义	点亮条件
CPU1 运行	绿	监视保护 CPU 的运行情况	正常运行时点亮，装置启动后闪烁
CPU2 运行	绿	监视保护 CPU 的运行情况	正常运行时点亮，装置启动后闪烁
告警	红	指示装置有异常情况发生	(1) 装置软硬件告警信息，如程序自检错、AD 出错、RAM 出错、5V 出错、EEPROM 出错、开出自检错、定值超限告警、定值自检错等； (2) 装置逻辑自检告警信息，如 TA 异常、TA 反序、TV 反序等
TV 断线	红	指示 TV 回路异常	当 TV 断线条件满足时点亮
重合允许	绿	指示重合闸是否充满电	当重合闸充满电时点亮
跳 A	红	指示保护装置跳 A 出口	当保护装置跳 A 出口时点亮
跳 B	红	指示保护装置跳 B 出口	当保护装置跳 B 出口时点亮
跳 C	红	指示保护装置跳 C 出口	当保护装置跳 C 出口时点亮
重合	红	指示重合闸重合出口	当重合闸重合出口时点亮
通道异常	红	指示通道状态	当光纤通道有较高误码率或通道中断等异常情况时点亮

一、液晶显示说明

正常显示时，显示界面为线路主接线简图，并分别显示电压、电流及线路两侧差电流，还有通道延时、定值区号、压板状态、自环实验、通道状态、装置地址及当前时间，如图 3-21



所示。

(1) 主接线图说明。图 3-20 中 M 侧为本侧, N 侧为对侧。断路器为红色表示处于合闸状态, 绿色表示处于断开状态。

(2) 二次电流和电压的幅值说明。黄色代表 A 相电压或 A 相电流, 绿色代表 B 相电压或 B 相电流, 红色代表 C 相电压或 C 相电流。

(3) 保护投退状态说明。保护投退状态表示该保护的软压板和硬压板相与后的状态, “√”表示投入, “×”表示退出。

(4) 定值区号说明。保护装置正在使用的定值区号。

(5) 地址。当应用于综合自动化站时装置的网络地址, 此地址在整个变电站中应是唯一的。

二、命令菜单使用说明

(一) 键盘与显示器

WXH-803A 系列微机线路保护装置的人机接口采用大屏幕 320×240 彩色液晶显示屏, 显示屏右边有 12 个信号灯和 1 个复归按钮, 显示屏下面有 1 个 8 键键盘(如图 3-21 所示)。



图 3-20 正常运行时液晶显示图

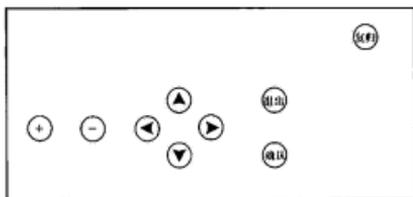


图 3-21 键盘示意图

键盘中各键功能如下:

“↑”键: 命令菜单选择, 显示换行, 或光标上移键。

“↓”键: 命令菜单选择, 显示换行, 或光标下移键。

“→”键: 光标右移, 向下翻页, 进入下一级子菜单键。

“←”键: 光标左移, 向上翻页, 返回上一级菜单键。

“+”键: 数字增加, 屏幕锁定键。

“-”键: 数字减小, 解除屏幕锁定键。

“退出”键: 命令退出返回上级菜单或取消操作键。

“确认”键: 菜单执行及数据确认键。

“复归”键: 复归告警及动作信号。

(二) 菜单概况

菜单结构见图 3-22。

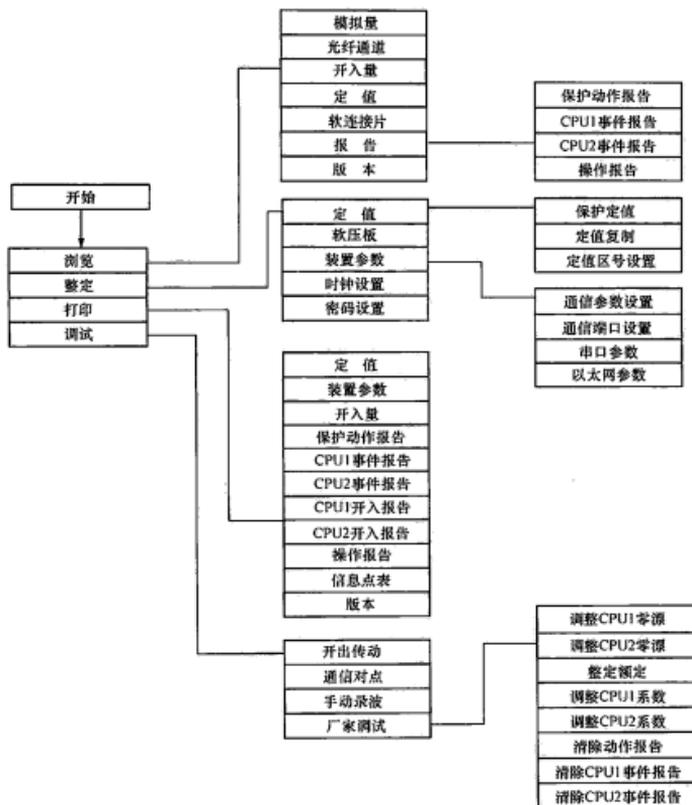


图 3-22 菜单结构

(三) 菜单使用简要说明

在正常运行状态下，按“退出”键，若已有报告窗口弹出，则应先按“复归”键进入主接线图状态，再按“退出”键，在液晶左下方“开始”处弹出一级子菜单，如图 3-23 所示。用“↑”、“↓”键移动光标至所选的项目后，再按“确认”键，即可进入相应功能的子菜单。进入相关项后，用“+”、“-”键进行数值的设置，用“↑”、“↓”键移动选项。在查看过程中，若某项内容较多有多页时，可用“←”、“→”键翻页。

1. 浏览

[浏览] 主要用于浏览保护装置的各种信息。[浏览] 下面的二级菜单如图 3-24 所示。

[模拟量]。本菜单显示保护装置各 CPU 模拟量输入的情况。



图 3-23 装置一级菜单



图 3-24 装置二级菜单一[浏览]

[光纤通道]。本菜单显示光纤通道的情况，包括通道延时、秒误码率、严重误码秒数、秒误码数、丢帧数、误码秒数等反映光纤通道质量的数据。

[开入量]。本菜单显示各 CPU 的开入量情况。“1”表示开入投入，“0”表示开入退出。

[定值]。用于浏览保护装置各 CPU 定值的情况。

[软压板]。用于浏览保护装置软压板投退情况。

[报告]。本菜单显示保护动作报告、异常事件报告及操作报告。本保护掉电自保持，不管断电与否，它能记忆动作报告 100 次、事件报告 50 次。

菜单首先显示最新的报告，每屏可显示 7 个保护动作报告或 4 个异常事件报告。按键“↑”和“↓”用来上下滚动选中报告，按键“+”和“-”用来修改报告的序号以显示该序号位置的报告，按键‘退出’用来退出至上一级菜单。

[版本]。用于查看保护装置各 CPU（包括人机接口，即 CPU0）软件版本和检验码（CRC）及底层 LON 网软件版本情况。

2. 整定

[整定] 主要完成保护装置各项参数的整定功能。[整定] 下面的二级菜单如图 3-25 所示。

[定值]。用于保护装置定值的整定、复制及定值区号的设置。

[软压板]。用于投退保护装置的软压板。

[装置参数]。用于整定保护装置通信参数、通信端口、串口参数及以太网参数。

[时钟设置]。设置或修改装置的日期（年、月、日）和时间（时、分、秒）。

[密码设置]。用于设置或修改保护装置的操作密码。

说明：忘记密码时，可以用装置的超级密码十个“→”重新设置密码。

3. 打印

[打印] 主要完成保护装置各项信息的打印功能。[打印] 下面的二级菜单如图 3-26 所示。

[定值]。用于打印保护装置的定值。

[装置参数]。用于打印保护装置的参数。



图 3-25 装置二级菜单—[整定]



图 3-26 装置二级菜单—[打印]

[开入量]。用于打印保护装置开入量情况。

[保护动作报告]。用于打印保护装置的动作报告。当打印的报告中有录波存在时，选择打印后会弹出一个窗口选择打印录波的方式是波形方式还是采样值形式，或不打印录波。

[CPU1 事件报告]。用于打印保护装置 CPU1 的事件报告。

[CPU2 事件报告]。用于打印保护装置 CPU2 的事件报告。

[CPU1 开入报告]。用于打印保护装置 CPU1 的开关量变位的报告。

[CPU2 开入报告]。用于打印保护装置 CPU2 的开关量变位的报告。

[操作报告]。用于打印操作保护装置的报告。

[信息点表]。用于打印保护装置的信息点表。

[版本]。用于打印保护版本号及 CRC 码。

4. 调试

[调试]主要完成保护装置调试试验功能。[调试]下面的二级菜单如图 3-27 所示。

[开出传动]。主要是检测保护开出回路是否正常。在 [调试] 菜单中选定 [开出传动] 菜单，按“确认”键进入。选择 CPU 号后选择对应的传动号进行传动试验。需注意的是，做传动试验时，要投入“检修状态压板”，否则保护装置将报“传动错误”。

[通信对点]。主要完成与监控系统的手动对点功能。先按键“+”和“-”用来选择“故障信息”、“告警信息”或“状态信号”，通过“↑”、“↓”键来选择要操作的信息，按“确认”键该信息会以相应报文通过装置通信端口发出。

[手动录波]。主要是检测保护装置模拟量采集回路工作是否正常。在 [调试] 菜单中选定 [手动录波] 菜单，按“确认”键进入。

[厂家调试]。主要用于生产厂家对保护装置进行的一些调校，包括调整零漂、调整系数、



图 3-27 装置二级菜单—[调试]



整定额定、清除动作报告、清除事件报告。

第二节 保护定值及性能检验

定值清单见表 3-2。

表 3-2 定 值 清 单

序号	定值名称	整定值	序号	定值名称	整定值
1	通道控制字	0005	28	相间阻抗III段定值	6Ω
2	本侧装置编码	200	29	接地II段时间	0.5s
3	对侧装置编码	300	30	相间II段时间	0.5s
4	A 通道时钟模式	0	31	接地III段时间	1.5s
5	B 通道时钟模式	0	32	相间III段时间	1.5s
6	公共控制字	0000	33	零序I段电流定值	4A
7	差动控制字	0005	34	零序II段电流定值	3A
8	距离控制字	02FF	35	零序III段电流定值	2A
9	零序控制字	007F	36	零序IV段电流定值	1A
10	重合闸控制字	0413	37	零序II段时间	0.5s
11	突变量启动值	1A	38	零序III段时间	1s
12	零序辅助启动值	1A	39	零序IV段时间	1.5s
13	TA 变比	100	40	TV 断线相过电流定值	7A
14	相量差动定值	4A	41	TV 断线零序过电流定值	6A
15	零序差动定值	3A	42	TV 断线过电流时间	0.5s
16	电容电流补偿系数	0	43	零序过电流加速段定值	1.5A
17	零序电抗补偿系数	0.5	44	单重延时	1.5s
18	零序电阻补偿系数	0.5	45	三重延时	3s
19	线路正序阻抗角	90°	46	合闸同期角	30°
20	相间阻抗偏移角	0°	47	线路正序容纳	0.1s
21	负荷电阻	5Ω	48	线路零序容纳	0.1s
22	静稳电流	1.5A	49	线路正序电抗	10
23	接地电抗I段定值	2Ω	50	线路零序电抗	10
24	接地电抗II段定值	4Ω	51	线路正序电阻	5Ω
25	接地电抗III段定值	6Ω	52	线路零序电阻	5Ω
26	相间阻抗I段定值	2Ω	53	线路长度	100km
27	相间阻抗II段定值	4Ω			

后面的检验举例中，有的定值会根据实际需要进行更改。

一、电流差动保护定值检验

差动保护定值单见表 3-3。

表 3-3 差动保护定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	相量差动定值	4A	2	零序差动定值	3A

注 差动控制字中需退出电容电流补偿。

1. 分相电流差动保护启动值校验

(1) 将光端机（在光纤接口插件上）的接收“RX”和发送“TX”用尾纤短接，构成自发自收方式。

(2) 投入主保护压板和所短接通道的自环投入压板，重合把手切在“综重方式”。

(3) 整定保护定值重合闸控制字中“投无检定方式”置 1。

(4) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(5) 加故障电流 $I > 1.05 \times 0.5 \times$ 相量差动定值 (4A)，模拟单相、多相区内故障，装置应可靠动作。装置面板上相应跳闸灯亮，液晶上显示“×相差动作”，动作时间为 20~40ms。

(6) 加故障电流 $I < 0.95 \times 0.5 \times$ 相量差动定值 (4A)，模拟单相或多相区内故障，分相电流差动不动作。

以上述整定值计算得，故障电流 $I = 2.1A$ 时，保护可靠动作；故障电流 $I = 1.9A$ 时，保护可靠不动作；故障电流 $I = 2.4A$ 时，保护可靠动作，测量动作时间。

检验时，可采用手动测试法界面，如图 3-28 所示。

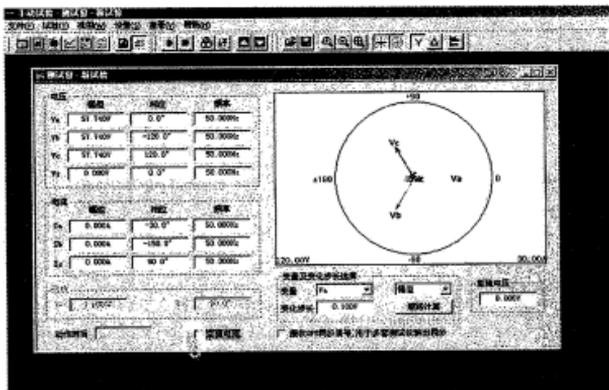


图 3-28 手动测试法界面

按“运行”()图标，给保护装置通入正序正常电压、无电流，再按“锁定”()图标，使其保持上述状态。然后，设置电流，模拟 A 相故障，将 I_a 电流数值改为 2.1A（见图 3-29），释放“锁定”图标，将图面所示电流数值通入保护装置，此时差动保护可靠动作（时间为 25~45ms）。

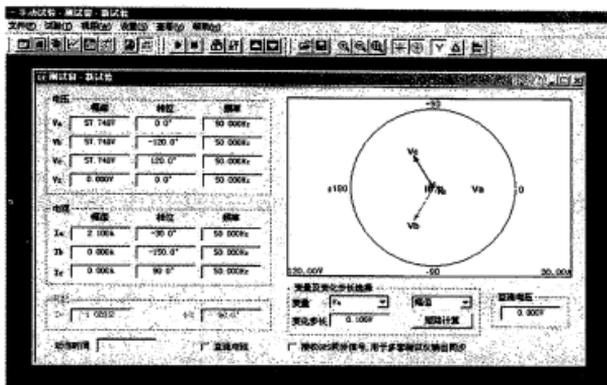


图 3-29 手动测试法测启动值

按照上述方法，再将 I_0 电流数值改为 1.9A 时，此时分相电流差动保护可靠不动作。同样将 I_0 电流数值改为 2.4A 时，测量分相电流差动保护动作时间。

2. 零序差动保护启动值检验

检验方法同分相电流差动保护启动值检验，只需模拟单相故障，动作时间为 120~140ms。

以上述整定值计算得，故障电流 $I=1.6A$ 时，保护可靠动作；故障电流 $I=1.4$ 时，保护可靠不动作；故障电流 $I=1.8A$ 时，保护可靠动作，测量动作时间。

二、距离保护的定值检验

距离保护定值单见表 3-4。

表 3-4

距离保护定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	零序电抗补偿系数	0.5	9	相间阻抗 I 段定值	2Ω
2	零序电阻补偿系数	0.5	10	相间阻抗 II 段定值	4Ω
3	线路正序阻抗角	90°	11	相间阻抗 III 段定值	6Ω
4	相间阻抗偏移角	0°	12	接地 II 段时间	0.5s
5	负荷电阻	5Ω	13	相间 II 段时间	0.5s
6	接地电抗 I 段定值	2Ω	14	接地 III 段时间	1.5s
7	接地电抗 II 段定值	4Ω	15	相间 III 段时间	1.5s
8	接地电抗 III 段定值	6Ω			

1. 快速距离保护

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值距离控制字中“投快速距离 I 段”置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，整定定值中“线路正序阻抗角”为 90°。

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 加故障电流 $I=3I_n$ ，分别模拟 A、B、C 相单相接地瞬时性故障及 AB、BC、CA 相间瞬时性故障。单相接地故障时的相角为 90° ，两相相间故障时的相角为整定正序阻抗角，模拟故障时间为 $50\sim 100\text{ms}$ 。

(5) 模拟单相接地故障时电压： $U=(1+K_X)IZ_{\text{set1}}+(1-1.4m)U_N$ (V) (同时满足故障电压在 $0\sim U_N$ 范围内)。

(6) 模拟相间故障时电压： $U=2IZ_{\text{set1}}+(1-1.3m)\times 100$ (V) (同时满足故障电压在 $0\sim 100\text{V}$ 范围内)。上面两式中： $m=0.9, 1.1, 1.2$ ； Z_{set1} 为相间距离 I 段阻抗定值； K_X 为零序电抗补偿系数。

(7) 快速距离在 $m=1.1$ 时应可靠动作，在 $m=0.9$ 时应可靠不动作，在 $m=1.2$ 时动作时间小于 20ms ，装置面板上相应跳闸灯亮，液晶上显示“距离快速段动作”。

(8) 用相同的计算数据，分别模拟反方向各种类型出口故障，快速距离保护均应不动作。

以上述整定值计算得，单相故障时，故障相电压 $U=(1+0.5)\times 15\times 2+(1-1.4\times 1.1)\times 57.7=13.842$ (V)，故障相电流 $I=15\text{A}$ 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，保护可靠动作。故障相电压 $U=(1+0.5)\times 15\times 2+(1-1.4\times 0.9)\times 57.7=30$ (V)，故障相电流 $I=15\text{A}$ 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，保护可靠不动作。故障相电压 $U=(1+0.5)\times 15\times 2+(1-1.4\times 1.2)\times 57.7=5.764$ (V)，故障相电流 $I=15\text{A}$ 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，保护可靠动作，测量动作时间。反方向故障，保护可靠不动作。

相间故障时，故障相间电压 $U=2\times 15\times 2+(1-1.3\times 1.1)\times 100=17$ (V)，故障相间电流 $I=30\text{A}$ 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，保护可靠动作。故障相间电压 $U=2\times 15\times 2+(1-1.3\times 0.9)\times 100=43$ (V)，故障相间电流 $I=30\text{A}$ 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，保护可靠不动作。故障相间电压 $U=2\times 15\times 2+(1-1.3\times 1.2)\times 100=4$ (V)，故障相间电流 $I=30\text{A}$ 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，保护可靠动作，测量动作时间。反方向故障，保护可靠不动作。

检验时，可用“状态序列”界面，按图标 ，可添加状态，按图标 ，可删除状态。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般正常状态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。如图 3-30 所示。

第二态：故障状态，分别模拟单相接地故障 (如图 3-31 所示) 以及相间短路故障 (如图 3-32 所示)。试验数据按照上述计算值设置，以 $m=1.1$ 为例，试验时间大于相应保护动作时间。

当测量快速距离保护时间时，第二态中的试验数据按 $m=1.2$ 设置，同时需把“触发条件”界面中的“状态触发条件”设为“开入量翻转触发”，同时把相应开入量通道选中，例如保护触点接于开入量 A 通道，这样就可以用保护触点动作停表，测量动作时间了，如图 3-33 所示。

2. 阶段式距离保护

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中“投接地距离 I 段”、“投相间距离 I 段”置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，整定定值中“线路正序阻抗角”为 90° 。



图 3-30 故障前状态(正常状态)

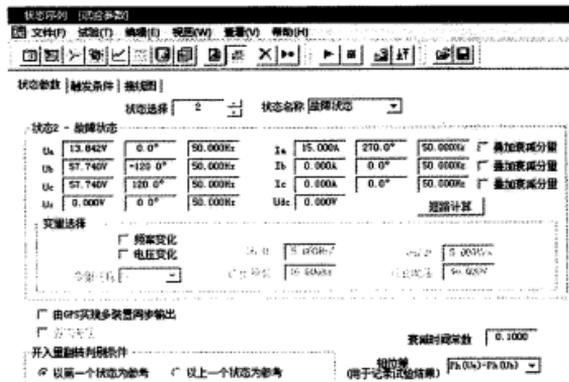


图 3-31 故障状态(A相故障)(一)

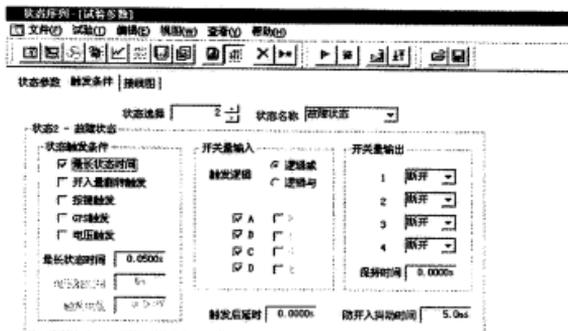


图 3-31 故障状态 (A 相故障) (二)

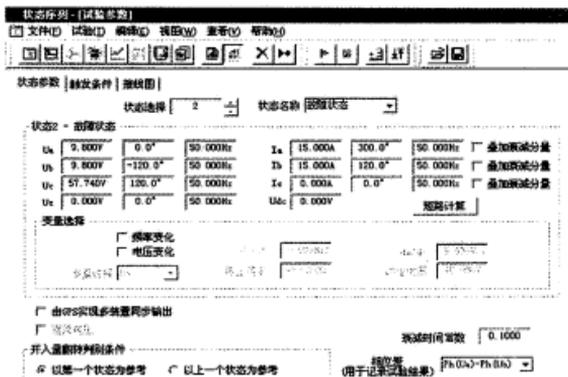


图 3-32 故障状态 (AB 相间故障)

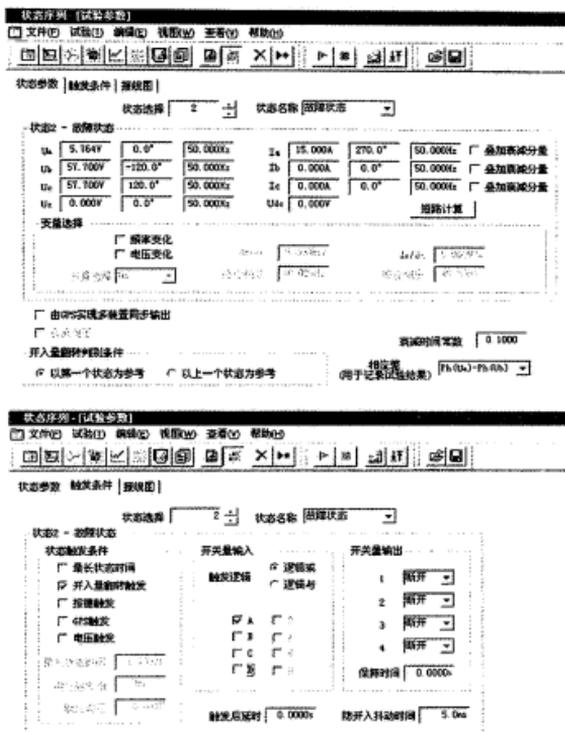


图 3-33 故障状态（测量动作时间）

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 注意在做单相故障时应满足故障电压在 $0 \sim U_N$ 范围内，在做相间及三相故障时应满足故障电压在 $0 \sim 100V$ 范围内，若电压不满足应适当降低故障电流。

(5) 加故障相间电流 $I=2I_n$ ，故障相间电压 $U=0.95IZ_{Z1}$ (Z_{Z1} 为相间距离 I 段阻抗定值)，相角为整定的正序阻抗角；模拟相间正方向瞬时故障，装置面板上相应灯亮，液晶上显示“距离 I 段动作”。

(6) 加故障电流 $I=I_n$ ，故障相电压 $U=0.95IX_{D1}(1+K_X)$ (X_{D1} 为接地距离 I 段电抗定值， K_X 为零序电抗补偿系数)，故障相电压超前于故障相电流 90° ；模拟单相接地正方向瞬时故障，装置面板上相应灯亮，液晶上显示“距离 I 段动作”。

(7) 加故障相间电流 $I=2I_n$ ，故障相间电压 $U=1.05IZ_{Z1}$ (Z_{Z1} 为相间距离 I 段阻抗定值)，相角为整定的正序阻抗角；模拟相间正方向瞬时故障，装置应可靠不动作。

(8) 加故障电流 $I=I_n$ ，故障电压 $U=1.05IX_{D1}(1+K_X)$ (X_{D1} 为接地距离 I 段电抗定值， K_X 为零序电抗补偿系数)，故障相电压超前于故障相电流 90° ；模拟单相接地正方向瞬时故障，

装置应可靠不动作。

(9) 加故障相电流 $I=2I_n$, 故障相电压 $U=0.7IZ_{Z1}$ (Z_{Z1} 为相间距离 I 段阻抗定值), 相角为整定的正序阻抗角; 模拟相间正方向瞬时故障, 测量相间距离 I 段动作时间。

(10) 加故障电流 $I=I_n$, 故障相电压 $U=0.7IX_{D1}(1+K_X)$ (X_{D1} 为接地距离 I 段电抗定值, K_X 为零序电抗补偿系数), 故障相电压超前于故障相电流 90° ; 模拟单相接地正方向瞬时故障, 测量接地距离 I 段动作时间。

(11) 同上述方法分别检验 II、III 段距离保护, 注意加故障量的时间应大于保护定值时间。

(12) 用相同的计算数据, 分别模拟单相接地、两相、两相接地和三相反方向故障, 距离保护不动作。

以上述整定值计算得, 单相故障时, 故障相电压 $U=0.95 \times 5 \times 2 \times (1+0.5) = 14.25$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 保护可靠动作。故障相电压 $U=1.05 \times 5 \times 2 \times (1+0.5) = 15.75$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 接地距离 I 段可靠不动作。故障相电压 $U=0.7 \times 5 \times 2 \times (1+0.5) = 10.5$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 保护可靠动作, 测量动作时间。反方向故障, 保护可靠不动作。

相间故障时, 故障相电压 $U=0.95 \times 10 \times 2 = 19$ (V), 故障相电流 $I=10A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 保护可靠动作。故障相电压 $U=1.05 \times 10 \times 2 = 21$ (V), 故障相电流 $I=10A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 保护可靠不动作。故障相电压 $U=0.7 \times 10 \times 2 = 14$ (V), 故障相电流 $I=10A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 保护可靠动作, 测量动作时间。反方向故障, 保护可靠不动作。

检验方法同快速距离保护。

1) WXH-803A 的距离保护, 接地距离保护采用四边形特性, 相间距离保护采用圆特性。

2) WXH-803A 的接地距离保护的零序电阻补偿系数是不起作用的, 无论其数值如何变化, 只要零序电抗补偿系数不变, 不影响接地距离保护性能。

3. 接地距离保护电抗线定值验证

距离 II 段相关定值单见表 3-5。

表 3-5 距离 II 段相关定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	零序电抗补偿系数	0.5	5	负荷电阻	5Ω
2	零序电阻补偿系数	0.5	6	接地电抗 II 段定值	8Ω
3	线路正序阻抗角	90°	7	接地 II 段时间	0.5s
4	相间阻抗偏移角	0°			

以接地 II 段为例, 接地距离 II 段特性如图 3-34 所示。

由整定书可知, $\varphi_{DZ}=90^\circ$, $R_{DZ}=5\Omega$, $X_{DZ}=8\Omega$, $\beta \approx 0^\circ$

我们通过三个点来验证, 计算可得, 第一点: X 轴边界为 8Ω, 角度为 90° ; 第二点: 电抗线与电阻线的交点阻抗值为 8.55Ω, 角度为 54° ; 第三点: 由原点至电抗线作垂线的垂点,



阻抗值为 7.82Ω ，角度为 78° 。

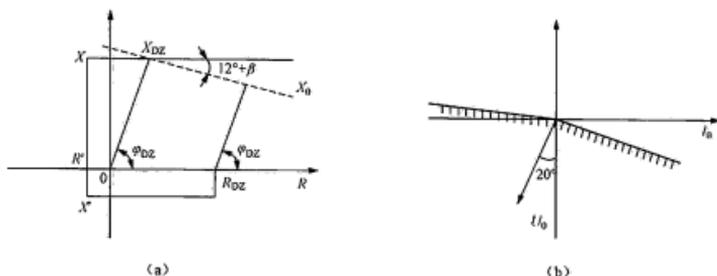


图 3-34 距离 II 段特性

(a) 接地距离多边形特性；(b) 零功方向元件特性

于是，单相故障时， X 轴边界检验数据为第二态：故障相电压 $U=0.95 \times 8 \times 2 \times (1+0.5) = 22.8$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，接地距离 II 段可靠动作；故障相电压 $U=1.05 \times 8 \times 2 \times (1+0.5) = 25.2$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 90° ，接地距离 II 段可靠不动作。

电抗线与电阻线的交点检验数据为第二态：故障相电压 $U=0.95 \times 8.55 \times 2 \times (1+0.5) = 24.36$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 54° ，接地距离 II 段可靠动作；故障相电压 $U=1.05 \times 8.55 \times 2 \times (1+0.5) = 26.93$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 54° ，接地距离 II 段可靠不动作。

由原点至电抗线作垂线的垂点检验数据为第二态：故障相电压 $U=0.95 \times 7.82 \times 2 \times (1+0.5) = 22.29$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 78° ，接地距离 II 段可靠动作；故障相电压 $U=1.05 \times 7.82 \times 2 \times (1+0.5) = 24.63$ (V)，故障相电流 $I=2A$ 时，故障相电压超前于故障相电流 78° ，接地距离 II 段可靠不动作。

由以上三点确定一直线，因此电抗线的定值就在这条直线上。

检验方法同快速距离保护。

4. 相间三段负荷限制线定值线验证

距离 III 段定值单见表 3-6。

表 3-6

距离 III 段定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	线路正序阻抗角	90°	4	相间阻抗 III 段定值	12Ω
2	相间阻抗偏移角	0°	5	相间 III 段时间	$1.5s$
3	负荷电阻	5Ω			

说明： Z_{m1} 为背后系统正序阻抗，相间距离 III 段固定反偏，偏移阻抗 $Z_p = \min\{0.3\Omega, 0.5Z_{D3}\}$ ，其中 Z_{D3} 为相间阻抗 III 段定值。

以三相短路为例，由整定书可知， $\varphi_{DZ}=90^\circ$ ， $R_{DZ}=5\Omega$ ， $Z_{DZ}=12\Omega$ ， $Z_p=0.3\Omega$ 。

我们可以通过计算三个点来验证，一个点的坐标为 (5, 6)，另一个点的坐标为 (6, 6)，

还有一个点为 40° 的边界, 即 $(5, 4.2)$ 。

距离 III 段特性如图 3-35 所示。

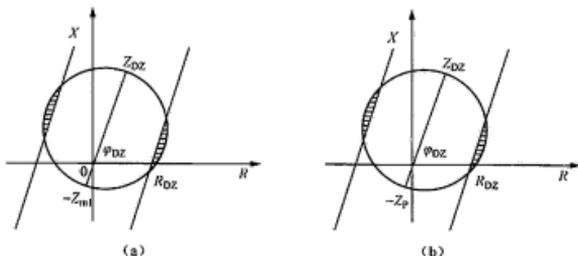


图 3-35 距离 III 段特性

(a) 正方向不对称故障时动作特性; (b) 三相故障时动作特性 (偏移阻抗)

计算可得, 第一个点的阻抗值为 7.8Ω , 角度为 50° ; 第二个点的阻抗值为 8.5Ω , 角度为 45° ; 第三个点的阻抗值为 6.5Ω , 角度为 40° 。

于是, 当 $R_{DZ}=5\Omega$, 并且三相故障时, 第一个点的试验数据为第二态: 故障相电压 $U=0.95 \times 7.8 \times 3=22.23$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 50° , 相间距离 III 段可靠动作; 故障相电压 $U=1.05 \times 7.8 \times 3=24.57$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 50° , 相间距离 III 段可靠不动作; 当 $R_{DZ}=8\Omega$, 并且三相故障时, 当通入上述相同数据时, 相间距离 III 段可靠动作。

当 $R_{DZ}=8\Omega$, 并且三相故障时, 第二个点的试验数据为第二态: 故障相电压 $U=0.95 \times 8.5 \times 3=24.225$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 45° , 相间距离 III 段可靠动作; 故障相电压 $U=1.05 \times 8.5 \times 3=26.775$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 45° , 相间距离 III 段可靠不动作; 当 $R_{DZ}=5\Omega$, 并且三相故障时, 当通入上述相同数据时, 相间距离 III 段可靠不动作。

当 $R_{DZ}=5\Omega$, 并且三相故障时, 第三个点的试验数据为第二态: 故障相电压 $U=0.95 \times 6.5 \times 3=18.5$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 40° , 相间距离 III 段可靠动作; 故障相电压 $U=1.05 \times 7.8 \times 3=20.5$ (V), 故障相电流 $I=3A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 40° , 相间距离 III 段可靠不动作; 当 $R_{DZ}=8\Omega$, 并且三相故障时, 当通入上述相同数据时, 相间距离 III 段可靠动作。

因此, 可由 $(5, 6)$ 和 $(5, 4.2)$ 这两个点确定一直线, 因此电阻线在 $R_{DZ}=5\Omega$ 这条直线上。

检验方法同快速距离保护。

5. 对于给定任意阻抗角, 测量相间距离 I 段边界定值验证

距离 I 段定值单见表 3-7。

表 3-7

距离 I 段定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	线路正序阻抗角	90°	3	相间阻抗 I 段定值	2Ω
2	相间阻抗偏移角	0°			

以 30° 边界为例, 由以上整定计算可得, 30° 边界的阻抗值为 1Ω 。

于是, 相间故障时, 第二态: 故障相间电压 $U=0.95 \times 10 \times 1=9.5$ (V), 故障相间电流 $I=10A$ 时, 故障相间电压超前于故障相间电流 30° , 相间距离 I 段可靠动作; 故障相间电压 $U=1.05 \times 10 \times 1=10.5$ (V), 故障相间电流 $I=10A$ 时, 故障相间电压超前于故障相间电流 30° , 相间距离 I 段可靠不动作。

检验方法同快速距离保护。

三、零序保护检验

零序保护定值单见表 3-8。

表 3-8 零序保护定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	零序 I 段电流定值	4A	5	零序 II 段时间	0.5s
2	零序 II 段电流定值	3A	6	零序 III 段时间	1s
3	零序 III 段电流定值	2A	7	零序 IV 段时间	1.5s
4	零序 IV 段电流定值	1A			

1. 保护定值检验

(1) 仅投零序保护硬压板和软压板中, 重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中“投零序 I 段”置 1, 重合闸控制字中“投无检定方式”置 1。

(3) 断路器置合位, 等保护充电, 直至“重合允许”灯亮。

(4) 加故障电流 $I=1.05I_{01ZD}$ (其中 I_{01ZD} 为零序过电流 I 定值), 故障相电压 30V, 模拟单相正方向瞬时故障, 故障相电压超前于故障相电流 70° (即 $3U_0$ 滞后于 $3I_0$ 的角度为 110° , 为最灵敏角), 装置面板上相应灯亮, 液晶上显示“零序 I 段动作”。

(5) 加故障电流 $I=0.95I_{01ZD}$, 故障电压 30V, 模拟单相正方向瞬时故障, 故障相电压超前于故障相电流 70° , 零序过电流 I 段保护不动作。

(6) 加故障电流 $I=1.2I_{01ZD}$, 故障电压 30V, 模拟单相正方向故障, 故障相电压超前于故障相电流 70° , 测量动作时间。

(7) 加故障电流 $I=1.2I_{01ZD}$, 故障电压 30V, 模拟单相反方向故障, 故障相电压滞后于故障相电流 110° , 零序过电流保护不动作。

(8) 同上述方法分别检验 II、III、IV 段零序过电流保护, 注意加故障量的时间应大于保护定值时间。同时在检验 III、IV 段零序过电流保护时要将定值控制字中“零序 III 段经方向”、“零序 IV 段经方向”置 1。

以上述整定值计算得, 故障相电压 $U=30V$, 故障相电流 $I=1.05 \times 4=4.2$ (A) 时, 故障相电压超前于故障相电流 70° , 保护可靠动作。故障相电压 $U=30V$, 故障相电流 $I=0.95 \times 4=3.8$ (A) 时, 故障相电压超前于故障相电流 70° , 零序 I 段可靠不动作。故障相电压 $U=30V$, 故障相电流 $I=1.2 \times 4=4.8$ (A) 时, 故障相电压超前于故障相电流 70° , 保护可靠动作, 测量动作时间。反方向故障, 保护可靠不动作。

检验时, 可用“状态序列”界面, 第一态: 先使保护进入正常运行状态, 加入三相正序电压 (57.7V), 三相无电流, 一般正常状态时间为 5s, 使装置 TV 断线复归。如图 3-31 所示。

第二态为故障状态，模拟 A 相接地故障，如图 3-36 所示。试验数据按照上述计算值设置，试验时间大于相应保护时间。

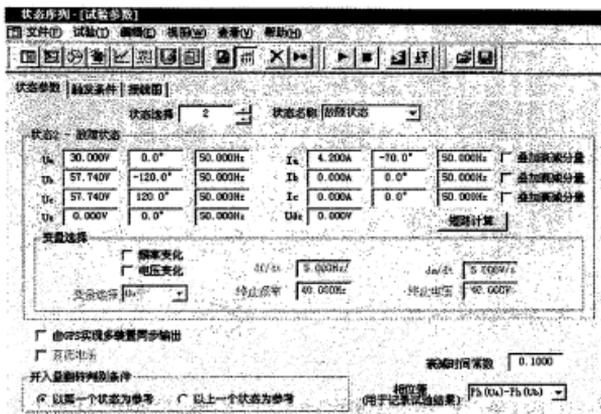


图 3-36 故障状态 (A 相接地)

2. 保护边界检验

由装置原理可知：

$$\text{零序功率方向} \quad -190^\circ < \text{Arg} \frac{-\dot{U}_0}{I_0} < -30^\circ$$

(1) 仅投零序保护硬压板和软压板中，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中“投零序 I 段”置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1。

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 加故障电流 $I=1.05I_{01ZD}$ (其中 I_{01ZD} 为零序过电流 I 定值)，使故障电流大于零序过电流 I 段定值，故障相电压 30V，计算可得，零序功率方向边界分别为：故障相电压滞后于故障相电流 10° 以及故障相电压超前于故障相电流 150° ，分别检验保护在动作边界 $\pm 3^\circ$ 的动作行为。当故障相电压滞后于故障相电流 7° 以及故障相电压超前于故障相电流 147° 时，零序过电流 I 段可靠动作。当故障相电压滞后于故障相电流 13° 以及故障相电压超前于故障相电流 153° 时，零序过电流 I 段可靠不动作。

(5) 同上述方法分别检验 II、III、IV 段零序过电流保护的边界，注意加故障量的时间应大于保护定值时间。同时在检验 III、IV 段零序过电流保护时要将定值控制字中“零序 III 段经方向”、“零序 IV 段经方向”置 1。

检验时，可用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般正常态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。如图 3-30 所示。

第二态：故障态。模拟 A 相接地故障，以故障相电压滞后于故障相电流 10° 为例，分别检验 3° (见图 3-37) 以及 -3° (见图 3-38) 的动作行为。

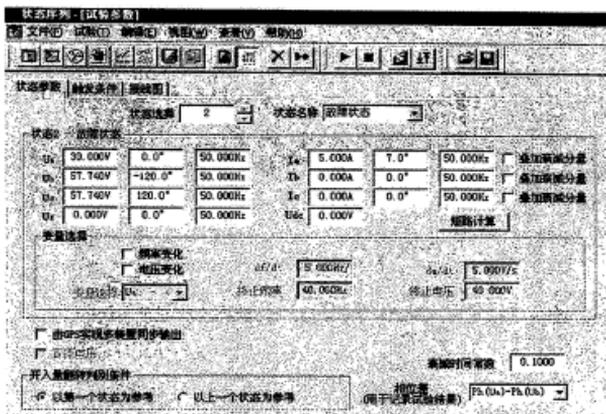


图 3-37 故障状态 (3°边界)



图 3-38 故障状态 (-3°边界)

四、TV 反序检查

检验时均采用“状态序列”界面。

1. 时间定值验证

第一态：正常态，如图 3-30 所示。

第二态：通入电压为 15V、负序，当试验时间为 1.1s 时，装置告警灯亮，并报“TV 反序”。当试验时间为 0.9s 时，装置不报“TV 反序”。如图 3-39 所示。

2. 负序电压 (U_2) 大于 12V 定值验证

第一态：正常态。

第二态：通入三相电压为 12V、负序，试验时间为 2s，装置告警灯亮，并报“TV 反序”。当通入三相电压为 11.5V 时，装置不报“TV 反序”。

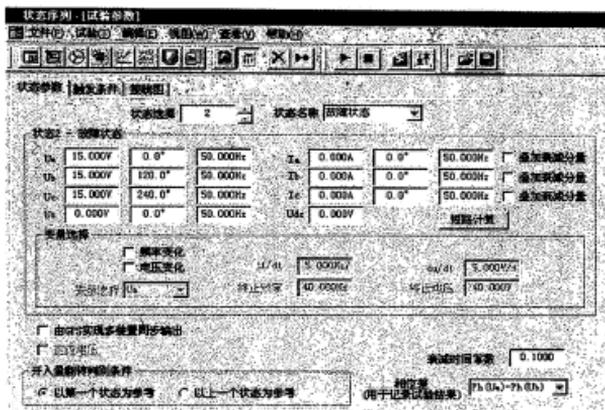


图 3-39 电压反序

3. 负序电压 (U_2) 大于 4 倍正序电压 (U_1) 定值验证

第一态：正常态。

第二态：通入三相电压分别为 $U_a=48V$ 、 $U_b=U_c=16.5V$ ，角度分别为 0° 、 60° 、 300° ，试验时间为 2s，此时， $U_2=21.5V>12V$ ， $U_1=5V$ ， $U_2/U_1=4.3>4$ ，装置告警灯亮，并报“TV 反序”，如图 3-40 所示。当 $U_b=U_c=15.5V$ 时， $U_2=21.2V>12V$ ， $U_1=5.7V$ ， $U_2/U_1=3.72<4$ ，装置不报“TV 反序”，如图 3-41 所示。

图 3-40 电压反序 ($U_2>4U_1$)

五、TA 反序检查

检验时，采用“状态序列”界面，先提高启动元件定值，因为保护启动后，将不再进行 TA 反序检查。TA 反序定值单见表 3-9。

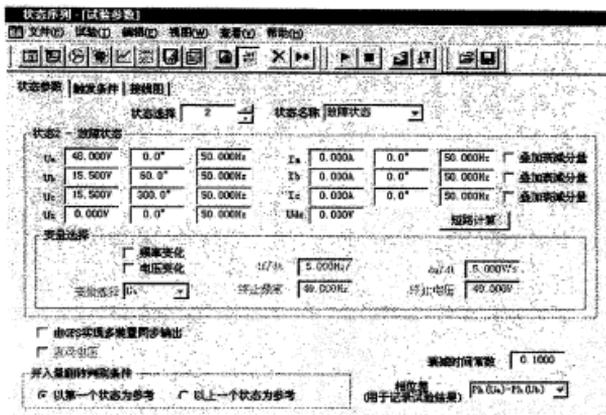
图 3-41 电压反序 ($U_2 < 4U_1$)

表 3-9

TA 反序定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	突变量启动值	2.5A	2	零序辅助启动值	2.5A

1. 时间定值验证

第一态：正常态，如图 3-30 所示。

第二态：通入三相电压为 57.7V、正序，通入三相电流为 1A、负序，当试验时间为 1.1s 时，装置告警灯亮，并报“TA 反序”。当试验时间为 0.9s 时，装置不报“TA 反序”。如图 3-42 所示。



图 3-42 电流反序

2. 负序电流 ($3I_2$) 大于 $0.1I_n$ 定值验证

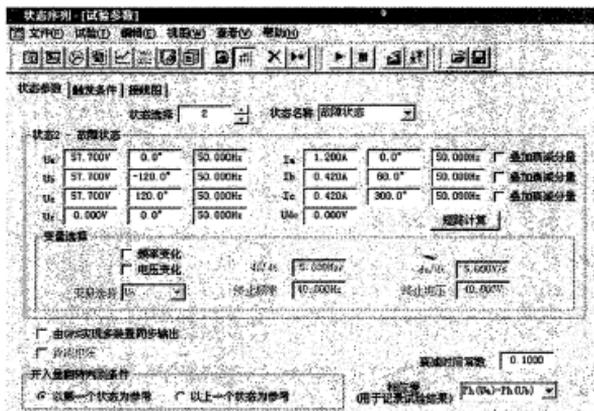
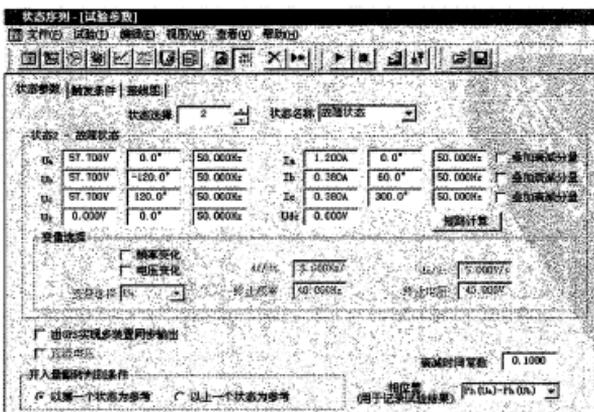
第一态：正常态。

第二态：通入三相电压为 57.7V、正序，通入三相电流为 $I_a=I_b=I_c=0.18A$ 、负序，试验时间为 2s，此时， $3I_2=0.54A > 0.1I_n$ ，装置告警灯亮，并报“TA 反序”。当 $I_a=I_b=I_c=0.16A$ 时， $3I_2=0.48A < 0.1I_n$ ，装置不报“TA 反序”。

3. 负序电流 (I_2) 大于 4 倍正序电流 (I_1) 定值验证

第一态：正常态。

第二态：通入三相电压为 57.7V、正序，通入三相电流分别为 $I_a=1.2A$ 、 $I_b=I_c=0.42A$ ，角度分别为 0° 、 60° 、 300° ，试验时间为 2s，此时， $I_2=1.62A$ ， $I_1=0.36A$ ， $I_2/I_1=4.5 > 4$ ，装置告警灯亮，并报“TA 反序”，如图 3-43 所示。当 $I_b=I_c=0.38A$ 时， $I_2=1.58A$ ， $I_1=0.44A$ ， $I_2/I_1=3.6 < 4$ ，装置不报“TA 反序”，如图 3-44 所示。

图 3-43 电流反序 ($I_2 > 4I_1$)图 3-44 电流反序 ($I_2 < 4I_1$)



六、TA 断线对各保护的影响

TA 断线定值单见表 3-10。

表 3-10

TA 断线定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	相量差动定值	6A	3	零序辅助启动值	1A
2	零序差动定值	5.4A			

1. 对差动保护的影响

(1) 将光端机（在光纤接口插件上）的接收“RX”和发送“TX”用尾纤短接，构成自发自收方式。

(2) 投入主保护压板和所短接通道的自环投入压板，差动控制字中“TA 断线闭锁差动”置 1，重合把手切在“综重方式”。

(3) 整定保护定值重合闸控制字中“投无检定方式”置 1。

(4) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(5) 检验时，可用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般正常态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。如图 3-30 所示。

(6) 第二态：断线态。电压不变，通入电流 $I_a=2.5A>0.5\times 0.8\times$ 相量差动定值（6A）=2.4A，时间设为 11s，装置报“A 相差流长期存在”和“TA 断线”，如图 3-45 所示。

(7) 第三态：故障态。通入故障电流 $I_a=4A>1.05\times 0.5\times$ 相量差动定值（6A），此时，A 相差动保护不动作，如图 3-46 所示。若 B 相通入相同的故障电流，差动保护会动作。

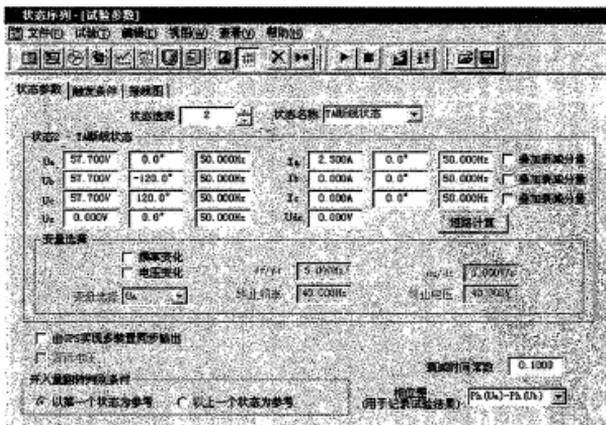


图 3-45 TA 断线状态

2. 对距离保护的影响

检验方法与距离保护相同，只在正常态和故障态中插入一个 TA 断线状态，通入三相正

序电压 (57.7V), 通入电流 $I_a=1.5A>$ 零序辅助启动值 (1A), 时间设为 13s, 装置报“TA 断线”。故障态通入使各段距离保护可靠动作的故障量, 最后只有快速距离段, 距离 II、III 段可以动作。

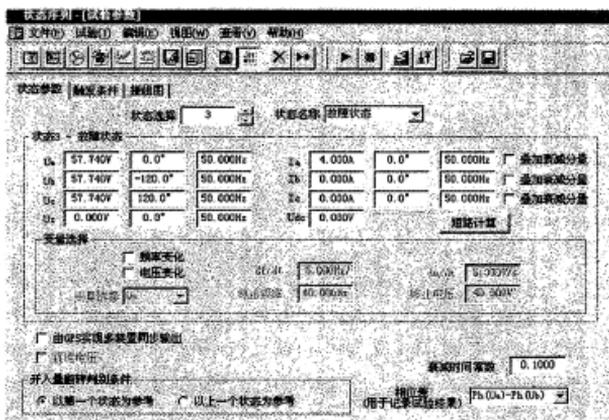


图 3-46 故障状态 (A 相差动保护不动作)

3. 对零序过电流保护的影响

检验方法同上, 结果是零序过电流保护都不动作。

七、TV 断线对各保护的影响

TV 断线定值单见表 3-11。

表 3-11

TV 断线定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	TV 断线相过电流定值	7A	2	TV 断线零序过电流定值	5A

1. 对距离保护的影响

- (1) 仅投距离保护硬压板和软压板, 重合把手切在“综重方式”。
- (2) 整定保护定值控制字中所有距离保护投入控制字置 1, 重合闸控制字中“投无检定方式”置 1, 整定定值中“线路正序阻抗角”为 90°。
- (3) 断路器置合位, 等保护充电, 直至“重合允许”灯亮。
- (4) 用“状态序列”界面在 TV 断线情况下, 直接加入故障态 (不需要正常态), 试验时间大于相应保护动作时间, 通入使各段距离保护可靠动作的故障量, 任何时候距离保护都不动作。当相电流大于 7A 时, TV 断线相过电流可靠动作, 装置报“TV 断线过电流动作”, 如图 3-47 所示。当零序电流大于 5A 时, TV 断线零序过电流可靠动作, 装置报“TV 断线过电流动作”, 如图 3-48 所示。

2. 对零序过电流保护的影响

- (1) 仅投零序保护硬压板和软压板中, 重合把手切在“综重方式”。



图 3-47 故障状态 (TV 断线过电流动作, 距离保护不动作)

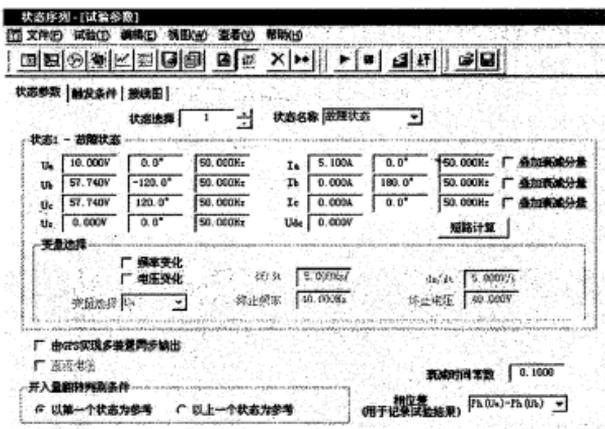


图 3-48 故障状态 (TV 断线零序过电流动作, 距离保护不动作)

(2) 整定保护定值控制字中所有零序保护投入控制字置 1, 重合闸控制字中“投无检定方式”置 1。

(3) 断路器置合位, 等保护充电, 直至“重合允许”灯亮。

(4) 用“状态序列”界面在 TV 断线情况下, 直接加入故障态, 试验时间大于相应保护动作时间, 通入使各段零序过电流保护可靠动作的故障量, 其中零序电流方向保护 I、II 段退出, 若“零序 III 段经方向”或“零序 IV 段经方向”, 则退出 III 段或 IV 段零序方向过电流, 否则保留不经方向元件控制的 III 段或 IV 段零序过电流。当相电流大于 7A 时, TV 断线相过电流可靠动作, 装置报“TV 断线过电流动作”, 如图 3-47 所示。当零序电流大于 5A 时, TV 断线零序过电流可靠动作, 装置报“TV 断线过电流动作”, 如图 3-48 所示。

说明：距离保护压板和零序过电流保护压板都能投入 TV 断线相过电流定值和 TV 断线零序过电流定值。

八、非全相运行对各保护的影响

1. 对距离保护的影响

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中所有距离保护投入控制字置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，整定定值中“线路正序阻抗角”为 90° 。

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般正常态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。模拟 A 相故障，使 A 相距离快速段可靠动作，时间设为 0.050s，投入 A 相保护跳闸压板，使 A 相断路器跳开，装置报“距离快速段动作”。

第三态：短时正常态。时间设为 0.5s，使保护可靠判为非全相状态。

第四态：故障态。模拟 A 相再次故障，通入与第二态相同的故障量，此时保护动作，装置报“距离加速段动作”。若模拟 B 相故障，通入与第二态相同的故障量，此时保护动作，装置报“距离快速段动作”。

2. 对零序过电流保护的影响

(1) 仅投零序保护硬压板和软压板，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中所有零序保护投入控制字置 1，“零序 IV 段跳闸后加速”置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，整定定值中“线路正序阻抗角”为 90° 。

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 检验时，可用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般正常态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。模拟 A 相故障，使 A 相零序 I 段可靠动作，时间设为 0.050s，投入 A 相保护跳闸压板，使 A 相断路器跳开，装置报“零序 I 段动作”。

第三态：短时正常态。时间设为 0.5s，使保护可靠判为非全相状态。

第四态：故障态。模拟 A 相再次故障，通入与第二态相同的故障量，此时保护动作，装置报“零序加速动作”。若模拟 B 相故障，通入与第二态相同的故障量，此时保护动作，装置报“零序 IV 段动作”，但是动作时间减少 500ms。

说明：第三态与第四态时间之和需小于单相重合闸时间，否则重合闸会出口。

3. 单相运行时切除三相

(1) 可投入任何保护，重合把手切在“综重方式”。

(2) 两相断路器置分位，一相断路器置合位。

(3) 用“状态序列”界面第一态直接加入故障态，在健全相通入故障电流大于启动值且大于 $0.08I_n$ ，小于各保护动作值，保护动作，装置报“开关不一致保护动作”。若在断开相加入相同电流，保护不动作，装置报“×相跳位有流”。



九、振荡闭锁开放元件功能检验

振荡闭锁相关定值单见表 3-12。

表 3-12

振荡闭锁相关定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	静稳电流	1.5A	5	相间阻抗偏移角	0°
2	零序电抗补偿系数	0.5	6	接地电抗 I 段定值	2Ω
3	零序电阻补偿系数	0.5	7	相间阻抗 I 段定值	2Ω
4	线路正序阻抗角	90°			

1. 不对称故障开放元件

不对称故障判别元件的动作判据为

$$I_2 + I_0 \geq mI_1$$

以距离 I 段为例：

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板，重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中“投接地距离 I 段”、“投相间距离 I 段”置 1，重合闸控制字中“投无检定方式”置 1，“距离保护经振荡”置 1。

(3) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(4) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般正常态时间为 5s，使装置 TV 断线复归。如图 3-30 所示。

第二态：系统失稳态。根据保护定值，通入三相电压为 57.7V、正序，通入三相电流加 2A、正序，电流与电压的角度为 0°，时间为 500ms，如图 3-49 所示。

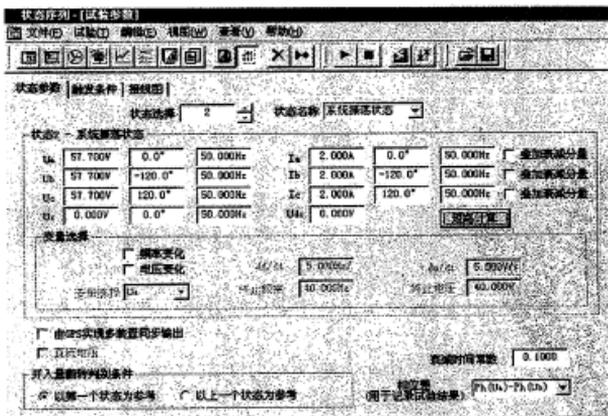


图 3-49 系统振荡状态

第三态：故障态。试验时间小于距离 II 段动作延时，模拟不对称故障，例如 A 相接地，

通入三相电压分别为 $U_a=5V$ 、 $U_b=U_c=57.7V$ 、正序，三相电流分别为 $I_a=5A$ 、 $I_b=I_c=1.9A$ 、正序，电压超前电流 90° ，如图 3-50 所示，此时距离 I 段动作，计算可得， $I_1=2.93A$ 、 $I_2=1.03A$ 、 $I_0=1.03A$ ，且同相， $m=2.06/2.93=0.7$ 。当相电流分别为 $I_a=5A$ 、 $I_b=I_c=2A$ 时，如图 3-51 所示，距离 I 段不动作，计算可得， $I_1=3A$ 、 $I_2=1A$ 、 $I_0=1A$ ，且同相， $m=2/3=0.67$ 。因此估算，对于距离 I 段， $0.67 < m < 0.7$ 。

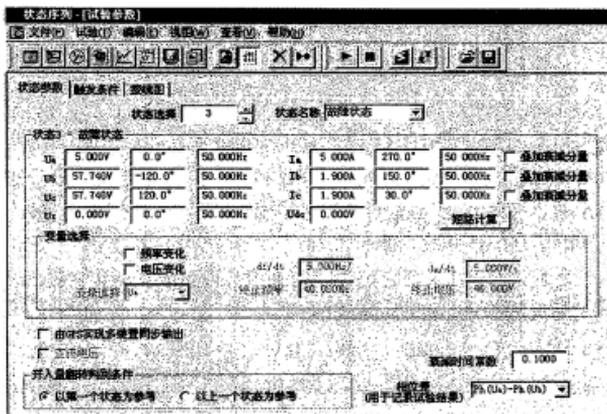


图 3-50 故障状态（距离 I 段动作）

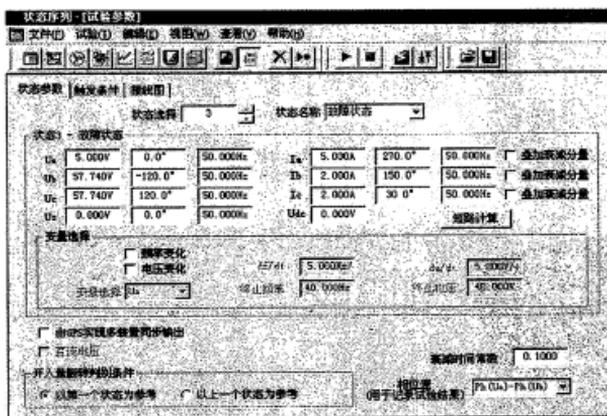


图 3-51 故障状态（距离 I 段不动作）

2. 对称故障开放元件

$$U_z = U_{1M} \cos(\varphi + 90 - \varphi_z)$$

采用的动作判据分两部分： $-0.03U_N < U_z < 0.08U_N$ ，延时 150ms 开放； $-0.1U_N < U_z < 0.20U_N$ ，延时 500ms 开放。



以距离 I 段为例:

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板, 重合把手切在“综重方式”。

(2) 整定保护定值控制字中“投接地距离 I 段”、“投相间距离 I 段”置 1, 重合闸控制字中“投无检定方式”置 1, “距离保护经振荡”置 1。

(3) 断路器置合位, 等保护充电, 直至“重合允许”灯亮。

(4) 检验时, 采用“状态序列”界面。

第一态: 先使保护进入正常运行状态, 加入三相正序电压 (57.7V), 三相无电流, 一般正常态时间为 5s, 使装置 TV 断线复归。

第二态: 系统失稳态。根据保护定值, 通入三相电压为 57.7V、正序, 通入三相电流加 2A、正序, 电流与电压的角度为 0° , 时间为 500ms。

第三态: 故障态。试验时间设为 1s, 模拟三相短路, 根据以上定值得, 三相电压 $U=20V$, 故障相电流 $I=15A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离 I 段可靠动作, 动作时间为 170ms 左右。说明延时 150ms 开放, 此时 $U_2=0$ 。

维持电压、电流幅值不变, 改变它们之间的夹角, 可验证其动作判据的边界, 如表 3-13 所示。表 3-13 所示角度均为电压超前电流的角度。

$$-0.03U_N < U_2 < 0.08U_N, \text{ 即 } -1.731V < U_2 < 4.616V, 77^\circ < \varphi < 95^\circ$$

$$-0.1U_N < U_2 < 0.20U_N, \text{ 即 } -5.77V < U_2 < 11.54V, 55^\circ < \varphi < 106^\circ$$

表 3-13

振荡闭锁边界

角度	U_2 (V)	动作时间 (ms)	角度	U_2 (V)	动作时间 (ms)
76°	4.84	530	54°	11.76	不动作
78°	4.16	184	56°	11.18	538
94°	-1.4	177	105°	-5.18	523
96°	-2.1	527	107°	-5.85	不动作

说明:

1) 第三态故障电压不能太低, 因为 WXH-803A 在正序电压下降至 20% 以下时, 由正序电压记忆量极化, 会导致此项功能不正确, 一般通入三相电压为 20V、正序。

2) 对于对称故障开放元件的第二态所设的电流也可以是大于突变量启动元件定值。

3. 静稳电流定值验证

需先提高突变量启动元件定值, 使其大于静稳电流定值, 试验方法同对称故障开放元件, 根据以上定值, 当第二态通入的三相电流改为 1.4A 时, 距离 I 段动作时间为 40ms 左右。当第二态通入的三相电流改为 1.6A 时, 距离 I 段动作时间为 170ms 左右, 由此可验证静稳电流定值。

十、不同重合方式下各加速段定值及时间验证

(一) 距离加速段定值及时间验证

距离加速相关定值见表 3-14。

表 3-14

距离加速相关定值

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	零序电抗补偿系数	0.5	9	相间阻抗 I 段定值	2Ω
2	零序电阻补偿系数	0.5	10	相间阻抗 II 段定值	4Ω
3	线路正序阻抗角	90°	11	相间阻抗 III 段定值	6Ω
4	相间阻抗偏移角	0°	12	接地 II 段时间	0.5s
5	负荷电阻	5Ω	13	相间 II 段时间	0.5s
6	接地电抗 I 段定值	2Ω	14	接地 III 段时间	1.5s
7	接地电抗 II 段定值	4Ω	15	相间 III 段时间	1.5s
8	接地电抗 III 段定值	6Ω			

由保护原理可知, 线路重合时, 重合于故障线路分为单重加速和三重加速。单重加速固定投入经振荡开放元件开放的加速接地 II 段距离保护; 三重于故障线路时可以选择投入不经振荡闭锁的瞬时加速距离 II 段或瞬时加速距离 III 段。

1. 单重方式下加速接地距离 II 段定值验证

(1) 仅投距离保护硬压板和软压板中, 重合把手切在“单重方式”。距离各段保护投入控制字置“1”

(2) 断路器置合位, 等保护充电, 直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时, 采用“状态序列”界面。

第一态: 先使保护进入正常运行状态, 加入三相正序电压 (57.7V), 三相无电流, 一般时间设为 5s, 使装置 TV 断线复归。

第二态: 故障态。根据保护定值计算, 使得距离 I 段动作用于跳闸, 如 A 相故障, 一般时间设为 0.05s。

第三态: 重合正常态。加入三相正序电压 (57.7V), 三相无电流, 一般时间设为大于单相重合闸时间。

第四态: 重合后加速态。加入故障态, 故障相电压 $U=0.95 \times 5 \times 4 \times (1+0.5) = 28.5$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离加速段应可靠动作, 装置报“距离加速动作”。当故障相电压 $U=1.05 \times 5 \times 4 \times (1+0.5) = 31.5$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离加速段不动作。

2. 三重方式下加速距离 III 段定值验证

试验方法同上, 需把重合把手切在“三重方式”, 重合闸控制字中“投无检定方式”置“1”, 距离保护控制字中“投三重加速距离 III 段”置“1”, 第三态时间设为大于三相重合闸时间, 需分别验证加速接地距离 III 段以及加速相间距离 III 段的定值。若距离保护控制字中“投三重加速距离 III 段”置“0”, 则可验证加速接地距离 II 段以及加速相间距离 II 段的定值。

以加速距离 III 段为例, 则距离保护控制字中“投三重加速距离 III 段”置“1”, 由以上整定值计算得, 单相故障时, 第四态: 故障相电压 $U=0.95 \times 5 \times 6 \times (1+0.5) = 42.75$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离加速段可靠动作。故障相电压 $U=1.05 \times 5 \times 2 \times (1+0.5) = 47.25$ (V), 故障相电流 $I=5A$ 时, 故障相电压超前于故障相电流 90° , 距离加速段可靠不动作。



相间故障时，第四态：故障相间电压 $U=0.95 \times 10 \times 6=57$ (V)，故障相间电流 $I=10A$ 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，距离加速段可靠动作。故障相间电压 $U=1.05 \times 10 \times 6=63$ (V)，故障相间电流 $I=10A$ 时，故障相间电压超前于故障相间电流 90° ，距离加速段可靠不动作。

3. 单重或三重方式下距离加速段时间验证

试验方法同上，第三态时间设为大于相应重合闸时间，第四态设为 0.7 倍的相应距离加速段定值，用保护触点动作停表，测得的动作时间为 40ms 左右。

(二) 零序过电流加速段定值及时间验证

1. 保护定值验证

(1) 仅投零序保护硬压板和软压板中，重合把手切在“单重方式”。零序各段保护投入控制字置“1”

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般时间设为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得零序 I 段动作于跳闸，如 A 相故障，一般时间设为 0.05s。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压 (57.7V)，三相无电流，一般时间设为大于相应重合闸时间。

第四态：重合后加速态。加入故障态，故障向电压通入 40V，故障电流定值 $I=1.05 \times 1.5=1.575$ (A)，角度不限，零序过电流加速段可靠动作，装置报“零序加速动作”。故障电流定值 $I=0.95 \times 1.5=1.425$ (A)，角度不限，零序过电流加速段可靠不动作。

2. 单重方式下零序过电流加速段时间验证

试验方法同上，第四态的故障电流需加到 1.2 倍零序过流加速段定值以上，用保护触点动作停表，测得动作时间为 80ms 左右。

3. 三重方式下零序过电流加速段时间验证

试验方法同上，需把重合把手切在“三重方式”，重合闸控制字中“投无检定方式”置“1”，第三态时间设为大于三相重合闸时间。最后，第四态测得动作时间为 120ms 左右。

十一、重合闸及整组功能检验

(一) 重合闸时间检验

重合闸定值单见表 3-15。

表 3-15

重合闸定值单

序号	定值名称	定值	序号	定值名称	定值
1	单重延时	1.5s	2	三重延时	3s

以单相重合闸为例：

(1) 重合闸把手切至“单重”位置，投入差动、距离、零序保护硬压板和软压板以及自环投入压板，各保护投入控制字置“1”。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得相应保护速动段动作于跳闸，一般时间设为 0.05s。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，采用重合闸触点动作停表，以测出重合闸时间。

说明：在检验三相重合闸时，在正常态以及重合状态中需加入正常的线路电压。

(二) 重合闸脉宽检验

以单相重合闸为例：

(1) 重合闸把手切至“单重”位置，投入差动、距离、零序保护硬压板和软压板以及自环投入压板，各保护投入控制字置“1”。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得相应保护速动段动作于跳闸，一般时间设为 0.05s。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，并采用重合闸触点动作停表，转入下一态。

第四态：重合态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，采用重合闸触点返回停表，以测出重合闸脉宽，一般重合闸脉宽为 110ms 左右，如图 3-52 所示。

说明：开入量翻转判别条件需设置为“以上一个状态为参考”。

(三) 验证各保护选相失败三跳延时时间

1. 差动保护

(1) 重合闸把手切至“单重”位置，投入差动保护硬压板和软压板以及自环投入压板。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。根据保护定值计算，使得差动保护动作于跳闸，如 A 相故障，用 B 相保护触点动作停表，一般测得延时为 270ms 左右，装置报“跳闸失败”。由此可验证，差动保护选相失败三跳延时时间为 250ms 左右。

2. 距离保护

(1) 重合闸把手切至“单重”位置，投入距离保护硬压板和软压板，整定保护定值控制字中“投接地距离 I 段”置“1”。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 试验方法同差动保护，一般测得延时为 270ms 左右，装置报“跳闸失败”。由此可验证，距离 I 段选相失败三跳延时时间为 250ms 左右。

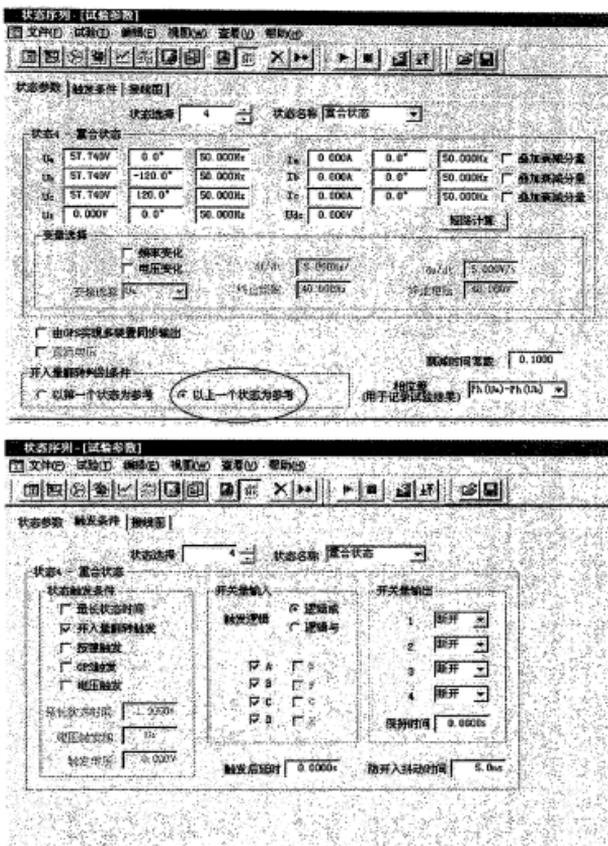


图 3-52 重合状态（测量重合闸脉宽）

3. 零序保护

(1) 重合闸把手切至“单重”位置，投入零序保护硬压板和软压板，整定保护定值控制字中“投零序 I 段”置“1”。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 试验方法同差动保护，一般测得延时为 270ms 左右，装置报“跳闸失败”。由此可验证，零序 I 段选相失败三跳延时时间为 250ms 左右。

(四) 压力降低低闭锁重合闸 200ms 延时验证

(1) 重合闸把手切至“综重”位置，投入差动、距离、零序保护硬压板和软压板以及自环投入压板，各保护投入控制字置“1”。

(2) 断路器置合位，等保护充电，直至“重合允许”灯亮。

(3) 检验时，采用“状态序列”界面。

第一态：先使保护进入正常运行状态，加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为 5s，使装置 TV 断线复归。

第二态：故障态。根据保护定值计算，模拟单相故障，使得相应保护速动动作于跳闸，同时“触发条件”界面中的“开出量输出 1”改为闭合，此开出接至装置上“压力低闭锁重合闸”开入，其保持时间设为与第二态时间一致。当第二态时间设为小于 200ms 时，装置重合闸动作，如图 3-53 所示。当第二态时间设为大于 200ms 时，装置重合闸不动作，并三相跳闸，如图 3-54 所示。

第三态：重合正常态。加入三相正序电压（57.7V），三相无电流，一般时间设为大于单相重合闸延时。

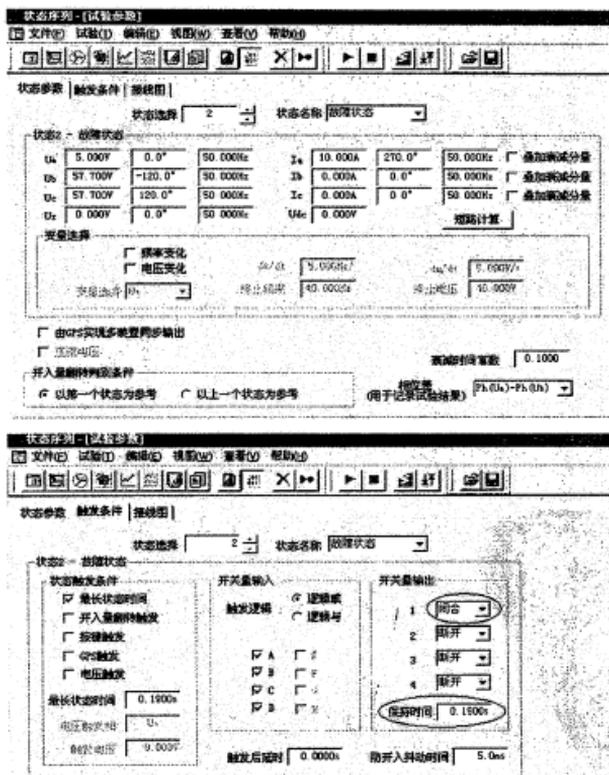


图 3-53 故障状态（压力低闭锁重合闸小于 200ms）

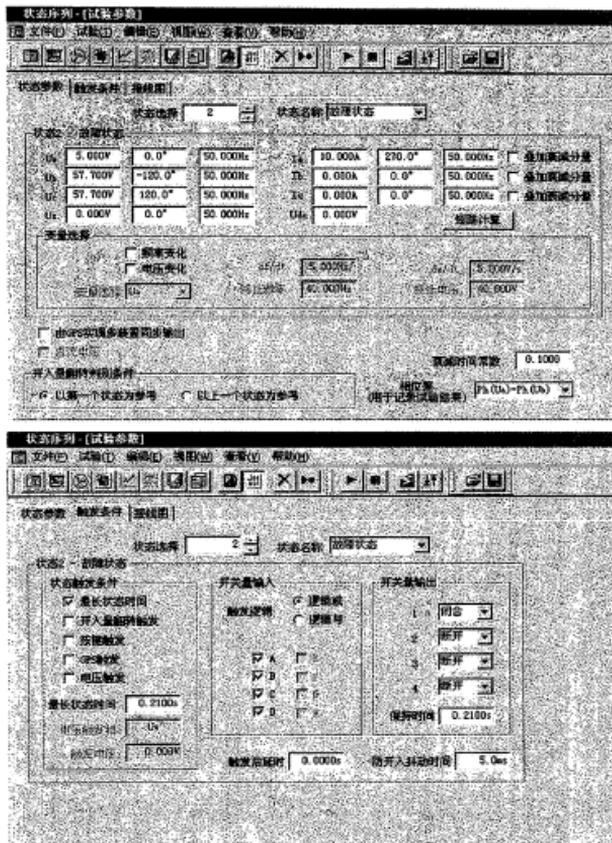


图 3-54 故障状态（压力低闭锁重合闸大于 200ms）

第三节 保护检验流程及常见故障处理

微机保护检验项目见表 3-16。

表 3-16

微机保护检验项目

序号	项 目	新安装	全部检验	部分检验
1	检验前准备工作	—	√	√
2	二次回路绝缘检验	—	—	—
3	屏柜及装置检验	—	—	—
4	外观检查	√	√	√

续表

序号	项目	新安装	全部检验	部分检验
5	绝缘试验	√		
6	上电检查	√	√	√
7	逆变电源检查	√	√	√
8	开关量输入回路检验	√	√	√
9	输出触点及输出信号检查	√	√	√
10	模数变换系统检验	√	√	√
11	保护装置整定及检验	√	√	√
12	纵联保护通道检验	√	√	√
13	操作箱检验	√	√	√
14	整组试验	√	√	√
15	与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验	√	√	√
16	用一次电流及工作电压的检验	√	√	√

一、检验前准备工作

根据工作任务、一次设备状态以及保护状态编写二次工作安全措施票，交待需执行的安全措施，包括直流电源回路、交流电压电流回路、联跳回路，及其他运行设备的联系等。

二、二次回路绝缘检查

三、屏柜及装置检验

四、外观检查

五、绝缘实验

六、上电检查

七、逆变电源检查

以上部分请参照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》。

八、开关量输入回路检验

(1) 切换重合闸方式把手及三块保护投入压板至“保护状态”-“开入显示”，有关开入量是否发生变位。

1) 上述 5 个量均未变位，则检查开入正、负电源 (1n831) 是否断开。

2) 若仅重合闸方式开入无变位，则检查端子 1D26 (共 6 根线，分别是 QK、复归、压板、操作箱、装置正电、小开关下桩头) 是否虚接，再查复归按钮有关接线是否断线或虚接。

3) 反复投入退出“主保护投入”压板，观察“差动保护投入”开入量是否有变化。若始终为“1”，则检查该压板是否被短接；若始终“0”，则检查该压板及其接线是否断线或虚接。同样的方法检查“距离保护投入”压板及“零序保护投入”压板。

(2) 重点检查“闭重三跳”、“压力低闭锁重合闸”、“收远跳”开入是否为“1”，应该将原因搞清楚，并加以处理，可能原因有：闭重三跳软压板置“1”，闭重三跳或压力低闭锁重合闸开入被短接，断路器被手跳，2YJJ 继电器正电源被虚接，其他开入短接至上述开入等。



(一般来说, 4D98、99 对负电电位为 80V 左右, 4D100 对负电电位为 30V 左右。)

(3) 将断路器置分闸位置, 观察“A 相跳位”、“B 相跳位”、“C 相跳位”开入是否置“1”, 同时检查闭重开入、收远跳以及压力低闭重开入是否置“1”。

九、输出触点及输出信号检查

使用菜单“开出传动”传动保护输出触点, 或使用整组方法使保护相应触点动作, 观察其动作及信号显示是否正确。

十、模数变换系统检验

试验接线如图 3-55 所示。

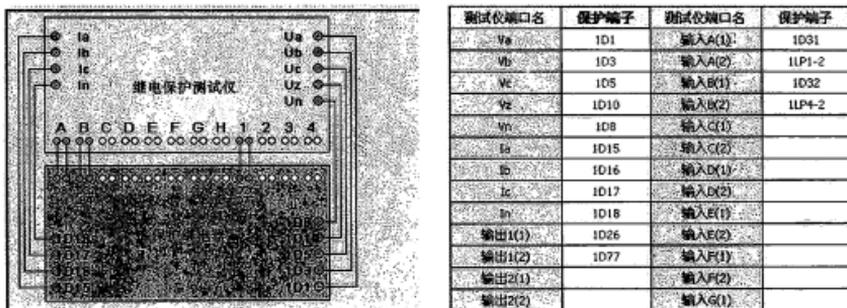


图 3-55 试验接线

1. 模拟量输入幅值特性检验

在电流端子处分别接试验设备 I_A 、 I_B 、 I_C 、 I_N , 在电压端子处分别接试验设备的 U_A 、 U_B 、 U_C 、 U_N , 用同时加三相电流、电压方法检验采样数据。调整输入交流电压分别为 70、60、30、5、1V, 电流分别为 $10I_N$ 、 $5I_N$ 、 I_N 、 $0.2I_N$ 、 $0.1I_N$, 进入“浏览”中的“模拟量”菜单, 要求保护装置采样显示与外部表计允许误差在 10%, 其他情况误差应小于 5%。

说明: 在输入 $10I_N$ 电流时, 加电流时间应不超过 10s。

2. 模拟量输入相位特性检验

进入“测试功能”中的“交流测试”子菜单, 电流、电压加至额定值, 调节电流、电压相位, 当同相别电压和电流相位分别为 0° 、 45° 、 90° 时, 装置显示值与表计测量值误差应不大于 3° 。

十一、保护装置整定及检验

1. 打印整定值

在进行试验接线时, 先打印整定值, 若打印机不能打印 (波特率固定为 4800), 可能的情况有:

- (1) 装置内部打印设置由就地改为网络。
- (2) 打印机电源失却。
- (3) 背板上打印机通信线接错 (正确应为依次是 QK5、3、1)。
- (4) 打印把手切换到“打印 2”。

2. 核对整定值

可解决如下问题:

(1) 定值准确, 为正常检验打好基础。

(2) 通道参数设置中对于通道的控制字设置需注意只能投入 A 通道, 再加上检查光纤是否接好(背板上光纤下方有个“link”灯亮, 说明光纤连接良好), 可克服通道异常故障, 正确定值应为 0005。

(3) 本侧地址码与对侧地址码不能一致, 否则会报通道故障。

(4) 软压板定值中闭锁重合闸软压板投入, 会导致闭重开入常有, 重合允许灯不亮。其他保护软压板不投入, 会导致相关保护不起作用。

(5) 装置内部打印设置由就地改为网络, 导致装置不能打印。

(6) 重合闸控制字中投“内重合把手有效”, 则屏柜上重合把手失去作用。

(7) 厂家调试——整定额定中, 二次额定电流被改为 1A, 会导致采样值减小 5 倍。

注意: 厂家调试——整定额定中, 二次额定电流、额定电压修改好后, 需重新启动装置。

十二、定值检验

见“WXH—803A 保护定值及性能检验”部分。

十三、纵联保护通道检验

以上部分请参照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》。

十四、操作箱检验

使用短接已验证的保护输出触点, 或使用整组方法使保护相应触点动作, 观察其动作及信号显示是否正确。

十五、整组试验

1. 整组传动方法

合上屏前跳闸压板(1LP1、1LP2、1LP3), 将 1nA01 分别与 1nA02、1nA03、1nA04 短接, 传动断路器, 可排除跳闸操作回路上所有的故障。断路器分闸后, 用重合闸合断路器, 合上屏前重合闸压板(1LP4), 短接 1n911 和 1n912。最后, 不要忘了用手合手分传动断路器。

先查压力闭锁, 再查操作回路。

2. 观察保护及操作箱面板指示灯及保护液晶显示屏

若断路器处于运行状态, 在未对保护通电的情况下, 保护及操作箱指示灯:

保护: “运行”绿灯亮, “TV 断线”红灯亮, 其余灯均不亮。

操作箱: 合闸位置灯亮。

3. 在通电试验前, 先用短接法, 检查装置的基本情况

(1) 将三相断路器合上, 用一根导线做试验。将导线一头接正电源, 另一头分别点 1D88 (A 跳)、1D89 (B 跳)、1D90 (C 跳), 保护装置 A、B、C 跳闸灯亮, 断路器应分别跳 A、B、C 相。

上述试验可初步检查出断路器各相跳闸回路是否接通和是否有串接的问题。

(2) 将导线一头接正电源, 另一头点手跳或手合, 传动断路器。

上述试验的目的是: 验证断路器操作回路正确性。从中可检查出断路器是否存在压力低闭锁跳合闸以及跳合闸回路有无虚接或短接的问题。



注意：手跳断路器后，一定要手合断路器，否则会闭锁重合闸。

4. 用阶段试验的方法，模拟线路处于正常运行——故障，保护选跳——故障切除准备重合闸——永久故障，保护三跳

待保护充电灯亮后：

(1) 正常运行状态。等到充电灯亮，时间可设为 5s。给保护通入正常正序电压，无电流。由时间切换至下阶段。

(2) 故障状态。时间 2s（大于最快保护出口时间），可根据需要，模拟各种单相、相间三相故障。由保护动作出口触点变位（通常为动合触点 open—close）切换至下阶段。

(3) 故障切除准备重合闸状态。时间 2s（大于相应重合闸时间），给保护通入正常正序电压，无电流。由重合闸出口触点变位（通常为动合触点 open—close）切换至下阶段。

(4) 永久故障，保护三跳。时间 2s（大于最快保护出口时间），一般模拟与第二状态相同的故障，由保护动作出口触点变位（通常为动合触点 open—close）切换至下阶段，或结束试验。

5. 不投跳闸压板，不带断路器试验（静态试验）

(1) 正常运行状态。若“充电”灯不亮，可能的情况有：

1) 断路器未处于合闸位置，可检查断路器位置，检查保护各相断路器跳位开入是否为“1”。

2) 压板控制字“投闭锁重合闸压板”是否为“1”。

3) 保护内外部设置是否使重合闸停用。

4) 有闭锁重合闸开入。

a. 闭重三跳软压板置“1”。

b. 闭重三跳或压力低闭锁重合闸开入被短接。

c. 断路器被手跳。

d. 2YJJ 继电器正电源被虚接。

e. 其他开入短接至上述开入。

(2) 故障状态，特别是单相故障状态（以 A 相故障为例）。

正常工况应 A 相跳闸红灯亮，有可能 A、B、C 三相跳闸红灯全点亮，可检查引起充电灯不亮的因素（已排除）。

(3) 故障切除准备重合闸状态。重合闸红灯应该点亮，否则请检查：

1) 故障前，重合闸充电红灯应该点亮过，否则按上文充电灯不亮时情况处理。

2) 三重方式。

a. 检无压方式。线路 TV 异常或线路电压 U_X 大于 30V。

b. 检同期方式。线路电压小于 40V，或母线电压小于 40V，或不满足同期角度，或设置第一状态（正常态）时，线路电压 U_X 小于 40V。

(4) 重合于永久故障，应三跳红灯亮。

6. 投 A 相跳闸压板，带断路器试验（单重方式，动态试验）

正常状态，经过前面的处理，应该正常。即通电 25s 后，TV 灯灭，充电灯亮。单相故障状态，正常工况下，保护装置及操作箱均 A 跳闸红灯亮，A 相断路器跳闸，但可能出现下列

几种不正常情况:

- (1) A 相断路器无法跳闸。
- (2) 跳闸错位 (不跳 A 相跳 B 相)。
- (3) 先单相跳闸, 后三相跳闸 (或单相跳闸同时三相跳闸)。
- (4) 除了跳故障相外, 还跳了另外一相非故障相。

下面分别叙述:

(1) A 相断路器无法跳闸。

1) A 相跳闸回路虚接。

端子排上 1D31、1D88、4D75、4D82、4D104 虚接。

操作箱背板上 4n709、4n714 虚接。

保护装置上 1nA01、1nA02 虚接。

2) A 相跳闸压板接线虚接。

3) 压力低闭锁跳合闸继电器 1YJJ 正负电源是否被虚接, 4YJJ 继电器正电源是否由于短接接入或者与 1YJJ 继电器并联的 4YJJ 触点是否被短接。

端子排上 4D11 虚接, 11YJJ 断电。

操作箱背板上 4n106、4n128 虚接, 1YJJ 断电。

4D11—4D13 之间短接, 4YJJ 带电, 使 1YJJ 断电。

操作箱背板上 4n124 (4D98)、4n128 (4D58) 之间被短接, 使 1YJJ 断电。

(2) 跳闸错位 (不跳 A 相跳 B 相)。

可根据跳闸灯是否亮来判断故障的位置。

端子排上是否接线互换, 1D88 与 1D89 对换等。

(3) 先单相跳闸, 后三相跳闸 (或单相跳闸同时三相跳闸)。

1) 可造成断路器三相跳闸或放电的检查重点部位 (见表 3-17)。

第一组直流供电的跳闸继电器 1TJR (4D67)。

第一组直流供电的手跳继电器 1STJ (4D65)。

第一组直流供电的跳闸继电器 1TJF (4D72)。

第一组直流供电的跳闸继电器 1TJQ (4D70)。

是否有远跳, 压力低闭锁重合闸, 闭重三跳开入。

2) 断路器三相跳闸回路有否被短接。

表 3-17 可能引起上述继电器动作发生三跳的触点的位置

触点原用途	跳 A	跳 B	跳 C
操作箱跳闸出口 (至断路器)	4D82	4D84	4D86
操作箱跳闸 (连接保护跳闸压板)	1D88 4D75	1D89 4D77	1D90 4D79
保护跳闸备用触点	1D34—1D93 1D52—1D53	1D34—1D94 1D52—1D54	1D34—1D95 1D52—1D55
跳位继电器备用触点	4D143—4D144	4D143—4D145	4D143—4D146
三相不一致触点		4D149—4D156	



根据上述两种因素，可编辑出许多条单相故障、结果发生三相跳闸的事例。

(4) 除了跳故障相外，还跳了另外一相非故障相。

故障相与非故障相跳闸回路有无短接。

7. 重合闸状态 (A、B、C 三相跳闸压板及重合闸压板均投入)

在单重方式下，正常应保护 A 跳，重合闸灯亮，操作箱 A 跳，重合闸灯亮，断路器 A 相跳闸又重合，最终断路器处于三相合闸位置。可能发生的情况有：

(1) 保护 A 跳灯亮，充电灯灭，重合闸灯不亮，断路器 A 相跳闸不重合，最终断路器处于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置 (保护未发合闸脉冲)。

TWJA—TWJB—TWJC 跳位开入被短接 (应在开入试验时发现)，任一相跳闸，重合闸放电，充电灯灭。可打印或观看液晶开入量变化进行判断。

(2) 保护 A 跳，重合闸灯亮，操作箱 A 跳，重合闸灯不亮，断路器 A 相跳闸不重合，最终断路器处于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置 (保护已发合闸脉冲，未传送到操作箱)。

操作箱启动重合闸出口回路虚接，可测量相应端子排上是否带负电。

操作箱重合闸出口回路虚接，可测量相应端子排上是否带负电。

(3) 保护 A 跳，重合闸灯亮，操作箱 A 跳，重合闸灯亮，断路器 A 相跳闸不重合，最终断路器处于 BC 相合闸位置、A 相分闸位置 (保护合闸脉冲已传送到操作箱，但操作电源失去，无法合闸)。

表 3-17 中有关保护动作和跳位触点是否短接了 1YJJ 线圈，是否串接在 4YJJ 回路中，使 4YJJ 带电、1YJJ 断电。

十六、与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验

十七、用一次电流及工作电压检验

以上部分请参照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》。

部分故障举例见表 3-18。

表 3-18

部分故障举例

类型	故障设置	故障现象
电流电压回路	(1) 端子排、背板上或电压小开关上接线被改动 (例如：ID11 与 ID12 互换，A 相与 B 相电压反)； (2) 端子排、背板上或电压小开关上接线被虚接 (例如：In220 虚接，B 相电压无)； (3) 背板上或端子排上线路电压接线接反 (例如：ID9 与 ID10 互换)； (4) 背板上或端子排上电压 N 相被虚接 (ID8、ID9、In222、In228) 或者是背板上 N 相与其他相接线互换； (5) 端子排、背板上接线被改动 (例如：ID15 与 ID16 互换，A 相与 B 相电流反)； (6) 端子排或背板上接线被短接，导致电流分流 (例如：In202 与 In203 被短接)	(1) 电压相序显示不对； (2) 某相电压无输入； (3) 线路电压极性接反； (4) 电压显示不正常； (5) 电流相序显示不对； (6) 电流采样不正常
开入试验	(1) 开关量正电源断 (ID26 被虚接等)，开关量负电源断 (In831 被虚接等)； (2) 保护装置内部各软压板退出或者是开关量正负电源断； (3) 铭牌互换，背板上或压板上接线互换 (例如：In801 与 In802 互换)；	(1) 各开入量无反应； (2) 压板投入无反应； (3) 压板投入错误；

BP-2B 型母线保护装置

本章摘要

本章主要介绍 BP-2B 型母线保护装置的配置情况,以及相关的保护原理;详细描述了保护装置性能的检验方法;归纳出一套可运用于实际生产的标准检验流程,并对 BP-2B 型成套保护屏内常见故障的一些处理方法进行了总结。

随着保护微机化的深入,微机型母线保护逐步取代了中阻抗式母线差动保护在 220kV 高压电网中的主导地位。而微机型母线保护,在避越区外故障、抗 TA 饱和、选排方式以及失灵启动方面,与传统的母线差动保护相比都有不小的差别。本章旨在通过介绍 BP-2B 型保护的检验,加深对微机型母差保护的理解。

第一节 保护装置原理简介

一、装置概述

BP-2B 型微机母线保护装置,适用于 500kV 及以下电压等级,包括单母线、单母线分段、双母线、双母线分段以及 3/2 断路器接线在内的各种主接线方式,最大主接线规模为 24 个间隔(线路、元件和联络断路器)。

BP-2B 型微机母线保护装置有母线差动(简称母差)保护、母联充电保护、母联过电流保护、母联失灵保护以及间隔设备的断路器失灵保护等功能单元。

二、保护原理及实现

(一) 母线差动保护简介

各种类型的母线保护中,对母线接线方式、电网运行方式、故障类型以及故障点过渡电阻等方面的适应性来说,以按电流差动原理构成的母线保护为最佳。带制动特性的差动继电器,采用一次的穿越电流作为制动电流,以克服区外故障时由于电流互感器误差而产生的差动不平衡电流,在高压电网中得到了较为广泛的应用。

BP 系列母线差动保护装置以此为基础,结合微机数字处理的特点,研究出以分相瞬时值复式比率差动元件为主的一整套电流差动保护方案。

1. 和电流及差电流的定义

和电流是指母线上所有连接元件电流的绝对值之和,公式为

$$I_{\Sigma} = \sum_{j=1}^n |I_j|$$

差电流是指所有连接元件电流和的绝对值，公式为

$$I_d = \left| \sum_{j=1}^m I_j \right|$$

差电流与和电流计算特点为：

(1) TA 变比折算。差动元件的 TA 变比为其所有接入单元中变比最大者；其余接入单元的二次电流乘以变比系数，才是实际参与差动元件计算的电流值。（变比系数为本回路 TA 变比与最大变比之比值）

例如：共有 L2、L3、L4 三条线路接入 I 母线，变比分别为 2400/5、1200/5、600/5，则 I 母线母差的 TA 变比为最大者 2400/5。当三条线路分别流入 5A 时，设参与 I 母线比例制动计算的电流分别为 I_2 、 I_3 、 I_4 ，则

$$I_2 = (2400/5) / (2400/5) \times 5 = 5 \text{ (A)}$$

$$I_3 = (1200/5) / (2400/5) \times 5 = 2.5 \text{ (A)}$$

$$I_4 = (600/5) / (2400/5) \times 5 = 1.25 \text{ (A)}$$

(2) 进行分相计算。

2. 启动元件

(1) 和电流突变量判据。当任一相的和电流突变量 (ΔI_r) 大于突变量门槛 (ΔI_{dset}) 时，该相启动元件动作，表达式为 $\Delta I_r > \Delta I_{dset}$ 。

(2) 差电流越限判据。当任一相的差电流 (I_d) 大于差电流门槛定值 (I_{dset}) 时，该相启动元件动作，表达式为 $I_d > I_{dset}$ 。

(3) 启动元件返回判据。当任一相差电流小于差电流门槛定值的 75% 时，该相启动元件返回。

(4) 注意事项：

- 1) 启动元件分相启动，分相返回；
- 2) 任一启动判据满足条件，差动启动条件满足，另一启动判据不再判断；
- 3) 和电流启动返回仍需判定差流。

3. 复式比率差动判据

复式比率差动元件动作判据的表达式为

$$I_d > I_{dset}$$

$$I_d > K_r (I_r - I_d)$$

式中： I_{dset} 为差电流门槛定值； K_r 为复式比率系数（差动高值/低值）。

复式比率差动判据相对于传统的比率制动判据，由于在制动量的计算中引入了差电流，使得复式比率差动元件在母线区外故障时有极强的制动特性，在母线区内故障时无制动，因此能更明确地区分区外故障和区内故障。复式比率差动元件动作（动作特性曲线见图 4-1）有以下特性：

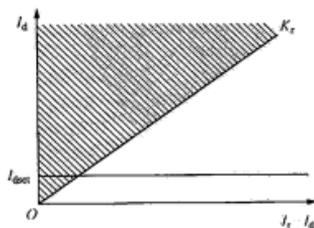


图 4-1 复式比率差动元件动作特性曲线



- (1) 比率制动斜率过原点。
- (2) 两个判据同时满足认为动作条件满足。
- (3) 任一启动条件满足进入此逻辑判断。

4. 故障分量复式比率差动判据

根据叠加原理,故障分量有以下特点:母线内部故障时,母线各支路同名相故障分量电流在相位上接近相等(即使故障前系统电源功角摆开);理论上,只要故障点过渡电阻不是无穷大,母线内部故障时故障分量电流的相位关系不会改变。

为有效减少负荷电流对差动保护灵敏度的影响,为进一步减少故障前系统电源功角关系对保护动作特性的影响,提高保护切除经过渡电阻接地故障的能力,该装置采用电流故障分量相差动构成复式比率差动判据。

故障分量复式比率差动元件动作判据的表达式为

$$\begin{cases} \Delta I_d > \Delta I_{\text{dset}} \\ \Delta I_d > K_r(\Delta I_r - \Delta I_d) \\ I_d > I_{\text{dset}} \\ I_d > 0.5(I_r - I_d) \end{cases}$$

式中: ΔI_{dset} 为故障分量差电流门槛,由 I_{dset} 推得; K_r 为复式比率系数(差动高值/低值)。

- (1) 故障分量为当前电流采样值减去一周波前的采样值。
- (2) 故障分量复式比率差动判据仅在电流突变启动后投入。
- (3) 由于电流故障分量的暂态特性,投入时间仅为启动后一个周波。

5. 影响 K_r 值的两个因素

理想状态区内故障计算: $I_r = I_d$, $I_d > K_r(I_r - I_d)$, 区内无制动。

理想状态区外故障计算: $I_d = 0$, $I_d < K_r(I_r - I_d)$, 区外可靠制动。

(1) 考虑区内故障时有电流流出母线。如图 4-2 所示,母线分列运行或故障电流经近距离双回线流出。

根据图 4-2, 可得

$$I_d / (I_d + E_{x1}I_d + E_{x2}I_d - I_d) = 1 / (2E_{x1}) > K_r$$

(2) 考虑区外故障时故障支路的饱和误差。如图 4-3 所示,故障支路的 TA 由于饱和,稳态测量误差达到 δ , 而其余支路的 TA 误差忽略不计。若令总流入电流为 1, 则总流出电流为 $1 - \delta$, 差电流为 δ , 则可得

$$\delta / (1 + 1 - \delta - \delta) = \delta / (2 - 2\delta) < K_r$$

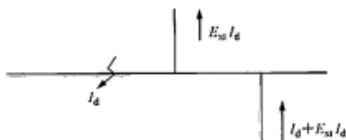


图 4-2 母线故障时允许的汲出电流

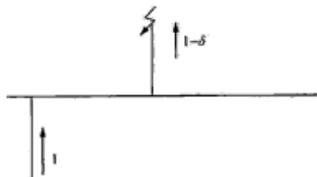


图 4-3 区外故障时引起 TA 饱和

同时计及以上两个因素, 可得 K_r 与 δ 、 E_{xt} 之间的关系, 见表 4-1。

表 4-1 K_r 取值表

K_r	E_{xt} (%)	δ (%)	K_r	E_{xt} (%)	δ (%)
1	40	67	3	15	85
2	20	80	4	12	88

由表 4-1 可知, K_r 与 E_{xt} 成反比, 即 K_r 选值越大在区内故障时允许流出母线的电流占总故障电流的份额越小, K_r 选值越大在区外故障时允许故障支路的最大 TA 误差越大。

当母线并列运行时, 由于区外故障很容易引起 TA 饱和, 因此 K_r 应选择较大值 (高值); 当母线分列运行时, 考虑小电源侧区内故障, 而大电源侧正常运行, 必须允许很高的汲出电流比例, 因此 K_r 宜选择低值。

6. 闭锁元件

详见失灵保护有关电压闭锁部分的内容。

7. 故障母线选择逻辑

差动元件是由大差和各段母线小差动所组成的。所谓大差就是指对所有接入母差保护的外部间隔单元进行比例制动计算; 所谓小差就是指对接入对应母线的间隔单元进行比例制动计算。大差计算与隔离开关位置无关, 与母联电流无关。大差作为区内故障判别元件; 小差比率差动元件作为故障母线选择元件。母差保护选择逻辑框图如图 4-4 所示。

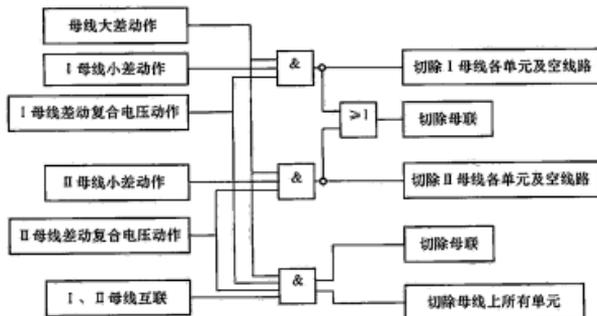


图 4-4 母线差动保护选择逻辑框图

8. 全波饱和和检测

在区外故障时, 流过最大穿越性电流的 TA 可能会严重饱和。但是, 在故障发生的初始和线路电流过零点附近存在一个线性传交区, 在这线性传交区内, 差动保护不会动作。这说明, 差动保护动作与实际故障在时间上是不同步的, 差动保护动作滞后一个时间。

(1) 区外故障 TA 饱和。区外故障发生 TA 饱和情况下, ΔI_d 启动元件与 ΔI_r 启动元件的动作时序截然不同于区内故障, 通过判断差动动作与故障发生是否同步就可识别饱和情况。

(2) 区外故障转区内故障。考虑到 TA 饱和后, 在每周期中存在至少一个线性传交区, 因此对饱和的闭锁应该是周期性的。在判断出 TA 饱和后, 差动保护先闭锁一周, 随后开放, 这样即使出现故障发展, 差动保护仍能可靠地快速动作, 以满足系统稳定要求。



母差保护逻辑框图如图 4-5 所示。

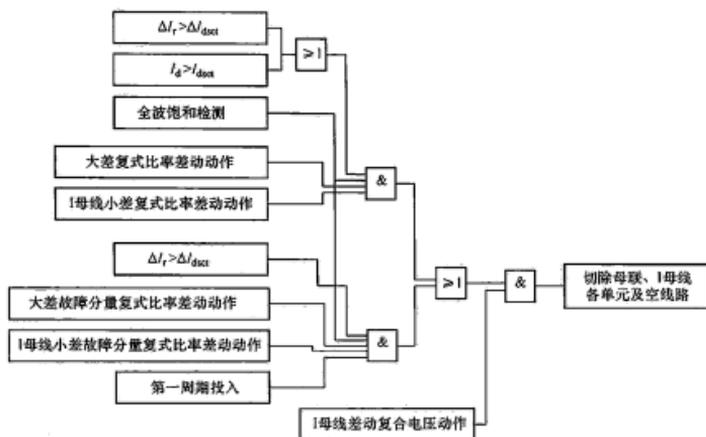


图 4-5 母差保护逻辑框图

9. 差动保护的出口

以上阐述了该装置的母差保护方案，包括启动及差动判据、故障母线选择在内的各个环节及相互之间的逻辑关系。在 BP-2B 型微机母线保护装置中，并不存在传统意义上的出口回路，而只有连接各间隔单元跳闸回路的开出触点所对应的逻辑变量。借由逻辑方程计算这些变量的值，驱动电路打出口触点，开出触点固定对应于各间隔单元的跳闸回路，无须跟随运行方式切换。

以双母线接线方式为例，各元件 TA 的极性端必须一致；母联只接入一侧 TA，且该 TA 极性应与 II 母线间隔各 TA 极性相同。

$$\text{大差电流} \quad I_d = I_1 + I_2 + \dots + I_n$$

$$\text{I 母线小差电流} \quad I_{d1} = I_1 S_{11} + I_2 S_{12} + \dots + I_n S_{1n} - I_{lk} S_{lk}$$

$$\text{II 母线小差电流} \quad I_{d2} = I_1 S_{21} + I_2 S_{22} + \dots + I_n S_{2n} + I_{lk} S_{lk}$$

式中： I_1, I_2, \dots, I_n 为各元件电流数字量； I_{lk} 为母联电流数字量； $S_{11}, S_{12}, \dots, S_{1n}$ 为各元件 I 母线隔离开关位置，0 表示隔离开关分，1 表示隔离开关合； $S_{21}, S_{22}, \dots, S_{2n}$ 为各元件 II 母线隔离开关位置； S_{lk} 为母线断路器位置，0 表示分裂运行，1 表示并列运行。

则出口逻辑计算公式为

$$\begin{aligned} T_{lk} &= F_1 + F_2 \\ T_1 &= F_1 S_{11} + F_2 S_{21} \\ T_2 &= F_1 S_{12} + F_2 S_{22} \\ &\vdots \\ T_n &= F_1 S_{1n} + F_2 S_{2n} \end{aligned}$$

式中： T_1, T_2, \dots, T_n 为对应各间隔跳闸触点的变量，0 表示不动作，1 表示动作； T_{lk} 为对应母联断路器的跳闸触点的变量； F_1, F_2 分别为 I 母线、II 母线差动元件状态，0 表示不动

作, 1 表示动作。

(二) 断路器失灵保护简介

断路器失灵保护与母线保护共用跳闸出口, 视外部有无失灵启动装置配合, BP-2B 型微机母线保护装置有两种方式供选择。

1. 与外部失灵启动装置配合方式

当母线所连的某断路器失灵时, 由该线路或元件的失灵启动装置提供一个失灵启动触点给该装置。该装置检测到某一失灵启动触点闭合后, 启动该断路器所连的母线段失灵出口逻辑, 经失灵复合电压闭锁, 按可整定的“失灵出口短延时”跳开联络断路器, “失灵出口长延时”跳开该母线连接的所有断路器。某一间隔失灵启动触点长期误闭合后, 闭锁该间隔的失灵启动逻辑, 同时发出“开入异常”告警信号。

失灵启动逻辑框图如图 4-6 所示。

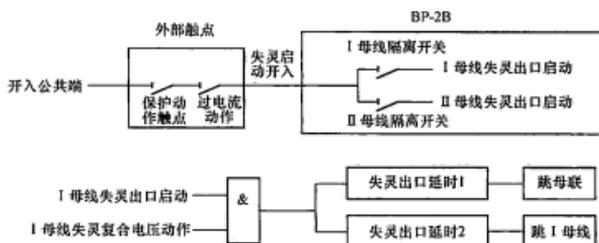


图 4-6 失灵启动逻辑框图

2. 自带电流检测元件方式

若没有失灵启动装置, 该装置本身可以检测断路器失灵的过电流元件。将元件保护的跳闸触点引入装置, 分相跳闸触点则检测分相电流, 三相跳闸触点则检测三相电流。对于 220kV 系统, BP-2B 型母线保护装置需引入线路保护的三跳触点和单跳触点、变压器保护的三跳触点。

断路器失灵过电流逻辑框图如图 4-7 所示。

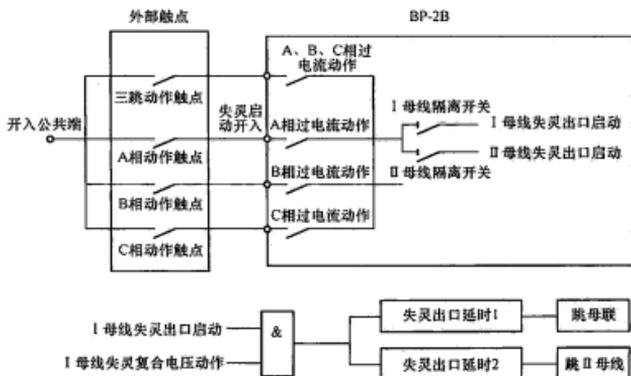


图 4-7 断路器失灵过电流逻辑框图



3. 失灵电压闭锁元件及主变压器失了解除电压闭锁

以失灵开入为主的失灵保护，可以用电压闭锁元件来配合，提高保护整体的可靠性。电压闭锁元件的动作表达式为

$$\begin{cases} U_{ab} \leq U_{set} \text{ 或 } U_{bc} \leq U_{set} \text{ 或 } U_{ca} \leq U_{set} \\ 3U_0 \geq U_{0set} \\ U_2 \geq U_{2set} \end{cases}$$

式中： U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 为母线线电压； $3U_0$ 为母线3倍零序电压； U_2 为母线负序电压（相电压）； U_{set} 、 U_{0set} 、 U_{2set} 分别为各电压闭锁定值。

满足上述3个判据中的任何一个，该段母线的电压闭锁元件就会动作，称为复合电压元件动作。该元件瞬时动作，动作后自动展宽40ms再返回。失灵元件动作出口经相应母线段的相关复合电压元件闭锁。

差动元件的电压闭锁元件，与失灵保护的电压闭锁元件类似，也是以低电压（线电压）、负序电压和3倍零序电压构成的复合电压元件，只是使用的定值需分别整定，差动元件出口动作，也需要相应母线段的复合电压元件动作。

对于变压器或发电机—变压器间隔，设置“主变压器失了解闭锁”的开入触点。当该支路失灵保护启动触点和“主变压器失了解闭锁”的开入触点同时动作，解除该支路所在母线的失灵保护电压闭锁。

（三）母联保护简介

1. 母联（分段）过电流保护

母联（分段）过电流保护可以作为母线解列保护，也可以作为线路（变压器）的临时应急保护。母联（分段）过电流保护压板投入后，当母联任一相电流大于母联过电流定值，或母联零序电流大于母联零序过电流定值时，经可整定延时跳开母联断路器，不经复合电压闭锁。

母联过电流保护逻辑框图如图4-8所示。

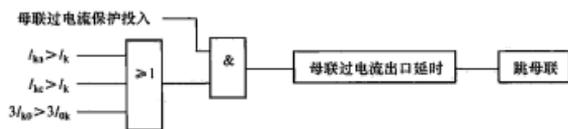


图 4-8 母联过电流保护逻辑框图

I_{a1} —母联 A 相电流； I_{c1} —母联 C 相电流； $3I_{0}$ —母联零序电流；

I_k —母联过电流定值； $3I_{0k}$ —母联零序过电流定值

2. 母联（分段）充电保护

分段母线其中一段母线停电检修后，可以通过母联（分段）断路器对检修母线充电以恢复双母线运行。此时投入母联（分段）充电保护，当检修母线有故障时，跳开母联（分段）断路器，切除故障。

母联（分段）充电保护的启动需同时满足三个条件：

- （1）母联（分段）充电保护压板投入。
- （2）其中一段母线已失压，且母联（分段）断路器已断开。

(3) 母联电流从无到有。

充电保护一旦投入自动展宽 200ms 后退出。充电保护投入后，当母联任一相电流大于充电电流定值时，经可整定延时跳开母联断路器，不经复合电压闭锁。

充电保护投入期间是否闭锁差动保护可通过设置保护控制字相关项进行选择。

母联充电保护逻辑框图（电流门槛为 $0.04I_N$ ）如图 4-9 所示。

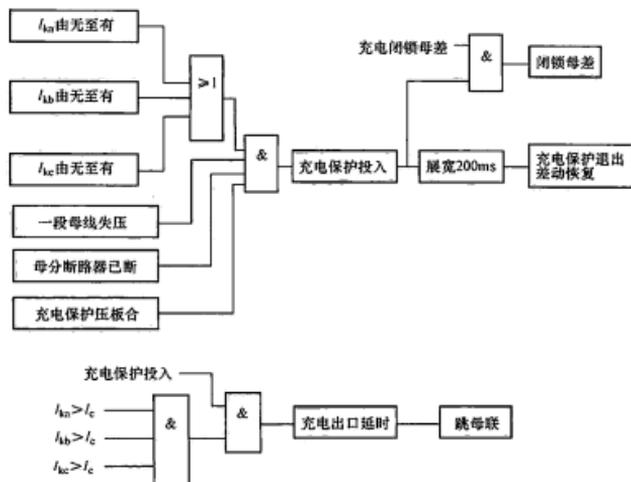


图 4-9 母联充电保护逻辑框图

I_a —母联 A 相电流； I_b —母联 B 相电流； I_c —母联 C 相电流； I_c —充电保护电流定值

3. 母联死区保护

(1) 母线并列运行。当故障发生在母联（分段）断路器与母联（分段）TA 之间时，断路器侧母线段跳闸出口无法切除该故障，而 TA 侧母线段的小差元件不会动作，这种情况称为死区故障。此时，母差保护已动作于一段母线，大差电流元件不返回，母联（分段）断路器已跳开而母联（分段）TA 仍有电流，死区保护应经母差复合电压闭锁后切除相关母线。

(2) 母线分列运行。死区点如发生故障，由于母联 TA 已被封闭，所以保护可以直接跳故障母线，避免了故障切除范围的扩大。

4. 母联失灵保护

母线并列运行，当保护向母联（分段）断路器发出跳闸命令后，经整定延时若大差电流元件不返回，母联（分段）TA 中仍然有电流，则母联（分段）失灵保护应经母差复合电压闭锁后切除相关母线各元件。只有母联（分段）断路器作为联络断路器时，才启动母联（分段）失灵保护，因此母差保护和母联（分段）充电保护启动母联（分段）失灵保护。

显然，母联失灵保护逻辑与死区保护逻辑有两个共同之处：①故障点在母线上，跳母联断路器经延时后，大差元件不返回且母联 TA 仍有电流，跳两段母线；②两种保护动作后都有封母联 TA 的步骤，由此达到使差动元件加速出口的目的。因此它们可以共用一个保护逻



辑,如图 4-10 所示。

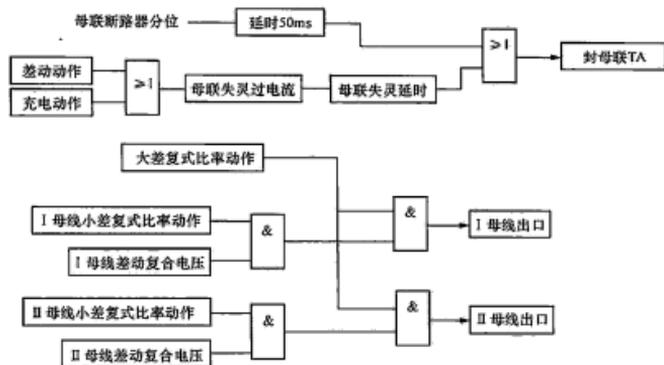


图 4-10 母联失灵/死区保护逻辑框图

当然,母联死区保护与母联失灵保护封 TA 的条件有所不同。对母联断路器失灵而言,需经过长于母联断路器灭弧时间并留有适当裕度的延时(母联失灵延时,可整定)才能封母联 TA;对于母线并列运行(联络断路器合位)发生死区故障而言,母联断路器触点一旦处于分位[可以通过断路器辅触点 QF,或 TWJ(跳闸位置触点)、HWJ(合闸位置)触点读入],再考虑主触点与辅助触点之间的先后时序(50ms),即可封母联 TA,这样可以提高切除死区故障的动作速度。

由于母联断路器状态的正确读入对本保护的重要性,所以建议将 QF 的动合触点(或 HWJ)和动断触点(或 TWJ)同时引入装置,以便相互检验。对分相断路器,要求将三相合触点并联,将三相动断触点串联。

若有外部母联保护装置动作于母联断路器失灵,由该母联保护的失灵启动装置提供一个失灵启动触点给该装置。装置检测到外部母联失灵启动触点闭合后且母线并列运行时,启动母联断路器失灵出口逻辑,当母联电流大于母联失灵定值时,经差动复合电压闭锁,按可整定的“母联失灵延时”跳开 I 母线或 II 母线连接的所有断路器。

母联外部失灵启动逻辑框图如图 4-11 所示。

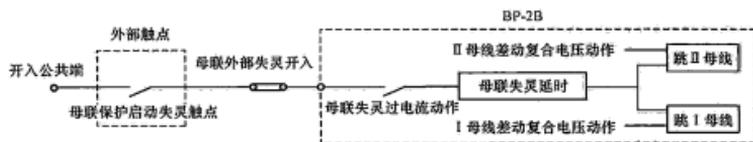


图 4-11 母联外部失灵启动逻辑框图

(四) 运行状态的判断

1. 母线运行方式的电流检验

双母线运行时,各连接元件经常在两段母线之间切换。母差保护需要正确跟随母线运行

方式的变化,才能保证母线保护的正确动作。

该装置引入隔离开关的辅助触点实现对母线运行方式的自适应,即同时用各支路电流和差电流分布来检验隔离开关辅助触点的正确性。当发现某一隔离开关辅助触点状态与实际不符时,自动修正错误的隔离开关触点,同时发出“开入异常”告警信号。隔离开关辅助触点恢复正确后需复归信号才能解除修正。如两个以上隔离开关辅助触点同时出错,则保护无法通过联立差电流与支路电流分布方程组求得唯一解,需要运行人员通过操作“运行方式设置”菜单进行强制设定,直到辅助触点检修完毕取消强制。

双母线倒排操作期间,装置自动进入母线互联状态,即认为此时母线处于单母运行方式,如大差元件动作(区内故障),保护将同时跳开两条母线。此方式适用于双母线处于无法自动解列的状态,例如母联断路器处于非自动状态时,可通过投入母线互联压板使差动保护进入母线互联状态,也可通过整定控制字“强制母线互联”来实现。

2. 电压回路断线告警

任何一段非空母线差动电压闭锁元件动作后延时 9s 发 TV 断线告警信号。除了该段母线的复合电压元件将一直动作外,对保护没有其他影响。

3. 电流回路断线闭锁

差电流大于 TA 断线定值,延时 9s 发 TA 断线告警信号,同时闭锁母线差动保护。电流回路正常后 0.9s 自动恢复正常运行。

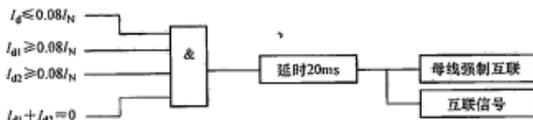
TA 断线逻辑框图如图 4-12 所示。



4. 母线强制互联

假设母联电流回路断线,那么两个小差将同时产生大小相等、方向相反的差流,而此时大差元件、闭锁元件都不动作。即使此时发生故障,用以判别区内外故障的大差会动作,但差动保护可能会因为小差电流的计算错误而误动作。在此情况下不需闭锁整个差动保护,只取消小差的选排功能,在大差动作时强制跳开所有母线。这种逻辑强制母线差动保护进入“母线互联”状态,如图 4-13 所示。

事实上,母线互联逻辑并非仅为母联 TA 断线而设,假使在倒闸操作过程中,倒闸线路的某母线隔离开关开入失灵,就可能会导致原本应该进入互联状态的保护在区内故障时误动作。采用此逻辑可自动进入互联状态,而不必等待运行人员发现后手动投入互联压板。





三、保护装置菜单介绍及操作说明

HP-2B 型微机母线保护装置面板如图 4-14 所示。

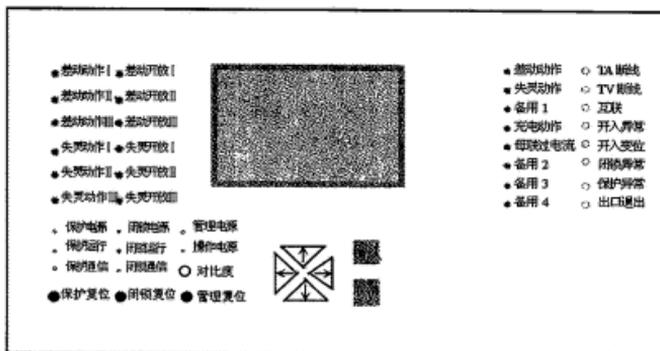


图 4-14 BP-2B 型微机母线保护装置保护装置面板

面板由左右信号灯、液晶界面、操作键盘组成。键盘由 6 个按键组成：上、下、左、右、确认和取消键。其中，方向键只在本层界面内改变显示内容。各层界面之间的切换要通过确认键和取消键完成。装置通电后，液晶显示主界面。按确认键进入一级界面，再按确认键可进入二级界面此时按取消键退回一级界面，再按取消键退至主界面。

装置的液晶界面以数字和图形的方式显示装置信息。它主要由三层界面构成：主界面、一级界面、二级界面。主界面显示主接线图和装置状态信息，一级界面显示菜单列表及说明，二级界面显示菜单各选项的详细内容。

如图 4-15 所示，2201 表示母联断路器编号，2202、2203、2204、2205 表示母线间隔单元的数字编号。母联断路器空心为断，实心为合。隔离开关辅助触点状态，斜线为断，直线为合。若隔离开关高亮显示，表示其状态是通过运行方式强制整定的。图中 I、II 表示母线编号。在主界面下，当隔离开关或母联断路器状态发生变化时，模拟接线会实时更新。

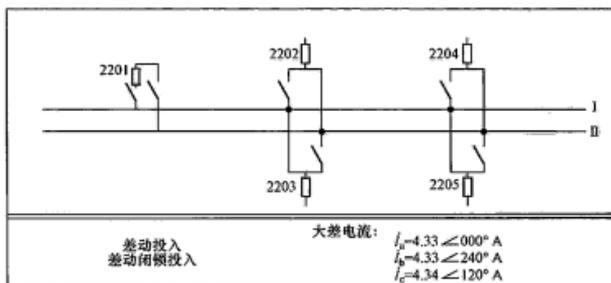


图 4-15 保护主界面示例

主界面下窗口的显示内容有差动保护投退、失灵保护投退、充电和过电流保护投退、自

检结果和定值组别、差流和电压值。正常运行时，以上内容在下半窗口定时循环切换；当保护动作时，主界面的下窗口显示动作信息（如 I 母线差动动作）。

由主界面按确认键进入一级界面，如图 4-16 所示。它分为两个窗口，上窗口是菜单列表，下窗口是菜单选项的说明。主菜单有 5 列：查看、参数、整定、预设和自检。菜单选项在菜单列表中显示。右上角的“装置运行”（“装置调试”、“通信中断”）表示当前的运行状态；当保护元件和闭锁元件都投入运行时，显示为“装置运行”；当任一元件无法正常出口动作时（如自检异常、出口退出），显示为“装置调试”；当管理机无法与保护主机或闭锁主机联系上时，显示“通信中断”，此时界面显示的数据和状态可能无法实时刷新。

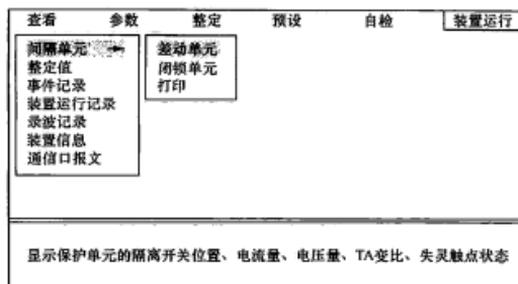


图 4-16 保护一级界面

阴影部分表示光标所在位置。当按下下键时，光标随按键在菜单列表内上下循环移动。当按左右键时，光标随按键左右循环移动。光标移动时，屏幕下半窗口的菜单选项说明相应改变。BP-2B 型微机母线保护装置菜单说明见表 4-2 所示。

表 4-2 BP-2B 型微机母线保护装置菜单说明

主菜单	二级菜单	说 明
查看	间隔单元	实时显示各保护单元的电流量的幅值和相角、隔离开关辅助触点状态、失灵触点状态、TA 变比、间隔类型、闭锁单元的电压量的幅值和相角、母线投入状态。以上信息可以打印
	整定值	显示所有组别的保护定值，此菜单下只能查看，不能整定
	事件记录	记录最近发生的 32 次事件的时间和事件名称
	装置运行记录	在各个选项中分别记录最近发生的 32 次装置运行的相关内容
	录波记录	记录最近 6 次保护动作的故障信息及录波图形。故障信息包括故障发生时间、故障母线、故障相别、保护动作类型、动作时间。录波图形记录母线各单元各相别的电流、电压和动作脉冲的波形，故障开始前后各 1 个周波，保护动作前后各 4 个周波，共 10 个周波，录波波形可放大或缩小，也可左右移动。录波记录按时间先后排序，最近一次动作录波记录编号为第 1 次
	装置信息	显示母线主接线、电压等级、额定参数、软件版本及检验码等
	通信口报文	显示装置的串口通信报文

续表

主菜单	二级菜单	说 明
参数	运行方式设置	隔离开关辅助触点的强制状态设置, 如果不选择强制状态, 可选择自动识别方式
	保护控制字	设置定值组别、母线强制互联状态、投充电保护时是否退差动保护、保护出口触点是否投入
	波特率设置	设置管理机与主控进行串口通信的速率
	装置时钟设置	
	自动打印设置	选择自动打印还是手动打印(故障报告)
	网络参数设置	设置装置与主控的通信时是否上传保护动作返回报文
	通信参数设置	设置装置与主控通信的通信地址
整定	详见定值清单	
预设	相位基准	设置现场运行的相关参数, 包括相位基准、母线编号、间隔单元的编号、TA 变比和间隔类型
	母线编号	
	间隔设置	
自检	保护元件	实时显示装置各单元的自检结果, 包括各单元的数据区、定值区、通信串口、中断及时钟、A/D 转换通道、装置出口触点状态。自检结束且无异常后, 保护投入运行
	闭锁元件	
	管理元件	
	强制自检	

在一级界面按确认键后进入二级界面, 如图 4-17 所示。它分为两个窗口, 上半窗口是所要显示的菜单项目, 下半窗口是显示内容。当要修改数据或参数时, 先按左右或上下键, 将光标移动到要修改的数据或参数处, 按确认键, 光标由下画线变为阴影, 此时按左右或上下键修改数据或参数, 修改结束后按确认键, 光标由阴影变为下画线, 此时按左右或上下键光标会相应移动。

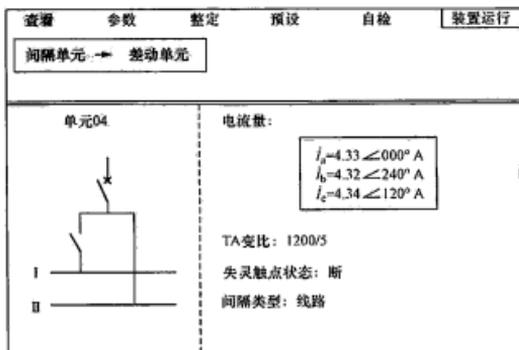


图 4-17 间隔单元二级界面

(1) 查看—间隔单元—保护单元。按向右键时，显示单元 1 至单元 N （假设双母线，共有 N 个单元），大差、I 母线小差、II 母线小差、I 母线电压、II 母线电压的信息。以上部分循环显示。按向左键则逆向显示（见图 4-17）。

(2) 查看—间隔单元—闭锁单元。按向右键时，显示 I 母线电压、II 母线电压及其他变量。循环显示方式同上。

(3) 查看—整定值。按左右键，阴影部分显示定值组别在 0 和 1 之间切换。按上下键，整定值根据保护类别切换显示。此项菜单只能查看定值，不影响保护运行。

(4) 查看—事件记录。记录最近 32 次事件信息，最近一次为第一次。每屏显示 4 次记录。按上下键循环切换显示事件信息。

(5) 查看—装置运行记录。包含详细的装置运行过程记录，每个选项记录 32 次信息。按键操作同上。其中自检记录记录自检出错原因及自检时间。自检原因用数字表示，如“121”表示保护主机插件的定值区出错，其中，第 1 位数字表示元件名称（1—保护元件，2—闭锁元件，3—管理元件）；第 2 位数字表示自检内容（对应自检菜单中的选项，如保护元件，1—RAM 区，2—一定值区等）；第 3 位数字表示自检错误的插件编号。

若通信无响应，记录管理机与保护主机或管理机与闭锁主机之间通信中断的时间。

(6) 查看—录波记录。按上下键时，阴影上下移动，在录波次数选项时，按左右键，录波次数发生改变，同时，相应的信息发生变化。当阴影在录波波形成选项时，按确认键，进入录波波形成界面，左侧的阴影可以上下移动。当阴影选中选项时，按左右键选择图形。左侧第一个选项是第 \times 单元电流（差流、母线电压、动作脉冲）；第二个选项是 A（B、C）相；第三个选项是放大倍数（ \times 级），每按一次左键或右键，级数减或加 1，对应的图形缩小或放大 2 倍，当级数变为 0 时，所对应的图形不显示，最大级数为 9 级；最后一个选项是时标，单位是毫秒，每按一次左键或右键，时标向左或右移动一个周波，每个录波图形有 10 个周波。按取消键时，界面由录波图形退至录波记录界面。当阴影在整定值选项时，按确认键，进入整定值界面，显示动作时刻的整定值，按取消键退出此界面。当阴影在打印选项时，按确认键，开始打印录波图形。

录波记录二级界面如图 4-18 所示。

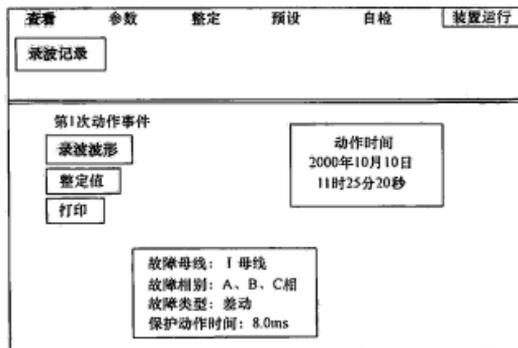


图 4-18 录波记录二级界面



(7) 查看—装置信息。显示本装置信息。

(8) 参数—运行方式设置。强制各单元的隔离开关位置。将光标移至要强制的选项，按确认键，光标变为阴影，按左右键进行修改，完毕后，选择确认，执行强制操作。

(9) 参数—保护控制字。按左右键直接设置。

(10) 参数—装置时钟设置。将光标移至要修改的时间选项，按确认键，光标变为阴影，按上下键进行修改，修改完毕后，按确认键，阴影变为光标，装置时间修改完毕。

(11) 参数—波特率设置。按上下键设置。

(12) 参数—自动打印设置。按左右键设置。

(13) 参数—网络参数设置。按上下左右键设置。

(14) 参数—通信参数设置。按上下左右键设置。

(15) 整定。在进入整定菜单之前，需输入密码（打印除外）。若密码不正确，液晶提示密码错误，同时，密码数字清零，正确输入密码后，开始整定定值组别和定值。按上下键，光标上下移动，选择要修改的定值选项，按确认键，光标变为阴影，此时，按上下键步长为 1，按左右键步长为 10，定值根据按键在其上下限内调整。定值修改完毕后，按确认键，阴影部分变为光标，再按取消键，将退出整定菜单，出现提示菜单，若选择“确认”，表示确认定值的修改；若选择“退出”，表示取消定值的修改。确认修改定值后，保护退出运行，开始整定定值，整定成功后，保护投入运行。

(16) 预设—相位基准。按确认键后，选择第×单元的 A 相电流或第×段母线电压的 A 相电压作为基准。确认后，装置的电流和电压都以其为标准显示。

(17) 预设—母线编号。母线的编号可根据用户的需要在 I 至 X 之间任意选择。操作同上。

(18) 预设—间隔设置。设置各单元的编号、TA 变比、单元类型。选中单元编号，按确认键后，按任意键，单元编号中对应位的符号将由 0 至 9、A 至 Z 循环递增，步长为 1（其中上键对应个位，下键对应十位，左键对应千位，右键对应百位）。选中 TA 变比，按确认键后，按上下键步长为 50，按左右键步长为 1000，从而选择相应的 TA 变比。

第二节 保护定值及性能检验

一、检验内容

检验项目包括差动保护的检验、失灵保护的检验、母联保护的检验、运行状态的判定。

按所给整定书进行检验。定值清单见表 4-3。

二、检验方法与步骤

（一）差动保护的检验

1. 模拟运行状态试验（5 回路法）

（1）检验说明。某 220kV 母线间隔单元一次接线如图 4-19 所示。

表 4-3 定 值 清 单

被保护设备名称	220kV 母线	装置型号	BP-2B	保护版本号	V1.23
一、参数设置		三、失灵保护			
1. 定值组别	0	1. 低电压定值 (线电压)		75V	
2. 强制母线互联	退	2. 零序电压定值		6V	
3. 充电保护投入时	退差动	3. 负序电压定值 (相电压)		6V	
4. 出口触点	投	4. 失灵出口延时		0.3s 跳母联	
5. 通信控制字		5. 失灵出口长延时		0.6s 跳失灵母线	
6. 通信波特率		四、母联失灵保护			
7. 本装置通信地址		1. 母联失灵电流定值 (二次值)		3A	
8. 自动打印设置	手动	2. 母联失灵出口延时		0.5s	
二、差动保护		五、母联充电保护			
1. 差动门槛值 (二次值)	0.5A	1. 母联充电电流定值 (二次值)		2A	
2. 比率系数高值 (二次值)	2	2. 母联充电延时定值		0.1s	
3. 比率系数低值 (二次值)	0.5	六、母联过电流保护 (正常停用, 启用由调度发令)			
4. 低电压定值 (线电压)	65V	1. 母联过流定值 (二次值)		4A	
5. 零序电压定值	8V	2. 母联零序过流定值 (二次值)		1A	
6. 负序电压定值 (相电压)	6V	3. 母联过电流延时定值		0.1s	
7. 电流突变定值 (二次值)	2A				
七、TA 断线		八、间隔设置 (TA 变比整定)			
1.TA 断线电流定值 (二次值)	0.3A	1. 220kV 出线 TA 变比			
2.TA 告警电流定值 (二次值)	0.15A	2. 主变压器 220kV TA 变比			

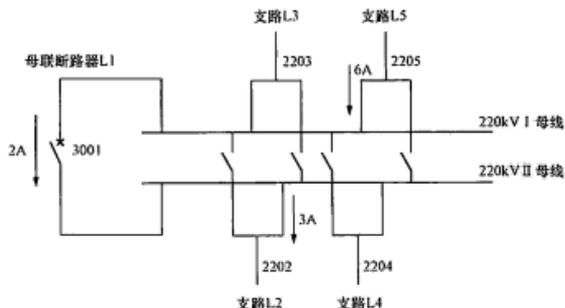


图 4-19 某 220kV 母线间隔单元一次接线图

校验数据: 母联断路器 L1 (3001), I 母线流向 II 母线, 2A; 线路 L2 (2202), II 母线运行, 流出 3A; 主变压器 L3 (2203), I 母线运行; 线路 L4 (2204), II 母线运行; 线路 L5 (2205),



I 母线运行，流入 6A；已知母线运行正常，求线路 L3/L4 二次潮流数据，并在该母线差动保护上模拟 A 相运行情况，要求显示数据正确，信号正确。

(2) 计算检验数据。对 I 母线平衡，有 -2 （母联） $+X$ （线路 3） $+3$ （线路 5）平衡；对 II 母线平衡，有 2 （母联） -3 （线路 2） $+Y$ （线路 4）平衡，则可知 $X=-1$ ， $Y=1$ ，即线路 3 流出 1A，线路 L4 流入 1A。

(3) 试验接线。根据计算，共有 4 种不同幅值的电流，因此需要叠加输入，约定 0° 表示流入母线， 180° 表示流出母线。电流接线示意图如图 4-20 所示。

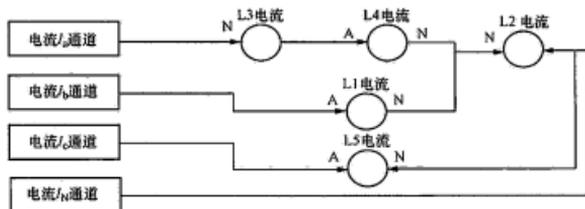


图 4-20 电流接线示意图

电流 A：L3-A 相入；L3-A 相出一L4-A 相入；L4-N 相出一L2-N 相入。

电流 B：L1-A 相入；L1-N 相出一L2-N 相入。

电流 C：L5-A 相入。

电流 N：L2-A 相入；L2-A 相出一L5-N 相入。

两段母线电压通道需同时接入试验电压。

(4) 检验仪器设置（电源发生器菜单）。三相正常电压、电流参数设置如图 4-21 所示。

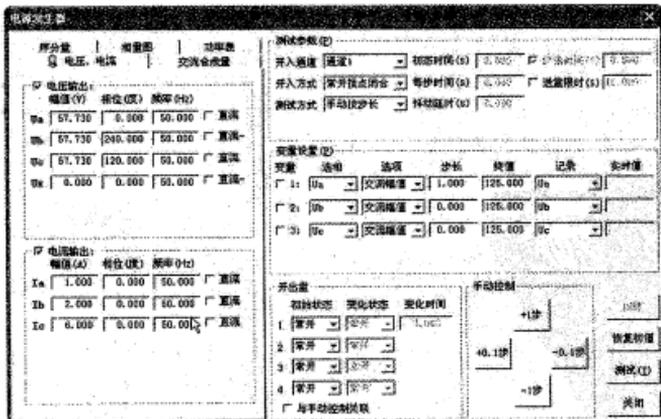


图 4-21 三相正常电压、电流参数设置

(5) 信号与报告。保护屏上应无信号，装置显示大小差皆为零，闭锁电压正常。

2. 差动启动值检验

(1) 检验说明。状态如图 4-19 所示，比例制动门槛 $I_{qd}=0.5A$ ，利用 L2 检验 B 相启动值。

(2) 计算检验数据。

令 $m=0.95$ ，可得 L2-B 相所通入电流为 $I_2=mI_{qd}=0.47A$ ； $m=1.05$ ，可得 $I_2=mI_{qd}=0.53A$ ； $m=2$ ，可得 $I_2=mI_{qd}=1A$ 。

(3) 试验接线。

1) 交流接线。电流 A 相通道放 L2-B 相入，N 相为 L2-N 相入；电压端子不接入。

2) 把手压板配合。把手放于“差动投，失灵退”。

3) 开出配合。INPUT-1 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2)，INPUT-1 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(4) 检验仪器设置 (多态模拟菜单)。

1) 1 态：空载运行态，2s，此态不判开入 (仅为防止触点抖动)。

2) 2.1 态：故障态，2s，如图 4-22 所示。

3) 2.2 态：故障态，2s，如图 4-23 所示。

4) 2.3 态：故障态，2s，如图 4-24 所示。

2 态使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”(常开接点即动合触点)。

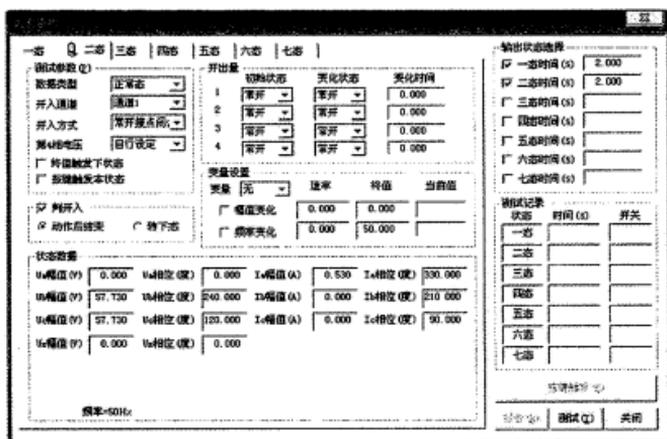


图 4-22 2.1 态参数设置

(5) 信号与报告。

1) 2.1 态/2.3 态：左右信号灯应显示“差动保护动作”/“II 母差动动作”，保护报文显示应与其相符。

2) 2.2 态：保护应不动作。

3) 2.3 态：试验仪器测试记录栏中 2 态时间应小于 60ms (实际为 57ms)。

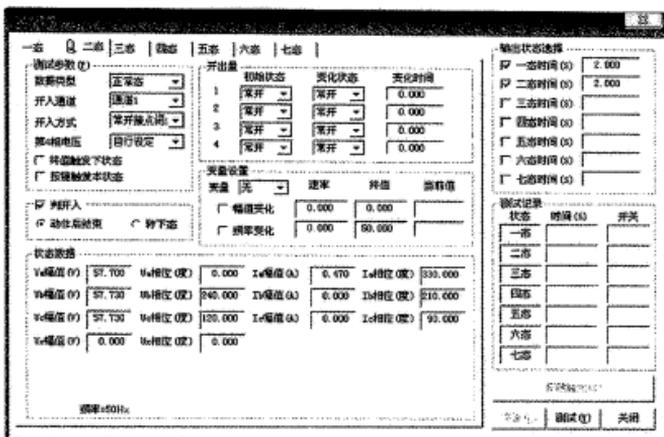


图 4-23 2.2 态参数设置

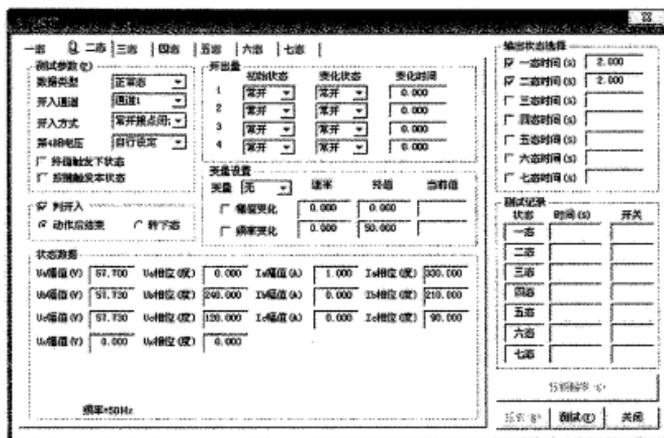


图 4-24 2.3 态参数设置

3. 大差低值检验 (3 回路法)

(1) 检验说明。模拟母线分列运行时 I 母线区内故障, 差动低值 0.5, 利用 L2、L3、L4 检验 B 相低值, 如图 4-25 所示。

(2) 计算检验数据。

$$Y=I_d=I_3, X=I_r-I_d=2I_2, Y=KX, \text{ 即 } I_3=(2K)I_2。$$

第 1 点 (折点内侧): $X(X=2I_2)=1.2, Y(Y=I_3)=0.6。$

第 2 点: 可等比例放大, $X=2, Y=1。$

(3) 试验接线 (交流接线, 开入配合, 开出配合, 把手压板配合)。

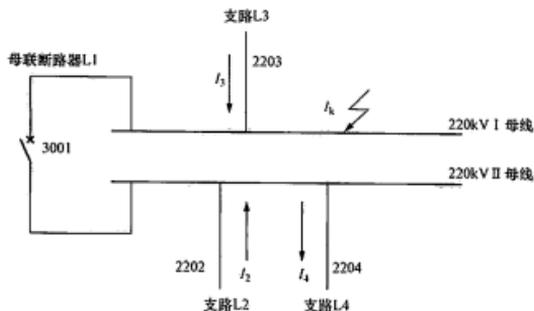


图 4-25 大差低值校验故障示意图

1) 交流接线。电流 A: L2B 相入; L2N 相出一L4N 相入。电流 B: L3B 相入。电流 N: L4B 相入; L4B 相出一L3N 相入。电压不接入。接线如图 4-26 所示。

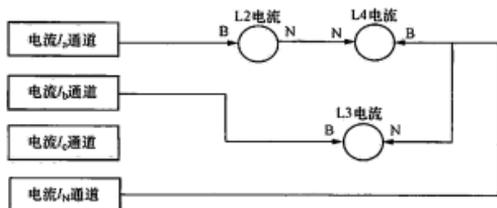


图 4-26 电流接线示意图

- 2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵退”。
 - 3) 开入配合: 母联断路器分位。
 - 4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”。
- (4) 检验仪器设置。
- 1) 1 态: 空载运行态, 10s, 此态不判开入。
 - 2) 2 态: 故障态, 2s, 如图 4-27 所示。此态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。
- (5) 信号与报告。左右侧信号灯显示“差动保护动作”/“I 母差动动作”, 保护报文应相符。改变图 4-27 中 I_a 及 I_b 幅值, 对应结果应见表 4-4。

表 4-4 母差动作情况

临界点	I_a 幅值 (A)	I_b 幅值 (A)	2 态停表时间
1	0.6	0.63	198ms
1	0.6	0.58	不动作
2	1	1.05	98ms
2	1	0.95	不动作

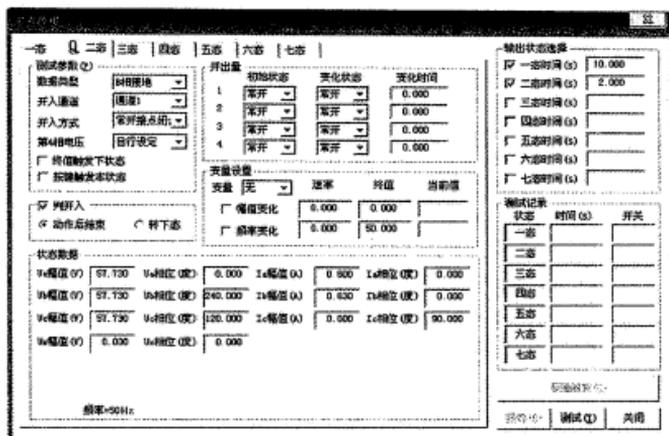


图 4-27 2 态参数设置

4. 大差高值检验 (3 回路法)

(1) 检验说明。已知差动高值 $K=2$ ，试利用 L2、L3、L4 检验 B 相高值。大差高值检验故障示意图如图 4-28 所示。

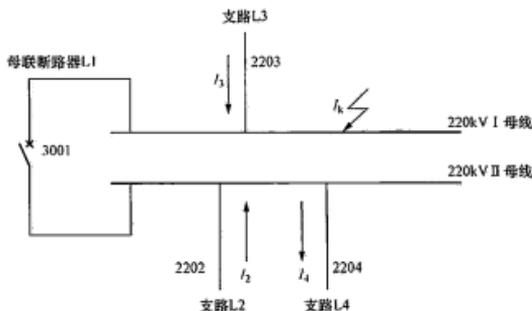


图 4-28 大差高值检验故障示意图

(2) 计算检验数据。

$$I_3 = 2KI_2$$

第 1 点 (折点内侧): $I_2(I_4)=0.5$, $I_3=2$ 。

第 2 点: 可等比例放大, $I_2(I_4)=1$, $I_3=4$ 。

(3) 试验接线:

1) 交流接线。电流 A: L2-B 相入; L2-N 相出一L4-N 相入。电流 B: L3-B 相入。电流 N: L4-B 相入; L4-B 相出一L3-N 相入。电压不接入。接线如图 4-29 所示。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵退”。

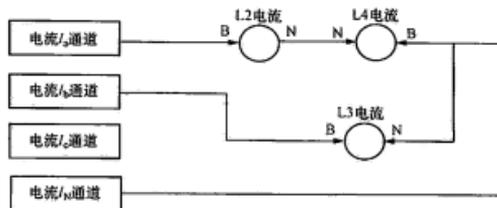


图 4-29 电流接线示意图

3) 开入配合: 母联断路器合位。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”。

1) 1 态: 空载运行态, 10s, 此态不判开入。

2) 2 态: 故障态, 2s, 如图 4-30 所示。此态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

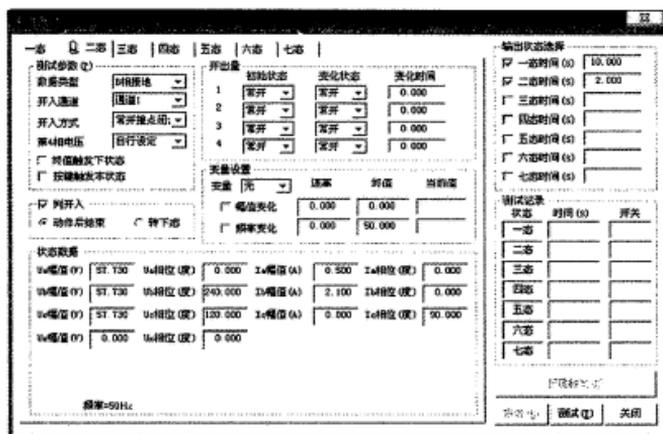


图 4-30 2 态参数设置

(5) 信号与报告。左右侧信号灯显示“差动保护动作”/“I 母差动动作”，保护报文应相符。改变图 4-30 中 Ia 及 Ib 幅值，对应结果应见表 4-5。

表 4-5 母差动作情况

临界点	Ia 幅值 (A)	Ib 幅值 (A)	2 态停表时间
1	0.5	2.1	176ms
1	0.5	1.9	不动作
2	1	4.2	16ms
2	1	3.8	不动作



5. 小差高值（2回路法）

（1）检验说明。将线路 L5 改为 II 母线运行，模拟 II 母线故障，利用 L2、L4、L5 检验 C 相高值。小差高值校验故障示意如图 4-31 所示。

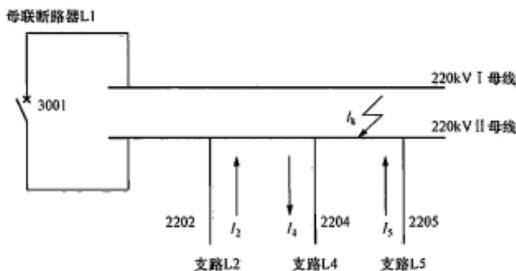


图 4-31 小差高值校验故障示意图

（2）计算检验数据。这里介绍一种基于 2 回路算法的拓展成 N 回路法的方法。设 L2、L5 的故障电流流入母线，而 L4 流出母线。

令 $I_2+I_5=I_1$ ， $I_4=I_0$ ，其中 I_1 表示流进母线的总电流， I_0 表示流出母线的总电流，则根据差动方程有

$$Y=I_d=I_1-I_0$$

$$X=I_r-I_d=I_1+I_0-I_1+I_0=2I_0$$

可推导出

$$I_1=Y+X/2=(K+1/2)X$$

$$I_0=I_4=X/2$$

此时假设在 L2 与 L5 的电流回路中通以相同的试验电流，则

$$I_1=n_2I_2+n_5I_5=(n_2+n_5)I_2$$

即

$$I_2(I_5)=I_1/(n_2+n_5)$$

式中： n_2 、 n_5 为 L2、L5 单元相对于基准单元的折算变比。

此例中

$$I_2=2/3I_1$$

计算可得：第 1 点， $X=0.6$ ， $Y=1.2$ ， $I_4=0.3$ ， $I_2(I_5)=1$ ；第 2 点可等比例放大， $I_4=0.6$ ， $I_2(I_5)=2$ 。

（3）试验接线。

1) 交流接线。电流 A：L2C 相入；L2N 相—L5C 相入。电流 B：L4N 相入。电流 N：L4C 相入；L4C 相—L5N 相入。电压不接入。

2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵退”。

3) 开出配合：INPUT-1 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2)，INPUT-1 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

（4）检验仪器设置。

1) 1 态：空载运行态，10s，此态不判开入。

2) 2 态：故障态，2s，如图 4-32 所示。此态使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

（5）信号与报告。左右侧信号灯显示“差动保护动作”/“II 母差动动作”，保护报文应相符。改变图 4-32 中 I_a 及 I_b 幅值，对应结果应见表 4-6。

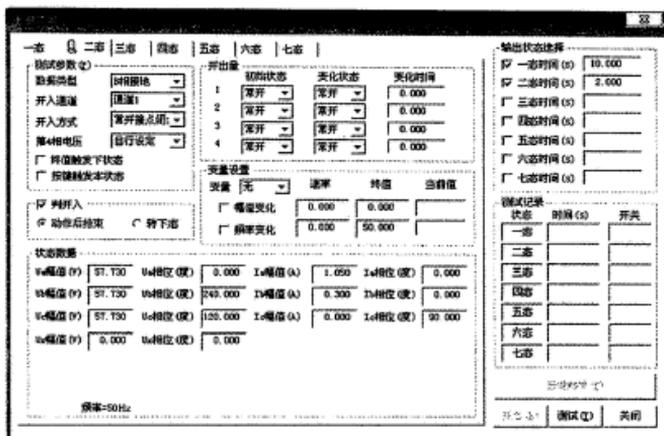


图 4-32 2 态参数设置

表 4-6

母差动作情况

临界点	Ia 幅值 (A)	Ib 幅值 (A)	2 态停表时间
1	1.05	0.3	17ms
1	0.95	0.3	不动作
2	2.1	0.6	16ms
2	1.9	0.6	不动作

6. 电压闭锁定值检验

(1) 检验说明。母差保护中的相间低电压 65V，单相负序电压 6V (U_2)，零序电压 8V ($3U_0$)；利用 L2-A 相检验 II 母故障时差动保护电压闭锁相关定值。

(2) 计算检验数据。

相间低电压定值为

$$U_L = 65 / 1.732 = 37.5 \text{ (V)}$$

$$3U_2 = 6 \times 3 = 18 \text{ (V)}$$

(3) 试验接线。

1) 交流接线：电流 A，L2-A 相入；电流 N，L2-N 相入；II 母线电压通道接试验电压。

2) 把手压板：把手放于“差动投，失灵退”。

3) 开入配合：母联断路器分位。

4) 开出配合：INPUT-1 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2)，INPUT-1 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(4) 检验仪器设置。

1) 1 态：空载运行态，6s，此态不判开入。

2) 2.1 态（低电压）：0.5s，参数设置如图 4-33 所示。



3) 2.2 态 (低电压): 将三相电压幅值改为 38V, 其余参数不变。

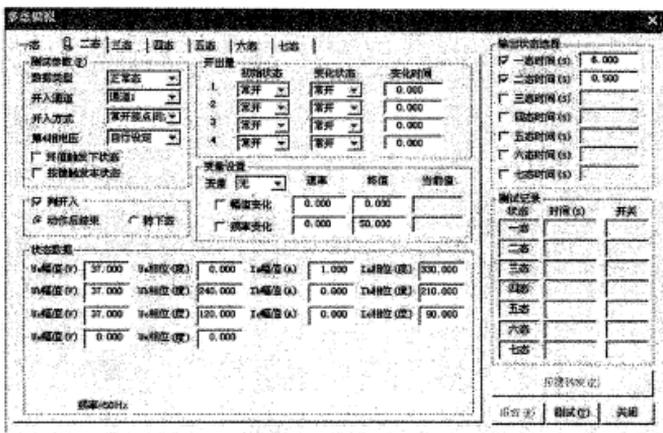


图 4-33 2.1 态参数设置

4) 2.3 态 (负序电压): 0.5s, 参数设置如图 4-34 所示。

5) 2.4 态 (负序电压): 将 U_a 幅值改为 40V, 其余参数不变。

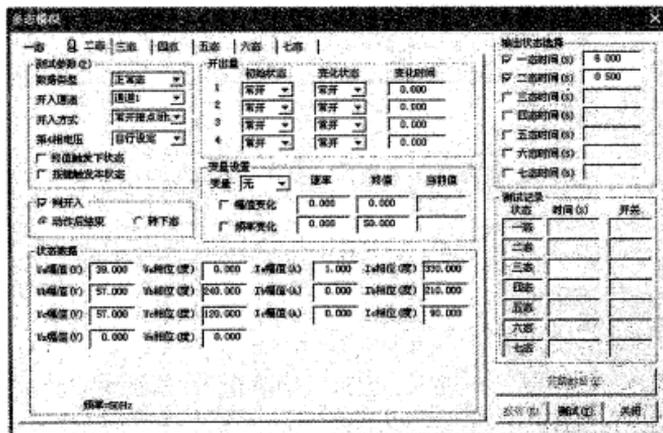


图 4-34 2.3 态参数设置

6) 2.5 态 (零序电压): 0.5s, 参数设置如图 4-35 所示。

7) 2.6 态 (零序电压): 0.5s, 参数设置如图 4-36 所示。

2 态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

(5) 信号与报告。

1) 2.1 态: 为 0.95 倍低电压定值, 低电压元件应动作, 开放差动元件, 信号应显示 II 母线差动保护动作。

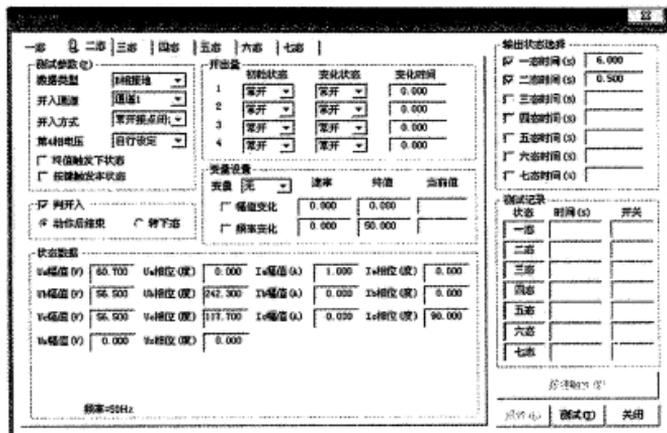


图 4-35 2.5 态参数设置

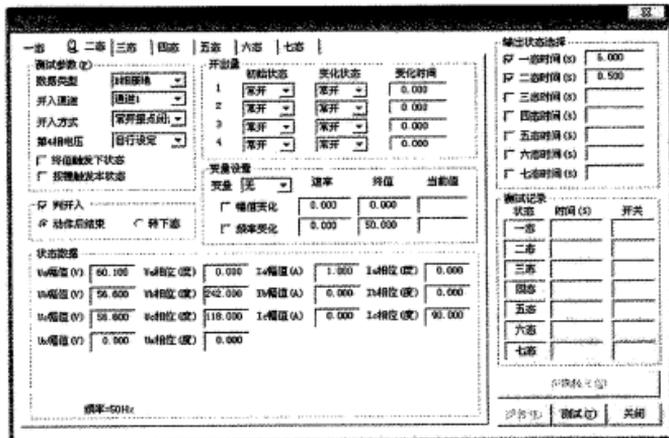


图 4-36 2.6 态参数设置

2) 2.2 态: 为 1.05 倍低电压定值, 低电压元件应不动作, 闭锁差动元件, 保护应不动作。

3) 2.3 态: 为 1.05 倍 $3U_2$ 定值, 负序电压元件应动作, 开放差动元件, 信号应显示 II 母线差动保护动作。

4) 2.4 态: 为 0.95 倍 $3U_2$ 定值, 负序电压元件应不动作, 闭锁差动元件, 保护应不动作。

5) 2.5 态: 为 1.05 倍 $3U_0$ 定值, 零序电压元件应动作, 开放差动元件, 信号应显示 II 母线差动保护动作。



6) 2.6 态: 为 0.95 倍 $3U_0$ 定值, 零序电压元件应不动作, 闭锁差动元件, 保护应不动作。液晶屏内闭锁单元序分量电压应正确。

7. 互联功能检验

(1) 检验说明。将 L5 正、副母线闸刀通过面板设定为强制双跨, 或者直接投入“母线互联”压板; 观察面板信号灯动作情况, 利用 L2-A 相检验互联状态下 II 母故障时差动保护动作行为。互联功能校验故障示意图如图 4-37 所示。

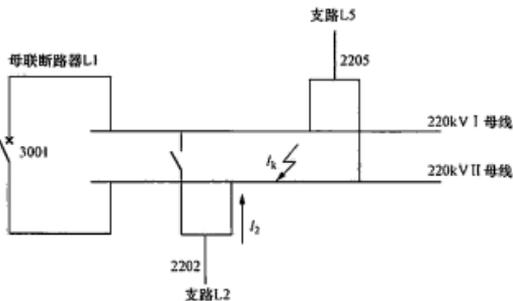


图 4-37 互联功能校验故障示意图

(2) 试验接线。

1) 交流接线: 电流 A, L2-A 相入; 电流 N, L2-N 相入; 电压不接入。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵退”。

3) 开入配合: 母线互联压板 LP77。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1) 1 态: 空载运行态, 5s。

2) 2.1 态: 参数设置如图 4-38 所示。此态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

3) 2.2 态: 参数设置不变, 见图 4-38。此态使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

(4) 信号与报告。2.1/2.2 态: 保护报文应显示 I、II 母线差动保护动作, 信号指示应与其相符; 两个通道测试时间应一致 (50ms)。

8. TA 断线对差动保护的影响

(1) 检验说明。一次接线如图 4-19 所示。TA 断线定值 0.3A。试利用 L2 -A 相检验 TA 断线过电流定值, 以及 TA 断线判定时间为 9s。

(2) 计算检验数据。 I_2 : 0.31A ($m=1.05$), 0.29A ($m=0.95$)。

(3) 试验接线。

1) 交流接线: 电流 A, L2-A 相入; 电流 N, L2-N 相入; 两段母线电压通道需同时接入试验电压。

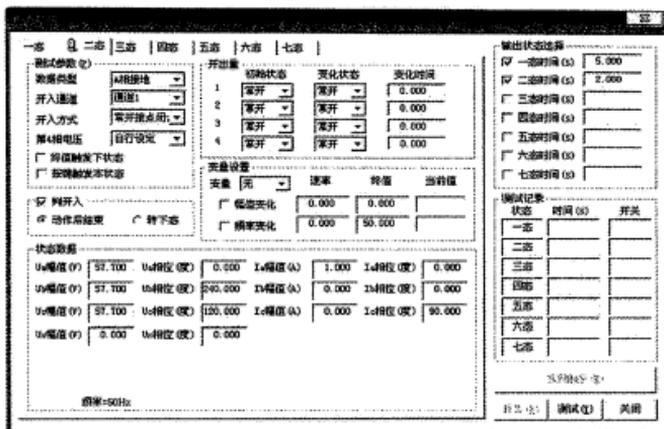


图 4-38 2.1/2.2 态参数设置

- 2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵退”。
 - 3) 开入配合：母联断路器合位。
 - 4) 开出配合：INPUT-1 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2)，INPUT-1 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。
- (4) 检验仪器设置。
- 1) 1 态：空载运行态，2s，此态不判开入。
 - 2) 2.1 态：TA 断线态，10s（电压不变， $I_a=0.31A$ ， 0° ）。
 - 3) 2.2 态：TA 断线态，8s（电压不变， $I_a=0.31A$ ， 0° ）。
 - 4) 2.3 态：TA 断线态，10s（电压不变， $I_a=0.29A$ ， 0° ）。
- 2 态不判开入，2.1 态参数设置如图 4-39 所示。

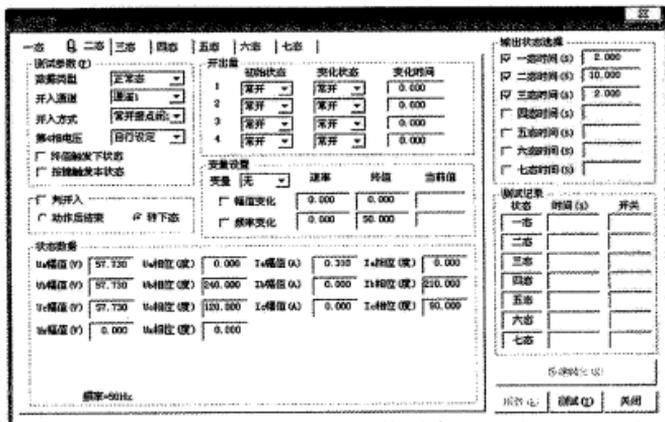


图 4-39 2.1 态参数设置



5) 3 态: 故障态, $2s$, $U_a=0V$, $I_a=1A$ (0°)。使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开触点闭合”, 如图 4-40 所示。

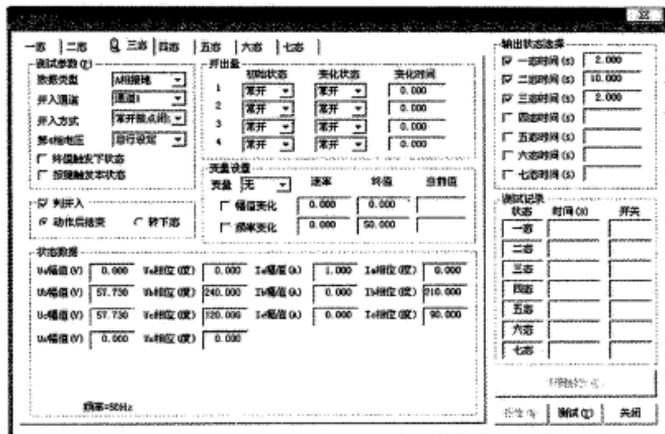


图 4-40 3 态参数设置

(5) 信号与报告。

- 3.1 态: 保护应不动作; 右侧信号灯“INPUT-1 断线”亮。
- 3.2/3.3 态: 差动保护应动作, 信号灯应显示“差动保护动作”。

(二) 失灵保护的检验

1. 失灵电流定值检验

(1) 检验说明。已知, L3 间隔失灵保护电流定值 $2A$, $0.5A$ ($3I_0$), $0.8A$ (I_2), 失灵保护短延时 $0.3s$, 长延时 $0.6s$ 。试利用 L3、L5 模拟 I 母线间隔 L3 区外故障 (见图 4-41), 并检验失灵保护各定值。

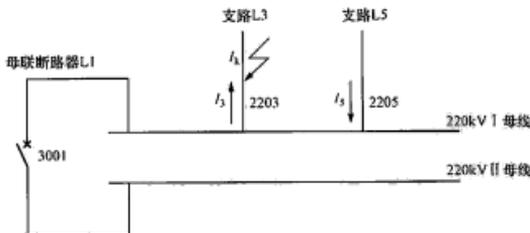


图 4-41 线路故障失灵启动母差

需要说明的是, 失灵保护有独立的电压闭锁元件, 也有自己独立的电压闭锁定值, 但检验方法与差动保护相同, 故不再赘述。

(2) 试验接线。

1) 交流接线: 将 L5-N 相上三连片移至 A、B、C 相上, 原 N 相分解为 A'、B'、C' 三相, 并拆开 L3-N 相上三连片, 接线如图 4-42 所示。

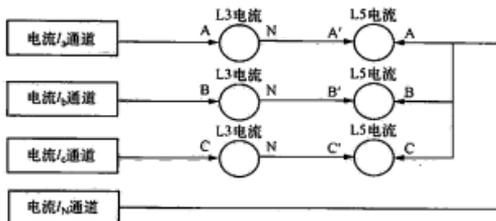


图 4-42 电流接线示意图

- 2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。
- 3) 开入配合: 开出量 1 接 L3 失灵触点; 失灵启动压板 LP-53 放上。
- 4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正电源, INPUT-1 (-) 接跳闸压板 LP11。INPUT-2 (+) 接 L5 跳闸正电源, INPUT-2 (-) 接压板“LP15-L5 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

- 1) 1 态: 空载运行态, 5s, 此态不判开入。
- 2) 2 态皆为区外故障态, 其中各态在加入故障电流的同时应使开出量 1 闭合。
 - 2.1 态 (相电流): 2s, 参数设置如图 4-43 所示。2.1 态使用通道 1 判开入; 开入方式为“常开接点闭合”。

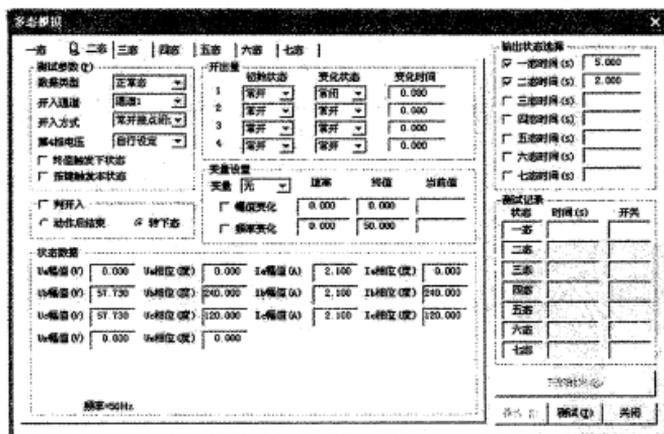
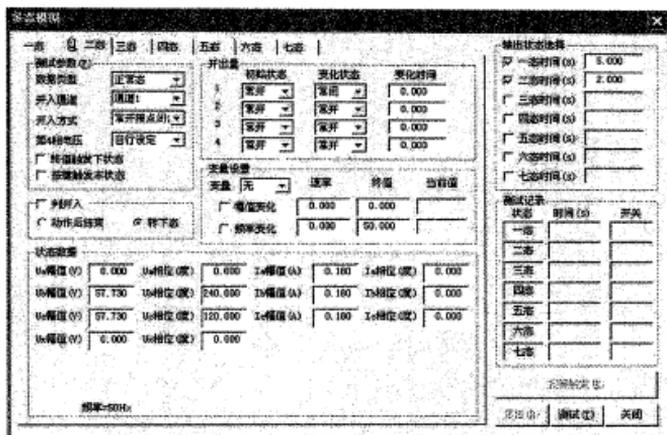
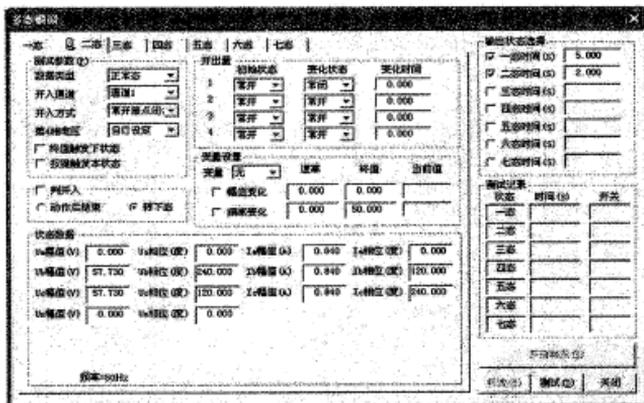


图 4-43 2.1 态参数设置

2.2 态 (相电流): 将三相电流改为 1.9A, 其余不变。2.3 态 (零序电流): 2s, 参数设置如图 4-44 所示。2.2/2.3 态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

图 4-44 3I₀ 电流参数设置

2.4 态（零序电流）：将三相电流改为 0.15A，其余不变。2.5 态（负序电流）：2s，参数设置如图 4-45 所示。2.4/2.5 态使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

图 4-45 3I₂ 电流参数设置

2.6 态（负序电流）：将三相电流改为 0.76A，其余不变。2.7 态（长延时）：将三相电流改为正序 2.4A，2s。2.8 态：解除 L3 失灵开入压板 LP-53，参数设置不变。2.6/2.7/2.8 态使用通道 2 判开入；开入方式为“常开接点闭合”。

（4）信号与报告。

1) 2.1/2.3/2.5/2.7 态：右边失灵动作信号灯亮，开入变位信号灯亮。左边 I 母线失灵动作灯亮，报文应显示“I 母失灵动作”。

2) 2.2/2.4/2.6/2.8 态：保护应不动作。

3) 2.1/2.3/2.5/2.7 态: INPUT-1 测时应不大于 330ms, INPUT-2 测时应不大于 650ms。

2. 线路失灵功能检验

(1) 检验说明。线路失灵故障示意如图 4-46 所示。利用 L3、L5 三相通道模拟 I 母线间隔 L5 区外故障, 检验失灵保护分相启动, 线路失灵只投入相过电流定值逻辑功能。

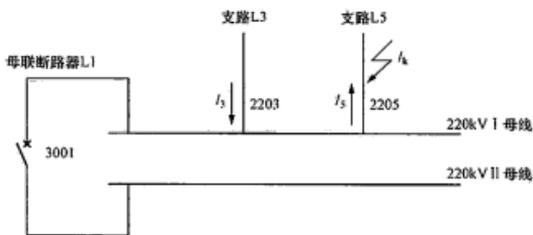


图 4-46 线路失灵故障示意图

试验接线:

1) 交流接线: 同图 4-41。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。

3) 开入配合: 开出量 1 接 L5 失灵三相相; 对应失灵压板投入。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正电源, IUPUT-1 (-) 接跳闸压板 LP11; INPUT-2 (+) 接 L3 跳闸正电源, INPUT-2 (-) 接 L3 压板“LP13-L3 跳闸 1”。

(2) 检验仪器设置。

1) 1 态: 空载运行态, 5s, 此态不判开入。

2) 2 态皆为区外故障态, 其中各态在加入故障电流的同时应使开出量 1 闭合; 括号内为开出量 1 在该态时所应接的开入, 同时相应的失灵压板放上。

2.1 态: 三相失灵, 三相正序电流 4.2A, 2s;

2.2 态: 三相失灵, 三相零序电流 0.36A, 2s;

2.3 态: 三相失灵, 三相负序电流 0.84A, 2s;

2.4 态: C 相失灵, A 相电流 4.2A, 2s;

2.5 态: B 相失灵, A 相电流 4.2A, 2s;

2.6 态: A 相失灵, A 相电流 4.2A, 2s。

2 态各态使用通道 2 判开入; 开入方式为“常开接点闭合”。

(3) 信号与报告。

2.1/2.6 态: 右边失灵动作信号灯亮, 开入变位信号灯亮。左边 I 母失灵动作灯亮。

INPUT-2 测时应不大于 650ms。

其余各态保护应不动作。

3. 主变压器失灵功能检验

(1) 检验说明。故障示意图如图 4-41 所示。利用 L3、L5-A 相通道模拟 I 母间隔 L3 区外故障, 检验主变压器失灵保护解除复压闭锁逻辑功能。

(2) 试验接线。



1) 交流接线。电流 A: L3-A 相入; L3-N 相出—L5-N 相出。电流 N: L5-A 相入。I 母线电压通道需接入试验电压。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。

3) 开入配合: 开出量 1 接 L3 三相失灵; 开出量 2 接主变压器失灵解闭, L3 三相失灵压板 LP-53 投入。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正电源, INPUT-1 (-) 接跳闸压板 LP11; INPUT-2 (+) 接 L5 跳闸正电源, INPUT-2 (-) 接 L5 压板“LP15-L5 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 5s, 此态不判开入。

2 态皆为区外故障态, 括号内为该态时所需翻转的开出量, 同时相应的失灵压板投入; 2 态各态使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

2.1 态: 2s, 1/2 同时翻转, 参数设置如图 4-47 所示。

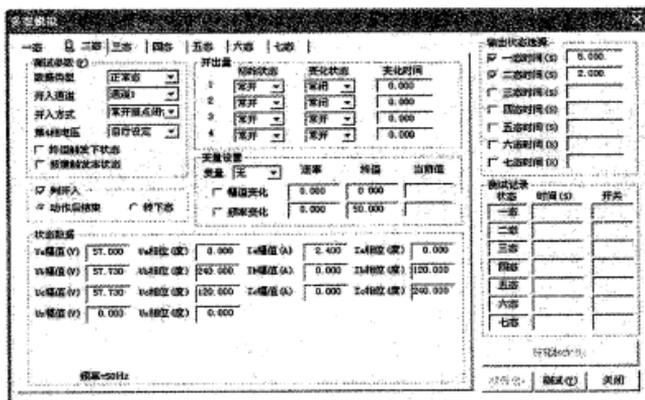


图 4-47 2.1 态参数设置

2.2 态: 1 翻转, 参数维持不变, 2s。

2.3 态: 1 翻转, 将 U_a 改为 0V, 其余不变, 2s。

2.4 态: 2 翻转, 参数同上, 如图 4-48 所示, 2s。

(4) 信号与报告。

2.1/2.3 态: 右边失灵动作信号灯亮, 开入变位信号灯亮。左边 I 母线失灵动作灯亮。保护报文应显示“ I 母线失灵动作”。

2.2/2.4 态: 保护应不动作。

(三) 母联保护的检验

1. 充电保护定值检验

(1) 检验说明。一次接线如图 4-19 所示, 充电保护定值 2A, 0.1s, 模拟 A 相故障检验母联充电保护电流及延时定值。

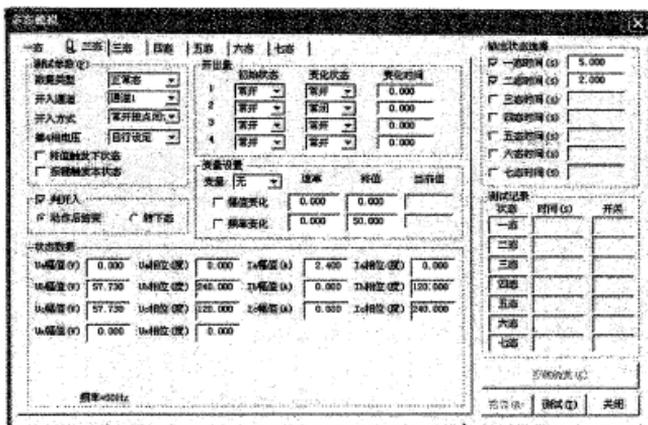


图 4-48 2.4 态参数设置

(2) 计算检验数据。 $I_1: 2.1A(m=1.05)$, $1.9A (m=0.95)$, $2.4A (m=1.2)$ 。

(3) 试验接线。

1) 交流接线: 电流 A, L1-A 相入; 电流 N, L1-N 相入; 电压不接入。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵退”, 投充电保护压板 LP78。

3) 开入配合: 母联断路器分位。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正 (X4-1), INPUT-1 (-) 接压板“LP11-L1 跳闸 1”。

(4) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 2s, 此态不判开入。

2.1 态: 母线充电态, 0.5s, 参数设置如图 4-49 所示。

2.2 态: 母线充电态, 0.5s, 将 I_a 幅值改为 1.9A, 其余不变。

2.3 态: 母线充电态, 0.5s, 将 I_a 幅值改为 2.4A, 其余不变。

2 态各态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

(5) 信号与报告。保护报文应显示充电保护动作, 左右信号灯应与其相符; 通道 1 测时停表应不大于 120ms (114ms)。

2. 充电保护功能检验

(1) 检验说明。一次接线如图 4-19 所示, 充电闭锁母差功能投入, 利用 L2 模拟 A 相故障检验充电保护逻辑中 200ms 开放时间以及闭锁母差功能。

(2) 计算检验数据。根据说明书中的逻辑图, 启动充电保护投入逻辑必须满足有流判据, 故母联电流必须大于 $0.04I_N$ (有流启动) 而小于 $0.08I_N$ (互联判定), 由于 $I_N=5A$, 因此本例中取: $I_1, 0.3A, 0^\circ$; $I_2, 2A, 180^\circ$ 。

(3) 试验接线。

1) 交流接线: 电流 A, L1-A 相入; 电流 B, L2-A 相入; 电流 N, L1-N 相入 /L1-N 相



出一L2-N相入。

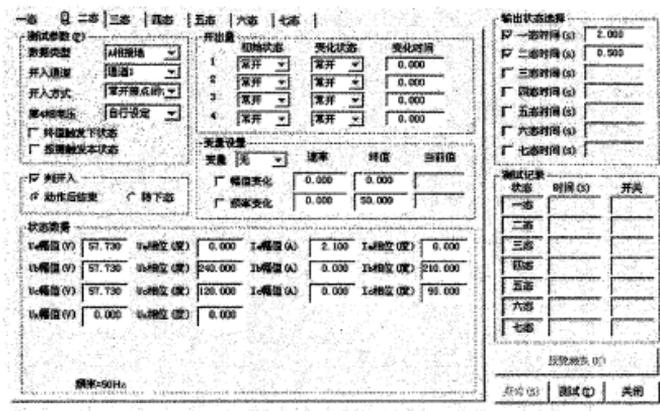


图 4-49 2.1 态参数设置

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵退”, 投充电保护压板 LP78。

3) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正 (X4-1), INPUT-1 (-) 接压板“LP11-L1 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(4) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 2s, 此态不判开入。

2.1 态: 130ms, 参数设置如图 4-50 所示。

2.2 态: 参数设置不变, 将时间改为 140ms。

2 态不判开入。

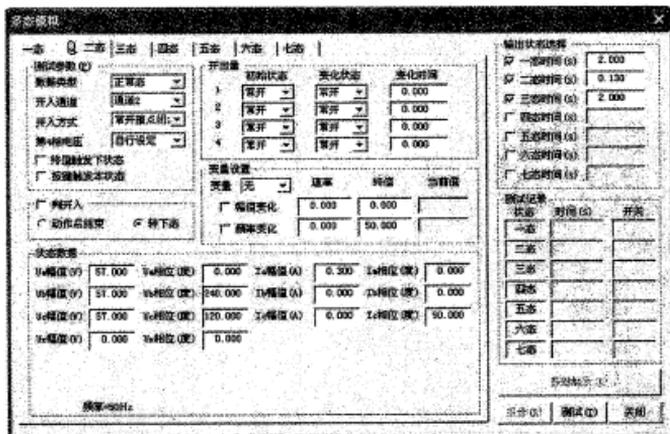


图 4-50 2.1 态参数设置

3 态：故障态，2s，参数设置如图 4-51 所示。3 态各态使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

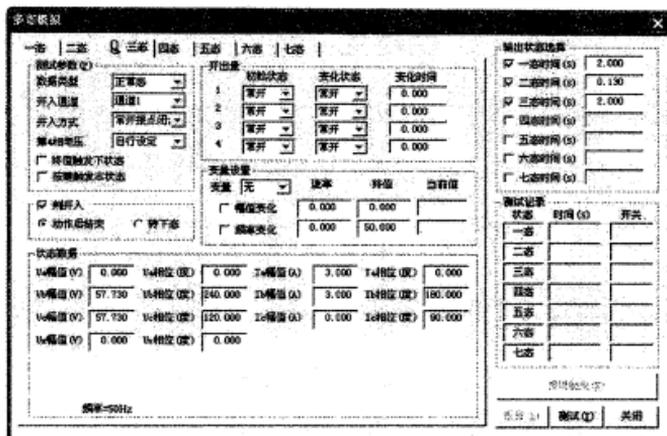


图 4-51 3 态参数设置

(5) 信号与报告。

3.1 态：报文应显示“充电保护动作”，充电保护信号灯亮，通道 1 测时应不大于 120ms (117ms)。

3.2 态：报文应显示“II 母母差动作”，差动保护信号灯亮，通道 1 测时应不大于 150ms (148ms)。

由此可见，闭锁时间/开放时间为 200ms [实测为 140+148-57=231 (ms)]。

3. 母联过电流定值检验

(1) 检验说明。一次接线如图 4-19 所示，过电流保护定值 4A，零流 1A，0.1s，模拟母线 A、C 相间短路故障，检验母联过电流定值，模拟母线 A 相接地故障检验母联零流定值及时间。

(2) 试验接线（交流接线，开入配合，开出配合，把手压板配合）。

- 1) 交流接线：电流 A，L1-A 相入；电流 N，L1-C 相入（做零流试验时为 L1-N）。
 - 2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵退”，投“母联过流保护”压板 LP-79。
 - 3) 开出配合：INPUT-1 (+) 接 L1 跳闸正 (X4-1)，INPUT-1 (-) 接压板“LP11-L1 跳闸 1”。
- (3) 检验仪器设置。

1 态：空载运行态，2s。

2.1 态（过电流）：1s，参数设置如图 4-52 所示。

2.2 态（过电流）：将 Ia 幅值改为 3.8A，其余不变，1s。

2.3 态（零流）：将 Ia 幅值改为 1.05A，其余不变，1s。

2.4 态（零流）：将 Ia 幅值改为 0.95A，其余不变，1s。

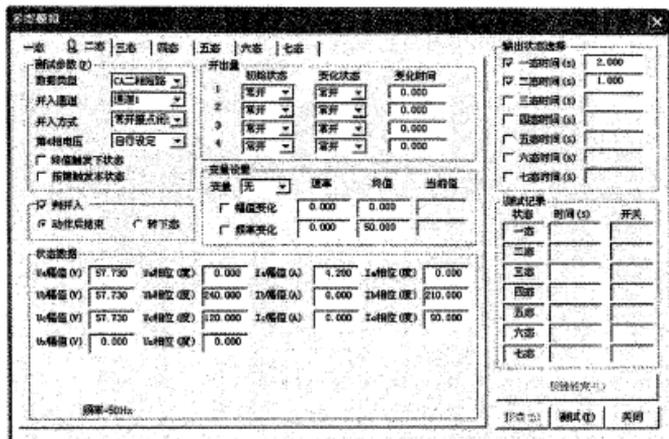


图 4-52 2.1 态参数设置

2.5 态（测时）：将 I_a 幅值改为 1.2A，其余不变，1s。

2 态各态使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

(4) 信号与报告。

2.1/2.3/2.5 态：保护报文应显示母联过电流保护动作，右侧信号灯应显示“母联过电流”；通道 1 测时应不大于 120ms。

2.2/2.4 态：保护应不动作。

4. 母联断路器失灵定值检验

(1) 检验说明。母联失灵电流 3A，延时 0.5s，试利用 L1、L2、L3-A 相模拟 I 母线故障后母联断路器失灵，检验母联失灵电流及时间定值。母联失灵故障示意图如图 4-53 所示。

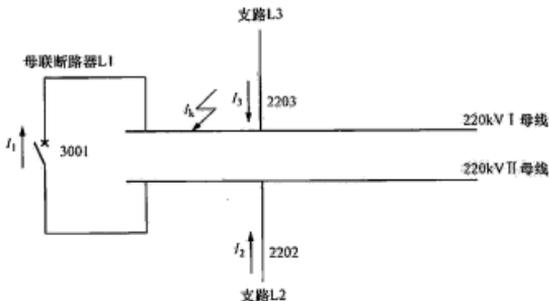


图 4-53 母联失灵定值校验故障示意图

(2) 试验接线。

1) 交流接线：如图 4-54 所示。

2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵投”。

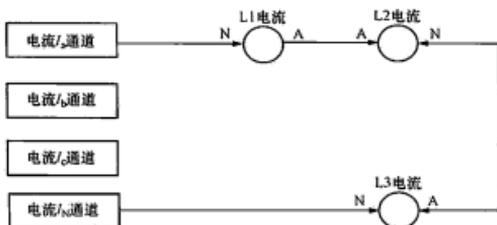


图 4-54 电流接线图

3) 开入配合: 母联断路器合位。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 2s, 此态不判开入。

2.1 态: 故障态, I_a 幅值 3.1A, 2s。

2.2 态: 故障态, I_a 幅值 2.9A, 2s。

2.3 态: 故障态, I_a 幅值 3.6A, 2s。

2.4 态: 故障态, I_a 幅值 3.6A, 2s。

2.4 态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。2 态其余各态使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

(4) 信号与报告。

2.1/2.3 态: 先后显示 I、II 母线母差保护动作, 信号灯及保护报文应与之相符。

2.2/2.4 态: 仅 I 母线母差动作。

通道 1 的测时 T_1 表示 I 母线母差保护动作时间。通道 2 的测时 T_2 表示 II 母线母差保护动作时间。由此可见, 失灵延时 $T_{st}=T_2-2T_1$ [实测 $T_{st}=536-2 \times 17=502$ (ms)]。

5. 母联断路器失灵功能检验

(1) 检验说明。试模拟外部母联失灵开入, 检验母联失灵逻辑, 如图 4-55 所示。

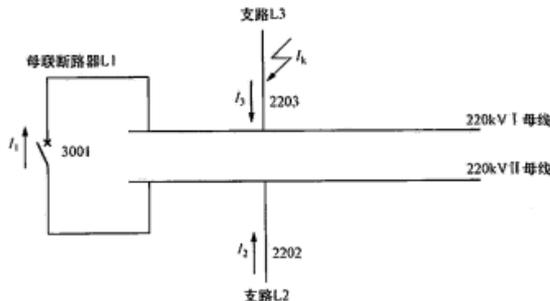


图 4-55 母联失灵功能校验故障示意图

(2) 试验接线。

1) 交流接线。电流 A: L1-N 相入; L1-A 相出—L2-A 相入; L2-N 相出—L3-N 相入。电流 N: L3-A 相入。电压不接入。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。

3) 开入配合: 母联断路器外部失灵时端子 X10-1、X10-3 接开出量 1; 投入 L1 失灵压板 LP-51; 母联断路器合位。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 2s, 此态不判开入。

2.1 态: 区外故障态, 参数设置如图 4-56 所示, 注意应使开出量 1 翻转。2.1 态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

2.2 态: 区外故障态, 参数设置同上。2.2 态使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

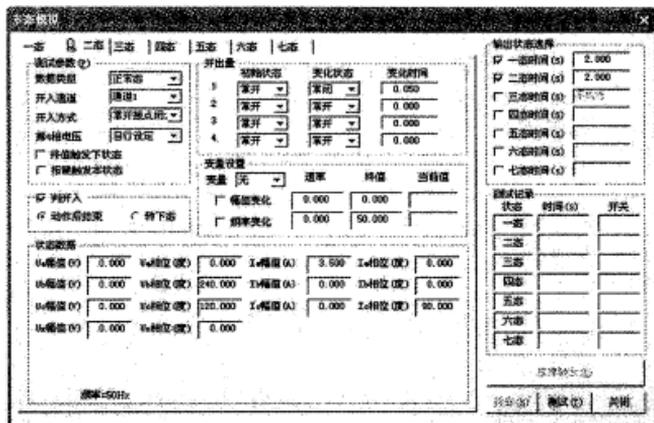


图 4-56 2 态参数设置

(4) 信号与报告。经过母联断路器失灵延时后, I、II 母线母差保护同时动作。通道 1 与通道 2 测时应相同, 实测为 523ms。

6. 母联断路器合位死区功能检验

(1) 检验说明。试利用 L1、L2、L3-A 相模拟母线合环运行时死区故障, 检验母联死区保护逻辑, 如图 4-57 所示。

(2) 试验接线。

1) 交流接线: 如图 4-58 所示。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。

3) 开入配合: 设置仪器开出量 1/2, 分别模拟母联断路器合位、分辅助触点。

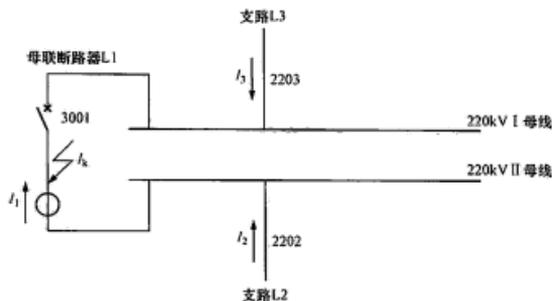


图 4-57 故障示意图



图 4-58 电流接线示意图

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 10s, 参数设置如图 4-59 所示; 使用开出量 1/2 模拟母联断路器合闸位置, 用来复归“开入异常”。

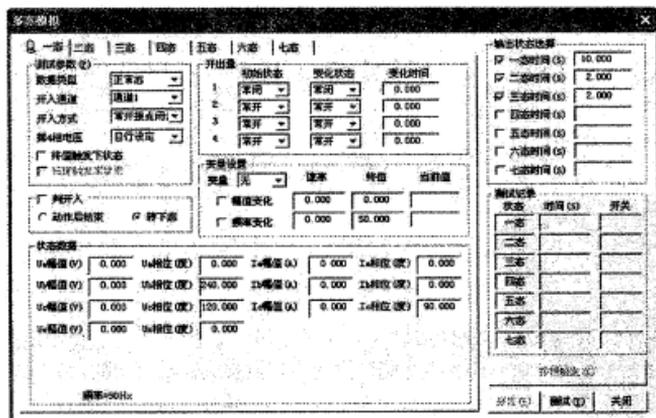


图 4-59 1 态参数设置

2 态: 故障态 1, 2s, 参数设置如图 4-60 所示; 使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”, 并转态至故障态 2。

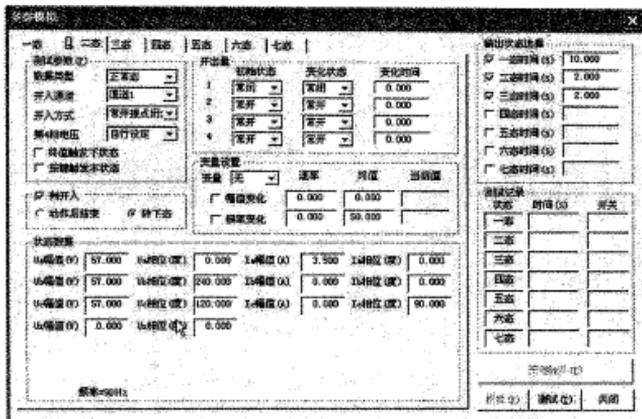


图 4-60 故障态 1 的参数设置

3 态: 故障态 2, 2s, 参数设置如图 4-61 所示。模拟经过延时 t_3 翻转 1/2 状态, 模拟母联断路器从合到分; 使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开接点闭合”。

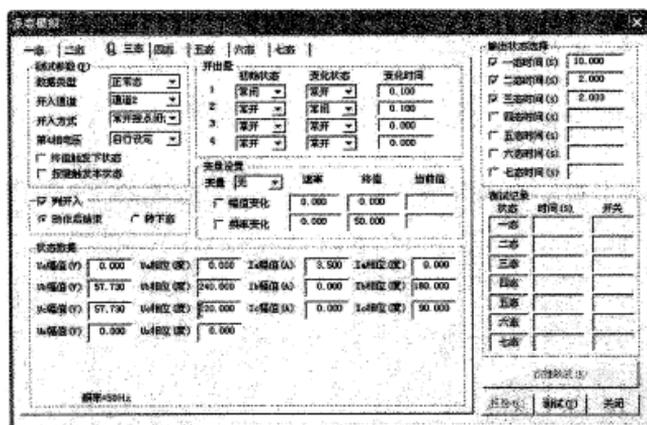


图 4-61 故障态 2 的参数设置

(4) 信号与报告。保护报文应显示“Ⅰ、Ⅱ母差保护动作”, 注意观察左侧信号灯应能发现Ⅰ母线差动保护动作灯先于Ⅱ母线差动保护动作灯点亮。通道 1 所测 T_1 为Ⅰ母线跳闸时间, 通道 2 所测 T_2 为Ⅱ母线跳闸时间。由此可见, 封 TA 延时 $T_f = T_2 - T_1 - t_3 = 180 - 17 - 100 = 63$ (ms) (理论值为 50ms)。

7. 母联分位死区功能检验

(1) 检验说明。如图 4-62 所示, 试利用 L1、L2-A 相模拟母线分列运行时死区故障, 检验母联死区保护逻辑。

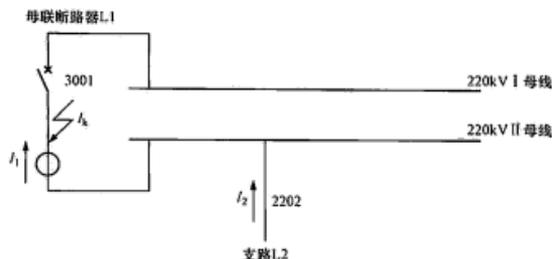


图 4-62 故障示意图

(2) 试验接线。

1) 交流接线。电流 A: L1-N 相入; L1-A 相出一L2-A 相入。电流 N: L2-N 相入。电压不接入。

2) 把手压板配合: 把手放于“差动投, 失灵投”。

3) 开入配合: 投入分列运行压板 LP76。

4) 开出配合: INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3), INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳闸 1”; INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2), INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态: 空载运行态, 2s, 此态不判开入。

2.1 态: 区外故障态, 参数设置如图 4-63 所示。2.1 态使用通道 1 判开入, 开入方式为“常开触点闭合”。

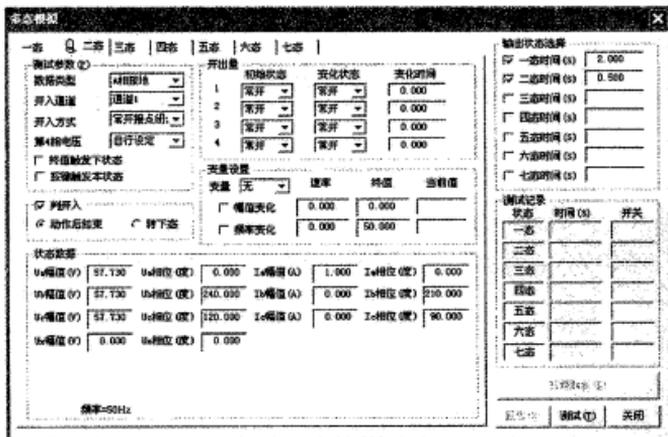


图 4-63 2.1 态参数设置

2.2 态: 区外故障态, 参数设置同 2.1 态。2.2 态使用通道 2 判开入, 开入方式为“常开触点闭合”。



(4) 信号与报告。2.1/2.2 态：应显示 II 母线差保护动作；通道 2 测时为 55ms（实测）；2.1 态不停表。

(四) 运行状态的判定

1. 隔离开关位置自动修正功能

(1) 检验说明。模拟保护正常运行时，L2 副母线隔离开关辅助触点接触不良，试检验自动修正隔离开关位置的功能（A 相）。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。电流 A：L1-N 相入；L1-A 相出—L2-A 相入；L2-N 相出—L3-N 相入。电流 N：L3-A 相入。

2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵投”。

3) 开入配合：母联断路器合位；在菜单中将 L2 副母线隔离开关设为“自动”。

(3) 检验仪器设置。设置如图 4-64 所示。

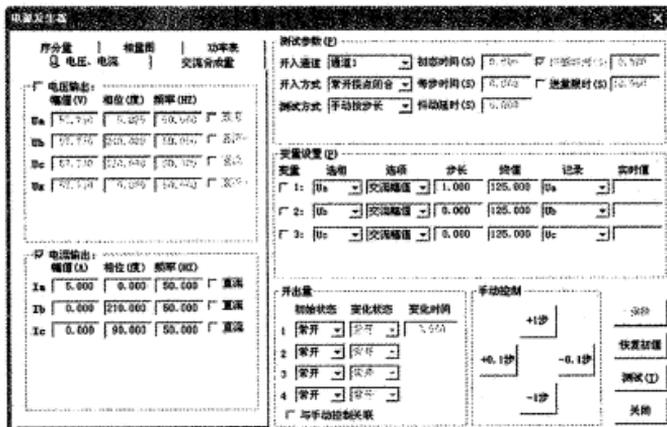


图 4-64 参数设置

(4) 信号与报告。装置开入异常灯亮，无保护动作，接线图中 L2 接至副母线位置。恢复菜单设置，异常灯仍亮，使用复归按钮将其复归。

2. 强制互联功能

(1) 检验说明。设保护正常运行时，L1 TA 回路 B 相发生短路，保护应有自动判别功能。试验证此时保护装置 B 相的运行情况。

(2) 试验接线。

1) 交流接线。电流 A：L2-B 相入；L2-N 相出—L3-B 相入。电流 B：L1-B 相入。电流 N：L3-N 相入；L3-N 相出—L1-N 相入。

2) 把手压板配合：把手放于“差动投，失灵投”。

3) 开入配合：母联断路器合位。

4) 开出配合：INPUT-1 (+) 接 L3 跳闸正 (X4-3)，INPUT-1 (-) 接压板“LP13-L3 跳”。

闸 1”；INPUT-2 (+) 接 L2 跳闸正 (X4-2)，INPUT-2 (-) 接压板“LP12-L2 跳闸 1”。

(3) 检验仪器设置。

1 态：210ms，参数设置如图 4-65 所示，此态不判开入。

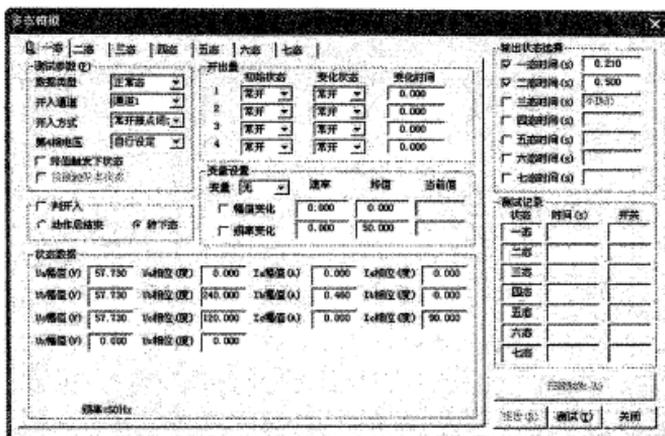


图 4-65 1 态参数设置

2.1 态：0.5s，参数设置如图 4-66 所示。使用通道 1 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

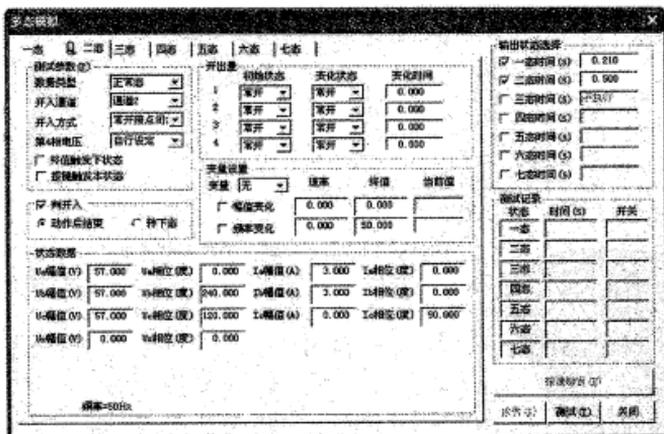


图 4-66 2.1 态参数设置

2.2 态：0.5s，参数设置如图 4-66 所示。使用通道 2 判开入，开入方式为“常开接点闭合”。

(4) 信号与报告。显示 I、II 母线母差保护动作，互联灯亮，两次测试动作时间应一致；

当 1 态时间改为 180ms 时结果应为 II 母线动作，且互联灯不亮。



第三节 保护检验流程及常见故障处理

保护检验项目见表 4-7。

表 4-7 保护检验项目

序号	检验项目	新安装	全部检验	部分检验
1	检验前准备工作	√	√	√
2	回路检验			
3	电流、电压互感器检验	√		
4	回路检验	√	√	√
5	二次回路绝缘检查	√	√	√
6	屏柜及装置检验			
7	外观检查	√	√	√
8	绝缘试验	√		
9	上电检查	√	√	√
10	逆变电源检查	√	√	√
11	开关量输入回路检验	√	√	√
12	输出触点及输出信号检查	√	√	√
13	模数变换系统检验	√	√	√
14	整定值的整定及检验	√	√	√
15	纵联保护通道检验			
16	操作箱检验	√	√	√
17	整组试验	√	√	√
18	与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验	√	√	√
19	装置投运	√	√	√

1. 检验前准备工作

DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》中第 5.2.1 条规定：“在现场进行检验工作前，应认真了解被检验装置的一次设备情况及其相邻的一、二次设备情况，及与运行设备关联部分的详细情况，据此制定在检验工作全过程中确保系统安全运行的技术措施。”

因此，通常情况下，在进行微机保护检验前必须根据工作任务，针对一次设备状态以及保护状态制定二次工作安全措施票，并执行相关安全措施。对于 BP-2B 型保护装置，安全措施票的内容见表 4-8。

其余内容及要求详见 DL/T 995—2006 第 5.2 节。

表 4-8 适用于 BP-2B 型母线保护装置的二次工作安全措施票

二次工作安全措施票					
站名	超高压培训基地	检验性质			
二次设备名	220kV 母线第一套保护	二次设备状态		停用	
装置型号	BP-2B	一次设备状态		220kV1 号母线运行	
执行人		执行日期			
恢复人		恢复日期			
序号	技术措施项	措施内容	执行细目	执行	恢复
1	断开联跳压板 及启动 DTT 压板	断开第一组联跳压板	LP11 29		
2		断开第二组联跳压板	LP31 49		
3		断开启动 DTT 压板			
4	直流电源回路	隔离保护单元直流	拉开 1K 直流小开关		
5		隔离闭锁单元直流	拉开 2K 直流小开关		
6	交流电压回路	隔离 I 母线保护电压	拉开 UK1 交流小开关		
7		隔离 II 母线保护电压	拉开 UK2 交流小开关		
8		隔离母线电压 N600	挑开 X14: 4, X14: 8 内侧连线		
9	交流电流回路	隔离保护用电流回路	可靠短接 X12 端子排外侧后, 断开其凤凰端子连片 (每 6 个端子一组)		
10					
11					
12	需使用绝缘胶带 隔离的带电端子	第一组联跳出口	X5: 1-18		
13		第二组联跳出口	X7: 1-18		
14		直流电源回路	X1: 1-5		
15		电流电压回路	X12 外侧, X14 外侧		
16		交流电源回路	X13: 1-6		
17		公共回路正电源	X2: 1-16、X2: 37-47 X2: 63-66		
18	本回路特殊安排	记录运行隔离开关位置			
19	试验拆接线	记录试验过程中的拆接线			

注意事项:

1. 执行措施内容前应注意设备状态, 记录压板/切换开关/空气小开关位置, 以及运行整定区、保护信号等, 恢复安全措施后应按记录将设备状态复原。
 2. 措施内容应视一、二次设备状态而定。
 3. 交流电流回路恢复安排时, 要确保回路连续性, 注意三相负荷应基本对称。
 4. 合上交直流小开关前, 应确保其负荷侧绝缘良好。
 5. 恢复联跳及 DTT 压板时, 应注意出口处无正电。
- (注: 见 DL/T 995—2006 第 8.1 节)

编制人		审核人		审核日期	
-----	--	-----	--	------	--



2. 回路检验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

3. 电流、电压互感器检验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

4. 回路检验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

5. 二次回路绝缘试验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

6. 屏柜及装置检验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

7. 外观检查

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

8. 绝缘试验

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

9. 上电检查

(1) 合上直流电源空气开关 1K、2K，再依次合电源插件 BP361 和 BP360 上的船形小开关。电源开关合上后，若电源模块无异常，相应的电源指示灯亮。

(2) 上电后，若装置软件开始正常运转，此时可通过装置指示灯和界面显示检查装置是否有异常情况。

1) 通信指示灯是否正常闪烁。

2) 液晶是否正常显示，若亮度异常，调节液晶对比度。

3) 参考界面说明，进入“查看—装置信息窗口”菜单，核对软件版本是否符合要求。

4) 自检菜单中是否有自检异常，若无异常，则相关的保护在自检正常后已投入。

(3) 进入“查看—装置运行记录”菜单中的上电时间界面，检查装置的保护元件、闭锁元件、管理元件的上电时间是否一致（装置内时钟是否同步，精确到秒）。若相差较大，可在参数菜单—时钟设置选项手动校时。

(4) 连接好打印机及装好打印纸，打印机电源使用交流 220V，打印机连接线连接正确后再打开打印机的电源开关。

(5) 注意微机保护的三排信号灯，分别表示保护元件、闭锁元件和管理机的电源、运行、通信状况。如果第一、二排绿灯长亮，第三排灯闪表明此类电源正常。若出现面板电源灯不亮、液晶面板不亮的情况，则就要检查到背板上的 5 个小开关是否在“ON”位置，供给电源的上级直流回路是否存在虚接和错接，上级直流回路的虚接和错接的故障点一般在端子排上或直流电源小开关 1K、2K 上。

(6) 背板电源小开关对应装置面板电源灯的情况：

1) 第一个电源小开关，对应管理电源灯，关闭此开关，液晶面板不亮。

2) 第二个电源小开关，对应操作电源灯，关闭此开关，保护屏面板上信号灯不亮。

3) 第三个电源小开关（闭锁电源），对应闭锁电源、闭锁运行、闭锁通信灯。

4) 第四个电源小开关（差动电源），对应保护电源、保护运行、保护通信灯。

10. 逆变电源检查

详见 DL/T 995—2006 第 6 章。

11. 开关量输入回路检验

(1) 分别投入保护功能压板 LP-79 “母联过电流压板”和 LP-78 “充电保护投入压板”，在液晶面板可看到是否投入。

(2) 通过投切“投母差、投失灵”把手，观察母差开放和失灵开放灯应相应亮。此外检查复归键是否良好。

如果上述现象均无，可认为开入的正负电可能没有，检查 X1: 20 至 X11: 38 是否虚接。X11 上面应该有 16 根内部线，9 根线连至 LP51 至 LP59 失灵启动压板，1 根去复归按钮，1 根去 QK，1 根是从 X1-20 过来的开入正电源，还有至母线分列、母线互联、充电保护投入压板和母联过电流压板的 4 根开入正电源，此外还有 1 根开出的电缆提供母联断路器位置的正电源。也可检查开入量负电源 X1-23 上面的 1n-008 是否虚接，开入板 1n1 是否松动。如果仅有复归按钮复归不了，可检查 X11-30 上复归按钮的正电“RT-1”是否虚接，同理如果母差开放和失灵开放灯不亮，检查 X11-30 至“QB-6”的正电源是否虚接。

(3) 根据母联断路器的位置，分别试验 LP-77 母线互联压板和 LP-76 母线分列压板的功能。

(4) 面板上信号灯显示异常，各种情况的分析如下：

1) “开入异常”灯亮，通常由以下原因引起，可依次排除：

a) 母联断路器位置不对应，动合、动断触点同时有，或者同时没有，可以分合断路器，检查此回路。

b) 母联断路器在合位，但母线分列压板投入或被短接。

c) 失灵开入常有（可以看间隔的失灵触点）。

d) 失灵解闭锁开入常有（通过搭电位 X9: 6 上常有正电）。

2) “互联”灯亮，通常由以下原因造成，依次排除：

a) 控制字置：“互联”。

b) 母线互联压板投入或被短接。

c) 某间隔双母线闸刀位置均有，先在间隔设置里检查，然后去检查端子排上此间隔的闸刀位置接线处是否有短接。

异常信号故障示例见表 4-9。

(5) 检查 BP-2B 面板显示中母联断路器位置是否与模拟断路器实际位置是否相符，若与模拟断路器的实际位置不符，存在的故障有：

1) 如果正好与模拟断路器的实际位置相反，则断路器位置的合位、分位开入相反。

2) 如果模拟断路器为合位时，面板上位置正确，模拟断路器为分位时，面板上位置还是合位，则检查母联断路器分位开入。

3) 如果模拟断路器为分位时，面板上位置正确，模拟断路器为合位时，面板上位置是合位，但开入异常，则检查母联断路器合位开入。



表 4-9

异常信号故障示例

装置运行或操作	装置指示灯	液晶界面
隔离开关变位	开入变位灯亮, 开入异常灯亮(开入检验错误时)	事件记录和运行方式变位记录, 主界面自动刷新
信号复归	非跳闸过程中, 信号被复归	信号复归记录
保护自检异常	保护异常	自检记录
闭锁自检异常	闭锁异常	自检记录
TA 断线	TA 断线灯亮	装置告警记录
TV 断线	TV 断线灯亮, 母线段的差动开放和失灵开放灯亮	电压闭锁记录 装置告警记录
出口触点退出	出口闭锁灯亮	保护控制字显示
通信中断	通信指示灯灭	通信无响应和自检菜单
保护动作	对应的保护出口信号灯亮	液晶界面自动回到主界面, 下窗口显示动作信息

12. 输出触点及信号检查

利用差动保护动作, 传动保护装置的输出触点。根据图纸, 查出触点的用途, 投入所有出口压板, 在保护端子排处使用万用表测量其通断状况, 观察其动作及信号显示是否正确。若观察到的现象与表中或图纸不符, 则应检查对应端子至装置背板连线是否存在错接或虚接。

(1) 将母联断路器或分段的隔离开关强制合, 奇数单元强制合 I 母, II 母自适应; 偶数单元强制合 II 母线, I 母线自适应, 检验隔离开关位置显示。任一单元加电流 ($2I_N$), 使所在母线动作。检测跳闸触点并记录。

(2) 改变强制隔离开关的位置, 母联断路器或分段的隔离开关强制合, 奇数单元强制合 II 母, I 母自适应; 偶数单元强制合 I 母, II 母自适应, 检验隔离开关位置显示。任一单元加电流 ($2I_N$), 使所在母线动作。检测跳闸触点并记录。

(3) 告警信号的试验, 装置面板上 TA 断线、TV 断线、互联、开入异常、开入变位、出口退出信号灯显示正确。检测信号灯及相应的端子。

(4) 将运行电源空气断路器断开时, “运行电源消失, 操作电源消失” 信号端子导通; 将操作电源空气断路器断开时, “操作电源消失” 信号端子导通。

13. 模数变换系统检验

(1) 零漂检验以及刻度调整。

(2) 模入量精度及线性度检验。

操作步骤及试验标准详见相关保护装置说明文档与技术规程。

(3) 模入量接入正确性检验。

1) 在通采样之前检查一下检验相关间隔闸刀位置切换开关正确, 闸刀位置正确。若闸刀位置显示不正确, 闸刀位置相关回路存在故障点, 可能是端子排上的线虚接或错接, 排除故障点。

2) 检查交流量参考间隔: 通常可以在“预设—相位基准”菜单下把第一电流间隔的 A 相电流作为参考量。

(4) 电流回路故障分析。第一电流间隔为母联，从端子排 X12: 1~6 上依次为 A 进、B 进、C 进、A 出、B 出、C 出，线色为黄、绿、红三色，三相电流分别为 A 相 $2L 0^\circ A$ ，B 相 $3L 240^\circ A$ ，C 相 $4L 120^\circ A$ 。如果相别更换很容易看出来，通入不同的三相采样量，要注意幅值和相位。

常设的故障为某相电流极性错，某相分流（即此相跟零相有短接）或者两相分流（某两相有短接），注意端子排和背板上是否有小扎丝，还有某两个间隔的电流回路互换。观察采样的同时还要关注变比是否正确，这也是常设的故障，在“间隔单元—保护间隔”菜单下可查看。再检查大、小差的计算变比是否跟给定值相同，这也是常设的故障。间隔变比的修改在“预设—间隔设置”菜单下。

依次给检验需要的电流间隔分别通入采样，在 L2~L9 间隔通采样中，需要把母联间隔的 A 相电流串入以提供相位。故障排除思路与上述相同。

如果通采样时各相关回路电流试验正确，但通平衡试验时电流采样值与检验仪输出电流值不相等，应检查相关间隔电流回路 N 相是否存在短接现象。

(5) 电压回路故障分析。电压采样回路检查，同样需要串入母联 A 相电流提供相位参考，分别通入三相电压：A 相 $30 \angle 0^\circ V$ ，B 相 $40 \angle 240^\circ V$ ，C 相 $50 \angle 120^\circ V$ ， U_2 为 5.77V， $3U_0$ 为 17.24V。注意只合此母线电压小开关，防止两母电压短接故障。

如果零相虚接，三相电压数值趋于平衡，很容易判断出故障；如果某两相换线，直接可以从数值中判断，例 A、B 相换线，A 相为 $40 \angle 0^\circ V$ 、B 为 $30 \angle 120^\circ V$ 、C 为 $50 \angle 240^\circ V$ ；如果某相与零相换，此相电压数值不变，其他两相电压升高为线电压，以 AN 相电压互换为例，A 相为 $30 \angle 0^\circ V$ 、B 为 $60.83 \angle 35^\circ V$ 、C 为 $70.06 \angle 321^\circ V$ 。电压线有颜色区别：黄绿红黑。

另外如换线和虚接同时存在，则面板电压读数更复杂，不容易分析出故障，可采用直接查线的方法，有利于故障点的排除。

14. 装置值的整定及检验

(1) 打印整定值。进入“查看—整定值—打印”菜单，选择定值区打印定值。打印机应正确打印；若打印机不能打印，则可能是打印机交流电源失却。

(2) 核对整定值。将打印的定值清单与整定单逐一核对，常见的故障有：

1) 控制字，特别注意定值区号，防止当前定值区的错误整定。

2) 控制字中的“互联”“退出跳闸出口”“充电保护闭锁母差”等。

3) 间隔刀闸处于双跨状态。此时，应检查“参数—运行方式设置”菜单下刀闸设置是否正确。

(3) 定值检验。见本章第三节。

15. 操作箱的检验

(1) 操作回路检查。检查操作箱上合位、分位灯是否正确。涉及分位灯的端子排为 4C1D8 至 4C1D15，涉及合位灯的端子排为 4C1D1 至 4C1D6。

操作箱断路器位置灯不亮，可能存在的故障点是至操作回路的正负电源虚接，或至模拟断路器的正、负电虚接，或者是跳、合闸指示灯回路存在故障。

故障点举例：



1) 4C1D1 和 4C1D2 的短连片拆除, 或者 4C1D1 上 4n138 虚接, A 相合位灯不亮 (母联断路器合位时)。

2) 4C1D8 和 4C1D9 的短连片拆除, 或者 4C1D8 上 4n5 虚接, A 相跳位灯不亮 (母联断路器分位时)。

验证操作回路正确性时, 手动合闸回路和手动分闸回路中可以设置故障点, 手动合闸在端子排上是 4Q1D22, 当 4n35 和 4n4 的短连片拆除后, 又 3YJJ 压力降低禁止合闸继电器失电, 将无法手动合闸。当手动跳闸 4Q1D26 和第一组永跳启动失灵回路 4Q1D11 上的内部线交换, 即 4n37 和 4n38 交换 (可在端子排或操作箱背板上设置故障点), 手动分闸回路不正确, 也可由面板上的跳闸信号灯发现故障现象。

(2) 联动断路器试验。验证母联断路器操作回路正确性时, 可用短接线短接 4Q1D1 和 4Q1D22 手动合闸回路合模拟断路器, 短接 4Q1D1 和 4Q1D26 手动分闸回路分模拟断路器。可以通过验证操作回路正确性的试验发现跳合闸回路中操作屏部分存在的故障。若短接 X4-1 和 X5-1 来分模拟断路器, 同样可发现跳闸回路中存在的故障。

母联断路器跳闸出口压板 LP11, 端子排上 X4-1 和 X5-1, LP-11 压板的下桩头连线 2N3-114, LP-11 压板的上桩头连线 X5-1。如果跳断路器时, 断路器不能跳开, 可查看这些地方接线是否正确。

母联断路器跳闸触点启动操作箱第一组永跳启动失灵 11TJR, 端子排为 4Q1D1 和 4Q1D11。保护屏和操作屏间的这根联系电缆上设置故障点可使用测正、负电位是否正确的方法来排除故障。

跳闸回路故障点通常为虚接或者换线, 认真核对小线编号, 再加上核对各点该有的电位。跳合闸回路正确的接线方法: 4C1D9 接 107a, 4C1D12 接 107b, 4C1D15 接 107c, 4C1D2 接 137a, 4C1D4 接 137b, 4C1D6 接 137c。

可能存在的故障点: 跳合闸回路虚接或位置接错 (包括端子排上保护屏内部线和外部电缆); 4C1D9、4C1D12、4C1D15 短接; 4C1D2、4C1D4、4C1D6 短接。

故障点举例:

1) 137a 虚接, A 相合位灯不亮, A 相模拟断路器无法跳闸 (母联断路器合位时)。

2) 4C1D2 上的 4n11 虚接, A 相合位灯亮, 但 A 相模拟断路器无法跳闸 (母联断路器合位时)。

3) 107a 虚接, A 相分位灯不亮, A 相模拟断路器无法合闸 (母联断路器分位时)。

4) 4C1D9 上 4n6 虚接、同时 4C1D9 和 4C1D10 连接片断开, A 相分位灯亮, 但 A 相模拟断路器无法合闸 (母联断路器分位时)。

16. 整组试验

详见 DL/T 995—2006 第 6~8 章。

17. 与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验

详见 DL/T 995—2006 第 6~8 章。

18. 装置投运

详见 DL/T 995—2006 第 6~8 章。

PST-1200 型变压器保护装置

◎ 本章摘要

本章主要介绍 PST-1200 型变压器保护装置的配置情况,以及相关的保护原理;详细描述了保护装置性能的检验方法;归纳出一套可运用于实际生产的标准检验流程,并对 PST-1200 型成套保护屏内常见故障的一些处理方法进行了总结。

变压器纵联比率差动保护广泛应用于 220kV 变压器保护,比如比率制动性能检修、变压器纵联差动保护等,本章旨在将理论与实际操作相结合,通过对 PST-1200 型变压器保护装置的检验,使读者对纵联比率差动保护的微机化实现原理的认识更形象,也更具可操作性。

第一节 保护装置原理简介

一、装置概述

PST-1200 系列数字式变压器保护装置是以差动保护、后备保护和瓦斯保护为基本配置的成套变压器保护装置,适用于 500、330、220、110kV 等大型电力变压器。PST-1200 系列数字式变压器保护装置有两种不同原理的差动保护,基本配置设有完全相同的 CPU 插件,分别完成差动保护功能、高压侧后备保护功能、中压侧后备保护功能、低压侧后备保护功能,各种保护功能均由软件实现。瓦斯保护由独立机箱实现,其保护配置和各保护时限的跳闸逻辑也可在线编程。

二、装置特点

1. 人性化

- (1) 装置采用大屏幕全汉化液晶显示器,可显示 15×8 个汉字,显示信息多。
- (2) 事件和定值全部采用汉字显示或打印,而非字符表述方式。
- (3) 定值以表格方式输出,录波数据可选择波形输出或数据输出。
- (4) 计算机界面的调试和分析软件 Psvievw,不但能完成装置键盘上的功能,还能对保护录波数据进行分析。
- (5) 可独立整定 32 套定值,供改变运行方式时切换使用。

2. 大资源

- (1) 保护功能模块(CPU)的核心为 32 位微处理器,配以大容量的 RAM 和 Flash RAM,使得此装置具有极强的数据处理能力和存储能力,可记录的录波报告为 8~50 个,可记录的



事件不少于 1000 条。数据存入 Flash RAM 中，装置掉电后可保持。

- (2) A/D 模件采用 14 位的 A/D 转换和无源低通滤波，因此装置具有极高的测量精度。
- (3) 采用 CAN 网作为内部通信网络，数据信息进出流畅，事件可随时上传。

3. 高可靠性

(1) 装置采用背插式机箱结构和特殊的屏蔽措施，能通过 IEC 60255-22-4《测量继电器和保护设备 第 22-4 部分：电气干扰试验 电气快速瞬变/脉冲抗扰度试验》规定的 IV 级 [$4 \times (1 \pm 10\%) \text{ kV}$] 快速瞬变干扰试验、IEC 60255-22-2《测量继电器和保护设备 第 22-2 部分：电气干扰试验 静电放电试验》规定的 IV 级（空间放电 15kV，接触放电 8kV）静电放电试验，装置整体可靠性高。

- (2) 组屏可不加抗干扰模件。

4. 开放性

通信接口方式选择灵活，与变电站自动化系统配合，可实现远方定值修改和切换，事件记录及录波数据上传，压板遥控投退和遥测、遥信、遥控跳合闸。

5. 透明化

- (1) 记录保护内部各元件动作行为和录波数据。
- (2) 记录各元件动作时内部各计算值。
- (3) 可在 Psview 软件上分析保护内部各元件动作过程。

6. 免调试

(1) 在采样回路中，选用高精度、高稳定的器件，保证正常运行的高精度，避免因环境改变或长期运行而造成采样误差增大。

- (2) 细微的软件自动调整，提升装置精度。
- (3) 完善的自检功能，满足状态检修的要求。
- (4) 装置中无可调节元件，无需在现场调整采样精度，同时可提高装置运行的稳定性。

三、装置原理

(一) 二次谐波闭锁原理的差动保护 (SOFT-CD1)

1. 启动元件

保护启动元件用于开放保护跳闸出口继电器的电源及启动该保护故障处理程序。各保护 CPU 的启动元件相互独立，且基本相同。

启动元件包括差流突变量启动元件、差流越限启动元件。任一启动元件动作则保护启动。

- (1) 差电流突变量启动元件的判断为

$$|i_{ph}(t) - 2i_{ph}(t-T) + i_{ph}(t-2T)| > 0.5I_{cd}$$

式中：ph 表示 A、B、C 三相； I_{cd} 为差动保护动作定值。

当任一差电流突变量连续 3 次大于启动门槛时，保护启动。

(2) 差流越限启动元件是为了防止经大电阻故障时差电流突变量启动元件灵敏度不够而设置的辅助启动元件。该元件在差动电流大于差流越限启动门槛并持续 5ms 后启动。差流越限启动门槛为差动动作定值的 80%。

2. 差动电流速断保护元件

设置该元件是为了在变压器区内发生严重性故障时快速跳开变压器各侧断路器，其动作

判据为

$$I_d > I_{sd}$$

式中: I_d 为变压器差动电流; I_{sd} 为差动电流速断保护定值。

3. 2 次谐波制动元件

设置该元件是为了在变压器空投时防止励磁涌流引起差动保护误动, 其动作判据为

$$I_{(2)} > I_d X_{B2}$$

式中: $I_{(2)}$ 为差动电流中的 2 次谐波含量; I_d 为变压器差动电流; X_{B2} 为差动保护 2 次谐波制动系数。

4. 5 次谐波制动元件

设置该元件是为了在变压器过励磁时防止差动保护误动, 其动作判据为

$$I_{(5)} > I_d X_{B5}$$

式中: $I_{(5)}$ 为差动电流中的 5 次谐波含量; I_d 为变压器差动电流; X_{B5} 为差动保护 5 次谐波制动系数, 软件设定为 0.38。

5. 比率制动元件

设置该元件是为了在变压器区外故障时差动保护有可靠的制动作用, 同时在内部故障时有较高的灵敏度。

$$I_d = |\dot{I}_1 + \dot{I}_2 + \dot{I}_3 + \dot{I}_4|$$

$$I_z = \max(|I_1|, |I_2|, |I_3|, |I_4|)$$

如果订货方需要五侧, 则上述方程不适用, 请在订货合同或技术协议中特别说明。

其动作判据为

$$I_d \geq I_{cd} \quad \text{并且} \quad I_z \leq I_{zd}$$

或

$$3I_{zd} > I_z > I_{zd}, \quad I_d - I_{cd} \geq K_1(I_z - I_{zd})$$

或

$$I_z > 3I_{zd}, \quad I_d - I_{cd} - K_1 2I_{zd} \geq K_2(I_z - 3I_{zd})$$

式中: I_1 为 I 侧电流; I_2 为 II 侧电流; I_3 为 III 侧电流; I_4 为 IV 侧电流; I_{cd} 为差动保护电流定值; I_d 为变压器差动电流; I_z 为变压器差动保护制动电流; I_{zd} 为差动保护比率制动拐点电流定值, 软件设定为高压侧额定电流二次值; K_1 、 K_2 为比率制动的制动系数, 软件设定为 $K_1=0.5$, $K_2=0.7$ 。

比率制动曲线如图 5-1 所示。

6. TA 回路异常判别元件

设置该元件是为了在变压器正常运行时判别 TA 回路状况, 发现异常情况发告警信号, 并根据差流大小来决定是否闭锁差动保护, 其动作判据为:

- (1) $|\Delta I_{ph}| \geq 0.1 I_N$ 且 $|I_H| < |I_Q|$;
- (2) 相电流小于等于 I_{W1} , 且 $I_D \geq I_{W1}$;
- (3) 本侧 $|\dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c| \geq I_{W1}$ (仅对 TA 为星形接线方式);
- (4) $\max(I_{da}, I_{db}, I_{dc}) > I_{W1}$;
- (5) $\max(I_{da}, I_{db}, I_{dc}) > 0.577 I_{cd}$ 。

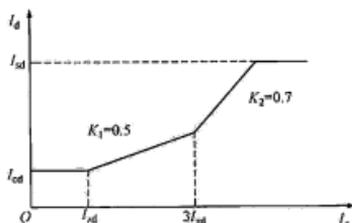


图 5-1 比率制动曲线



其中： ΔI_{ph} 为相电流突变量； I_{da} 、 I_{db} 、 I_{dc} 为A、B、C三相差流值； I_{cd} 为差动保护电流定值； I_N 为额定电流； I_Q 为前一次测量电流； I_H 为当前测量电流； I_D 为无流相的差动电流； I_{w1} 为无电流门槛值，取0.04倍的TA额定电流。

同时满足条件（1）~条件（4）判别为TA断线；仅条件（5）满足，判为差流越限。

7. 变压器各侧电流相位补偿元件

变压器各侧电流互感器采用星形接线，二次电流直接接入此装置。电流互感器各侧的极性以母线侧为极性端。

变压器各侧电流互感器二次电流相位由软件调整，装置采用Y— Δ 变化调整差流平衡。

对于YNd11接线，其校正方法如下

$$I_a' = (I_a - I_b) / \sqrt{3}$$

$$I_b' = (I_b - I_c) / \sqrt{3}$$

$$I_c' = (I_c - I_a) / \sqrt{3}$$

2次谐波闭锁原理的差动保护（SOFT-CD1）原理如图5-2所示。

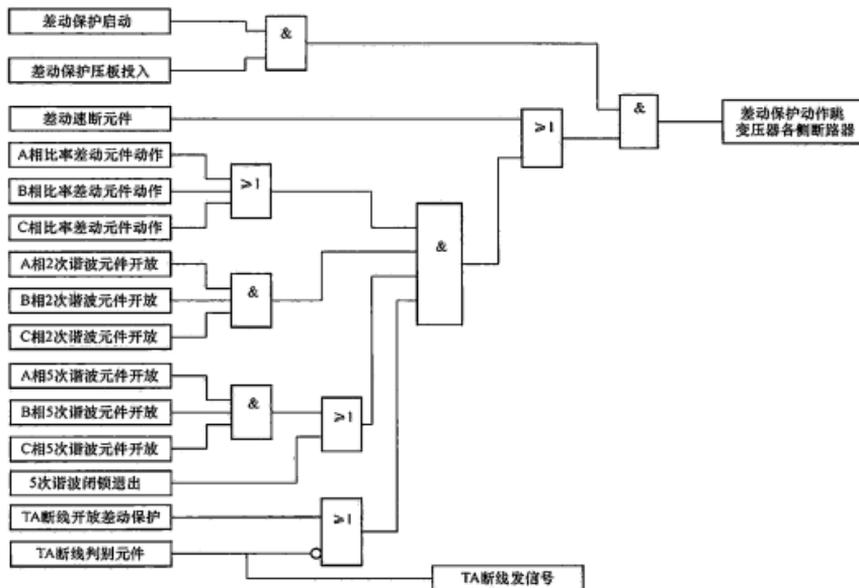


图5-2 2次谐波闭锁原理的差动保护（SOFT-CD1）原理图

（二）非电量保护

非电量保护完全独立于电气保护，仅反应变压器本体开关量输入信号，驱动相应的出口继电器和信号继电器，为保护提供跳闸功能和信号指示。非电量保护可选择信息上传功能，如信息需要通过通信上传，请在保护技术协议或合同中说明。保护包括：本体重瓦斯、调压重瓦斯、压力释放1、本体轻瓦斯、调压轻瓦斯、压力释放2、冷却器故障、油温高、本

体油位异常、风冷消失、绕组温度高、调压油位异常。本体特殊的订货时需注明。

冷却器故障可提供两组延时（1~99min），出口触点各自独立。

非电量保护接线如图 5-3 所示。

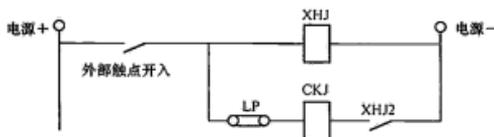


图 5-3 非电量保护接线图

（三）后备保护

1. 复合电压闭锁（方向）过电流保护

复合电压闭锁（方向）过电流保护反应相间短路故障，可作为变压器的后备保护。交流回路采用 90°接线，侧 TV 断线时，保护的方向元件退出，成为复合电压过电流。TV 断线后若电压恢复正常，保护也随之恢复正常。该保护包括以下元件：

（1）复合电压元件。电压取自本侧的 TV 或变压器各侧 TV，动作判据为

$$\min(U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}) < U_{ddy}$$

$$U_2 > U_{fx}$$

式中： U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 为线电压； U_{ddy} 为低电压定值； U_2 为负序电压； U_{fx} 为负序电压定值。

以上两个条件为逻辑“或”的关系。

（2）功率方向元件。电压、电流取自本侧的 TV 和 TA，TA 的正极性端指向母线，封非极性端。方向可投退，投入时，220kV 侧固定指向变压器，110kV 侧固定指向母线。指向变压器的动作判据为： \dot{U}_{ab} 与 \dot{I}_c 、 \dot{U}_{bc} 与 \dot{I}_a 、 \dot{U}_{ca} 与 \dot{I}_b 三个夹角（电流落后电压时角度为正），其中任一满足 $45^\circ > \delta > -135^\circ$ ，最大灵敏角为 -45° 。指向母线的动作判据与指向变压器相反。功率方向元件指向变压器的动作特性如图 5-4 所示。

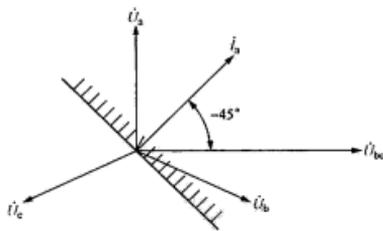


图 5-4 功率方向元件指向变压器的动作特性

（3）过电流元件。电流取自本侧的 TA。动作判据为

$$I_a > I_{fg}$$

$$I_b > I_{fg}$$

$$I_c > I_{fg}$$

式中： I_a 、 I_b 、 I_c 为 A、B、C 三相电流； I_{fg} 为过电流定值。

以高压侧为例，复合电压闭锁（方向）过电流保护原理如图 5-5 所示。

2. 复合电压闭锁过电流保护

复合电压闭锁过电流保护反应相间短路故障，可作为变压器的后备保护。此保护包括以下元件：

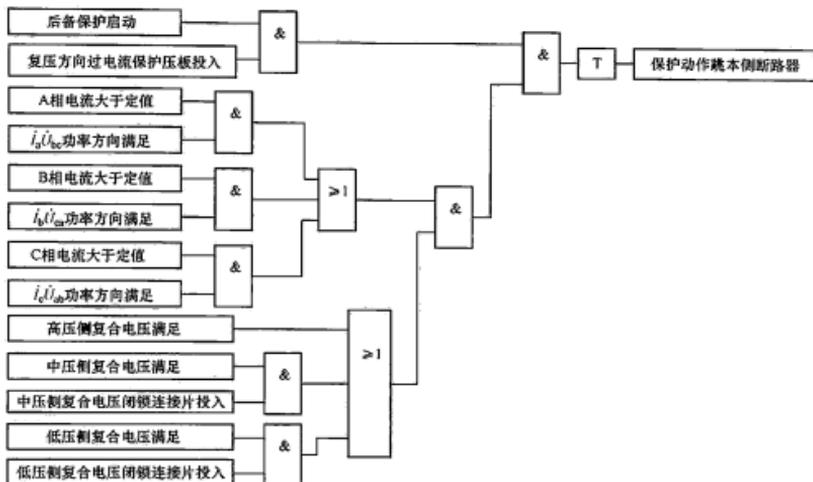


图 5-5 复合电压闭锁（方向）过电流保护原理图（以高压侧为例）

(1) 复合电压元件。电压取自本侧的 TV 或变压器各侧 TV，动作判据为

$$\min(U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}) < U_{ddy}$$

$$U_2 > U_{fx}$$

式中： U_{ab} 、 U_{bc} 、 U_{ca} 为线电压； U_{ddy} 为低电压定值； U_2 为负序电压； U_{fx} 为负序电压定值。

以上两个条件为逻辑“或”的关系。

(2) 过电流元件。电流取自本侧的 TA。动作判据为

$$I_a > I_{fgl}$$

$$I_b > I_{fgl}$$

$$I_c > I_{fgl}$$

式中： I_a 、 I_b 、 I_c 为 A、B、C 三相电流； I_{fgl} 为过电流定值。

以上三个条件为逻辑“或”的关系。

以高压侧为例，复合电压闭锁过电流保护原理如图 5-6 所示。

3. 定时速断过电流保护

定时速段过电流保护反应相间短路故障，可作为变压器低后备保护。

该保护的过电流元件，电流取自本侧的 TA。动作判据为

$$I_a > I_{fgl}$$

$$I_b > I_{fgl}$$

$$I_c > I_{fgl}$$

式中： I_a 、 I_b 、 I_c 为 A、B、C 三相电流； I_{fgl} 为过电流定值。

以上三个条件为逻辑“或”的关系。

以低后备为例，定时速段过电流保护原理如图 5-7 所示。

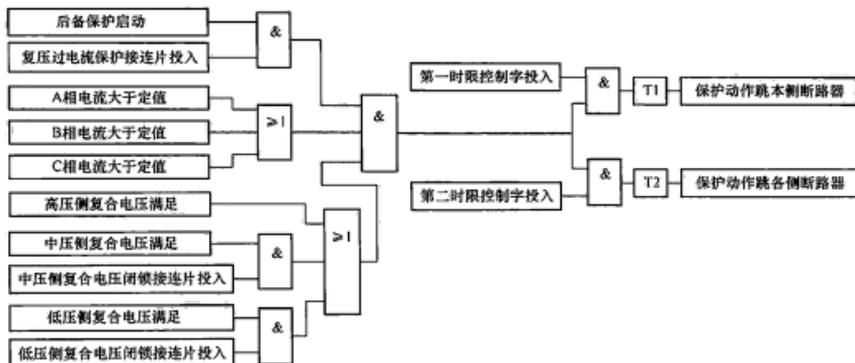


图 5-6 复合电压闭锁过电流保护原理图（以高压侧为例）

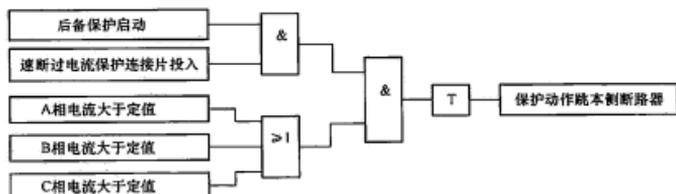


图 5-7 定时速断过电流保护原理图（低后备）

4. 零序（方向）过电流保护

零序（方向）过电流保护反应单相接地故障，可作为变压器的后备保护。交流回路采用 0° 接线，电压、电流取自本侧的 TV 和 TA。TV 断线时，保护的方向元件退出，成为零序过电流。TV 断线后若电压恢复正常，保护也随之恢复正常。该保护包括以下元件：

(1) 零序过电流元件。动作判据为

$$3I_0 > I_{0gl}$$

$$3I_0 = I_a + I_b + I_c$$

式中： $3I_0$ 为三相电流 I_a 、 I_b 、 I_c 在软件中合成的零序电流； I_{0gl} 为零序过流的电流定值。

(2) 功率方向元件。电压 $3U_0$ 取自本侧的三相 TV 自产的零序电压 ($3U_0 > 5V$)，电流 $3I_0$ 取本侧三相 TA 自产的零序电流，方向可投退，投入时，220kV 侧固定指向变压器，110kV 侧固定指向母线。指向变压器的动作判据为： $3\dot{U}_0$ 与 $3\dot{I}_0$ 夹角 δ （电流落后电压时角度为正）满足 $-15^\circ > \delta > -195^\circ$ ，最大灵敏角为 -105° 。指向母线的动作判据与指向变压器相反。功率方向元件指向变压器的动作特性如图 5-8 所示。

以高压侧为例零序（方向）过电流保护原理如图 5-9

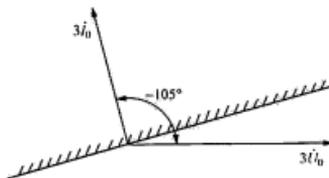


图 5-8 功率方向元件指向变压器的动作特性



所示。

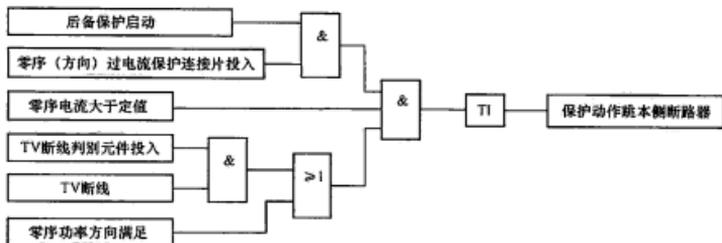


图 5-9 零序(方向)过电流保护原理图(以高压侧为例)

5. 间隙零序过电压保护

间隙零序过电压保护反应变压器间隙电压,可作为变压器的后备保护。

保护的间隙零序过电压元件,动作判据为

$$3U_0 > U_{0L}$$

式中: $3U_0$ 为零序电压,取自本侧零序 TV; U_{0L} 为间隙零序过压的电压定值。

6. 中性点零序过电流保护

(1) 对于自耦变压器,该保护反应变压器中性点零序电流。

该保护包括中性点过电流元件,动作判据为

$$I_{zxd} > I_z$$

式中: I_{zxd} 为中性点电流,取自本侧中性点 TA (采样通道为间隙电流通道); I_z 为中性点过流的电流定值。

(2) 对于非自耦变压器,该保护反应变压器间隙零序电流。

该保护包括间隙零序过电流元件,动作判据为

$$3I_{0g} > I_{gg}$$

式中: $3I_{0g}$ 为间隙零序电流,取自本侧中性点间隙 TA (采样通道为间隙电流通道); I_{gg} 为间隙零序过电流的电流定值。

7. TV 回路异常判别元件

TV 回路异常判别元件仅在保护正常运行时投入,当保护启动后,退出本元件。其动作判据为

$$\begin{aligned} U_2 &> 8V \\ \min(U_{ab}, U_{bc}, U_{ca}) &< 70V \\ U_1 &< 4V \end{aligned}$$

式中: U_1 、 U_2 分别为本侧的正序电压和负序电压。

满足条件(1)或条件(2)判为 TV 断线,满足条件(3)判为 TV 三相失压。

四、命令菜单简介

PST-1200 系列数字式变压器保护装置面板如图 5-10 所示。

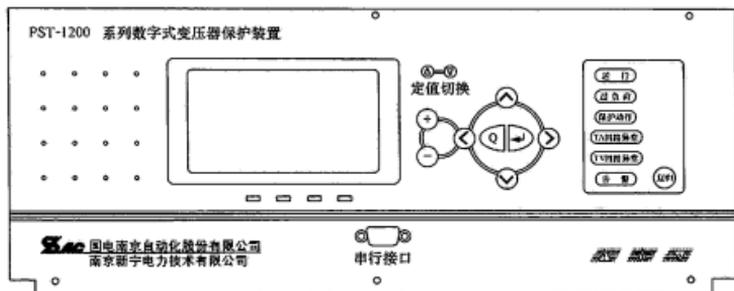


图 5-10 PST-1200 系列数字式变压器保护装置面板

PST-1200 系列数字式变压器保护装置菜单结构如图 5-11 所示。

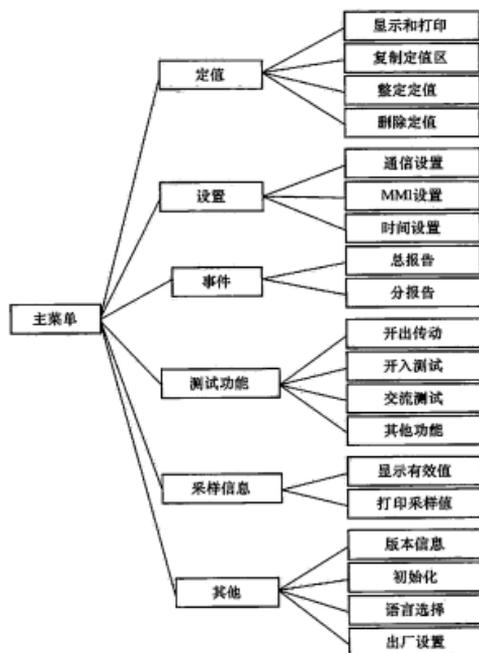


图 5-11 PST-1200 系列数字式变压器保护装置菜单结构

第二节 保护定值及性能检验

一、检验内容

检验项目见表 5-1。



表 5-1

检 验 项 目

序 号	项 目	新安装	全部检验	部分检验
A1	差动保护启动值检验	√	√	√
A2	差动保护比例制动特性检验	√	√	√
A3	差动保护 2 次谐波制动检验	√	√	√
A4	差动保护 5 次谐波制动检验	√	√	√
B	复压闭锁方向过电流保护检验	√	√	√
C	零序方向过电流保护检验	√	√	√
D	间隙保护检验	√	√	√

相关保护定值见表 5-2~表 5-4。

表 5-2

2 次谐波闭锁原理的差动保护 (SOFT-CD1) 定值清单

序 号	定值名称	代 码	定 值	单 位
01	控制字	KG	0C10	无
02	差动动作电流	ICD	2.00	A
03	速断动作电流	ISD	10.00	A
04	二次谐波制动系数	XBB2	0.15	无
05	高压侧额定电流	IN	2.80	A
06	高压侧额定电压	HDY	220.0	kV
07	高压侧 TA 变比	HTA	200	无
08	中压侧额定电压	MDY	110.0	kV
09	中压侧 TA 变比	MTA	250	无
10	低压侧额定电压	LDY	35.00	kV
11	低压侧 TA 变比	LTA	300	无

表 5-3

控 制 字 定 义 表

位 号	代 码	置 0 时的含义	置 1 时的含义
15~13		备用	备用
12	KG_IN	TA 额定电流 5A	TA 额定电流 1A
11	KG_YABC	Yd11 接线	Yd11 接线
10	KG_YL	低压绕组星形接线	低压绕组三角形接线
09	KG_YM	中压绕组星形接线	中压绕组三角形接线
08	KG_YH	高压绕组星形接线	高压绕组三角形接线
07~06		备用	备用
05	KG_TADX	TA 断线开放差动	TA 断线闭锁差动
04	KG_XB5	5 次谐波制动退出	5 次谐波制动投入

续表

位号	代码	置 0 时的含义	置 1 时的含义
03		备用	备用
02	KB_TAYL	低压侧 TA 星形接线	低压侧 TA 三角形接线
01	KB_TAYM	中压侧 TA 星形接线	中压侧 TA 三角形接线
00	KB_TAYH	高压侧 TA 星形接线	高压侧 TA 三角形接线

表 5-4 高后备保护定值清单

序号	定值名称	代码	范围	单位
01	控制字	KG	87FF	无
02	复压低电压定值	UL	40.0V	V
03	复压负序电压定值	UE	6.00V	V
04	复压方向过电流定值	FYFX	5A	A
05	复压方向过电流 1 延时	TFGL1	0.10s	s
07	复压方向过电流 2 延时	TFGL2	0.20s	s
08	复压方向过电流 3 延时	TFGL3	2.00s	s
09	零序方向过电流定值	LXFX	4.00A	A
10	零序方向过电流 1 延时	TLFX	0.50s	s
12	零序方向过电流 2 延时	TLGL1	1.00s	s
13	零序方向过电流 3 延时	TLGL2	1.50s	s
14	间隙零序过电流定值	JGL	3.00A	
15	间隙零序过电压定值	JGY	180V	V
16	间隙过电压保护 1 时限	TJX1	1.00s	s

二、检验方法与步骤

(一) 比率差动保护检验

(1) 变压器差动保护定值示例见表 5-5。

表 5-5 变压器差动保护的定值示例

控制字	OC10	控制字内容:
差动动作电流	2.00A	高压侧 TA 星形接线
速断动作电流	10.00A	中压侧 TA 星形接线
高压侧额定电流	2.80A	低压侧 TA 星形接线
高压侧额定电压	220.0	5 次谐波制动投入
高压侧 TA 变比	200	TA 断线开放差动
中压侧额定电压	110.0	高压绕组星形接线
中压侧 TA 变比	250	中压绕组星形接线
低压侧额定电压	35.00	低压绕组三角形接线
低压侧 TA 变比	300	Yd11 接线
		TA 额定电流 5A



(2) 平衡系数的计算。比率差动保护根据三侧额定电压和三侧 TA 变比及变压器绕组接线方式自动调整电流平衡。

高压侧绕组为星形, 高压侧平衡系数为 $\frac{1}{\sqrt{3}}$; 高压侧绕组为三角形, 高压侧平衡系数为 1; 中压侧绕组为星形, 中压侧平衡系数为 $\frac{U_{N,M} \times n_{TA,M}}{U_{N,H} \times n_{TA,H} \times \sqrt{3}}$; 中压侧绕组为三角形, 中压侧平衡系数为 $\frac{U_{N,M} \times n_{TA,M}}{U_{N,H} \times n_{TA,H}}$; 低压侧绕组为星形, 低压侧平衡系数为 $\frac{U_{N,L} \times n_{TA,L}}{U_{N,H} \times n_{TA,H} \times \sqrt{3}}$; 低压侧绕组为三角形, 低压侧平衡系数为 $\frac{U_{N,L} \times n_{TA,L}}{U_{N,H} \times n_{TA,H}}$ 。其中: $U_{N,H}$ 、 $U_{N,M}$ 、 $U_{N,L}$ 分别为高、中、低压侧额定电压; $n_{TA,H}$ 、 $n_{TA,M}$ 、 $n_{TA,L}$ 分别为高、中、低压侧 TA 比。

根据定值示例 (见表 5-5), 高、中、低压侧平衡系数分别为

$$K_H = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$K_M = \frac{110 \times 250}{220 \times 200 \times \sqrt{3}} = 0.361$$

$$K_L = \frac{35 \times 300}{220 \times 200} = 0.239$$

1. 启动值检验

根据定值示例 (见表 5-5), 高、中、低压侧差动保护启动值如下

$$I_H = \frac{I_{cd}}{K_H} = \frac{2}{\frac{1}{\sqrt{3}}} = 3.46 \text{ (A)}$$

$$I_M = \frac{I_{cd}}{K_M} = \frac{2}{0.361} = 5.54 \text{ (A)}$$

$$I_L = \frac{I_{cd}}{K_L} = \frac{2}{0.239} = 8.37 \text{ (A)}$$

下面介绍手动测试法。以高压侧 A 相启动值检验为例, 投入差动压板。

打开测试仪主菜单, 双击“手动试验”子菜单, 可得到图 5-12 所示界面。

单击“运行”()图标, 给保护装置通入正序正常电压, 无电流。再单击“锁定”()图标, 使其保持上述状态。

当电流为 $1.05 \times 3.46 = 3.63$ (A) 时, 差动保护应该可靠动作; 当电流为 $0.95 \times 3.46 = 3.29$ (A) 时, 差动保护可靠不动作; 当电流为 $1.2 \times 3.46 = 4.15$ (A) 时, 测量差动保护动作时间。

按照计算结果, 将 I_a 电流数值改为 3.63A (见图 5-13), 释放“锁定”图标, 将画面所示电流数值通入保护装置, 此时差动保护可靠动作 (时间在 25~35ms)。

按照上述方法, 通入正常电压, 无电流, 单击“”按钮, 再将 I_a 电流改为 3.29A, 释放“”按钮, 将画面所示电流数值通入保护装置, 差动保护应该可靠不动。同样, 先通入正常电压, 无电流, 单击“”按钮, 再将 I_a 电流改为 4.15A, 释放“”按钮, 将画面所

示电流数值通入保护装置，测量高压侧差动高值动作时间（差动高值动作时间 25~35ms）。

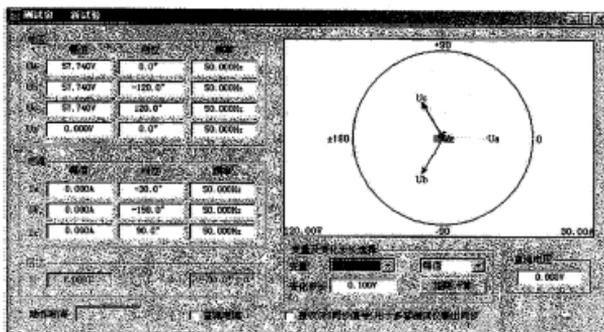


图 5-12 手动测试法界面

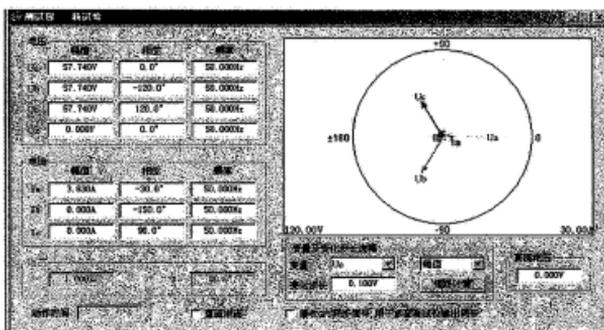


图 5-13 手动测试法测启动值

注：若保护 TA 断线闭锁差动投入，则可能因差流存在时间过长而闭锁差动。

2. 比率制动特性检验

高压侧 A 相归算后电流
$$I_{AHCD} = \frac{(I_{AH} - I_{BH})}{\sqrt{3}}$$

中压侧 A 相归算后电流
$$I_{AMCD} = \frac{(I_{AM} - I_{BM}) \times M_{TA} \times M_{DY}}{H_{TA} \times H_{DY} \times \sqrt{3}}$$

低压侧 A 相归算后电流
$$I_{ALCD} = \frac{I_{AL} \times L_{TA} \times L_{DY}}{H_{TA} \times H_{DY}}$$

A 相动作电流
$$I_{CD} = |I_{AHCD} + I_{AMCD} + I_{ALCD}|$$

A 相制动电流
$$I_{AZD} = \max(I_{AHCD}, I_{AMCD}, I_{ALCD})$$

差流按上面差流计算公式计算，其他各相以此公式类推。

做星形侧对星形侧试验时，只需各加一个电流满足以上公式中所提到的比率制动的关系

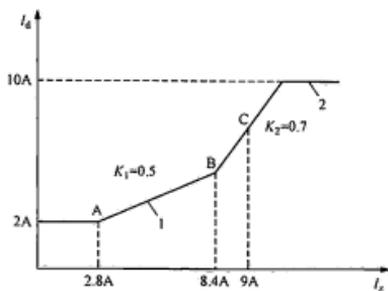


图 5-14 定值示例下的比率制动特性

即可，但事实上这做的是两相比率制动试验。如果做的是星形侧对三角形侧试验，需在星形侧加单个电流，而需要在三角形侧加相对应两相电流。如星形侧 A 相，三角形侧需加 A 相和 C 相，三角形侧 A 相与星形侧 A 相反相，三角形侧 C 相与星形侧 A 相同相。

根据定值示例（见表 5-5），以高压侧 A 相，低压侧 A、C 相为例，检验比率制动特性（见图 5-14）。

根据比率制动特性曲线，可求得曲线 1 和曲线 2 的方程，方法如下：

曲线 1 经过点 A (2.8, 2) 且斜率 $K_1=0.5$ ，令曲线 1 方程为 $y=0.5x+b$ ，将点 A 数值代入方程，可求得 $b=0.6$ ，因此，曲线 1 方程为 $y=0.5x+0.6$ 。

再由曲线 1 方程求得点 B (8.4, 4.8)，曲线 2 也经过点 B，且斜率 $K_2=0.7$ ，同理，可以求出曲线 2 的方程为 $y=0.7x-1.08$ 。

$$\begin{aligned}
 \text{A 点: } \begin{cases} I_d = I_H - I_L = 2\text{A} \\ I_z = I_H = 2.8\text{A} \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} I_H = 2.8\text{A} \\ I_L = 0.8\text{A} \end{cases} \Rightarrow \text{实通值} \begin{cases} I_H = \frac{2.8}{1} = 4.85 \text{ (A)} \\ I_L = \frac{0.8}{0.239} = 3.35 \text{ (A)} \end{cases} \\
 \text{B 点: } \begin{cases} I_d = I_H - I_L = 4.8\text{A} \\ I_z = I_H = 8.4\text{A} \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} I_H = 8.4\text{A} \\ I_L = 3.6\text{A} \end{cases} \Rightarrow \text{实通值} \begin{cases} I_H = \frac{8.4}{1} = 14.55 \text{ (A)} \\ I_L = \frac{3.6}{0.239} = 15.06 \text{ (A)} \end{cases} \\
 \text{C 点: } \begin{cases} I_d = I_H - I_L = 5.22\text{A} \\ I_z = I_H = 9\text{A} \end{cases} &\Rightarrow \begin{cases} I_H = 9\text{A} \\ I_L = 3.78\text{A} \end{cases} \Rightarrow \text{实通值} \begin{cases} I_H = \frac{9}{1} = 15.59 \text{ (A)} \\ I_L = \frac{3.78}{0.239} = 15.82 \text{ (A)} \end{cases}
 \end{aligned}$$

下面介绍手动测试法。以 A 点为例，投入差动保护压板。

打开检验仪主菜单，双击“手动试验”子菜单，设置检验仪 A 相电流为 4.6A，角度为 0° ，B 相电流为 3.35A，角度为 180° ，如图 5-15 所示。试验接线为：检验仪 A 相输出至保护高压侧 A 相极性、N 相连至检验仪 N 相输出，检验仪 B 相输出至保护低压侧 A 相极性、C 相极性连至检验仪 N 相输出。

单击“运行”按钮，给保护装置通入上述电流、电压。再单击“锁定”按钮，使其保持上述状态。此时，由于该点位于制动区，所以保护不动作。

然后增大 A 相电流至 1.05 倍 A 点值即 5.1A，如图 5-16 所示。此时，该点进入动作区，解锁后保护动作。

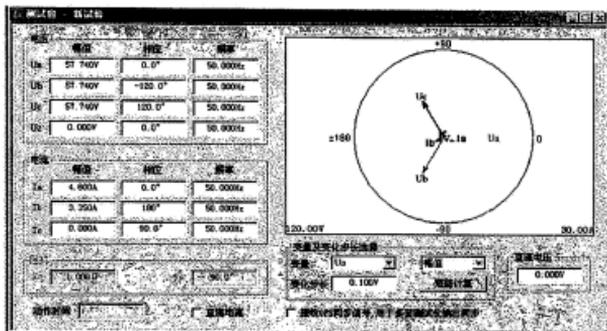


图 5-15 比率制动特性检验初始态

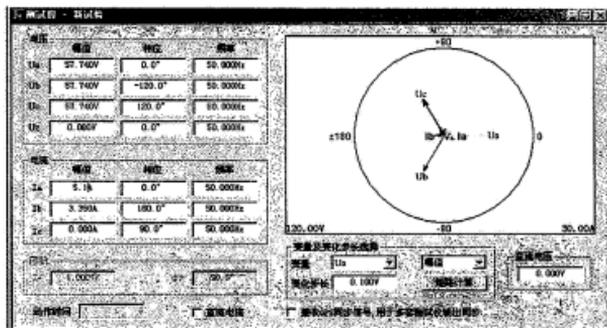


图 5-16 比率制动特性校验动作态

3. 2 次谐波制动检验

以高压侧 A 相为例,投入差动压板。

下面介绍手动测试方法。

(1) 定值检验。2 次谐波系数定值 0.15。

设置检验仪 A 相电流 5A、频率 50Hz, B 相电流为 0.8A、频率 100Hz, 如图 5-17 所示。试验接线为检验仪 A 相、B 相电流均输出至保护高压侧 A 相。

单击“运行”(▶)按钮,给保护装置通入上述电流、电压。再单击“锁定”(🔒)按钮,使其保持上述状态。此时,2 次谐波与基波比为 $0.8/5=0.16$, 大于整定值,因此,保护不动作。

然后减小 B 相电流至 0.7A, 如图 5-18 所示,释放“锁定”图标。此时,2 次谐波与基波比为 $0.7/5=0.14$, 小于整定值,保护动作。

(2) 逻辑检验。仅更改试验接线,将检验仪 B 相电流输出至保护高压侧 B 相,再次试验,验证保护谐波为交叉闭锁。

4. 5 次谐波制动检验

检验方法与 2 次谐波制动检验相同。

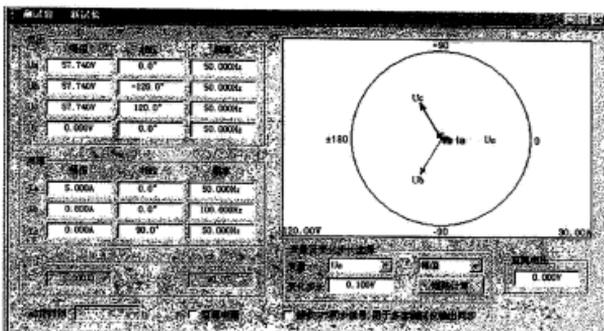


图 5-17 2 次谐波系数检验初始态

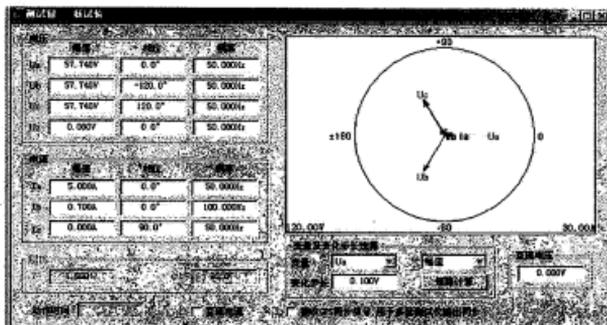


图 5-18 2 次谐波系数校验动作态

(二) 复压闭锁方向过电流保护检验

以高压侧复压方向一段为例，投入高复压方向过电流 I 段，定值示例见表 5-6。

表 5-6 高复压方向一段的定值示例

控制字 1	E2FF	控制字内容： 复压 1 反方向 复压方向 1 投入 复压方向 2 投入 复压方向 3 投入
复压低电压定值	40.0V	
复压负序电压定值	6.00V	
复压方向 I 段定值	5A	
方向 I 段 1 时限	0.10s	
方向 I 段 2 时限	0.20s	
方向 I 段 3 时限	2.00s	

1. 低电压定值检验

用状态序列法检验，试验接线为检验仪电流、电压输出至保护高压侧，如图 5-19 所示。使电流满足定值要求，设为 6A，低电压整定值为 40V，因此，当相电压大于 $40/1.732$ 即 23V



时,复压条件不满足,闭锁保护,当相电压低于 23V 时,复压闭锁开放,保护动作。

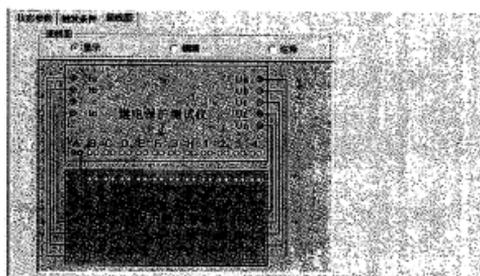


图 5-19 低压定值校验接线

(1) 1 态。正常态,触发条件为最长状态时间 3s,使高压侧 TV 断线复归,如图 5-20 所示。

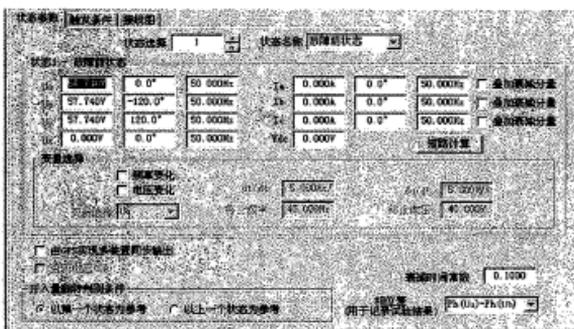


图 5-20 1 态参数设置

(2) 2.1 态。模拟高压侧反向 A 相故障。电流值大于保护动作值,相电压值 24V,大于低电压闭锁值,保护不动作,如图 5-21 所示。

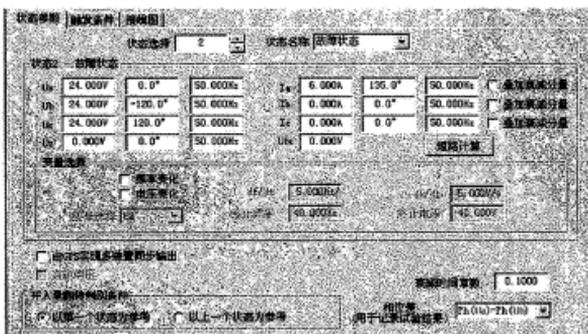


图 5-21 2.1 态参数设置



(3) 2.2 态。模拟高压侧反向 A 相故障，电流值大于保护动作值，相电压值 22V，小于低电压闭锁值，保护动作，如图 5-22 所示。

2. 负序电压定值检验

用状态序列法检验，试验接线与低电压定值检验相同，见图 5-19。使电流满足定值要求，设为 6A，负序电压整定值为 6V，因此，当 A 相电压高于 40V，其余两相电压为正常电压时，负序电压 U_2 小于 6V，复压条件不满足，闭锁保护，当 A 相电压低于 40V 时，复压闭锁开放，保护动作。

(1) 1 态。正常态（见图 5-20），触发条件为最长状态时间 3s，使高压侧 TV 断线复归。

(2) 2.1 态。模拟高压侧反向 A 相故障。电流值大于保护动作值，A 相电压值 41V，负序电压小于定值，保护不动作，如图 5-23 所示。

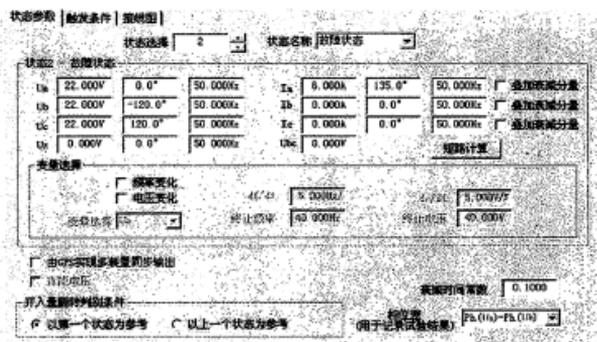


图 5-22 2.2 态参数设置

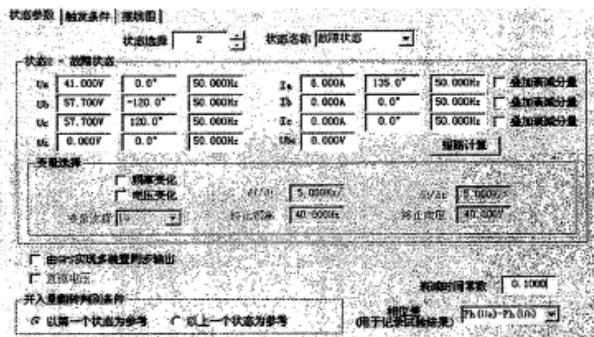


图 5-23 2.1 态参数设置

(3) 2.2 态。模拟高压侧反向 A 相故障，电流值大于保护动作值，A 相电压值 38V，负序电压大于定值，保护动作，如图 5-24 所示。

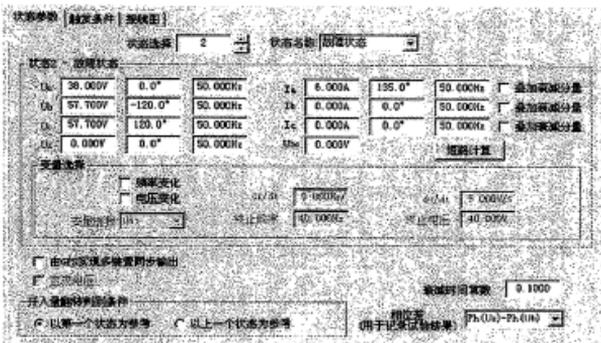


图 5-24 2.2 态参数设置

3. 电流定值检验

用状态序列法检验，试验接线与低电压定值校核相同，见图 5-19。使电压满足定值要求，分别试验 1.05 倍和 0.95 倍电流定值，试验保护动作行为，1.2 倍电流定值时。

(1) 1 态。正常态（见图 5-20），触发条件为最长状态时间 3s，使高压侧 TV 断线复归。

(2) 2.1 态。模拟高压侧反向 A 相故障。电压满足复压解闭锁条件，电流值输入 0.95 倍定值，即 $0.95 \times 5 = 4.75$ (A)，保护不动作，如图 5-25 所示。



图 5-25 2.1 态参数设置

(3) 2.2 态。模拟高压侧反向 A 相故障。电压满足复压解闭锁条件，电流值输入 1.05 倍定值，即 $1.05 \times 5 = 5.25$ (A)，保护动作，如图 5-26 所示。

(4) 2.3 态。模拟高压侧反向 A 相故障。电压满足复压解闭锁条件，电流值输入 1.2 倍定值，即 $1.2 \times 5 = 6$ (A)，测定保护动作时间，如图 5-27 所示。

4. 方向边界检验

用状态序列法检验，试验接线为检验仪电流、电压输出至保护高压侧，见图 5-19。使电流、电压满足定值要求。模拟 A 相故障，此时保护动作边界，反方向动作边界为 U_{bc} 超前



i_A $45^\circ \sim 225^\circ$, 如图 5-28 所示。

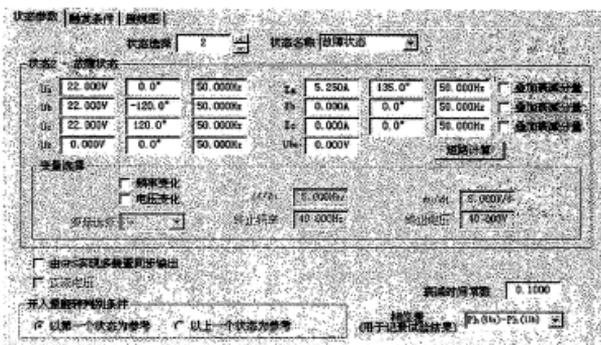


图 5-26 2.2 态参数设置

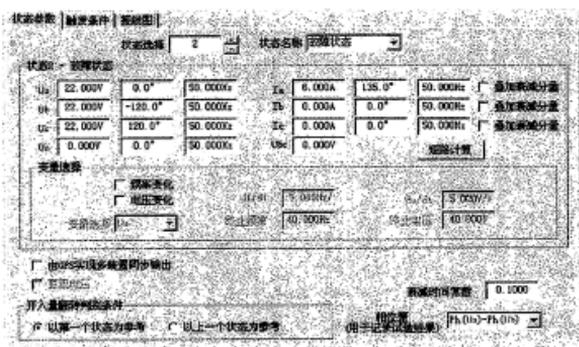


图 5-27 2.3 态参数设置

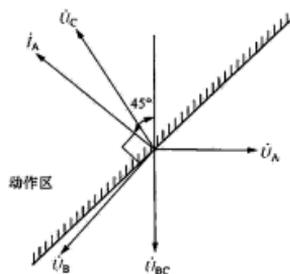


图 5-28 功率方向边界

- (1) 1 态。正常态 (见图 5-20), 触发条件为最长状态时间 3s, 使高压侧 TV 断线复归。
- (2) 2.1 态。电流、电压满足条件, \dot{U}_{BC} 相角为 270° , i_A 相角为 223° , 保护动作, 如图 5-29 所示。
- (3) 2.2 态。电流、电压满足条件, \dot{U}_{BC} 相角为 270° , i_A 相角为 227° , 保护不动作, 如图 5-30 所示。
- (4) 2.3 态。电流、电压满足条件, \dot{U}_{BC} 相角为 270° , i_A 相角为 47° , 保护动作, 如图 5-31 所示。
- (5) 2.4 态。电流、电压满足条件, \dot{U}_{BC} 相角为 270° , i_A 相角为 43° , 保护不动作, 如图 5-32 所示。

(三) 零序方向过流保护检验

以高压侧零序方向过流 I 段为例, 投入“高零序方向过流”压板, 定值示例见表 5-7。

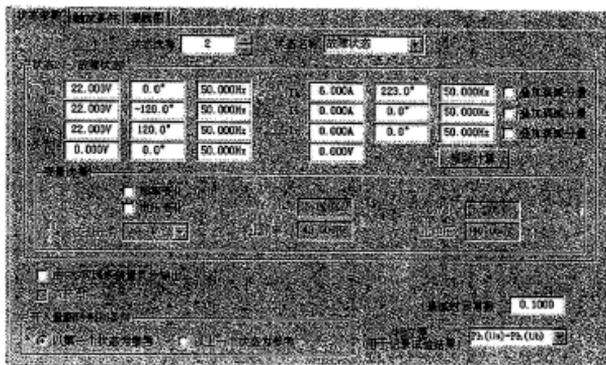


图 5-29 2.1 态参数设置

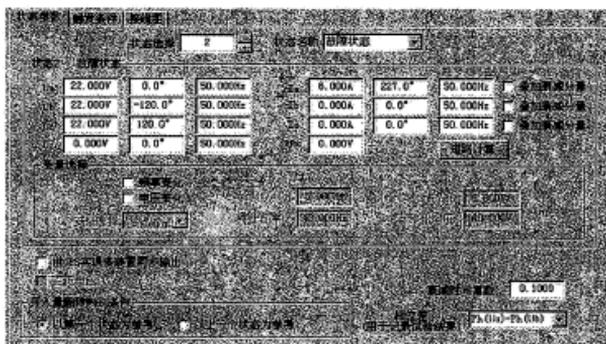


图 5-30 2.2 态参数设置

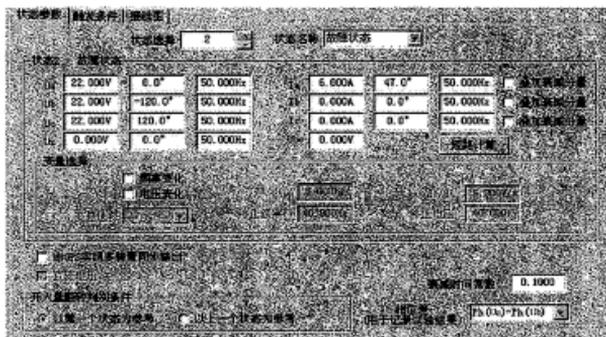


图 5-31 2.3 态参数设置

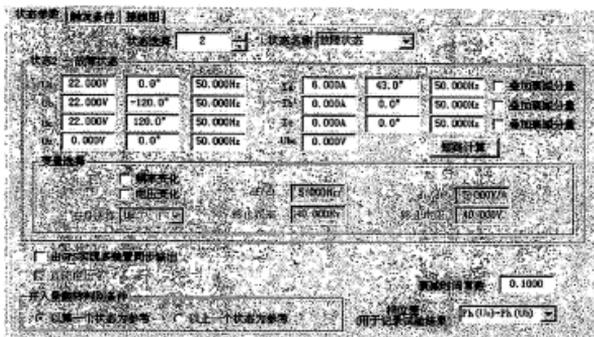


图 5-32 2.4 态参数设置

表 5-7

高压零序方向过流 I 段定值示例

控制字 1	87FF	控制字内容:
零序方向 I 段定值	4.00A	零序 I 正方向
方向一段 1 时限	0.50s	零序 I 段 1 投入
方向一段 2 时限	1.00s	零序 I 段 2 投入
方向一段 3 时限	1.50s	零序 I 段 3 投入

1. 零序电压定值检验

用状态序列法检验，试验接线为检验仪电流、电压输出至保护高压侧，见图 5-19。使电流满足定值要求，设为 5A，零序电压内部定值为 5V，因此，当 A 相电压高于 52V，其余两相电压为正常电压时，零序电压 $3U_0$ 小于 5V，闭锁保护，当 A 相电压低于 52V 时，零序电压解除闭锁，保护动作。

(1) 1 态。正常态（见图 5-20），触发条件为最长状态时间 3s，使高压侧 TV 断线复归。

(2) 2.1 态。模拟高压侧正向 A 相故障。电流值大于保护动作值，A 相电压值 53V，零序电压小于定值，保护不动作，如图 5-33 所示。

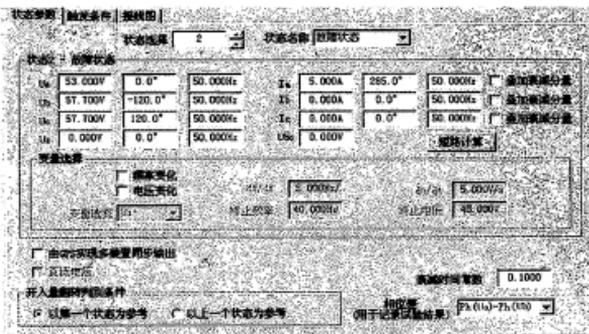


图 5-33 2.1 态参数设置

(3) 2.2 态。模拟高压侧正向 A 相故障，电流值大于保护动作值，A 相电压值 51V，零序电压大于定值，保护动作，如图 5-34 所示。

2. 电流定值检验

用状态序列法检验，试验接线与低电压定值检验相同，见图 5-19。使电压满足定值要求，分别试验 1.05 倍和 0.95 倍电流定值，试验保护动作行为，1.2 倍电流定值测时。

(1) 1 态。正常态（见图 5-20），触发条件为最长状态时间 3s，使高压侧 TV 断线复归，见图 5。

(2) 2.1 态。模拟高压侧正向 A 相故障。电压满足条件，电流值输入 0.95 倍定值，即 $0.95 \times 4 = 3.8$ (A)，保护不动作，如图 5-35 所示。

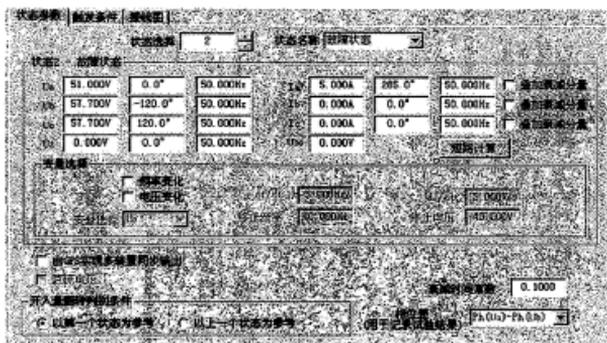


图 5-34 2.2 态参数设置

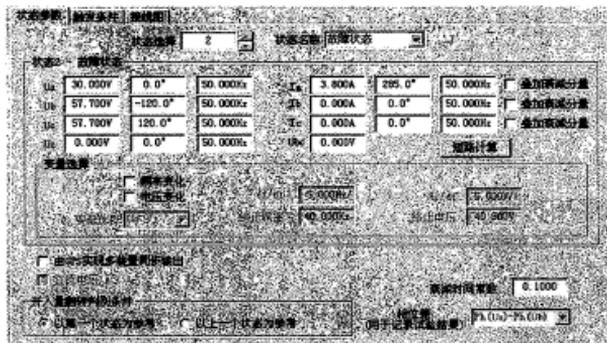


图 5-35 2.1 态参数设置

(3) 2.2 态。模拟高压侧正向 A 相故障。电压满足条件，电流值输入 1.05 倍定值，即 $1.05 \times 4 = 4.2$ (A)，保护动作，如图 5-36 所示。

(4) 2.3 态。模拟高压侧正向 A 相故障。电压满足条件，电流值输入 1.2 倍定值，即 $1.2 \times 4 = 4.8$ (A)，测定保护动作时间，如图 5-37 所示。



图 5-36 2.2 态参数设置

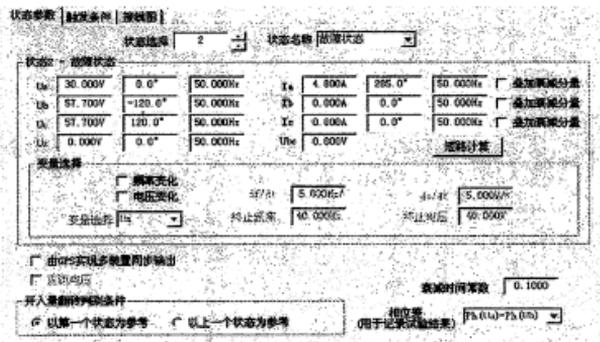


图 5-37 2.3 态参数设置

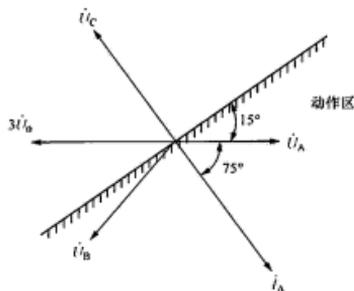


图 5-38 零序方向边界

3. 方向边界检验

用状态序列法检验，试验接线为检验仪电流、电压输出至保护高压侧，见图 5-19。使电流、电压满足定值要求。模拟 A 相故障，此时保护动作边界，正方向动作边界为 $3\dot{i}_0$ 超前 $3\dot{U}_0$ $15^\circ\sim 195^\circ$ ，如图 5-38 所示。

(1) 1 态。正常态（见图 5-20），触发条件为最长状态时间 3s，使高压侧 TV 断线复归。

(2) 2.1 态。电流、电压满足条件， $3\dot{U}_0$ 相角为 180° ， \dot{i}_A 相角为 197° ，保护动作，如图 5-39 所示。

(3) 2.2 态。电流、电压满足条件， $3\dot{U}_0$ 相角为 180° ， \dot{i}_A 相角为 193° ，保护不动作，如图 5-40 所示。

(4) 2.3 态。电流、电压满足条件， $3\dot{U}_0$ 相角为 180° ， \dot{i}_A 相角为 13° ，保护动作，如图 5-41 所示。

状态参数 [触发条件] [逻辑图]

状态选择 2 状态名称 故障状态

状态: 故障状态

Ua	30.000V	0.0°	50.000Hz	Ia	4.800A	197.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Ub	57.700V	-120.0°	50.000Hz	Ib	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Uc	57.700V	120.0°	50.000Hz	Ic	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0a	0.000V			<input type="checkbox"/> 添加或减分量

变量选择

频率变化 电压变化

启动条件: Ua: 5.000V, Ub: 40.000V, U0: 5.000V, U0a: 40.000V

由保护逻辑装置同步输出 启动闭锁

高敏时间常数: 0.1000

相位置: Ph(0a)-Ph(0b)

用于记录以该结果

图 5-39 2.1 态参数设置

状态参数 [触发条件] [逻辑图]

状态选择 2 状态名称 故障状态

状态: 故障状态

Ua	30.000V	0.0°	50.000Hz	Ia	4.800A	193.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Ub	57.700V	-120.0°	50.000Hz	Ib	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Uc	57.700V	120.0°	50.000Hz	Ic	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0a	0.000V			<input type="checkbox"/> 添加或减分量

变量选择

频率变化 电压变化

启动条件: Ua: 5.000V, Ub: 40.000V, U0: 5.000V, U0a: 40.000V

由保护逻辑装置同步输出 启动闭锁

高敏时间常数: 0.1000

相位置: Ph(0a)-Ph(0b)

用于记录以该结果

图 5-40 2.2 态参数设置

状态参数 [触发条件] [逻辑图]

状态选择 2 状态名称 故障状态

状态: 故障状态

Ua	30.000V	0.0°	50.000Hz	Ia	4.800A	13.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Ub	57.700V	-120.0°	50.000Hz	Ib	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
Uc	57.700V	120.0°	50.000Hz	Ic	0.000A	0.0°	50.000Hz	<input type="checkbox"/> 添加或减分量
U0	0.000V	0.0°	50.000Hz	U0a	0.000V			<input type="checkbox"/> 添加或减分量

变量选择

频率变化 电压变化

启动条件: Ua: 5.000V, Ub: 40.000V, U0: 5.000V, U0a: 40.000V

由保护逻辑装置同步输出 启动闭锁

高敏时间常数: 0.1000

相位置: Ph(0a)-Ph(0b)

用于记录以该结果

图 5-41 2.3 态参数设置

(5) 2.4 态。电流、电压满足条件, $3\dot{U}_0$ 相角为 180° , \dot{I}_A 相角为 17° , 保护不动作, 如图



5-42 所示。

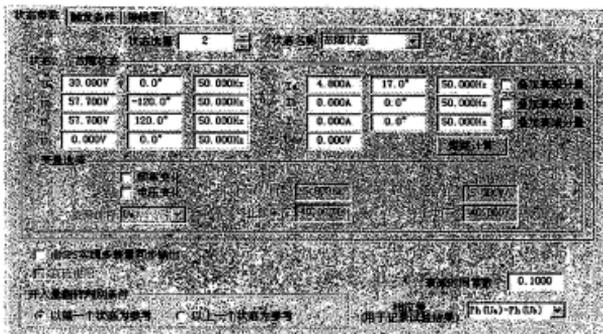


图 5-42 2.4 态参数设置

(四) 间隙保护检验

以高压侧间隙保护 1 为例, 投高压侧间隙零序过电压压板, 定值示例见表 5-8。

表 5-8 高压侧间隙保护 1 的定值示例

控制字 1	87FF	控制字内容: 间隙保护 1 投入
间隙过流定值	3.00A	
间隙电压定值	180V	
间隙保护 1 时限	1.00s	

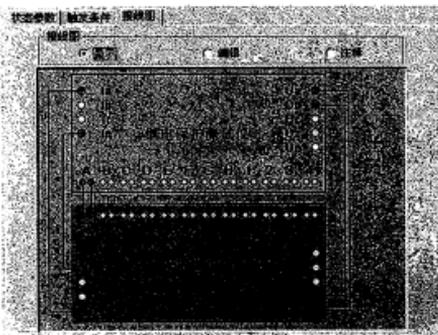


图 5-43 交流接线图

相位差 180° , 首尾叠加后为 182V , 大于整定值, 保护动作, 如图 5-45 所示。

2. 电流定值检验

用状态序列法检验, 试验接线如图 5-43 所示。分别试验 1.05 倍和 0.95 倍电流定值, 试验保护动作行为。

1. 间隙电压定值检验

用状态序列法检验。由于间隙电压定值较高, 校验仪单相电压输出可能达不到此值, 因此需用两相电压通道, 相位反 180° , 首尾叠加, 接线如图 5-43 所示。

(1) 1.1 态。校验仪 A 相电压通道输出为 88V , B 相电压通道输出为 90V , 相位差 180° , 首尾叠加后为 178V , 小于整定值, 时间为 2s , 保护不动作, 如图 5-44 所示。

(2) 1.2 态。校验仪 A 相电压通道输出为 92V , B 相电压通道输出为 90V , 相



(2) 1.2 态。电流值输入 1.05 倍定值, 即 $1.05 \times 3 = 3.15$ (A), 保护动作, 如图 5-47 所示。

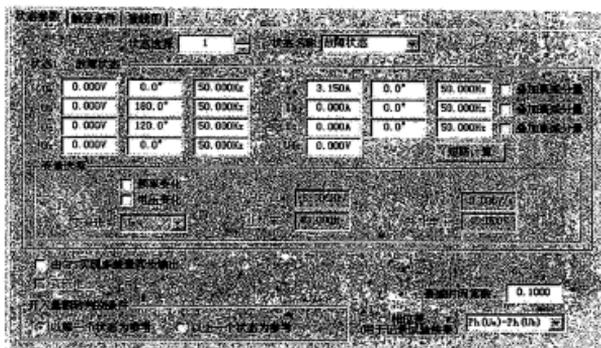


图 5-47 1.2 态参数设置

第三节 保护检验流程及常见故障处理

微机保护检验项目见表 5-9。

表 5-9 微机保护检验项目

序号	项 目	新安装	全部检验	部分检验
1	检验前准备工作		√	√
2	二次回路绝缘检验			
3	屏柜及装置检验			
4	外观检查	√	√	√
5	绝缘试验	√		
6	上电检查	√	√	√
7	逆变电源检查	√	√	√
8	开关量输入回路检验	√	√	√
9	输出触点及输出信号检查	√	√	√
10	模数变换系统检验	√	√	√
11	保护装置整定及检验	√	√	√
12	纵联保护通道检验			
13	操作箱检验	√	√	√
14	整组试验	√	√	√
15	与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验	√	√	√
16	用一次电流及工作电压的检验	√	√	√

1. 检验前准备工作

根据工作任务、一次设备状态以及保护状态编写安全措施票, 交代需执行的安全措施, 包括直流电源回路、交流电压电流回路、联跳回路、与其他运行设备的联系等, 工作票内容见表 5-10。

表 5-10 适用于 PST-1202A 型微机保护装置的二次工作安全措施票

二次工作安全措施票						
站名	超高压培训基地		检验性质			
二次设备名	超培 1 号主变压器第一套主保护		二次设备状态	停 用		
装置型号	PST-1202A		一次设备状态	超培 1 号主变压器运行		
执行人			执行日期			
恢复人			恢复日期			
序号	安全措施项	措施内容	回路编号	执行	恢复	
1	断开跳闸及 失灵启动压板	断开高压侧第一组跳闸压板	21LP			
2		断开高压侧第二组跳闸压板	22LP			
3		断开高压侧旁路第一组跳闸压板	23LP			
4	断开跳闸及 失灵启动压板	断开高压侧旁路第二组跳闸压板	24LP			
5		断开中压侧跳闸压板	25LP			
6		断开中压侧旁路跳闸压板	26LP			
7		断开低压侧跳闸压板	27LP			
8		断开低压侧旁路跳闸压板	28LP			
9		断开高压侧母联第一组跳闸压板	29LP			
10		断开高压侧母联第二组跳闸压板	30LP			
11		断开中压侧母联跳闸压板	31LP			
12		断开低压侧母联跳闸压板	32LP			
13		断开高压侧失灵启动压板	37LP、38LP			
14		直流回路	拉开高压侧第一组、第二组操作直流小开关	2DK、3DK		
15			拉开差动及后备保护直流小开关	1DK		
16		交流电压回路	拉开保护交流电压小开关	1ZKK、2ZKK、3ZKK		
17	挑开 N600 保护侧小线		3D4、3D10、3D16 内侧			
18	交流电流回路	短接电流回路凤凰端子 TA 侧端子排	2D1~4,2D6~9,2D11~14, 2D18~21,2D28~31, 2D33~36,2D38~41			
19		打开电流回路凤凰端子连片	2D1~4,2D6~9,2D11~14, 2D18~21,2D28~31, 2D33~36,2D38~41			
20	用绝缘胶带 隔离带电端子	直流电源回路	1D1~11			
21		公共回路正电源	6D1,9,17			
22	特殊拆接线	记录试验过程中的拆接线				
编制人	审核人		审核日期			



2. 二次回路绝缘检查

3. 屏柜及装置检验

4. 外观检查

5. 绝缘试验

(1) 将装置的 CPU、COM、SIG、LPF、OPT1 插件拔出机箱，其余插件插入。

(2) 断开打印机与保护的连接。

(3) 逆变电源开关置“ON”。

(4) 保护屏上的压板投入。

(5) 断开直流电源、交流电压等回路，并断开保护与其他装置的连线。

(6) 在保护屏端子排内侧分别短接交流电压回路端子、交流电流回路端子、直流电源回路端子、跳合闸回路端子、开入量回路端子、各信号回路端子。

采用 1000V 绝缘电阻表分别测量各组回路之间及各组回路对地的绝缘电阻，应大于 10MΩ，带回路大于 1MΩ。

6. 上电检查

(1) 保护装置通电检验。装置“运行”灯应亮，除可能发“TV 断线”信号外，应无其他异常信息。

(2) 软件版本与 CRC 码核查。进入保护装置主菜单中的“程序版本”，查对软件版本与设计图纸（或整定书）上要求一致，检验码正确。

(3) 时钟整定与校核。时钟整定好以后，通过闭合逆变电源开关的方法，检验在直流失去一段时间（至少 5min）后，走时是否仍准确。

(4) 定值整定检查。按照整定书输入整定值，然后打印定值报告进行核对。输入定值过程中检验键盘的功能。

(5) 失电检查。拉合直流电源开关，使微机保护失电后再带电，微机保护的整定值、时钟显示应正常，有关报告和数据不应丢失，保护不误发信号、不误出口。失电后 BSI 继电器返回。

7. 逆变电源检查

断开跳闸压板，试验用直流电源应经专用闸刀，并从端子排接入。屏上其他装置的直流电源开关处于断开状态。断开保护装置跳闸出口压板。合上保护装置 DC 插件上的电源开关。

(1) 自启动性能检验。

1) 直流电源缓慢上升时的自启动性能检验。试验直流电源由 0 缓慢升至 80% 额定电压值，此时逆变电源插件面板上电源指示灯应亮，装置正常工作。

2) 拉合直流电源时的自启动性能。直流电源调至 80% 额定电压，断开、合上逆变电源开关，逆变电源指示灯应亮，装置正常工作。

(2) 稳定性检验。在 80%、100%、115% 额定直流电压下装置应正常工作。

8. 开关量输入回路检查

进入“保护状态”中的“开入量状态”子菜单，依次进行开入量的输入和断开，同时监视液晶屏幕上显示的开入量变位情况。

9. 输出触点及输出信号检查

以上部分请参照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》。

10. 模数变换系统检验

(1) 模拟量输入幅值特性检验。进入“测试功能”中的“交流测试”子菜单，在高、中、低压侧电流端子处分别接试验设备 I_a 、 I_b 、 I_c 、 I_N ，在高、中、低压侧电压端子处分别接试验设备的 U_a 、 U_b 、 U_c 、 U_N ，同时加三相电流、电压检验采样数据。调整输入交流电压分别为 70、60、30、5、1V，电流分别为 $10I_N$ 、 $5I_N$ 、 I_N 、 $0.2I_N$ 、 $0.1I_N$ ，依次进入各侧“交流测试”子菜单，要求保护装置采样显示与外部表计允许误差在 10%，其他情况误差应小于 5%。

注：在输入 $10I_N$ 电流时，加电流时间应不超过 10s。

(2) 模拟量输入相位特性检验。进入“测试功能”中的“交流测试”子菜单，电流、电压加至额定值，调节电流、电压相位，当同相别电压和电流相位分别为 0° 、 45° 、 90° 时装置显示值与表计测量值误差应不大于 3° 。

(3) 交流输入常见故障分析。输入电流、电压见表 5-11。

表 5-11 输入电流、电压示例

相别	幅值	相角	相别	幅值	相角
U_a	20	0	I_a	2	0
U_b	30	0	I_b	3	0
U_c	40	0	I_c	4	0
U_N	57.7	0			

电流回路可能存在分流、换相及开路故障。观察零序电流即可推断是相相分流还是相零分流；观察采样值判断是否换相，若采样值几乎为零，则可能存在开路故障。电压回路故障较为复杂，具体见表 5-12。

表 5-12 电压回路故障示例

相别	A—N 换	B—N 换	C—N 换	L—N 换
A	20	10	20	37.7
B	10	30	10	27.7
C	20	10	40	17.7

由表 5-12 可见，通过采样值中的最大值就可以判断是什么现象，如果是复故障也可以通过表 5-12 推断。如果采样值不是表 5-12 中所列情况，则是 N 相虚接。

11. 保护装置整定及检验

(1) 打印整定值。进行试验接线时，先打印整定值，若打印机不能打印，可能的情况为：打印机数据线未插紧；打印机交流电源失却。

(2) 核对整定值、定值区号、各侧控制字。

(3) 根据检验项目核对相关整定值。

差动：各侧额定电压、各侧变比、高压侧额定电流、差动动作电流。

后备保护：动作定值、时间定值、方向、保护投退。

各侧控制字中包含各侧额定电流，需重点核对。



12. 开入量检查

(1) 各压板开入。反复投入、退出“差动”压板，观察“差动保护投入”开入量是否有变化。若始终为“●”，则检查该压板是否被短接；若始终“○”，则检查该压板及其接线是否断线或虚接。同样的方法检查其他保护功能投入压板。

注：①“+24V”电源走向。源头在保护板 111:1 连接到差动压板（1LP）上桩头并到复归按钮，拱头顺序（从屏后看）是由右向左至最左边一块 10LP 之后向下连到 20LP 和 39LP 再从左向右拱头。各压板下桩头连到保护背板。②“-24V”电源走向。源头 111:2，之后连至差动 107（CPU4）、高压侧 106（CPU3）、中压侧 105（CPU2）、低压侧 104（CPU1）的 17 号端子。

(2) 复归按钮。保护复归按钮故障情况分为两类：常复归和无法复归。

1) 常复归。检查 110:9 是否常有+24V 开入，1D15 与 1D16 之间是否短接。

2) 无法复归。检查+24V 电源至 FA，FA 至 110:9 是否存在虚接或错接现象。检查-24V 至 110:11 是否存在虚接或错接现象。

3) 操作箱复归按钮排接方法与此相似。

(3) 断路器位置开入检查。改变断路器位置，检查操作箱指示位置是否与实际断路器位置一一对应。如果是没有合位或分位则检查是否有虚接；如果是相反则查 TWJ（跳闸）和 HWJ（合闸）回路是否错接，如外侧 2 根电缆或内侧 6 根线互换。

13. 定值检验

见本章第二节。

14. 整组试验

(1) 整组方法。正确投入保护功能压板与保护跳闸出口压板，并使各侧断路器在合闸位置。先通过保护动作分别跳开各侧断路器，观察断路器动作行为和保护及操作箱面板信号显示是否正确，再同时投各侧出口压板，一起跳开各侧断路器，观察断路器动作行为。

(2) 高压侧断路器，可能出现以下不正确动作情况：

1) 保护正确动作，保护装置面板上保护动作信号灯亮，操作箱保护跳闸灯未亮，断路器未跳开。

保护动作信号灯亮，说明保护装置正确动作，操作箱保护跳闸灯未亮，说明保护动作出口触点未启动操作箱保护跳闸继电器 BT1。此时可能的故障为：①启动 BT1 回路无正电。12D1 至 5D1 至保护 108a:1 存在虚接或错接现象。②启动 BT1 回路无负电。保护 108a:2 至 21LP1，21LP2 至 5D3 至 12D32 至操作箱 206；2 存在虚接或错接现象。

2) 保护正确动作，保护装置面板上保护动作信号灯亮，操作箱保护跳闸灯亮，断路器未跳开。操作箱保护跳闸灯亮，说明保护动作出口触点已启动操作箱保护跳闸继电器 BT1。此时可能的故障为：①跳闸回路无正电。先确定操作箱 205:10 处有正电，再检查操作箱 205:11 处是否有正电，若无，则说明压力闭锁，检查 12D:22、12D:23 处是否有正电；若有，则 205:11 至 206:9 存在虚接或错接现象。②跳闸回路无负电。12D8 至 212:3 至 211:3 至 211:3，210:9 至 12D61，211:9 至 12D63，212:9 至 12D65，可能存在虚接或错接现象。

(3) 中压侧断路器，出现故障现象与高压侧相似。

1) 启动 TJ 回路无正电。B 屏 9D1 至 5D17 至 A 屏 5D17 至 108a:9 存在虚接或错接现象。

2) 启动 TJ 回路无负电。A 屏 108a:10 至 25LP1, 25LP2 至 5D19 至 B 屏 5D19 至操作箱 203:26 存在虚接或错接现象。

3) 跳闸回路无负电。B 屏操作箱 203:30 是否有负电, 若无, 则检查 203:29 至 10D12 是否存在虚接或错接现象; 若有, 则检查 203:31 是否有负电, 若无, 则检查 203:38 或 203:39 是否与正电端接, 使压力继电器 TYJ 动作, 闭锁跳闸回路。

(4) 低压侧断路器, 排故方法与中压侧相似。

操作回路故障举例见表 5-13。

表 5-13

操作回路故障举例

	故障设置	故障现象
打印机	(1) 打印机波特率由 19200 改为 9600。 (2) 打印机电源失却	打印机无法打印
定 值	(1) 定值区整错为 0 区运行 (定值清单要求整定为 1 区运行), 0 区、1 区差动保护定值项控制字中 TA 额定电流由 5A 改为 1A。 (2) 低压侧绕组为星形接线	(1) 运行定值区整定错误, 差动保护各侧电流缩小 5 倍。 (2) 差动中低压侧电流不正确
电流电压回路	(1) 101:A8 与 101:A7 短接。 (2) 101:A3 与 101:A4 交换。 (3) 1SDA2 与 1SDB2 交换。 (4) 101:U4 虚接。 (5) 101:U2 与 101:U4 交换。 (6) 12D200 与 12D201 短接	(1) 高压侧零序电流通道分流, 采样值不准确。 (2) 高压侧 B 相电流极性反。 (3) 高压侧 A、B 相电流互换。 (4) 高压侧零相虚接, 电压采样值不稳定。 (5) 高压侧 B 相电压幅值正确, 极性反向, 其他相电压采样不正确。 (6) 高压侧电压 A、B 相短路。检验装置报警
开入回路	(1) 111:1 虚接。 (2) 1D15 与 1D16 短接。 (3) 106:17 错接至 106:18。 (4) 断开 20LP2 上的 19LP2 线。 (5) 短接 17LP 压板	(1) 保护功能压板无开入, 信号无法复归。 (2) 复归按钮无作用, 信号常复归, 保护动作灯不亮。 (3) 差动压板投入无效。 (4) 11LP 至 19LP 保护功能压板投入均无效。 (5) 中压侧复压元件压板常投入, 检验其他侧复压过电流保护时, 由于中压侧无电压, 复压解锁, 无法检验电压定值
跳合回路	(1) 虚接 12D61 上的 210:9。 (2) 短接 12D23 与 12D1。 (3) 短接 12D32 与 12D23。 (4) 205:8 虚接。 (5) 206:9 虚接。 (6) 5D1 上的 108a:1 虚接。 (7) 5D:25 线虚接。5D:27 上的 17LP:1 线错接到了 5D:28。 (8) 无合闸位置信号, 跳闸回路断开。 (9) 9D:5 与 9D:12 互换。 (10) 9D:1 与 9D:18 短接。 (11) 10D:15 与 10D:1 短接	(1) 高压侧断路器 A 相无法跳闸, A 相合位灯亮。 (2) 2YJJ 闭锁跳闸继电器动作, 高压侧断路器无法跳闸。 (3) 高压侧断路器无法跳闸。保护发跳闸令时, 跳闸闭锁继电器动作, 闭锁跳闸。 (4) 高压侧断路器无法合闸。合闸线圈无正电。 (5) 高压侧断路器无法跳闸。 (6) 高压侧断路器无法跳闸。 (7) 低压侧断路器不动作。 (8) 低压侧操作回路 10D:12 虚接。 (9) 跳闸线圈与合闸线圈接线互换, 中压侧跳合闸位置显示相反。 (10) 中压侧断路器无法合闸。 (11) TYJ 闭锁跳闸继电器动作, 低压侧断路器无法跳闸

15. 与厂站自动化系统、继电保护及故障信息管理系统配合检验

请参照 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》, 此处略。



16. 带负荷试验

(1) 交流电压的核相。测量端子排上交流电压应与已确认的 TV 小母线三相电压一致。

(2) 交流电压和电流的数值检验。装置运行状态下，分别进入“测试功能”菜单的“交流测试”子菜单。以实际负荷为基准，检验电压、电流互感器变比。

(3) 检查交流电压和电流的相位。“测试功能”菜单的“交流测试”子菜单中检验三侧三相电流相位及三侧三相电流与本侧三相电压同名相之间的相位，三侧各相电流相序正确，互差 120° 。

光盘勘误

一、母差保护篇

6. 比例制动曲线高值校验

00:22s: 图下方的“比例制动曲线(低值)”应为“比例制动曲线(高值)”。

00:48s: “推寻”应为“推导”。

二、变压器保护篇

3. 差动启动值检验(0223)

00:27s: 图应如下图所示:

控制字	0C10	控制字内容: 高压侧 TA 星型接线 中压侧 TA 星型接线 低压侧 TA 星型接线 5 次谐波制动投入 TA 断线开放差动 高压绕组星型接线 中压绕组星型接线 低压绕组角型接线 Yd11 接线 TA 额定电流 5A
差动动作电流	2.00A	
速断动作电流	10.00A	
高压侧额定电流	2.80A	
高压侧额定电压	220.0kV	
高压侧 TA 变比	200	
中压侧额定电压	110.0kV	
中压侧 TA 变比	250	
低压侧额定电压	35.00kV	
低压侧 TA 变比	300	

三、线路保护篇

7. 工频变化量距离定值检验

00:49s: 计算公式中,“DZZD”应为“DZ_{ZD}”。

16. TV 断线时距离保护的功能检验

00:35s: 字幕中“断流零序过流”应为“断线零序过流”。

31. TA 反序功能检验

00:32s: “突变量起动作”应为“突变量启动值”。