



国家电网
STATE GRID

上海市电力公司

SHANGHAI ELECTRIC POWER COMPANY

内含三张 D V D

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



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

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，偏重于实用性。

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时，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

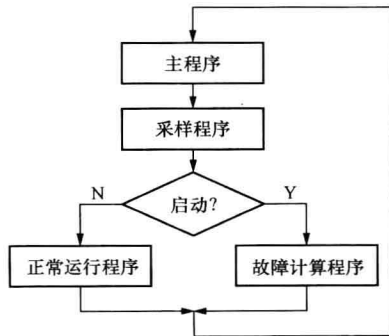


图 1-1 保护程序结构框图



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

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

式中 $\Delta I_{\varphi\varphi\text{MAX}}$ ——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

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

$$\phi\phi = AB, BC, CA$$

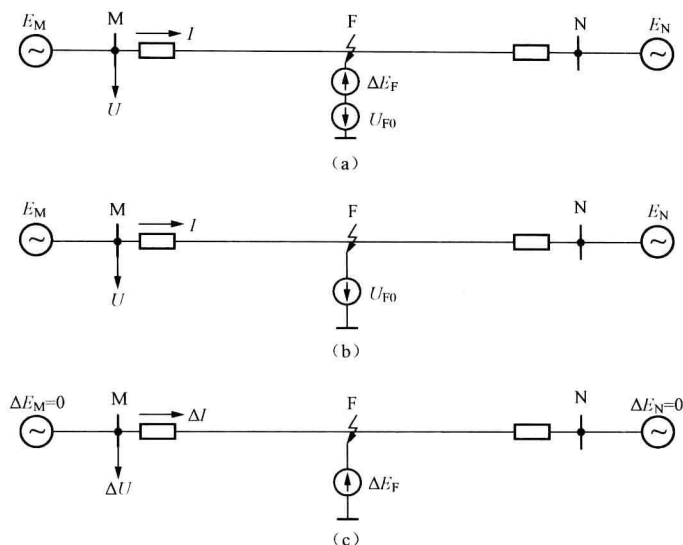


图 1-2 短路系统图

(a) 短路状态; (b) 正常负荷状态; (c) 短路附加状态

对接地故障

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

$$\phi = A, B, C$$

式中 Z_{ZD} ——整定阻抗，一般取 0.8~0.85 倍线路阻抗；

U_z ——动作门坎，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。

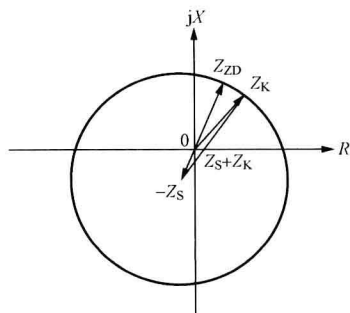


图 1-3 正方向短路动作特性

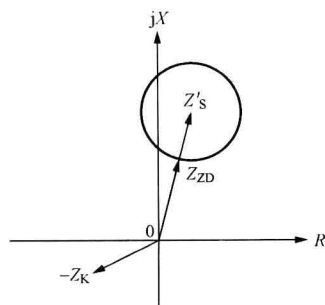


图 1-4 反方向短路动作特性



(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， $\Delta I_{CD\varphi} = |\Delta \dot{I}_{M\varphi} + \Delta \dot{I}_{N\varphi}|$ 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

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

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

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

$I_{R\varphi}$ ——制动电流， $I_{R\varphi} = |\dot{I}_{M\varphi} - \dot{I}_{N\varphi}|$ 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

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

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

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,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

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

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;
 $I_{CDBC\phi}$ ——经电容电流补偿后的差动电流;
 $I_{R\phi}$ 、 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)。

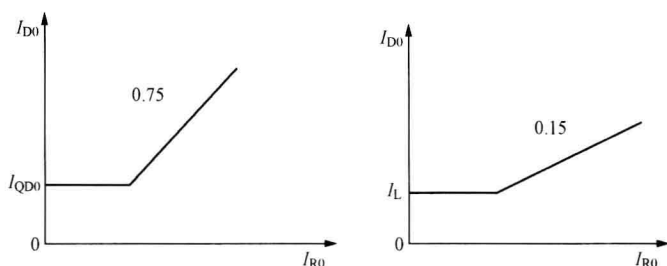


图 1-5 零序差动保护的特性曲线

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

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

I_{CD0} 、 I_{R0} 、 $I_{CD\phi}$ 、 $I_{R\phi}$ 、 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

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

式中 $U_{M\phi}$ 、 $U_{N\phi}$ 、 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。

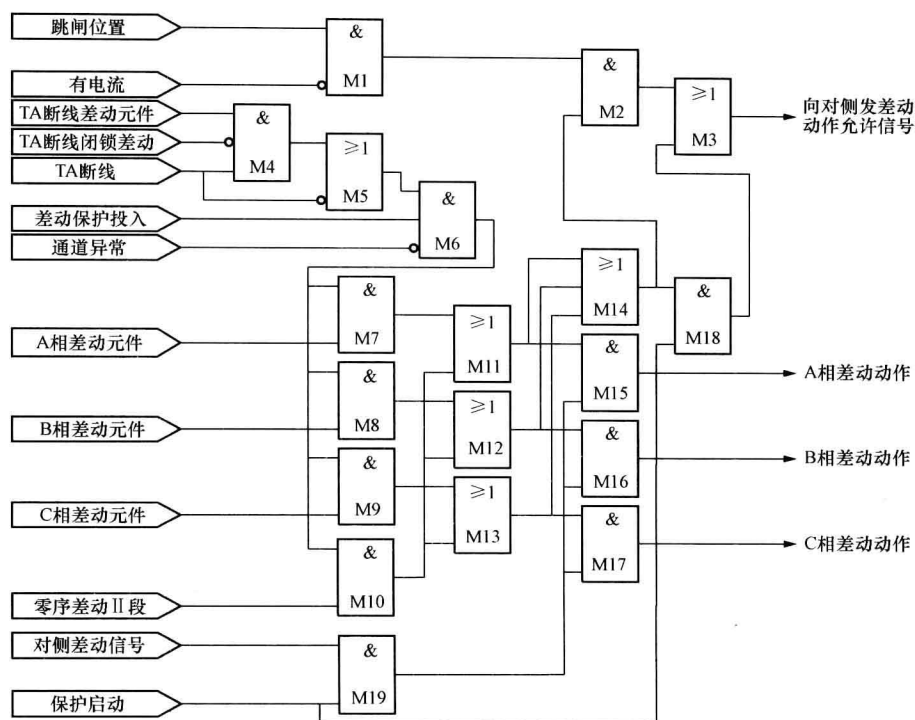


图 1-6 电流差动保护框图

（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，所以仅测量相阻抗。



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:

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

$$\text{极化电压} \quad U_{P\varphi} = -U_{1\varphi M}$$

$$\text{这里} \quad \varphi = A, B, C$$

式中 $U_{OP\varphi}$ ——工作电压;

$U_{P\varphi}$ ——极化电压;

Z_{ZD} ——整定阻抗;

$U_{1\varphi M}$ ——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,将是以 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。

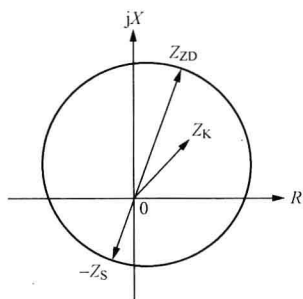


图 1-7 正方向故障时动作特性

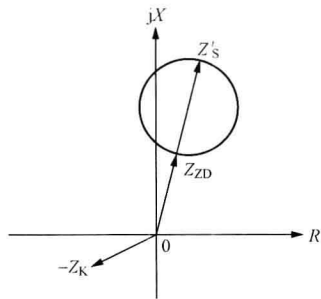


图 1-8 反方向故障时动作特性

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

$$U_{P\varphi} = -U_{1\varphi}$$

$U_{P\varphi}$ 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

$$U_{P\varphi} = -U_{1\varphi} e^{j\theta_1}$$

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。

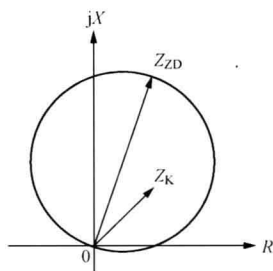


图 1-9 三相短路稳态特性

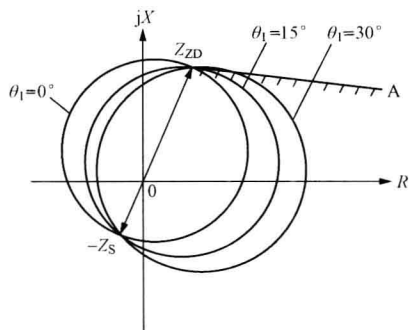


图 1-10 正方向故障时继电器特性

(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

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

式中 Z_D ——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_φ 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 $I_\varphi + K \cdot 3I_0$ 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_D 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

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

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

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

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 , 其作用也同样是為了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_D 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_D 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”

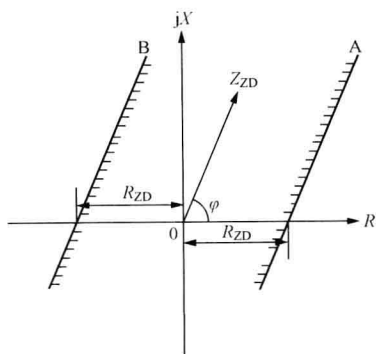


图 1-11 负荷限制继电器特性

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