

# 实用 继电保护

方大千 编著

# 技术

实用电工丛书



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS

实用电工丛书

# 实用继电保护技术

方大千 编著

人民邮电出版社

---

## 图书在版编目(CIP)数据

实用继电保护技术/方大千编著. —北京:人民邮电出版社, 2003.10

(实用电工丛书)

ISBN 7-115-11511-7

I. 实… II. 方… III. 电力系统—继电保护  
IV. TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 066005 号

### 实用电工丛书 实用继电保护技术

- 
- ◆ 编 著 方大千  
    责任编辑 刘 朋
  
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号  
    邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn  
    网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
    读者热线 010-67129264  
    北京汉魂图文设计有限公司制作  
    北京隆昌伟业印刷有限公司印刷  
    新华书店总店北京发行所经销
  
  - ◆ 开本: 787×1092 1/32  
    印张: 17 3/5  
    字数: 393 千字 2003 年 10 月第 1 版  
    印数: 1-5 000 册 2003 年 10 月北京第 1 次印刷

---

ISBN 7-115-11511-7/TN · 2135

定价: 23.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

## 《实用电工丛书》编委会

主 任：杜肤生

副 主 任：徐修存 李树岭

编 委：王晓丹 王亚明 王如桂  
王英杰 王锡江 王秉宗  
赵桂珍 张国峰 任致程  
宋东生 陈有卿 郑凤翼  
贾安坤 唐素荣 姚予疆

## 《实用电工丛书》前言

电广泛应用在社会生活的各个领域。在广大城乡、在各行各业，形成了庞大的电工人员队伍。

为了普及电工知识，帮助广大电工人员，特别是初级电工人员学习电工的基本理论知识，掌握科学、规范的电气操作技术，提高操作技能水平，我们组织编写了这套《实用电工丛书》。参加编写工作的都是长期从事电气技术工作和培训工作的专业人员，实践经验丰富。这套书有的针对某一行业、某一项电气操作技术，有的针对某一种常用电气设备，详细介绍了有关的电工知识，电气操作技能和要求，以及大量实际经验和线路等。内容力求切合实际，突出实用性，并采用深入浅出、图文并茂的叙述方法，做到篇幅适中，文字精练，通俗易懂，让读者学习以后，可以迅速应用到实际工作中去，达到立竿见影的效果。本丛书适合初中以上文化程度的工矿企业和农村电工阅读，也可作各类电工培训班的教材使用。

衷心希望广大从事电气工作的专家、学者、工作人员对丛书提出宝贵意见，以便于我们改进出版工作，更好地为读者服务。

《实用电工丛书》编委会

## 内 容 提 要

本书较全面系统地介绍了继电保护技术，重点介绍了目前在小型电力系统、农网、小型发电系统和中小型工矿企业中广泛使用的传统式（电磁型、感应型和整流型）继电保护技术。内容包括短路电流计算，继电保护的基础知识，线路和电气设备继电保护及计算，继电保护装置的检验、维护与调试，二次回路和直流操作电源等。

本书叙述通俗易懂、图文并茂，实例多，注重实用，可供从事继电保护的设计人员、电气技术人员、从事电气运行的电工，及工矿企业、电力系统电工和农村电工阅读，也可供大专院校师生参考。

# 前 言

继电保护装置广泛应用于电力系统、工矿企业、农网和小型发电系统，是电网及电气设备安全可靠运行的保证。电气设计人员、技术人员和电工经常涉及到继电保护的设计和计算，继电保护装置的选用、调试和维护等问题。继电保护技术是一门专业性较强、涉及知识面也较广的技术。作者试图以通俗易懂、简洁明了、可查性、实用性的写作方式，将线路及各类电气设备的继电保护配置规定、整定计算及继电保护原理电路图结合在一起进行介绍，并列举许多实例，从而让读者能较快地掌握这门技术。

本书所涉及的保护设备有电力线路、变压器、分断母线、高低压异步及同步电动机、小型发电机、电力电容器和工厂用电设备等。除了重点介绍了传统式继电保护装置外，还介绍了晶体管、集成电路和微机等继电保护装置的基础知识以及抗干扰措施。书中介绍的继电保护装置及系统的调试、维护和试验等技术，都很有针对性和实用性。读者通过本书学习，能较快地提高实际工作能力。书中的名词术语、电气图形符号和文字符号均采用了新的国家标准。

全书由乐启昌、方大中高级工程师审校，协助参加本书编写工作的有鲍俏伟、方立、郑鹏、许纪秋、方亚敏、朱征涛、周明英、那春刚、张荣亮、杨丽梅和方欣等同志。全书插图由那罗丽绘制。

限于作者的水平，不妥之处在所难免，望广大读者批评指正。

作 者

# 目 录

第 1 章 短路电流计算 .....	1
1.1 标么值及其计算 .....	1
1.1.1 标么值的基本概念 .....	1
1.1.2 电抗在不同基准值下的换算 .....	2
1.1.3 电抗标么值和有名值的变换 .....	3
1.1.4 各类元件的电抗平均值 .....	3
1.2 短路电流计算 .....	3
1.2.1 短路电流的暂态过程 .....	3
1.2.2 短路电流的计算方法和步骤 .....	8
1.2.3 三相短路冲击电流、全电流最大有效值和三相短路容 量的计算 .....	10
1.2.4 无限容量系统中高压网络短路电流的计算 .....	11
1.2.5 短路类型及其短路电流周期分量值的计算 .....	15
1.2.6 有限容量系统中高压网络短路电流的计算 .....	15
1.2.7 汽轮发电机电容电流及消弧线圈的计算 .....	23
1.2.8 变压器低压侧短路电流的计算 .....	25
1.2.9 变压器低压侧短路时折算到高压侧穿越电流的 计算 .....	25
1.2.10 异步电动机反馈电流的计算 .....	31
1.2.11 尖峰电流的计算 .....	34
1.2.12 1kV 及以下低压配电网短路电流的计算 .....	37
1.2.13 高压电网不对称短路电流的计算 .....	54
1.2.14 1kV 以下低压电网不对称短路电流的计算 .....	62



1.2.15	中性点不接地系统接地电流的计算 .....	73
<b>第2章</b>	<b>继电保护的基础知识 .....</b>	<b>77</b>
2.1	继电保护概论 .....	77
2.1.1	继电保护装置的任务和种类 .....	77
2.1.2	继电保护装置的基本要求和一般规定 .....	82
2.1.3	继电保护装置的灵敏度要求 .....	84
2.1.4	电流互感器与电流继电器的接线方式及计算 .....	87
2.2	电流互感器的选用及计算 .....	93
2.2.1	电流互感器的型号及技术数据 .....	93
2.2.2	电流互感器的选用 .....	97
2.2.3	继电保护用电流互感器一次电流倍数的选择 .....	99
2.2.4	电流互感器二次负荷的计算及二次导线的选择 .....	101
2.3	电压互感器的选用及计算 .....	106
2.3.1	电压互感器的型号及技术数据 .....	106
2.3.2	电压互感器的选用 .....	107
2.3.3	电压互感器二次负荷的计算和二次导线的选择 .....	113
<b>第3章</b>	<b>线路和电气设备继电保护及计算 .....</b>	<b>120</b>
3.1	线路继电保护及计算 .....	120
3.1.1	6~35kV 电力线路继电保护的规定 .....	120
3.1.2	电力线路继电保护整定计算 .....	123
3.1.3	定时限过电流保护及计算 .....	125
3.1.4	反时限过电流保护及计算 .....	127
3.1.5	定时限过电流保护与反时限过电流保护的配合计算 .....	129
3.1.6	过电流保护和电流速断保护及计算 .....	132
3.1.7	低电压闭锁过电流保护及计算 .....	138
3.1.8	小接地电流系统的接地保护及计算 .....	140
3.1.9	电力线路自动重合闸装置 .....	146

3.1.10	10kV 线路备用电源自动投入装置 .....	150
3.2	变压器和分段母线继电保护及计算 .....	153
3.2.1	电力变压器继电保护的规定 .....	153
3.2.2	电力变压器继电保护整定计算和灵敏度校验 .....	156
3.2.3	变压器电流速断保护及计算 .....	161
3.2.4	变压器过负荷保护和过电流保护及计算 .....	164
3.2.5	变压器瓦斯保护 .....	166
3.2.6	变压器纵差动保护 .....	171
3.2.7	变压器零序电流保护 .....	174
3.2.8	带低电压起动的过电流保护 .....	175
3.2.9	具有多种保护功能的变压器保护线路 .....	178
3.2.10	配电变压器低压侧断路器瞬时脱扣器动作电流 整定计算 .....	178
3.2.11	小型变压器旁路熔丝保护的计算 .....	182
3.2.12	变压器和上级线路电流保护的配合计算 .....	183
3.2.13	农网 35kV 变电所主变熔断器的选择 .....	185
3.2.14	电炉变压器继电保护及计算 .....	190
3.2.15	3~10kV 分段母线保护及计算 .....	193
3.2.16	分段母线备用电源自动投入装置 .....	196
3.3	电动机继电保护及计算 .....	200
3.3.1	1kV 以下电动机保护的规定 .....	200
3.3.2	电动机保护用熔断器、自动开关和热继电器的选用 .....	202
3.3.3	3kV 及以上电动机继电保护的规定 .....	203
3.3.4	高压异步电动机继电保护整定计算 .....	203
3.3.5	同步电动机继电保护整定计算 .....	208
3.3.6	电动机电流速断和过电流保护 .....	212
3.3.7	电动机单相接地保护 .....	213

3.3.8	电动机低电压保护 .....	214
3.3.9	高压异步电动机综合保护线路 .....	216
3.3.10	高压同步电动机综合保护线路 .....	216
3.4	发电机继电保护及计算 .....	221
3.4.1	小型发电机继电保护的规定 .....	221
3.4.2	小型发电机继电保护整定计算 .....	223
3.4.3	小水电站飞车自动保护 .....	228
3.4.4	小水电站控制、保护线路 .....	231
3.4.5	灭磁开关控制线路 .....	234
3.5	电力电容器继电保护及计算 .....	235
3.5.1	电力电容器运行的一般规定 .....	235
3.5.2	电力电容器保护和接线方式 .....	236
3.5.3	电力电容器继电保护的规定 .....	240
3.5.4	3~10kV 电力电容器继电保护整定计算 .....	241
3.5.5	电力电容器电流速断保护和横差动保护 .....	244
3.5.6	电力电容器操作系统及电流速断等保护线路 .....	246
3.5.7	避免补偿电容器因电压过高而跳闸造成欠补偿 的线路 .....	246
3.5.8	电容器放电电阻和放电电阻器的计算 .....	250
3.6	工厂配电网低压自动开关保护计算 .....	254
3.6.1	配电用和电动机保护用低压自动开关的选用 .....	254
3.6.2	非选择型配电用自动开关的保护计算 .....	254
3.6.3	选择型配电用自动开关的保护计算 .....	261
3.6.4	采用自动开关或熔断器和自动开关组合的配电系统 .....	264
<b>第 4 章</b>	<b>继电保护装置的检验、维护与调试</b> .....	<b>267</b>
4.1	保护继电器及检验 .....	267
4.1.1	保护继电器的分类、型号与代号 .....	267

4.1.2	继电器检验的一般规定 .....	272
4.1.3	电流继电器 .....	274
4.1.4	过电流继电器 .....	282
4.1.5	电压继电器 .....	295
4.1.6	中间继电器 .....	300
4.1.7	时间继电器 .....	309
4.1.8	差动继电器 .....	317
4.1.9	信号继电器 .....	323
4.1.10	闪光继电器 .....	330
4.1.11	接地继电器 .....	335
4.1.12	低频继电器 .....	336
4.1.13	自动重合闸装置 .....	338
4.2	晶体管、集成电路及微机继电保护基础知识 .....	342
4.2.1	逻辑门电路 .....	342
4.2.2	保护的输入电路 .....	357
4.2.3	光电耦合器和接口电路 .....	360
4.2.4	CMOS、TTL 与接口电路 .....	367
4.2.5	达林顿电流驱动器 .....	371
4.2.6	运算放大器及其电路 .....	373
4.2.7	555 时基电路 .....	387
4.2.8	固态继电器及其电路 .....	391
4.3	继电保护装置的维护及系统调试 .....	396
4.3.1	继电保护装置的维护 .....	396
4.3.2	继电保护装置的定期检验 .....	400
4.3.3	机电型继电器的维护 .....	400
4.3.4	晶体管继电器的维护及抗干扰措施 .....	403
4.3.5	继电保护系统的调试 .....	408

4.3.6	晶闸管、PC、集成电路及微机继电保护的 防干扰措施	412
<b>第5章</b>	<b>二次回路</b>	<b>421</b>
5.1	二次回路的基本知识	421
5.1.1	二次回路及其组成	421
5.1.2	电气常用新旧图形符号对照表	423
5.1.3	二次回路中的数字标号和小母线及电缆标号	434
5.1.4	电气常用新旧文字符号对照表	442
5.2	二次回路图的阅读	450
5.2.1	二次回路图的阅读方法	450
5.2.2	二次回路中常用控制电器及识图	453
5.2.3	计量表计电流回路用电缆的选择	464
5.2.4	保护装置电流回路控制电缆的选择	466
5.2.5	电压回路用控制电缆的选择	467
5.2.6	控制、信号回路和断路器合闸电缆的选择	469
5.2.7	直流电流表连接电缆的选择	472
5.3	二次回路的试验与维修	473
5.3.1	对继电保护和电气测量二次回路的要求	473
5.3.2	二次回路的检验	477
5.3.3	二次回路的试验	480
5.3.4	二次回路的维修	483
5.4	信号及报警装置	485
5.4.1	常用信号灯	485
5.4.2	信号灯及发光二极管限流电阻的选择	490
5.4.3	常用闪光信号装置	493
5.4.4	中央信号装置	496
<b>第6章</b>	<b>直流操作电源</b>	<b>503</b>

6.1	对交、直流操作电源的要求及容量计算	503
6.1.1	对交流及蓄电池直流操作电源的基本要求	503
6.1.2	铅酸蓄电池直流屏容量的计算	505
6.1.3	镉镍蓄电池直流屏容量的计算	507
6.1.4	免维护铅酸蓄电池直流屏容量的计算	510
6.1.5	典型的镉镍蓄电池直流屏系统	511
6.2	硅整流设备的选用	513
6.2.1	对硅整流设备的基本要求	513
6.2.2	硅整流充电及浮充电设备的选择	514
6.2.3	硅整流电容储能直流系统	515
6.2.4	常用硅整流电源设备	518
6.3	直流操作电源的使用与维护	527
6.3.1	铅酸蓄电池充放电要求	527
6.3.2	镉镍蓄电池充放电要求	530
6.3.3	蓄电池的使用与维护	531
6.3.4	免维护铅酸蓄电池的使用与维护	533
6.3.5	直流系统的绝缘监视电路	534
<b>参考文献</b>		<b>538</b>

# 第 1 章 短路电流计算

## 1.1 标么值及其计算

短路电流计算是继电保护设计与计算工作中的重要内容。只有算出正确的短路电流值，才能确保继电保护装置设计与整定的正确性，从而保证继电保护装置按预期要求起保护作用。另外，短路电流计算也是正确选择和校验高低压电气设备必不可少的内容。

短路电流计算，通常采用标么值和有名值两种计算方法。

### 1.1.1 标么值的基本概念

在电力系统及电机参数计算中，常常采用“标么制”（标么值），而不直接采用有名单位制（有名值或实际值）。采用标么值能使数字计算大为简化，概念明确，并能减少计算错误。

标么值，又称相对值或分数值，用公式表示为

$$\text{标么值} = \frac{\text{实际值(任意量纲)}}{\text{基准值(与实际值同量纲)}}$$

标么值没有单位。例如，实际值为 630kVA、1600kVA 的容量，当选定 1000kVA 为容量的基准值时，则其标么值分别为 0.63 及 1.6。

如果在计算电力系统短路电流时，已知系统中某一元件的电压为  $U$ ，三相容量为  $S = \sqrt{3} UI$ ，电流为  $I$ ，电抗为  $X$ （假设

电阻  $R=0$ ), 而所选定的基准电压、基准电流、基准容量及基准电抗分别为  $U_j$ 、 $I_j$ 、 $S_j$  和  $X_j$ , 则这一元件的各已知量的标么值分别为

$$U_{*j} = \frac{U}{U_j}, \quad S_{*j} = \frac{S}{S_j}, \quad I_{*j} = \frac{I}{I_j} = I \frac{\sqrt{3}U_j}{S_j}$$

$$X_{*j} = \frac{X}{X_j} = \frac{X}{U_j/\sqrt{3}I_j} = \frac{\sqrt{3}I_j X}{U_j} = X \frac{S_j}{U_j^2}$$

如果选取各元件自身的额定值 ( $U_e$ 、 $S_e$ 、 $I_e$ ) 为基准值时, 则各量的标么值分别为

$$U_{*e} = \frac{U}{U_e}, \quad S_{*e} = \frac{S}{S_e}, \quad I_{*e} = \frac{I}{I_e}$$

$$X_{*e} = \frac{\sqrt{3}I_e X}{U_e} = \frac{S_e}{U_e^2} X$$

在计算电力系统短路电流时, 若不特别说明, 各元件的标么值总是相对于该元件的额定电压而言。如发电机、变压器以及电抗器等铭牌上标明的标么值电抗, 都是以该元件的额定值作基准值的。

工程计算上通常先选定基准容量  $S_j$  和基准电压  $U_j$ , 与其相应的基准电流  $I_j$  和基准电抗  $X_j$ , 均可由这两个基准值导出。

### 1.1.2 电抗在不同基准值下的换算

当从某一基准值容量  $S_j$  的标么值化到另一基准值容量  $S$  的标么值时,

$$X_{**} = X_{*j} \frac{S}{S_j}$$

当从某一基准电压  $U_{1j}$  的标么值化到另一基准值电压  $U_{2j}$  的标么值时,



$$X_{*2} = X_{*1} \frac{U_{1j}^2}{U_{2j}^2}$$

当从已知系统短路容量或与该系统连接的遮断容量  $S_{zh}$  化到基准容量  $S_j$  的标么值时；

$$X_{*k} = \frac{S_j}{S_{zh}}$$

### 1.1.3 电抗标么值和有名值的变换

电抗标么值和有名值变换公式见表 1-1。

### 1.1.4 各类元件的电抗平均值

各类元件的电抗平均值见表 1-2。

## 1.2 短路电流计算

### 1.2.1 短路电流的暂态过程

当电力系统发生三相短路时，负荷阻抗和部分线路阻抗被短路，短路点至电源之间回路的阻抗突然减小，所以电流突然增大。但短路回路中存在着电感，因此电流不能突变，而引起一个暂态过程。短路电流随时间而变化，最后达到稳态值。

无限容量的电力系统和有限容量的电力系统的短路电流变化情况如图 1-1 所示。

无限容量电力系统，在该系统某处发生短路时，电源母线电压维持不变，即短路电流周期分量在整个过程不衰减。具体地说，如果电源部分的阻抗不超过短路电路总阻抗的 5% ~ 10%，则该系统可以认为是无限容量系统。