

西安交通大学学术专著丛书



新型 继电保护与 故障测距 原理与技术

葛耀中 著

西安交通大学出版社

西安交通大学学术专著丛书

新型
继电保护与
故障测距
原理与技术

葛耀中 著
西安交通大学出版社

Xi'an Jiaotong University Series

**New Types of
Protective Relaying
and
Fault Location
Their Theory and Technigues**

Ge Yaozhong

Xi'an Jiaotong University Press

(陕)新登字 007 号

新型继电保护与故障测距原理与技术

葛耀中 著

责任编辑 谭小艺

西安交通大学出版社出版发行

(西安市咸宁西路 28 号 邮政编码 710049)

西安理工大学印刷厂印装

各地新华书店经销

开本:850×1168 1/32 印张:13.25 字数:325 千字

1996 年 6 月第 1 版 1996 年 6 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN7-5605-0795-6/TM·38 定价:18.00 元

作者简介



葛耀中,原籍辽宁沈阳,1929年9月生于锦州。电力系统继电保护和自动化领域的知名教授、博士研究生指导教师、国际电气电子工程学会(IEEE)高级会员,曾任中国电机工程学会理事、常务理事。

葛耀中1951年毕业于西北工学院电机系,1955年哈尔滨工业大学研究生毕业,1958年赴苏联莫斯科动力学院和里加工学院深造,于1962年获科学技术副博

士学位,现任西安交通大学教授。葛耀中教授发表论文 70 余篇,主要著作有《超高压输电线故障分析与继电保护》,科学出版社出版(合著)和《高压输电线路高频保护》,水利电力出版社出版,前者获全国优秀科技图书一等奖。

葛耀中教授的科研成果“分相式电流差动微波保护的研制”、“远方起动式晶体管相差高频保护装置”、“防止单相重合于永久故障的判别元件”分别获陕西省高校科技成果一、二等奖,其中第二项获国家教委优秀成果奖。“电缆故障测距仪”获国家发明四等奖。“利用故障分量的继电保护理论研究”获国家教委科技进步三等奖。

数十年来,葛耀中教授一贯坚持教书育人,并长期致力于新型继电保护与故障测距原理与技术的研究,取得丰硕成果。近年来,在他指导下研制成功的正序故障分量方向比较式纵联保护、六序故障分量同杆双回线保护和行波测距装置等均属国内外首创,并获得国内外同行专家的高度评价。

A BRIEF INTRODUCTION TO THE AUTHOR

Ge Yaozhong was born in September 1929 in Liaoning province. He is a famous professor in the field of Power System Protection and Automation, a senior member of IEEE. He used to be a council member and a standing council member of Chinese Society for Electrical Engineering (CSEE).

He received his BA in Electrical Engineering from the North-West Polytechnic Institute in 1951 and PhD from the Riga Polytechnical Institute in 1962 in USSR. He is a professor of Xi'an Jiaotong University and heavily involved in industrial and consultancy work in China. Professor Ge is the author of over 70 publications which include papers published in the proceedings of CSEE and Tra-

nsactions of IEEE. He has authored and co-authored two books entitled "Fault Analysis and Protective Relaying for EHV/UHV Transmission Lines" published in Science Press, and "Pilot Relaying for HV Transmission Lines" published in China Water Resources and Electric Power Press. The former one has awarded the first-class prize by China Power and Resources Ministry.

His other contributions to science and technology such as "Segrated Phase Differential Protection using Microwave Channels", "Phase Comparison Relay for HV Transmission Lines", "Prediction Device for Preventing Single-phase Reclosing on Permanent Fault", "Theoretical Study of Power System Protection using Fault Component" etc, have awarded the prizes of Xi'an Jiaotong University, Education Committee of Shaanxi Province and the State Education Committee.

Professor Ge has been working on teaching and research of Power System Protection and Automation for more than 40 years. His research interests are in power system protection, fault location and artificial intelligence.

“西安交通大学学术专著丛书”出版说明

“西安交通大学学术专著丛书”是西安交通大学学术专著出版基金委员会支持的学术著作系列书。

“西安交通大学学术专著丛书”的作者主要是我校教师和海内外校友。它对学术专著的要求是：内容的主题必须是著作者本人或与合作者一起的研究成果，具有鲜明的特色和独特的见解或方法，推进或补充了前人在某学科领域的创造，达到国内外先进水平。投来的书稿由基金委员会聘请校内外学者、教授、专家若干人认真评审，复经基金委员会（由校长聘请若干名教授组成）严肃讨论并最后采取无记名投票方式裁定。

学术著作的水平，是一个国家、一个民族科学文化水平的标志之一。它不仅代表了一定的学术文化水平和理论深度，而且其中蕴

含着丰富的潜在生产力。先进的学术思想一旦被文字或音像记载下来,出版并传播,就能在人类的历史长河中,发挥难以估量的重大作用。“西安交通大学学术专著丛书”是反映我校较高学术水平和科研水平的一个窗口。

APUBLICATION DESCRIPTION OF XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY ACADEMIC WRITINGS SERIES

“Xi'an Jiaotong University Academic Writings Series” is supported by the Academic Publication Foundation of Xi'an Jiaotong University.

The authors of “Xi'an Jiaotong University Academic Writings Series” are mainly the University's teaching staff and alumni both at home and abroad. It is required that the subjects of the writings to be published should be the research results of the author or co-partners themselves with distinguishing features, originaive viewpoints or methods, which should give an impetus to or supplement predecessors' creativeness in some fields, and which have reached national or world advanced levels. Any manuscript sent to the University Press will first be conscientiously evaluated by scholars, professors and experts inside and outside the University, who are invited by the Fund Commission. Then, it will be re-examined strictly by the Fund Commission itself which is made up of a few distinguished professors appointed by the president. And finally, wheth-

er the manuscript will be published or not is decided by ballot.

The level of academic writings signifies one of the scientific and cultural levels of a country and of a nation. It is not only the sign of a certain academic and cultural level but also theory in depth, and it embodies abundant potentialities of the productive forces as well. Once the advanced academic thinking is recorded in script and publications or by using audio-visual aids for wide spreading, the result will play an important role in the long process of human history, the value of which is difficult to estimate. "Xi'an Jiaotong University Academic Writings Series" reflects, as a window, the higher academic and scientific research level of our University.

内容简介

计算机在电力系统自动化中的广泛应用为改善传统的继电保护和开发新型保护提供了前所未有的良机。本书概括了作者及所指导的研究生在新型继电保护和故障测距方面的研究成果。本书分为三大部分。第一部分是利用故障分量的继电保护,从继电保护反应故障信息的特点出发,讨论了故障分量及其识别和处理方法,在此基础上阐述了利用故障分量继电保护的检测原理,并进一步深入讨论了利用稳态和暂态故障分量实现的选相元件,不同原理的纵联保护,特别是利用六序故障分量的同杆双回线保护。第二部分是高压输电线的故障测距。第三部分是自适应继电保护和自动重合闸。

本书对象是高等院校、科学研究、设计、制造和应用部门中从事电力系统继电保护和自动化的教师、科研和技术人员以及研究生和大学生。

A BRIEF INTRODUCTION TO THE BOOK

The growing application of microprocessors in the field of power system automation has created an unprecedented good opportunity for improving the performance of traditional protection and developing new types of protective relaying. The achievements in scientific research of the author and his graduate students are summed up in this book. The book consists of three parts. Protective relaying based on fault components is discussed in part 1, in which the definition, identification, processing of fault component and detecting principles of protection using fault component are described first. Then application of steady and transient fault components to phase selection relays, pilot protection based on variant theories and protection of double circuit lines on the same tower using six-sequence fault component are described in detail. Fault location for EHV/UHV transmission line is discussed in part 2, and adaptive protective relaying and auto-reclosing in part 3.

This book can be used by the researchers, engineers, teachers, graduates and advanced undergraduates dealing with power system automation in universities, research institutes, investigation and design institutes, relay works and utilities.

序

电力工业生产发展的需要和新技术的陆续出现是电力系统继电保护原理和技术发展的基本源泉。继电保护科技工作者总是在不断地根据需求和可能,对已有的继电保护装置进行改进和完善;同时努力探求实现继电保护的新原理和开发出新型的保护装置。数十年来作者致力于继电保护、故障测距新原理和新技术的研究。计算机的应用为此创造了前所未有的良机,在新型继电保护原理与技术的研究方向下,作者培养出大量的硕士生和博士生,在理论和实践上为继电保护科学技术的发展和应用做出了一定的贡献。

本书内容由三大部分组成:第一部分是利用故障分量的继电保护原理与技术,包括第1章到第7章。第1章从继电保护装置反应故障信息的特点出发,定义了故障分量并讨论了故障信息的识

别与处理。第2章对利用故障分量继电保护的检测原理作了全面扼要的阐述。第3章介绍了利用故障分量实现的各种故障选相方案。第4、第5两章分别对利用故障分量的方向比较式和电流相位比较式的纵联保护特点进行了较深入的分析研究,特别对正序故障分量的计算和获取方法进行了讨论。第6章针对同杆双回线的特点和要求,重点讨论了六序分量法及其在选相保护和故障测距中的应用。第7章讨论了利用故障分量暂态成分实现的超高速保护和行波保护原理。第二部分是故障测距。在第8章内全面介绍了输电线故障测距的各种原理和算法。第三部分,即第9章讨论了自适应继电保护和自动重合闸的内容。

本书是在作者本人和他指导的研究生研究成果的基础上写成的。其中应特别指出的是索南加乐(藏族)、王安定和徐丙垠三位博士对本书的贡献。本书不求全面,但力求概念清楚,问题阐述深入,自成系统。作者期望本书所提供的新观点和新技术将会引起同行的关注,并能进一步推动继电保护和故障测距技术的发展。

贺家李教授和陈德树教授审阅了本书并提出了很多宝贵意见。西安交通大学学术专著出版基金委员会为本书在庆祝母校100周年生日时出版给予了极大的支持。本书的研究成果得到中国国家自然科学基金和国家教委博士点基金的有力资助,也得到同行的支持和帮助。作者在此表示由衷的感谢。最后,要特别感谢我的夫人任保生给予的大力帮助和鼓励,她为作者在右眼失明的条件下写成此书作出了无私的奉献。由于本书涉及许多新的内容,且作者水平有限,错误在所难免,请读者指正。

作者

1993年7月

目 录

序

第 1 章 故障信息与继电保护

1.1 引言	1
1.2 故障信息与故障分量	2
1.3 故障信息的识别和处理	4
1.4 反应故障分量继电保护的发展前景	7
1.5 小结	8

第 2 章 利用故障分量继电保护的检测原理

2.1 引言	9
2.2 利用故障分量的电流元件及电流保护原理	10
2.3 利用故障分量的方向元件及方向性保护原理	15
2.4 利用故障分量的电流纵联差动原理	18
2.5 利用故障分量的电流相位差动原理	19
2.6 利用故障分量的距离元件	21
2.7 小结	23

第3章 利用故障分量的选相元件

3.1 引言	25
3.2 相位比较式对称分量选相元件	26
3.3 模故障分量选相元件	35
3.4 相电流差工频变化量选相元件	41
3.5 行波选相元件	46
3.6 小结	49

第4章 利用正序故障分量的方向比较式纵联保护

4.1 概述	50
4.2 反应故障分量的起动元件	51
4.3 反应故障分量的方向元件	71
4.4 保护信息与通道	96
4.5 小结	102

第5章 利用故障分量电流的相位比较式纵联保护

5.1 引言	105
5.2 线路两端故障分量电流的基本特征	106
5.3 相位比较式纵联保护的构成方案	111
5.4 正序故障分量电流相位比较式纵联保护	120
5.5 分相式故障分量电流相位比较式纵联保护	123
5.6 小结	125

第6章 六序故障分量及其在同杆双回线保护中的应用

6.1 概述	127
6.2 六序故障分量法	129
6.3 复合序网法	135
6.4 利用六序故障分量法分析同杆双回线故障	145

6.5	利用六序故障分量选相的基本原理	161
6.6	同杆双回线的故障测距原理	171
6.7	小结	182

第7章 反应暂态故障分量的超高速保护原理

7.1	概述	184
7.2	输电线路故障的行波过程	185
7.3	行波差动保护原理	194
7.4	行波判别式方向保护原理	198
7.5	行波距离保护原理	201
7.6	行波极性比较式保护原理	206
7.7	小结	215

第8章 输电线路的故障测距

8.1	概述	217
8.2	阻抗法	222
8.3	故障分析法	236
8.4	行波法	264
8.5	电压法	300
8.6	小结	314

第9章 自适应继电保护原理

9.1	基本概念	316
9.2	自适应电流保护	318
9.3	自适应纵联保护	324
9.4	自适应横联差动保护	334
9.5	自适应距离保护	343
9.6	自适应自动重合闸	352
9.7	小结	393