

地区电网继电保护

实用技术

成云云 王玥婷 编

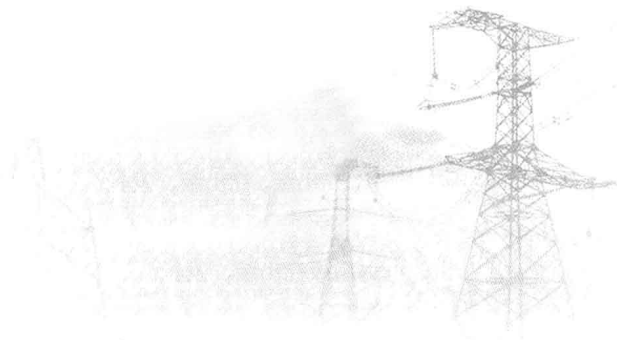


中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

地区电网继电保护

实用技术

成云云 王玥婷 编
马杰 黄德斌 审核



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为便于广大继电保护专业技术人员在短时间内了解并掌握继电保护整定运行知识，提高继电保护整定运行专业技术人员的技术水平，编者结合多年的培训经验，以实用为主题编写了本书。

本书共分五章，第一章重点叙述在整定计算工作中，对基本原则的正确理解及各注意事项；第二章主要讨论继电保护运行规定和非正常方式下保护运行的注意事项，以及电网主要设备元件保护的范围和动作分析，对部分保护连接片进行说明；第三章对在在工作中遇到的问题作为继电保护整定和运行的特例，进行专题分析；第四章讲述了如何根据已知条件计算电力网参数；第五章列举了各种继电保护整定计算的应用实例。

本书可作为电力系统设计、运行、检修等单位从事继电保护专业的工程技术和管理人员以及电力调度运行人员的培训资料。

图书在版编目（CIP）数据

地区电网继电保护实用技术/成云云，王玥婷编. —北京：中国电力出版社，2012.7

ISBN 978-7-5123-3271-3

I. ①地… II. ①成…②王… III. ①地区电网—继电保护
IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2012）第 151612 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>）

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 8 月第一版 2012 年 8 月北京第一次印刷

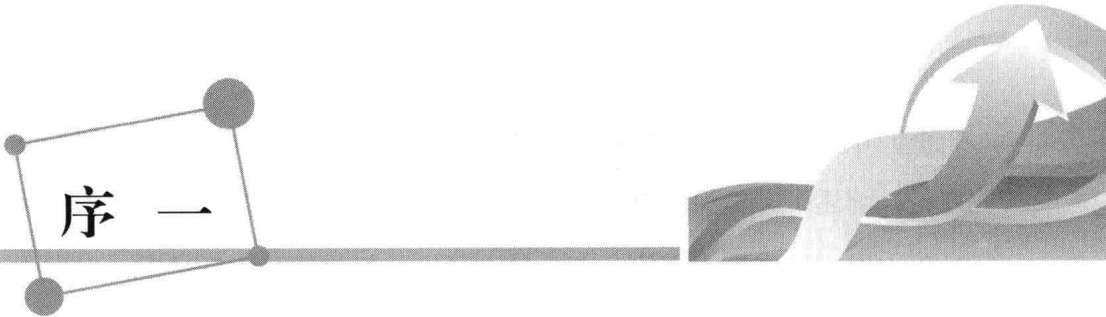
710 毫米×980 毫米 16 开本 13.25 印张 186 千字

印数 0001—3000 册 定价 41.00 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



序 一

电力系统的不断发展和安全稳定运行给国民经济和社会发展带来了巨大的动力和效益。作为电网安全生产体系中的重要环节，继电保护在电力安全生产中起着重要的作用，继电保护可靠性、选择性、灵敏性、快速性的体现，在很大程度上取决于保护装置本身的可靠性及保护整定运行的合理性。多年来在一批批继电保护专业技术人员的不懈努力下，继电保护专业技术水平获得了很大的进步和发展，同时出现了许多富有理论、实践经验的专家和技术人员，正是通过他们卓有成效的工作，继电保护的技術水平和运行管理水平得到不断提高和完善，充分实现继电保护保障电网安全稳定运行的作用。

继电保护任何不正确的动作都将造成或扩大事故，有时甚至会加重电气主设备损坏程度或造成大面积停电和电力系统瓦解的重大事故。随着电力系统的快速发展和全国联网的逐步形成，继电保护技术及其装置应用水平也不断提高，同时对继电保护的要求也越来越高，继电保护正确、合理的整定运行是提高其应用水平和保证其正确动作的关键环节。所以，加强继电保护技术监督、不断提高继电保护技术及其装置运行管理水平，是电力企业的重要工作。

本书作者以高度的事业心和责任感，运用丰富的实践经验和充实的专业理论，阐述了继电保护整定计算和运行的要点及注意事项。在本书的编写过程中以实际应用为主线，充分结合了继电保护运行实际情况，对继电保护整定计算和运行具有较高的实用参考价值，也有助于广大继电保护专业技术人员在短时间内了解和掌握继电保护整定运行知识。

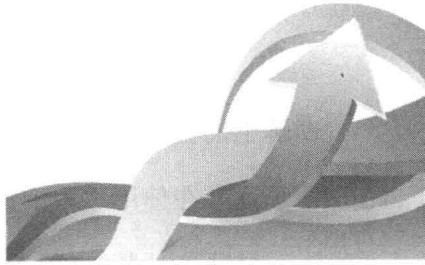
希望继电保护专业人员继续发扬刻苦钻研、认真负责、爱岗敬业的精神，随着科技不断进步、电网不断发展，与时俱进，扎实工作，不断提高和完善继电保护技术管理和运行管理工作，以保障电网的安全稳定运行。

邱夕尧

2012年5月



序 二



继电保护是电力系统自动化的重要组成部分，是保证电力系统安全稳定运行和电气设备安全的重要措施。随着我国电力系统向高电压、大机组、现代化大电网的发展，对继电保护提出了更高的要求。电力系统安全稳定运行依赖于继电保护的正确动作，而继电保护的配置、整定及运行管理，是关系到继电保护装置能否正确动作的至关重要的环节，要求从事该项工作的人员具有较高的专业技术水平。

继电保护工作类别多种多样，诸如设计、制造、调试、安装、运行等。多年实践证明，继电保护装置正确动作率的高低，除了装置质量因素外，很大程度上还取决于设计、安装、调试、整定和运行维护人员的技术水平和敬业精神。作者总结归纳了十多年的工作经验，对继电保护的配置、整定及运行等各注意事项进行了详细说明，列举各种特殊情况的实例以帮助加强理解；以系统的视点，简要讲述电网主要元件保护的范围及动作分析，便于运行人员和保护调试人员加深对保护整体概念的理解；以在工作中遇到的问题作为继电保护整定和运行的特例，并进行专题分析。本书作者以其丰富的实践经验和充实的专业理论知识，广泛讨论继电保护整定计算技术问题和整定计算时易出错而应注意的问题，避免初学者由于对规程规定

理解上的偏差而造成错误。作者在第五章列举了各种继电保护应用实例，便于读者在使用过程中参考。

《地区电网继电保护实用技术》内容翔实，结合地区电网继电保护岗位实际，以解决实际问题为目的，撰写内容突出针对性、实用性，不失为一本既适用于提高继电保护专业人员整定运行技术水平，同时又适用广大电气技术人员在短时间内了解和掌握继电保护整定运行知识的专业参考书。

黄德斌

2012年5月



前言

电力系统安全稳定运行依赖于继电保护的正确动作，而继电保护的配置、整定及运行管理，是关系到继电保护装置能否正确动作的至关重要的环节。

在电网建设的各项工程中，遇到各种各样的新问题，每解决一个问题，就会有一些收获。本书对继电保护的配置、整定及运行等各注意事项进行了详细说明；列举了各种继电保护整定计算应用实例，便于读者在使用过程中参考；以在工作中遇到的问题作为继电保护整定和运行的特例，并进行专题分析。本书以解决实际问题为宗旨，各种保护的常规作法在此没有赘述。旨在教授初学者一个思考问题的方法，解决新问题的思路，从全网的角度去考虑继电保护之间以及与自动装置之间的关系。随着电网的发展、新技术的应用，整定计算的理论与应用也在不断发展，在面临新问题时，应以保证电力系统的安全稳定运行为根本，以规程规范为依据，在原有理论体系上创新发展，新问题才能得到妥善解决。

在从事继电保护工作中，受到了张洪起、马杰、黄德斌、任志刚、朱倩茹、唐毅、殷立镇、许春华、于立涛等专家的大力支持，在此致以衷心的感谢！

谨以此书献给辛勤耕耘的同仁朋友们！

全书由马杰、黄德斌审核。第一章，第三章第二节至第七节、第九节至第十二节，第四章由成云云负责编写；第二章、第三章中第一节及第八节、第五章由王玥婷负责编写。

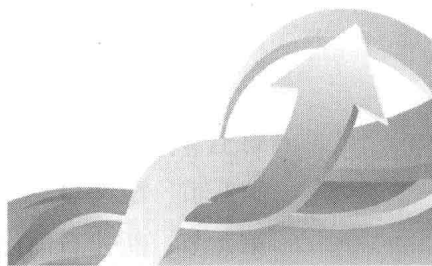
由于水平有限，书中难免存有不妥之处，敬请各位读者及同仁批评指正。

编 者

2012年5月



目 录



序一
序二
前言

第一章 继电保护整定计算解析	1
第一节 基本知识	2
第二节 整定计算应注意的相关问题	8
第三节 继电保护配置分析	24
第二章 继电保护运行	29
第一节 继电保护常规运行规定及重点解读	29
第二节 保护未经检验时的考虑	36
第三节 特殊方式下的保护运行	40
第四节 电网保护的動作分析	40
第五节 保护连接片简介	51
第三章 继电保护应用典型分析	60
第一节 变压器时限速断保护的应用分析	60
第二节 断路器失灵保护的应用分析及优化	63
第三节 备用电源自投装置的应用分析	72
第四节 地区热电厂并网引发的电网安全供电探讨	76
第五节 小电源联络线的继电保护配置与整定计算	81
第六节 采用循环电流测量变压器差动保护六角图的分析与实践	90

第七节	10kV 线路保护定值计算分析	95
第八节	配网自动化对配电线路保护问题的解决	102
第九节	新建石油化工企业安全供电分析	110
第十节	电网谐波分析	113
第十一节	大型电动机启动分析	118
第十二节	风电并网和运行安全供电分析	122
第四章	电力网参数计算和管理	132
第一节	标幺值	132
第二节	对称分量法	136
第三节	电网参数计算	137
第五章	整定计算应用实例	151
第一节	35kV 线路整定计算	152
第二节	110kV 变压器整定计算	158
第三节	110kV 线路整定计算	172
第四节	220kV 变压器整定计算	184
参考文献		201



继电保护整定计算解析

电力系统继电保护的基本任务：① 当被保护的电力系统元件发生故障时，应该由元件的保护装置迅速准确地给距离故障元件最近的断路器发出跳闸命令，使故障元件及时从电力系统中隔离，以最大限度地减少对电力系统元件本身的损害，降低对电力系统安全供电的影响，并满足电力系统的某些特定要求。② 反映电气设备的不正常工作状态，并根据不正常工作情况和设备运行维护条件的不同发出信号，以便值班运行人员进行处理，或由装置自动地进行调整，或将那些继续运行而会引起事故的电气设备予以切除。反映不正常工作情况的继电保护装置容许带一定的延时动作。

继电保护是建立在电力系统基础之上的，它的构成原则和作用必须符合电力系统的内在规律。同时，继电保护自身在电力系统也构成一个有严密配合关系的整体，从而形成了继电保护的系统性。继电保护要达到消除事故，保证电力系统安全稳定运行的目的，需要做多方面的工作，其中包括设计、安装、整定、调试以及运行维护等一系列环节。继电保护是一个系统工程，其中整定运行是极其重要的一部分。

本章重点叙述在整定计算工作中，对继电保护整定计算基本原则的正确理解及注意事项，并结合电网实际，阐述对规程规范灵活运用及处理问题的思路与技巧。

第一节 基本知识

继电保护整定计算是对给出的电力系统运行方式，进行分析、计算，在满足继电保护“四性”（可靠性、选择性、灵敏性和速动性）的要求基础上，确定保护配置、给出保护定值和运行使用要求，并及时协调保护与电力系统运行方式的配合。继电保护整定计算以规程规范为依据，以保证电力系统的安全、稳定运行为根本，根据保护装置的原理、实现方式、电网结构及电力系统运行方式，选择具体的保护整定方案。随着电网的发展、新技术的应用，整定计算的理论与应用也在不断发展。继电保护整定计算是继电保护系统中一项非常重要的环节，正确、合理地进行整定计算才能使系统中的各种保护装置和谐地工作，发挥正确的作用。

一、整定计算的基本任务

(1) 收集必要的参数与资料（保护图纸、设备参数等），建立电力系统设备参数表。

(2) 计算保护定值，编制定值通知单与使用方式，对不满足系统要求的（如选择性、灵敏性、速动性等）保护方式，提出改进方案。

(3) 编制系统保护整定方案，着重说明整定原则问题，整定结果评价，存在的问题及采取的对策等。

(4) 根据整定方案，编制系统保护运行规程。

(5) 处理日常电网运行的保护问题。

(6) 进行系统保护的统计与分析，做出专题分析报告。

(7) 协调继电保护定值分级管理，向下级下达分界点保护定值与系统参数。

(8) 参与系统发展规划、设计的审查。

二、整定计算的特点

(1) 继电保护整定计算是决定整个继电保护系统正确运行的关键，它直接关系到保证电力系统安全和对重要用户连续供电的问题，要统筹考虑



保护装置所处的电网位置及各级电网的协调配合，因此要求有全局的观点。

(2) 继电保护整定计算要统筹考虑电网结构、负荷情况以及一次设备的参数及性能，因此要求有全面的观点。

(3) 由于整定计算人员工作经历的差异、执行整定计算有关规程规范掌握的尺度不同以及各地的要求不同等，使得整定计算的结果是不唯一的。整定计算不是对规程规范的生搬硬套，而是结合电网实际，对规程规范的灵活运用。

(4) 随着电网的发展、新技术的应用，继电保护整定计算理论与应用也在不断发展。在面临新问题时，应以规程规范为依据，以保证电力系统的安全稳定运行为根本，在原有理论体系上创新发展，妥善解决新问题。

三、整定计算的基本要求

电力系统对作用于动作跳闸的继电保护系统的基本要求：可靠性、选择性、灵敏性、速动性，这“四性”是相辅相成、互相制约的。在某些情况下，当“四性”的要求有矛盾而不能兼顾时，应有所侧重，片面强调某一项要求，将会出现保护复杂化、影响经济指标及不利于运行维护等弊病。整定计算尤其需要处理好“四性”的协调关系。

(1) 可靠性。可靠性是指在继电保护装置规定的保护范围内，发生了应该动作的故障时它不应该拒绝动作；而在任何该保护不应该动作的情况，则不应该误动作。也就是“保护该动作时应动作，不该动作时不动作”，前者称“可信赖性”，后者称“安全性”。保护装置的拒动率越低，其可信赖性越高；而误动率越低，其安全性越高。保护装置的误动是造成正常情况下停电、事故情况下扩大事故的直接根源，因此必须避免。保护装置的拒动会造成越级跳闸，使事故扩大，目前电网情况下更应该避免。

可靠性是电力系统对继电保护最基本的性能要求，为了保证继电保护的可靠性，应注意以下七点：

- 1) 采用元件及工艺质量优良的保护装置；
- 2) 保护设计合理，保护的逻辑环节要尽可能少；
- 3) 保护装置的配置要合理；

- 4) 安装质量符合要求，调试正确，加强定期校验；
- 5) 保护整定方案优良，保护定值整定正确；
- 6) 对误动后果严重的保护装置，应加装闭锁，如母差保护中的电压闭锁，对重要环节加装监视信号；
- 7) 加强运行维护，保护运行要求明确。

(2) 选择性。当电力系统中某一部分发生故障时，继电保护装置动作仅将故障元件从电力系统中切除，使停电范围尽量缩小，以保证系统中的无故障部分仍能继续安全运行，这就是选择性。

如图 1-1 所示，当 k 点发生故障时，距故障点最近的断路器 QF1、QF2 断开，其余部分继续运行；当断路器 QF2 因故不能断开（拒动）时，由断路器 QF4 断开，这些都是选择性。如果断路器 QF4 先断开或断路器 QF2、QF4 同时断开就是无选择性。

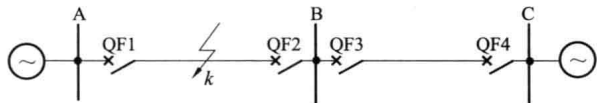


图 1-1 电网故障示意图

实现选择性必须满足两个条件：一是相邻的上下级保护在时限上有配合；二是相邻的上下级保护在保护范围上有配合。综合来说，就是从故障点向电源方面的各级保护，其灵敏度逐级降低，其动作时限逐级增长。

时限配合：上一级保护时限比下一级保护时限要大，时限差即为时限级差。此时限级差视不同的配合情况选取不同的数值，一般情况下，高精度时间元件的保护之间相互配合的级差采用 $0.3s$ ；与变压器差动及瓦斯保护、纵联保护、横差保护等之间配合的级差采用 $0.4s$ ，定时限与反时限保护配合的级差采用 $0.5s$ 。

保护范围配合：也叫灵敏度配合。保护装置对被保护对象的故障反应有一定的范围，上一级保护的保护区应比下一级相应段保护区为短，即在下一级保护区末端故障时，仅该级保护动作，上一级保护不动作。

选择性是继电保护中的一个很重要的问题，一般不允许无选择性产生。实际上不可能要求在所有情况下有完全选择性，当为了满足整体的某种需要时，才在预定点安排无选择性，但是这种无选择应尽可能选在发生可能性小的地方以及影响小的地点。这就需要根据实际情况灵活处理，在规程允许的情况下合理取舍，按照不同的电网情况与继电保护的配置，对选择性的整定作出某些必要的措施，如以下情况应采取的措施：

1) 接入供电变压器的终端线路，无论是一台或多台变压器并列运行（包括多处 T 接供电变压器或供电线路），都允许线路侧的速动段保护按躲开变压器其他母线故障整定，采用重合闸补救的方法。需要时，线路速动段保护可经一短时限动作。

2) 对串联供电线路，如果按逐级配合的原则将过分延长电源侧保护的動作时间，则可将容量较小的某些中间变电站按 T 接变电站或不配合点处理，以减少配合的级数，缩短动作时间。

3) 双回线内部保护的配合确有困难时，允许双回线中一回线故障时，两回线的延时保护段间有不配合的情况。

4) 在构成环网运行的线路中，允许设置预定的一个解列点或一回解列线路。

(3) 灵敏性。灵敏性是指保护装置对被保护电气设备可能发生的故障和正常运行状态的反应能力，习惯上常叫灵敏度。灵敏性用灵敏系数来衡量。灵敏系数指在被保护对象的某一指定点（通常指被保护对象的末端）发生金属性短路，故障量值与整定值之比（反映故障参量上升的，如过电流保护）或整定值与故障量值之比（反映故障参量下降的，如低电压保护）。灵敏度分为主保护灵敏度（对被保护对象）和后备保护灵敏度（对被保护对象相邻的设备）。

校验灵敏度，应选择正常（含正常检修）运行方式中不利的方式和不利的故障类型（一般仅考虑金属性短路和接地故障）计算，要求灵敏系数不能低于规定值。对各种保护灵敏系数的规定，详见 GB/T 14285—2006《继电保护和安全自动装置技术规程》。

选择计算灵敏系数的运行方式是至关重要的，选择恰当与否直接影响对保护效果的评价。在复杂的电网中，计算最小运行方式有时是很复杂的，一般选择常见的不利运行方式校验保护各段灵敏度；对于某些少数运行方式，则由后备保护段保护，或采用临时改变定值的办法提高灵敏度。

校验灵敏度应注意的七个问题：

1) 选择短路电流较小的短路类型，例如，零序电流灵敏度要以单相接地与两相接地进行比较；相电流灵敏度以两相短路来校验。

2) 选择可能出现的最小运行方式，重点在于检验保护反映灵敏度最低的那种方式。

3) 在机端出口附近短路时，保护动作时限长的，校验灵敏度时，要考虑衰减。

4) 经Y/△接线变压器之后的不对称短路，各相中电流、电压的分布将发生变化，接于不同相别、不同相数的保护装置反映灵敏度则不同。

例如：YNd11 接线变压器△侧 AB 相短路时，Y侧电流电压的分布为：

a. Y侧各相电流的分布规律是两故障相中的滞后相电流最大，数值上为△侧故障相电流的 $2/\sqrt{3}$ 倍，其他两相电流大小相等、方向相同，数值上为△侧故障相电流的 $1/\sqrt{3}$ 倍。

b. Y侧各相电压的情况是两故障相中的滞后相电压为零，另两相电压总是相等。

5) 两侧电源及环状网路中的相继动作可能提高或降低灵敏度。如图 1-2 所示，当 k 点故障，断路器 QF1 先跳开后，断路器 QF2 保护 2 的相间电流保护灵敏度提高。

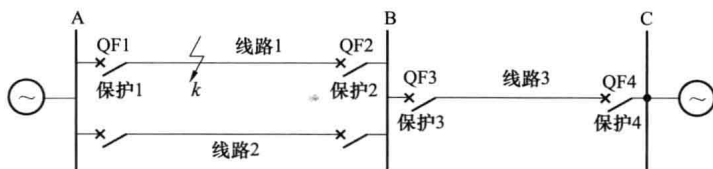


图 1-2 线路故障示意图

6) 在一套保护中有几个元件时，其各元件灵敏度要求是不同的，其中