

DIANLIXITONG JIDIANBAOHU ZHUANGZHI
JIAOYAN SHOUCHE BIANYAQQI BAOHU

电力系统继电保护装置 校验手册 变压器保护

国网安徽省电力公司淮南供电公司 组编
安徽电力调度控制中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

DIANLIXITONG JIDIANBAOHU ZHUANGZHI
JIAOYAN SHOUCHE

电力系统继电保护装置校验手册

变压器保护

国网安徽省电力公司淮南供电公司 组编
安徽电力调度控制中心



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书以 DL/T 995—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》和 DL/T 624—2010《继电保护微机型试验装置技术条件》为依据,介绍了 RCS-978E 变压器成套保护、PST-1200A 变压器成套保护、PRS-778S 变压器成套保护、CSC-326B 变压器成套保护和 WBH-801A 变压器成套保护等内容。每章主要包括试验前注意事项及安全措施实施,装置检查,采样检查,主保护定值及功能校验,高、中、低后备保护功能及定值校验等内容。附录中还收录了书中涉及的各种变压器成套保护装置的调试定值单,方便读者对照查阅。

本书适合作为电力系统一线变压器保护从业人员的培训教材和参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

变压器保护 / 国网安徽省电力公司淮南供电公司, 安徽电力调度控制中心组编. —北京: 中国电力出版社, 2017.1

(电力系统继电保护装置校验手册)

ISBN 978-7-5123-9422-3

I. ①变… II. ①国… ②安… III. ①电力变压器—继电保护—手册 IV. ①TM410.35-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 127545 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>)

万龙印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2017 年 1 月第一版 2017 年 1 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 325 千字
印数 0001—1000 册 定价 68.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪
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

《电力系统继电保护装置校验手册——变压器保护》

编 委 会

主 任 石 峰

副 主 任 葛 斌 赵晓春 丛宝松 江和顺

编写人员 徐 振^① 王 祥 孙达山 汪 敏

邓 雷 许 明 孙月琴 谢 民

叶远波 王 栋^② 王海港 王同文

徐 振^③ 李克峰 何昌高 朱道淮

梁 勇 胡 杰 王 栋^④ 汪俊斌

谢友龙 许建立 唐旭明 程晋明

鞠建模 李配配 殷子龙 范高杰

高 闯 杨 孔 郝大虎 张俊杰

①、④ 为国网安徽省电力公司淮南供电公司

② 为安徽电力调度控制中心

③ 为国网安徽省电力公司阜阳供电公司

前 言



电力给人类社会发展带来了巨大的动力和效益，现代生产和生活对于电力的依赖使得大型电力系统一旦发生故障将导致电网大面积停电，其后果是灾难性的。因此，自从出现电力系统以来，如何保障其安全稳定运行就成为一个永恒的主题。

继电保护装置（包含安全自动装置）是保障电力设备安全和电力系统稳定的最基本、最重要和最有效的手段，继电保护装置的正确动作无数次保证了电力系统的安全稳定运行。然而，一旦继电保护装置发生不正确动作，往往会成为诱发电网事故和扩大电网事故的祸首。作为电力系统保护屏障的继电保护装置一直随着电网的发展而进步，经历了继电器型、晶体管型等发展阶段。自 20 世纪 80 年代开始，随着计算机的普及和深入，继电保护技术从理论到设备都发生了质的飞跃，微机型保护装置得到普遍应用，并经受住了电力系统故障的重重考验。

继电保护装置的 100% 正确动作率永远是继保专业人员追求的目标，然而继电保护装置的正确动作率除了受装置本身的工作原理和工艺质量等因素影响外，还取决于设计、安装、调试的质量及继电保护专业技术人员的技术水平和职业素养。调试工作是继电保护装置在现场投运前的最后一步，调试质量直接关系到继电保护装置能否安全、正确、可靠投入运行。

变压器是电力系统中重要的一次设备，全面提高变压器保护装置的调试质量显得尤为重要。本书针对供电企业生产一线从事继电保护调试工作的现场人员编写，突出以岗位能力为核心。在内容定位上，本书遵循“为现场工作服务”的原则，突出针对性和实用性，涵盖了南京南瑞继保电气有限公司 RCS-978E、国电南京自动化股份有限公司 PST-1200A、长园深瑞继保自动化有限公司 PRS-778S、许继电气股份有限公司 WBH-801A 以及北京四方继保自动化股份有限公司 CSC-326B 等 5 种现场运行覆盖面最广的 220kV 变压器成套装置的调试方法，通过大量的表格、具体试验数据来阐述试验方法，深入浅出，避免繁琐的理论推导和验证，力求使从事现场继电保护调试工作的工程人员能够自学并且掌握，高质量地指导现场调试工作。

本书以 DL/T 955—2006《继电保护和电网安全自动装置检验规程》为依据，针对每一种 220kV 变压器成套保护装置，分章进行介绍。全书共五章，具体介绍了 5 种变压器成套保护装置主保护和后备保护调试前的注意事项及

安全措施、调试前需在现场仔细核查的内容（包括定值核对和开入量检查）、交流采样检查、保护定值及功能检验等内容，并附上书中涉及的各种继电保护装置的定值单，方便读者对照查阅。

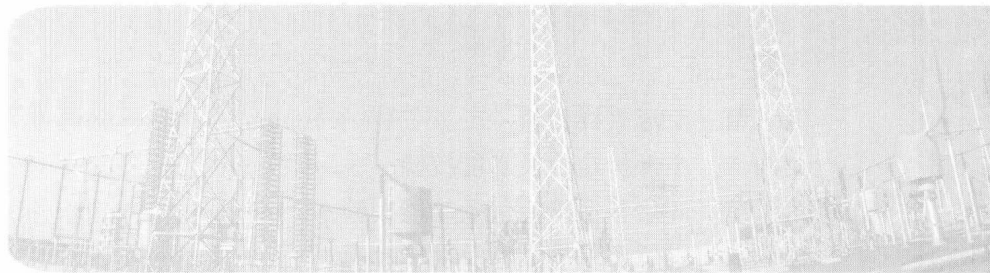
希望本书的出版有助于改进生产一线继电保护从业人员的培训模式，推进培训工作由理论灌输向能力培养转型，提高培训的针对性和时效性，全面提升生产一线继电保护从业人员的业务素质，提升工程调试质量，保证电网继电保护设备安全、稳定运行。

在本书的编写过程中，各制造厂家提供了大量支持和帮助，在此深表感谢！

限于时间和水平，书中难免存在疏漏或不足之处，敬请谅解。

编 者

2016年12月



目 录

前言

第一章 RCS-978E 变压器成套保护装置校验手册	1
第一节 试验前注意事项及实施安全措施	1
第二节 装置检查	2
第三节 交流采样检查	3
第四节 主保护定值及功能校验	4
第五节 高后备保护功能及定值校验	15
第六节 中后备保护功能及定值校验	26
第七节 低后备保护功能及定值校验	37
第二章 PST-1200A 变压器成套保护装置校验手册	45
第一节 试验前注意事项及实施安全措施	45
第二节 装置检查	46
第三节 交流采样检查	47
第四节 主保护定值及功能校验	48
第五节 高后备保护功能及定值校验	58
第六节 中后备保护功能及定值校验	69
第七节 低后备保护功能及定值校验	77
第三章 PRS-778S 变压器成套保护装置校验手册	82
第一节 试验前注意事项及实施安全措施	82
第二节 装置检查	83
第三节 交流采样检查	84
第四节 主保护定值及功能校验	85
第五节 高后备保护功能及定值校验	96
第六节 中后备保护功能及定值校验	108
第七节 低后备保护功能及定值校验	118
第八节 保护跳闸矩阵	121
第四章 WBH-801A 变压器成套保护装置校验手册	125
第一节 试验前注意事项及实施安全措施	125
第二节 装置检查	126

第三节	交流采样检查	127
第四节	主保护定值及功能校验	128
第五节	高后备保护定值及功能校验	139
第六节	中后备保护定值及功能校验	149
第七节	低后备保护定值及功能校验	159
第八节	保护跳闸矩阵	162
第五章	CSC-326B 变压器成套保护装置校验手册	165
第一节	试验前注意事项及实施安全措施	165
第二节	装置检查	166
第三节	交流采样检查	167
第四节	主保护定值及功能校验	168
第五节	高后备保护功能及定值校验	179
第六节	中后备保护功能及定值校验	189
第七节	低后备保护功能及定值校验	199
附录 A	RCS-978E 变压器成套保护装置调试定值单	204
附录 B	PST-1200A 变压器成套保护装置调试定值单	215
附录 C	PRS-778S 变压器成套保护装置调试定值单	217
附录 D	WBH-801A 变压器成套保护装置调试定值单	221
附录 E	CSC-326B 变压器成套保护装置调试定值单	225

RCS-978E 变压器成套保护装置校验手册

第一节 试验前注意事项及实施安全措施

一、适用版本

本调试方案适用于南京南瑞继保电气有限公司 RCS-978E 变压器成套保护装置，相应主变压器一次设备为 220kV 三绕组变压器，低压侧单分支。

其他版本保护装置调试可参考本调试方案。

二、试验前的安全措施

无论一次设备在什么状态，试验前都应按一次设备在运行状态，仅对保护装置进行校验的情形做安全措施。

(1) 记录保护装置的原始状态，包括保护连接片、切换把手和自动空气开关的实际状态，保护的定值区号。

(2) 解除所有保护跳闸出口连接片、功能连接片、解除复压闭锁连接片、启动失灵连接片。

(3) 电流回路安全措施：主要是和运行的电流互感器二次回路进行隔离，并有明显的断开点。要注意防止运行保护设备的电流互感器二次回路被短接、开路、两点接地或失去接地点，防止运行电流互感器被加入试验附加电流而造成运行保护装置的不正确动作。

(4) 电压回路安全措施：电压回路的安全措施要有明显的断开点，防止由于检修工作造成反送电，或运行电压互感器二次回路发生短路、接地、两点接地和失去接地点等。

三、试验设备及试验接线的基本要求

(1) 为了保证检验质量，应使用继电保护微机型试验装置，其技术性能应符合 DL/T 624—2010《继电保护微机型试验装置技术条件》的规定。

(2) 试验仪器仪表应经检验合格，其精度应不低于 0.5 级。

(3) 试验回路的接线原则，应使加入保护装置的电气量与实际情况相符合。模拟故障的试验回路，应具备对保护装置进行整组试验的条件。

(4) 交、直流试验电源质量和接线方式等要求参照 DL/T 995—2006《继电保护及电网安全自动装置检验规程》有关规定执行。

(5) 试验时如无特殊说明，所加直流电源均为额定值。

(6) 加入装置的试验电流和电压，如无特殊说明，均指从保护屏端子上加入。

(7) 为保证检验质量，对试验中的每一点，试验数值与整定值的误差应满足规定的要求。

四、试验过程中的注意事项

(1) 断开直流电源后才允许插、拔插件，插、拔交流插件时应防止交流电流回路开路。

(2) 打印机及每块插件应保持清洁，注意防尘。

(3) 调试过程中发现有小时，不要轻易更换芯片，应先查明原因，当证实确需更换芯片时，则应按有关规定执行，并更换经筛选合格的芯片，芯片插入的方向应正确，并保证接触可靠。

(4) 试验人员接触、更换芯片时，应采用防人体静电接地措施，以确保不会因人体静电而损坏芯片。

(5) 原则上在现场不能使用电烙铁，试验过程中如需使用电烙铁进行焊接时，应采用带接地线的电烙铁或电烙铁断电后再焊接，接地线应与保护屏（柜）在同一点接地。

(6) 试验过程中，应注意不要将插件插错位置。

(7) 因检验需要临时短接或断开的端子，应逐个记录，并在试验结束后及时恢复。

(8) 使用交流电源的试验设备、电子仪器进行电路参数测量时，外壳应在本保护屏（柜）的接地铜排接地。

第二节 装 置 检 查

一、定值核对

定值核对项目包括系统参数定值、主保护定值、高压侧后备保护定值、中压侧后备保护定值和低压侧后备保护定值 5 部分。

分别将打印切换把手切换至相应位置，打印保护装置定值，与正式定值单核对，正确后才可进行保护校验。

二、开入量检查

进入“保护状态”→“保护板状态”→“开入量”→“连接片开入”和“其他开入”子菜单，在保护屏上分别进行各触点的模拟导通，在液晶显示屏上显示的开入量状态应有相应改变。RCS-978E 开入量检查见表 1-1。

表 1-1 RCS-978E 开入量检查

开入名称	试 验 方 法
投差动保护	投/退“投差动”连接片
投零差保护	投/退“投零序差动保护”连接片
投 I 侧过电流保护	投/退“投高压侧相间后备”连接片
投 I 侧接地零序保护	投/退“投高压侧接地零序”连接片

续表

开入名称	试验方法
投 I 侧不接地零序保护	投/退“投高压侧不接地零序”连接片
投 II 侧过电流保护	投/退“投中压侧相间后备”连接片
投 II 侧接地零序保护	投/退“投中压侧接地零序”连接片
投 II 侧不接地零序保护	投/退“投中压侧不接地零序”连接片
投 III 侧过电流保护	投/退“投低压侧后备保护”连接片
投 IV 侧过电流保护	投/退“投低压侧后备保护”连接片
投公共绕组后备保护	投/退“投公共绕组保护”连接片
I 侧电压退出	投/退“退高压侧电压”连接片
II 侧电压退出	投/退“退中压侧电压”连接片
III 侧电压退出	投/退“退低压侧电压”连接片
IV 侧电压退出	投/退“退低压侧电压”连接片
打印	按屏上“打印”按钮 1YA
对时	短接 RD1 和 RD4

第三节 交流采样检查

以高压侧电流和电压回路采样为例，高压侧外接零序电流、间隙零序电流和其他侧采样与此类似，试验接线图如图 1-1 所示。

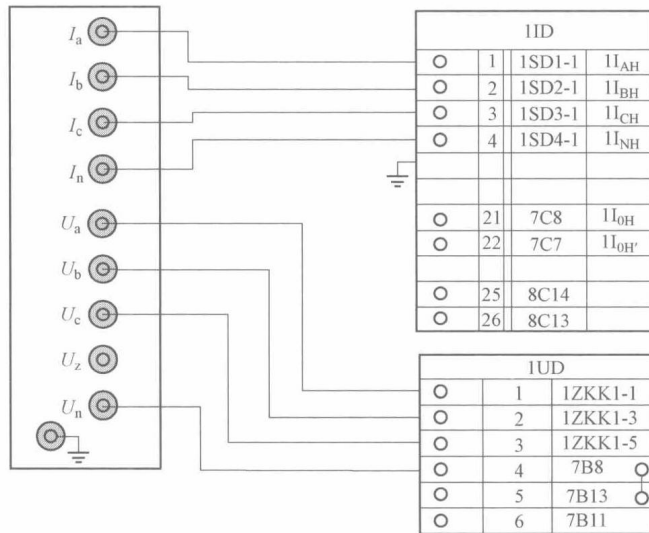


图 1-1

一、零漂检验

测试方法：进行本项目检验时要求保护装置不输入交流量。在测电流回路零漂

时，对应的电流回路应处在开路状态；在测电压回路零漂时，对应电压回路处在短路状态。

(1) 进行本项目检验时要求保护装置不输入交流量。

(2) 分别进入保护装置“保护状态”→“保护板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”以及“保护状态”→“管理板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”菜单查看电压电流零漂值，要求 $I < 0.02I_n$ ， $U < 0.2V$ 。

二、幅值相位检查

进入保护装置“保护状态”→“保护板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”，以及“保护状态”→“管理板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”，分别检验高压侧各通道电流、电压幅值及相角。

选择手动试验菜单，试验参数设置见表 1-2。

表 1-2 幅值相位检查试验参数设置

参数	i_a	i_b	i_c	\dot{U}_a	\dot{U}_b	\dot{U}_c	\dot{U}_z
试验值	1 $\angle 0^\circ$	2 $\angle -120^\circ$	3 $\angle 120^\circ$	20 $\angle -30^\circ$	30 $\angle -90^\circ$	40 $\angle 150^\circ$	30 $\angle -90^\circ$

说明：

(1) 进入“保护状态”→“保护板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”以及“保护状态”→“管理板状态”→“交流量采样”→“Ⅰ侧电流电压采样值”“各侧电流相位夹角”“各侧电压相位夹角”“各侧电压与电流相位夹角”分别查看电流、电压采样值，显示值应与试验值相符，要求幅值误差不超过 5%，各相电流、电压之间及相位误差应不超过 $\pm 3^\circ$ 。

(2) 在试验过程中，如果电流无显示，应观察试验仪，判断是由开路引起还是短路造成；电压显示不正确，应检查 U_n 是否虚接， U_n 虚接的现象是试验中幅值大的变小，幅值小的变大。在试验过程中，如果交流量的测量误差超过要求范围时，应首先检查试验接线、试验方法、外部测量表计等是否正确完好，试验仪参数设置是否正确（频率为 50Hz），试验电源有无波形畸变，不可急于调整或更换保护装置中的元器件。

(3) 试验前，先进入采样值显示菜单，然后加电压和电流。在试验过程中，保护装置可能会退出运行，“运行”灯可能熄灭，但不影响采样数据的检验。

第四节 主保护定值及功能校验

RCS-978E 主保护包含稳态比率差动保护、差动速断保护、工频变化量差动保护，当“二次谐波制动”控制字整定为 1 时，采用二次谐波原理闭锁，整定为 0 时，采用波形比较原理闭锁。

一、变压器基本参数

变压器容量整数部分：150MVA。

变压器容量小数部分：0MVA。

接线方式：Y_N/Y_nd11。

额定电压：高压侧 220kV，中压侧 121kV，低压侧 38.5kV。

额定电流：高压侧 1200/5，中压侧 1200/5，“III侧 TA3 一次侧”=2500A，“IV侧 TA4 一次侧”=0A。

二、试验前的准备

(1) 主变压器三侧开关在合闸位置。

(2) 依据附件中调试定值单，整定保护定值；具体调试中如需改变定值，根据实际情况确定，做完试验后需及时恢复。

三、试验相关原理及数据计算

RCS 978 系列变压器成套保护中差动保护使用标么值，并以各侧的二次额定电流作为各侧的基准值。各侧二次额定电流计算公式如下：

$$I_{1e} = \frac{S_e}{\sqrt{3}U_e}, \quad I_{2e} = I_{1e} / n_{TA}$$

式中 I_{2e} ——计算侧二次额定电流；

S_e ——变压器容量；

n_{TA} ——计算侧 TA 变比；

U_e ——计算侧额定一次电压。

1. 差动各侧电流相位差的补偿

变压器各侧电流互感器采用星形接线，二次电流直接接入本装置。电流互感器各侧以母线为极性。

变压器各侧 TA 二次电流相位由软件调整，采用 $\Delta \rightarrow Y$ 变化调整差流平衡，对于 Y_Nd11 的接线方式，其校正方法如下：

Y₀侧：

$$\begin{cases} \dot{I}'_A = \dot{I}_A - \dot{I}_0 \\ \dot{I}'_B = \dot{I}_B - \dot{I}_0 \\ \dot{I}'_C = \dot{I}_C - \dot{I}_0 \end{cases}$$

Δ 侧：

$$\begin{cases} \dot{I}'_a = (\dot{I}_a - \dot{I}_a) / \sqrt{3} \\ \dot{I}'_b = (\dot{I}_b - \dot{I}_a) / \sqrt{3} \\ \dot{I}'_c = (\dot{I}_c - \dot{I}_b) / \sqrt{3} \end{cases}$$

其中， \dot{I}_A 、 \dot{I}_B 、 \dot{I}_C 为 Y₀侧二次电流， \dot{I}_0 为 Y₀侧的零序电流， \dot{I}'_A 、 \dot{I}'_B 、 \dot{I}'_C 为 Y₀侧校正后的各相电流； \dot{I}_a 、 \dot{I}_b 、 \dot{I}_c 为 Δ 侧二次电流， \dot{I}'_a 、 \dot{I}'_b 、 \dot{I}'_c 为 Δ 侧校正后的各相电流。

2. 差动保护数据计算

针对本试验相关定值，计算数据见表 1-3。

表 1-3

差动保护数据计算

项目	高压侧 (I 侧)	中压侧 (II 侧)	低压侧 (III 侧)
变压器全容量 S_e	150MVA		
电压等级 U_e	220kV	121kV	38.5kV
接线方式	Y_0	Y_0	Δ
各侧 TA 变比 n_{TA}	1200A/5A	1200A/5A	2500A/5A
变压器一次额定电流 I_{1e}	393.66A	715.74A	2249.48A
变压器二次额定电流 I_{2e}	1.64A	2.98A	4.5A

I、II 侧 (Y_0 侧) 做检验, 在任意一侧 A 相加入电流 I_* , 根据装置的调相位方法:

$$\dot{I}'_A = (\dot{I}_A - \dot{I}_0) \quad \dot{I}'_B = (\dot{I}_B - \dot{I}_0) \quad \dot{I}'_C = (\dot{I}_C - \dot{I}_0)$$

因为

$$|3\dot{I}'_0| = |\dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C| = I_*$$

所以

$$|\dot{I}'_A| = \frac{2}{3}I_* \quad |\dot{I}'_B| = \frac{1}{3}I_* \quad |\dot{I}'_C| = \frac{1}{3}I_*$$

即 B、C 两相都会受到影响。

III 侧 (Δ 侧) 做检验:

$$\begin{cases} \dot{i}'_a = (\dot{i}_a - \dot{i}_c) / \sqrt{3} \\ \dot{i}'_b = (\dot{i}_b - \dot{i}_a) / \sqrt{3} \\ \dot{i}'_c = (\dot{i}_c - \dot{i}_b) / \sqrt{3} \end{cases}$$

式中 \dot{i}_a 、 \dot{i}_b 、 \dot{i}_c —— Δ 侧二次电流;

\dot{i}'_a 、 \dot{i}'_b 、 \dot{i}'_c —— Δ 侧校正后的各相电流。

3. 差动各侧电流相位差补偿方式验证

进入保护装置“保护状态” → “保护板状态” → “计算差流”和“保护状态” → “管理板状态” → “计算差流”, 分别查看三相补偿后的差流。

(1) 高压侧试验。在 A 相通入电流 $I_A=1.64A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.67$, $I_{dB}=0.33$, $I_{dC}=0.33$ 。

1) 在 B 相通入电流 $I_B=1.64A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.33$, $I_{dB}=0.67$, $I_{dC}=0.33$ 。

2) 在 C 相通入相电流 $I_C=1.64A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.33$, $I_{dB}=0.33$, $I_{dC}=0.67$ 。

(2) 中压侧试验。在 A 相通入电流 $I_A=2.98A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.67$, $I_{dB}=0.33$, $I_{dC}=0.33$ 。

1) 在 B 相通入电流 $I_B=2.98A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.33$, $I_{dB}=0.67$, $I_{dC}=0.33$ 。

2) 在 C 相通入电流 $I_C=2.98A$ (1 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0.33$, $I_{dB}=0.33$, $I_{dC}=0.67$ 。

(3) 低压侧试验。在 A 相通入电流 $I_A=7.79A$ ($\sqrt{3}$ 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=1$,

$I_{dB}=1, I_{dC}=0$ 。

1) 在 B 相通入电流 $I_B=7.79A$ ($\sqrt{3}$ 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=0, I_{dB}=1, I_{dC}=1$ 。

2) 在 C 相通入电流 $I_C=7.79A$ ($\sqrt{3}$ 倍额定值), 三相差流为 $I_{dA}=1, I_{dB}=0, I_{dC}=1$ 。

说明:

(1) 菜单中“计算差流”显示的是标么值。

(2) 由分析可知, 在 Y 侧单相通入 1 倍 I_{2n} 时, 通入相差流为 0.67 倍 I_{2n} , 其他两相为 0.33 倍 I_{2n} 。在 Δ 侧单相通入 $\sqrt{3}$ 倍 I_{2n} 时, 通入相差流为 1 倍 I_{2n} , 超前相为 0 倍 I_{2n} , 滞后相为 1 倍 I_{2n} 。

四、稳态比率差动保护

1. 试验前的准备

(1) 投“投差动”硬连接片。

(2) 整定定值“差动起动电流”= $0.3I_n$, “比率制动系数”= 0.5 。

(3) 控制字“比率差动投入”置 1, “工频变化量差动保护投入”置 0, “TA 断线闭锁差动控制字”置 0。

(4) 将中央信号差动跳闸触点 (1XD1、1XD3) 引入测试仪开入回路, 测量动作时间。

2. 差动起动电流定值校验

试验接线如图 1-2 所示。

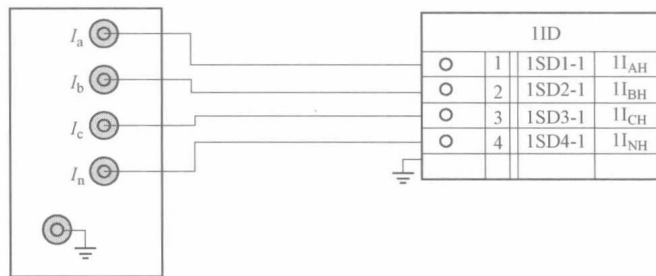


图 1-2

模拟高压侧 A 相接地故障。从调试软件的主菜单中进入“状态序列”, 设置状态 1 为故障前状态, 状态 2 为故障状态, 触发条件选择“最长状态时间”, 分别校验 1.1 倍、0.95 倍、1.2 倍定值时保护动作情况, 设置状态见表 1-4。

表 1-4 校验差动起到电流定值状态设置

项目	状态	电流 (A) 50Hz 电压 (V) 50Hz	状态时间 (s)	面板显示
校验 1.1 倍定值	状态 1 故障前状态	$I_a=0 \angle 0^\circ \quad I_b=0 \angle -120^\circ \quad I_c=0 \angle 120^\circ$	5	
	状态 2 故障状态	$I_a=0.81 \angle 0^\circ \quad I_b=0 \angle -120^\circ \quad I_c=0 \angle 120^\circ$	0.1	“跳闸”灯亮
校验 0.95 倍定值	状态 1 故障前状态	$I_a=0 \angle 0^\circ \quad I_b=0 \angle -120^\circ \quad I_c=0 \angle 120^\circ$	5	
	状态 2 故障状态	$I_a=0.7 \angle 0^\circ \quad I_b=0 \angle -120^\circ \quad I_c=0 \angle 120^\circ$	0.1	

续表

项目	状态	电流 (A) 50Hz 电压 (V) 50Hz	状态时间 (s)	面板显示
校验 1.2 倍定值	状态 1 故障前状态	$I_a=0 \angle 0^\circ$ $I_b=0 \angle -120^\circ$ $I_c=0 \angle 120^\circ$	5	
	状态 2 故障状态	$I_a=0.89 \angle 0^\circ$ $I_b=0 \angle -120^\circ$ $I_c=0 \angle 120^\circ$	0.1	“跳闸”灯亮

说明:

(1) 校验 1.1 倍定值时, 差动保护动作, 保护装置“跳闸”灯亮, 报文显示“比率差动”; 校验 0.95 倍定值时, 差动保护不动作。

(2) 校验 1.2 倍定值时, 测量动作时间, 试验结束后界面将会出现保护动作时间, 动作时间约 25ms。

(3) 根据试验相关原理及数据计算可知, 校验 1.1 倍定值时候加入的电流量为 $1.1 \times 0.3I_{e1} \times 1.5 = 1.1 \times 0.3 \times 1.64 \times 1.5 = 0.81$, 0.95 和 1.2 倍时可类推。其中 1.5 为倍数, 因加入一相电流时, 装置采样减少为 2/3。

(4) 本试验中加入保护装置电流的角度可以为任意值。

(5) 当 $I_r < 0.5I_e$ 时, 动作特性曲线是一条斜率等于 0.2 的斜线, 若选择 1.05 倍定值校验, 由于制动电流的影响稳态比率差动保护可能不动作, 故本试验中按 1.1 倍定值进行校验。

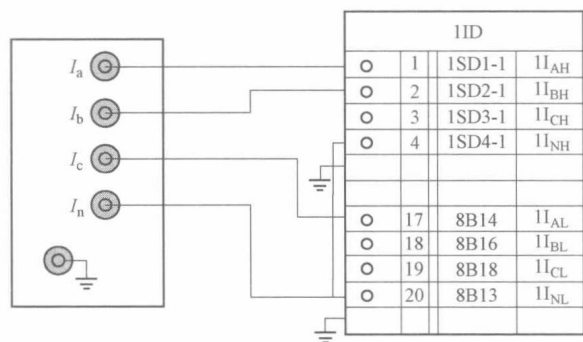


图 1-3

3. 比率差动制动系数校验

(1) 高压侧对低压侧的试验。试验接线如图 1-3 所示。

模拟高压侧 A 相接地故障, 校验当 $I_r=1.5I_e$ 和 $I_r=2.5I_e$ 时保护动作情况。从调试软件的主菜单中进入“状态序列”, 状态 1 为差流平衡状态, 状态 2 为临界状态, 选择触发条件为“时间触发”, 分别校验差动电流处于临界动作和临界不动作状态时差动保护动作情况, 设置状态见表 1-5。

表 1-5 校验制定电流为 $1.5I_e$ 和 $2.5I_e$ 时比例制动系数状态设置

项目	状态	电流 (A) 50Hz 电压 (V) 50Hz	状态时间 (s)	面板显示
$I_r=1.5I_e$	状态 1 差流平衡状态	$I_a=1.72 \angle 0^\circ$ $I_b=1.72 \angle 180^\circ$ $I_c=8.18 \angle 180^\circ$	2	
	状态 2 临界不动作状态	$I_a=1.72 \angle 0^\circ$ $I_b=1.72 \angle 180^\circ$ $I_c=15.1 \angle 180^\circ$	0.1	
$I_r=1.5I_e$	状态 1 差流平衡状态	$I_a=1.72 \angle 0^\circ$ $I_b=1.72 \angle 180^\circ$ $I_c=8.18 \angle 180^\circ$	2	
	状态 2 临界动作状态	$I_a=1.72 \angle 0^\circ$ $I_b=1.72 \angle 180^\circ$ $I_c=15.3 \angle 180^\circ$	0.1	“跳闸”灯亮

续表

项目	状态	电流 (A) 50Hz 电压 (V) 50Hz	状态时间 (s)	面板显示
$I_r=2.5I_c$	状态 1 差流平衡状态	$I_a=2.95\angle 0^\circ$ $I_b=2.95\angle 180^\circ$ $I_c=14.03\angle 180^\circ$	2	
	状态 2 临界不动作状态	$I_a=2.95\angle 0^\circ$ $I_b=2.95\angle 180^\circ$ $I_c=24.8\angle 180^\circ$	0.1	
$I_r=2.5I_c$	状态 1 差流平衡状态	$I_a=2.95\angle 0^\circ$ $I_b=2.95\angle 180^\circ$ $I_c=14.03\angle 180^\circ$	2	
	状态 2 临界动作状态	$I_a=2.95\angle 0^\circ$ $I_b=2.95\angle 180^\circ$ $I_c=25\angle 180^\circ$	0.1	“跳闸”灯亮

说明:

(1) 状态 1 为差流平衡状态, 此时保护装置各相差流为 0。

(2) 稳态比率差动的动作方程为

$$\begin{cases} I_d > 0.2I_r + 0.3 & I_r \leq 0.5 \\ I_d > 0.5I_r + 0.15 & 0.5 \leq I_r \leq 6 \\ I_d > 0.75I_r - 1.35 & I_r > 6 \\ I_r = \frac{1}{2}(I_1 + I_2) \\ I_d = I_1 - I_2 \end{cases}$$

其中, I_d 为差动电流; I_r 为制动电流; I_1 、 I_2 分别为参与计算差流的相位补偿后的两侧电流。

稳态比率差动保护的动作特性如图 1-4 所示。

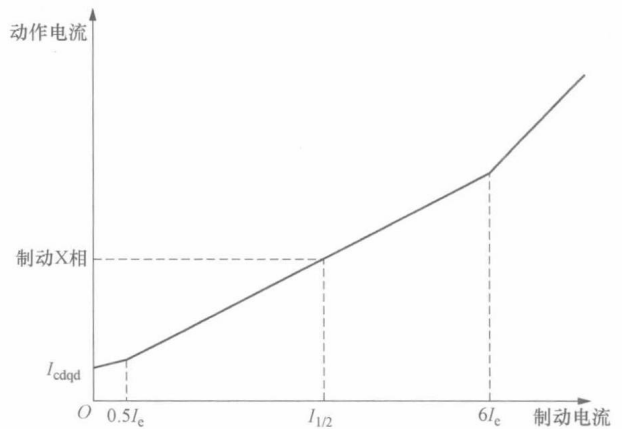


图 1-4

(3) 当 $I_r=1.5I_c$ 时, 试验中具体数据计算如下:

$$\begin{cases} I_d = 0.3 + 0.5 \times 0.2 + (1.5 - 0.5) \times 0.5 = 0.9 \\ I_r = 1.5 \end{cases}, \text{得}$$

$$\begin{cases} I_1 + I_2 = I_r \times 2 = 1.5 \times 2 = 3 \\ I_1 - I_2 = 0.9 \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_1 = 1.95I_c \\ I_2 = 1.05I_c \end{cases}$$

由于 $I_{e1}=1.64$, $I_{e3}=4.5$, 根据试验相关原理及数据计算节中介绍差动各侧电流相位补偿方法, 状态 1 中模拟差流平衡状态, 加入的有名值——高压侧为 $1.05 \times 1.64=1.72$ (A), 低压侧为 $1.05 \times 4.5 \times \sqrt{3}=8.18$ (A)。

状态 2 中, 当模拟临界状态时, 加入的有名值为高压侧 $1.05 \times 1.64=1.72$ (A), 低压侧 $1.95 \times 4.5 \times \sqrt{3}=15.2$ (A)。临界不动作时低压侧 A 相加试验电流为 15.1A, 临界动作时低压侧 A 相加试验电流为 15.3A。

(4) 当 $I_r=2.5I_c$ 时, 试验中具体数据计算如下: