



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

继电保护培训实用教程

朱松林 主 编

朱炳铨 裘愉涛 翁舟波 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



中华人民共和国教育部
推荐教材

继电保护培训实用教程

主编 王 强

副主编 曹 强 曹 强 曹 强 曹 强



清华大学出版社



全国电力职业教育规划教材
职业教育电力技术类专业培训用书

继电保护培训实用教程

主 编 朱松林
副主编 朱炳铨 裘愉涛 翁舟波



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为全国电力职业教育规划教材。

全书共分十八章,内容主要包括继电保护整定计算、继电保护配置、继电保护基本元件、自动重合闸、保护通道、线路高频保护及后备保护、输电线路光纤差动保护、母线及断路器保护、变压器保护、安全自动装置、二次回路、继电保护故障信息系统、IEC 61850 标准及其工程应用、特高压电网继电保护、现场试验、事故案例分析、继电保护异常应急处理方法。本书实用性强,内容涵盖继电保护技术人员所应具有各方面专业知识。通过本书的学习,可提高继电保护人员综合分析能力和解决实际问题的能力。

本书主要作为电力系统继电保护专业培训教材,还可以作为高职高专继电保护课程教材,同时还可供从事继电保护运行管理、检修调试、设计施工等专业管理人员和技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

继电保护培训实用教程/朱松林主编. —北京:中国电力出版社,2010.10

全国电力职业教育规划教材

ISBN 978-7-5123-0819-0

I. ①继… II. ①朱… III. ①继电保护—职业教育—教材
IV. ①TM77

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 169274 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

*

2011 年 6 月第一版 2011 年 6 月北京第一次印刷
787 毫米×1092 毫米 16 开本 32.25 印张 790 千字
定价 56.00 元

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

序

继电保护技术随着电力系统的发展而快速进步,也随着新技术、新材料、新工艺,尤其是微电子技术以及通信技术的发展而日新月异。继电保护经历了熔断器型、电磁型、整流型、晶体管型、集成电路型以及现在的微机型的进程;从简单的过电流保护发展到方向保护、距离保护、差动保护、突变量保护、行波保护;从单端阶段式保护发展到双端全线快速切除故障的高频保护和光纤保护;从对模拟量的测量、比较和判断发展到对数字量的测量、计算和分析;从简单数学运算发展到诸如人工神经网络、遗传算法、模糊算法等人工智能技术。现代电网对继电保护的要求,不仅仅是切除设备故障这样的简单功能,而是将继电保护作为保证电网安全稳定运行的三道防线。尤其是在大力打造坚强智能电网的今天,对继电保护技术的发展可谓是天赐良机,将再次如虎添翼,向计算机化、网络化、智能化方向发展,成为智能电网的重要组成部分。

科技是第一生产力,人才是关键。先进的继电保护技术,离不开大批的高素质继电保护专业人才。在建设坚强智能电网,实现电网发展方式转变的形势下,电力企业亟需对专业人员进行持续的知识更新,以适应新科技的发展形势,跟上新科技发展的步伐。故加强技术培训,建立一支适应现代电网需求的继电保护专业队伍十分必要。

浙江省电力公司一直高度重视专业技术人员的技术培训工作,在总结多年继电保护技术培训经验的基础上,组织编写了本书。本书编写人员由理论基础扎实、具有丰富实际工作经验和培训经验的科研人员、设计人员、试验人员、运行管理人员、整定计算人员、现场检修人员及培训教师组成。他们既有接受过培训的感悟,也有培训过他人的经验,对如何进行继电保护技术培训有相当的认识和体会,能够充分代表供电企业在职专业人员的培训需求。本书具有以下特点:

(1) 先进性。本书不但论述了继电保护经典技术,也突出了近年来继电保护最新技术的发展,如第十三章的继电保护故障信息系统,第十四章的 IEC 61850 标准及其工程应用以及第十五章的特高压电网继电保护。

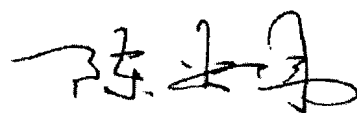
(2) 实用性。除了继电保护理论知识外,本书还着重介绍了在工作中经常要用的实用型知识和技术,如第十六章的现场试验,第十七章的事故案例分析,第十八章的继电保护异常应急处理方法。

(3) 完整性。除了继电保护装置技术外,本书还从生产实践出发,简要介绍了继电保护技术的其他内容,如第二章的继电保护整定计算,第三章的继电保护配置,第十二章的二次

回路。

(4) 便捷性。本书立足于现场继电保护技术培训工作特点，章节编排合理，知识点集中。如第四章的继电保护基本元件，几乎囊括了目前国内外主流保护装置所采用的所有基本元件的原理；第六章保护通道则介绍了目前国内外广泛采用的各种保护通道；第七章至第十章介绍的是典型的保护装置原理，并介绍了基本元件及保护通道的综合运用。这样的编排将便于全面介绍重点和难点，便于理清整套保护装置与各元件功能之间的逻辑配合关系，使学习人员更容易掌握继电保护技术。

希望本书的出版和应用能够有助于供电企业继电保护专业人员的学习和培训，有助于提高继电保护专业人员的技术业务素质，最终有助于坚强智能电网的建设和安全稳定运行。

A handwritten signature in black ink, appearing to read '陈守' (Chen Shou), written in a cursive style.

前言

随着电网的快速发展及其结构的日益复杂,电网安全稳定运行对继电保护的运行管理提出了更高的要求,同时日新月异的电力新设备、新技术对培训工作提出了新的要求。为了打造高素质继电保护专业队伍,提高继电保护专业人员的理论知识水平和操作技能水平,浙江省电力公司组织有关专家和技术人员编写了本书。

本书结合浙江电网继电保护实际,总结归纳多年的培训经验,对继电保护整定计算、配置、基本元件、重合闸、保护通道、高频保护、纵联差动保护、母线及断路器保护、变压器保护、安全自动装置、二次回路进行了全面的叙述;重点阐述了继电保护的现场试验操作方法、典型事故案例分析、异常应急处理方法;对继电保护及故障信息系统、IEC 61850标准的应用和特高压电网继电保护也进行了介绍。本书理论联系实际,充分体现了现场继电保护人员的需求,可提高继电保护人员综合分析能力和解决实际问题能力,适合从事继电保护运行管理、检修调试、设计施工等专业管理人员和技术人员使用,同时可作为继电保护岗位培训用书。

本书编写过程中得到了浙江省电力公司领导的关心与支持。浙江省电力公司调度通信中心、浙江省电力试验研究院、浙江省电力设计院、浙江省送变电工程公司、杭州市电力局、宁波电业局、温州电力局、绍兴电力局、金华电业局、衢州电力局、浙江省电力公司培训中心、浙江大学等有关单位的专家参与了编写和审定工作。本书共十八章,其中第一章由朱炳铨编写,第二章由方愉冬编写,第三章由赵萌编写,第四章由杨小青、周行编写,第五章由程晓东、李伟编写,第六章由熊佩华编写,第七章由熊佩华、吴宏斌编写,第八章由张雪松编写,第九章由钱建国编写,第十章由裘愉涛编写,第十一章由陈水耀编写,第十二章由刘宏波、吴宏斌编写,第十三章由罗少杰编写,第十四章由陆承宇编写,第十五章由张海梁、翁舟波编写,第十六章由吴建伟编写,第十七章由刘军编写,第十八章由陈东海、郑建梓、胡雪平编写。黄晓明、洪建军、潘武略、徐习东、熊虎岗、陈晓刚、奚洪磊等同志对相关章节进行审核。全书由朱松林、朱炳铨、裘愉涛、翁舟波、张海梁等统稿。特别感谢陈栋林、范锡同、杨新民、方丽清等浙江电网老一辈继电保护工作人员对本书的编写给予的关注和悉心指导。同时书中还引用了有关单位和个人的文献和技术资料,编者谨向他们一并表示衷心的感谢,并致以崇高的敬意。

由于编者水平有限,书中疏漏和不妥之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2011年5月

常用符号说明

1. 下标

ap: 非周期分量

cd, d: 差动

co: 配合

eg: 等值, 等效

er: 误差

f: 负荷

g: 过渡电阻, 地电阻

k: 短路

L: 线路, 电感

N: 额定, 采样序号

op: 动作, 工作

r: 制动, 返回

rel: 可靠

res: 制动系数

S: 系统

sen: 灵敏

set: 整定值

st: 同型

T: 变压器

unp: 不平衡

Z: 助增

ϕ : 相

2. 常用继电器文字符号

KA: 电流继电器

KC: 合闸继电器

KD: 差动继电器

KG: 气体继电器

KM: 中间继电器

KCO: 出口继电器

KS: 信号继电器

KT: 时间继电器

KCF: 防跳继电器

KCH: 切换继电器

KDL: 电源监视继电器

KKJ: 合后状态继电器

KOF: 跳闸继电器

KRC: 重合闸继电器

KST: 启动继电器

KTP: 跳闸位置继电器

KV: 电压继电器

KCP: 合闸位置继电器

3. 设备文字符号

ARC: 自动重合闸装置

C: 电容器

G: 发电机

K: 继电器

L: 电抗器

LC: 合闸线圈

LT: 跳闸线圈

M: 电动机

QF: 断路器

QS: 隔离开关

R: 电阻

S: 开关

T: 变压器

TA: 电流互感器

TV: 电压互感器

本书编委会

主 任 费圣英

副主任 陈安伟 李海翔

委 员 朱松林 李继红 潘光华 陈其森 陈 升

主 编 朱松林

副主编 朱炳铨 裘愉涛 翁舟波

编 写 黄晓明 赵 萌 刘 军 陆承宇

陈水耀 吴建伟 吴宏斌 张雪松

方愉冬 刘宏波 钱建国 陈东海

罗少杰 熊佩华 杨小青 周 行

李 伟 胡雪平 洪建军 程晓东

张海梁 郑建梓 潘武略 徐习东

熊虎岗 陈晓刚 奚洪磊

目 录

序

前言

常用符号说明

第一章 概述	1
第一节 继电保护的功能与特点	1
第二节 继电保护的发展与前景	2
第二章 继电保护整定计算	4
第一节 电力系统故障分析	4
第二节 继电保护整定计算总则	18
第三节 线路保护整定基本原则	25
第四节 变压器保护整定基本原则	30
第五节 母线保护整定基本原则	36
第三章 继电保护配置	40
第一节 继电保护配置基本原则	40
第二节 线路保护	43
第三节 母线保护	49
第四节 变压器保护	50
第五节 断路器保护及操作箱	57
第六节 故障录波器系统	58
第七节 安全自动装置	59
第四章 继电保护基本元件	61
第一节 启动元件	61
第二节 选相元件	64
第三节 方向元件	72
第四节 零序元件	79
第五节 距离元件	81
第六节 差动元件	104
第七节 交流回路断线监视元件	107
第五章 自动重合闸	111
第一节 自动重合闸的作用和要求	111

第二节	重合闸影响因素及重点解决问题	115
第三节	重合闸与继电保护的配合	124
第四节	输电线路自动重合闸方式的选择	127
第六章	保护通道	130
第一节	保护通道应用	130
第二节	载波通道	130
第三节	光纤通道	148
第四节	其他通道介绍	160
第七章	线路高频保护及后备保护	162
第一节	高频保护简介	162
第二节	高频闭锁方向保护	163
第三节	高频闭锁距离保护	169
第四节	线路后备保护	170
第五节	常用线路高频保护装置的应用	172
第八章	输电线路光纤差动保护	179
第一节	影响光纤差动保护的因素及解决方案	179
第二节	远方跳闸与远传命令	195
第三节	光纤差动保护通信	196
第九章	母线及断路器保护	200
第一节	母差保护	200
第二节	断路器失灵保护	212
第三节	断路器其他保护	219
第十章	变压器保护	223
第一节	变压器纵差保护的主要问题及解决方案	223
第二节	非电气量保护的主要问题及解决方案	238
第三节	变压器后备保护的配置策略	241
第四节	变压器保护标准化设计的思路	245
第十一章	安全自动装置	252
第一节	安全自动装置的基本概念	252
第二节	电源备自投装置	253
第三节	过载联切负荷装置	256
第四节	低频、低压切负荷装置	257
第五节	故障解列装置	259
第六节	失步解列装置	260
第十二章	二次回路	264
第一节	二次回路的定义和分类	264

第二节	交流电流回路	265
第三节	交流电压回路	272
第四节	控制回路	278
第五节	信号回路	282
第六节	二次回路接线图及编号	285
第七节	二次回路接线要求	294
第八节	二次回路抗干扰	297
第九节	直流电源及保护电器配合	310
第十三章	继电保护故障信息系统	322
第一节	继电保护故障信息系统总体结构	322
第二节	继电保护故障信息系统主站系统	323
第三节	继电保护故障信息系统子站系统	328
第四节	微机保护装置联网	329
第五节	故障录波器	331
第六节	故障录波器联网	335
第七节	继电保护故障信息系统子站系统计算机安全加固原则	336
第八节	继电保护故障信息系统子站系统工程应用事项	337
第十四章	IEC 61850 标准及其工程应用	340
第一节	IEC 61850 标准及其对继电保护系统的影响	340
第二节	数字化采样	343
第三节	GOOSE 技术	352
第四节	交换机技术	366
第五节	工程技术应用	370
第十五章	特高压电网继电保护	380
第一节	特高压电网对继电保护的要求	380
第二节	特高压电网继电保护的特点	384
第三节	特高压电网继电保护应用实例	389
第十六章	现场试验	397
第一节	回路检查	397
第二节	通电检查试验	408
第三节	线路光纤纵联差动保护联调试验	412
第四节	高频保护通道联调试验	415
第五节	主变纵差保护调试	419
第六节	母线差动保护调试	422
第七节	一次通流、二次加压试验	425
第八节	带负荷试验	429

第十七章 事故案例分析..... 435

第一节 线路保护动作事故案例分析..... 435

第二节 主变保护动作事故案例分析..... 441

第三节 母线保护动作事故案例分析..... 453

第四节 备自投动作事故案例分析..... 457

第五节 发电机保护动作事故案例分析..... 458

第六节 220kV 变电站全停事故案例分析 463

第十八章 继电保护异常应急处理方法..... 467

第一节 继电保护缺陷处理一般原则..... 467

第二节 直流系统异常处理..... 468

第三节 电压互感器二次回路异常处理..... 476

第四节 线路保护异常处理..... 481

第五节 主变保护异常处理..... 487

第六节 母差保护异常处理..... 491

参考文献..... 501

概 述

第一节 继电保护的功能与特点

继电保护自诞生之日起就是为电力系统服务的。在电力系统发展的早期，对继电保护的要求也很简单，只要能切断故障电流即可。后来电力系统发展得越来越复杂，输电线路越来越多，并网的发电机也越来越多，仅仅切断故障电流已经不能满足电力系统的要求，在这种情况下，出现了对继电保护选择性的要求。随着电力系统从低压至高压、超高压、特高压的发展，发电机单机容量的不断增加，以及电力系统一次系统的结构变化和技术发展，其对继电保护的要求越来越高。继电保护一直在随着电力系统的发展不断进步，根据电力系统发展的需要，不断地从飞速发展的电子技术、计算机技术、自动控制与通信技术等相关学科中吸取最新成果而更新和完善自身。从初期的熔断器到继电器，并最终发展到现代复杂的微机继电保护，通过新技术和新原理的不断采用，减少了误动作和拒动作的几率，继电保护装置的安全性、可靠性、选择性和速动性不断提高。

电力系统继电保护通过长期的发展，已经成为电力系统重要组成部分，是现代电力系统安全可靠运行的主要手段和重要基础，保证了在电力系统发生故障时，快速、可靠和有选择地自动切除故障和终止电网异常状态。在电网失稳运行时，缩小事故范围，防止发展成为电网崩溃和大面积停电事故。我国电力系统均以电力行业标准《电力系统安全稳定导则》作为运行的依据，该标准确立了电力系统承受大扰动能力的安全稳定标准。电力系统承受大扰动能力的安全稳定标准分为三级。为满足三级标准的要求，当然首先是要有一个结构合理的电网，好的网架是电力系统运行的基础；相应地，为保证电力系统的安全稳定运行，应配备性能完善的继电保护和适当的安全稳定控制措施，组成一个完备的防御系统，通常分为三道防线：

(1) 第一道防线。其保证系统正常运行和承受Ⅰ类大扰动的安全要求。具体措施包括一次系统设施、继电保护、安全稳定预防性控制等。

(2) 第二道防线。其保证系统承受Ⅱ类大扰动的安全要求，采用防止稳定破坏和参数严重越限的紧急控制。常用的紧急控制措施有切除发电机（简称切机）、集中切负荷（简称切负荷）、互联系统解列（联络线）、HVDC 功率紧急调制、串联补偿等，其他措施（如快关汽门、电气制动等）目前应用很少。解决功角稳定控制的装置其动作速度要求很快（50ms 内），解决设备热稳定的过负荷控制装置的动作速度要求较慢（数秒至数十秒）。

(3) 第三道防线。其保证系统承受Ⅲ类大扰动的安全要求，采用防止事故扩大，系统崩溃的紧急控制。具体措施有系统解列、再同步、频率和电压紧急控制等，同时应避免线路和机组的连锁跳闸，防止事故扩大，防止导致长时间的大范围停电，以免造成巨大经济损失和社会影响。

在电力系统安全稳定运行的三道防线中，继电保护起着至关重要的作用，继电保护的配置和运行都是为了满足三道防线的要求。继电保护为完成其功能，必须具备以下四个基本性能：

(1) 可靠性。继电保护装置应在该动作时可靠地动作, 即不应发生拒动作现象; 同时, 其还应在不该动作时可靠地不动作, 即不应发生误动作现象。

(2) 速动性。继电保护装置应以可能的最短时限将故障部分或异常工况从系统中切除或消除。

(3) 选择性。继电保护装置应在可能的最小区间将故障部分从系统中切除, 以保证最大限度地无故障部分继续供电。

(4) 灵敏性。其表示继电保护装置反应故障的能力。

继电保护的正确工作不仅有力地提高电力系统运行的安全可靠, 并且正确使用继电保护技术和装置, 综合考虑继电保护的可靠性、速动性、选择性和灵敏性, 才有可能在满足系统技术条件的前提下降低一次设备的投资。继电保护装置必须能通过提取故障量来正确区分系统正常运行状态与故障或不正常运行状态, 这是继电保护的基本工作原理。虽然继电保护有多种类型, 其装置也各不相同, 但都包含着下列主要的环节: ①信号的采集, 即测量环节; ②信号的分析 and 处理环节; ③判断环节; ④作用信号的输出环节。

用于继电保护状态判别的故障量, 随被保护对象和电力系统周边条件而异。使用最普遍的工频电气量, 最基本的是通过电气元件的电流和所在母线的电压以及由这些量演绎出来的其他量, 如功率、序相量、阻抗、频率等, 从而构成电流保护、电压保护、方向保护、阻抗保护、差动保护等。原则上只要找出正常运行与故障时系统中电气量或非电气量的变化特征(差别), 即可找出一种原理, 且差别越明显, 保护性能越好。

现在, 继电保护的動作正确率已经达到了一个较高的水平, 较好地满足了电力系统发展的需要。

第二节 继电保护的发展与前景

19 世纪的最后 25 年里, 作为最早的继电保护装置——熔断器已开始应用。熔断器是最初出现的简单过电流保护, 今天仍广泛应用于低压线路和用电设备。随着电力系统的发展, 电网结构日趋复杂, 短路容量不断增大, 到 20 世纪初期产生了作用于断路器的电磁型继电保护装置。虽然在 1928 年电子器件已开始被应用于保护装置, 但电子型静态继电器的大量推广和生产是在 20 世纪 50 年代晶体管和其他固态元器件迅速发展之后才得以实现。静态继电器具有较高的灵敏度和动作速度以及维护简单、寿命长、体积小、消耗功率小等优点, 但较易受环境温度和外界干扰的影响。20 世纪 70 年代后, 利用集成电路构成的继电保护装置在电力系统得到广泛应用。到 80 年代, 微机型继电保护和安全自动装置逐渐应用, 目前已有数以万计的微机保护装置在电力系统中运行。

微机保护技术实现了继电保护装置革命性的飞跃。研究和实践证明, 与传统的继电保护相比较, 微机保护有许多优点, 其主要特点有:

(1) 改善和提高继电保护的動作特征和性能, 動作正确率高。这主要表现在能得到常规保护不易获得的特性; 其极强的记忆力、逻辑判断力及高速运算能力, 能更好地实现故障分量保护; 可引进自动控制、新的数学理论和技术, 如自适应、状态预测、模糊控制及人工神经网络等; 其動作正确率很高也已在运行实践中得到证明。

(2) 可以方便地扩充其他辅助功能。如故障录波、波形分析等, 可以方便地附加低频减

载、自动重合闸、故障录波、故障测距等功能。

(3) 工艺结构条件优越。这体现在硬件比较通用,制造容易统一标准;装置体积小,减少了盘位数量;功耗低。

(4) 可靠性容易提高。这体现在数字元件的特性不易受温度变化、电源波动、使用年限的影响,不易受元件更换的影响;而且自检和巡检能力强,可用软件方法检测主要元件、部件的工况以及功能软件本身。

(5) 使用灵活方便,人机界面越来越友好。维护调试方便,从而可缩短维修时间;同时依据运行经验,在现场可通过软件方法改变特性、结构。

(6) 可以进行远方监控。微机保护装置具有网络通信功能,与变电站微机监控系统的通信联络使微机保护具有远方监控特性。

故障信息的识别、处理和利用是继电保护技术发展的基础。上述的微机保护的特点为我们不断发掘、处理、利用故障信息,开发新型继电保护原理和技术开辟了新的途径。这对于继电保护技术进一步发展有着十分重要的意义。

虽然保护装置随着微电子技术的发展发生了巨大的变化,其二次回路却变化甚小。然而,随着数字技术在电流互感器、电压互感器及断路器等一次设备的应用,继电保护的二次回路也将迎来一场新的革命。开关站至保护小室以及保护装置之间的大量交流回路和控制回路的电缆将由光纤所代替;传统继电保护装置包含的信息采集环节,重新进行了配置,组合进入电子式电流、电压互感器中,并由合并单元通过光纤送至保护装置;原先由一个物理装置实现的功能,现在由多个物理装置共同完成,构成了一个网络化的数字逻辑处理的保护装置。微机保护具有较强的自检功能,现在二次回路的光纤化,使得二次回路也能够处于在线监视之中,提高了继电保护的可靠性。

继电保护技术的发展正朝着计算机化、网络化、智能化、保护控制测量和数据通信一体化的趋势发展。随着计算机技术、通信技术的飞速发展及计算机在电力系统继电保护领域中的普遍应用,新的控制原理和方法,如自适应控制技术、人工神经网络、数字化变电站、广域保护与控制技术被不断应用于继电保护中,以期取得更好的效果来解决随着互联电力系统规模增长而增加的系统范围扰动问题。继电保护必将随着各种技术的进步和发展呈现更新的特征,向更高的层次发展,并将获得更广泛的应用。

继电保护整定计算

继电保护整定计算是针对电力系统中配置的各种继电保护装置,按照特定的电力系统网络结构和模型参数,通过计算分析确定所配置保护的运行方式和各项整定值。继电保护整定计算是一项非常重要的工作,只有正确、合理的定值整定才能保证继电保护装置的可靠性、速动性、灵敏性、选择性。所有继电保护装置必须进行准确的计算和定值整定,才能投入运行。

电力系统故障分析是继电保护整定计算的基础。在进行继电保护整定计算之前,首先必须进行一系列设备参数计算,并按照特定的网络结构建立计算模型,然后考虑各种实际可能的运行方式,计算相应保护电气量和配合量的极值,才能按照整定原则确定保护的原理级定值,从而最终给出保护装置级定值。

第一节 电力系统故障分析

一、标幺制

1. 三相系统标幺值

在电力系统短路故障分析中,常采用没有量纲的相对值——标幺值进行运算,以简化计算过程。没有量纲的标幺值表示方法定为标幺制。

在标幺制中,各种物理量都要指定一个基准值。某个物理量的标幺值即为其有名值与基准值之比。在电力系统中,常用物理量的有名值有 U 、 I 、 Z 、 S ,对应指定其基准值为 U_B 、 I_B 、 Z_B 、 S_B 。在三相电力系统中,习惯使用三相功率和线电压表示,因此有

$$S_B = \sqrt{3}U_B I_B \quad (2-1)$$

$$U_B = \sqrt{3}I_B Z_B \quad (2-2)$$

由于存在式(2-1)、式(2-2)的关系,所以只要选取两个基准值,通常是 S_B 和 U_B ,其余两个基准值便可随之确定。

S_B 和 U_B 的选取要选择适当,以便于标幺值和有名值之间的换算,并使各量大小合适。三相功率基准值 S_B 通常取 $100\text{MV} \cdot \text{A}$,当电力系统容量很大时,如 500kV 系统可取 $1000\text{MV} \cdot \text{A}$ 。线电压基准值通常选取的是该电压级的平均额定电压 $U_{av} \approx 1.05U_N$ (取整数)。各电压级的平均额定电压见表 2-1 所列 (U_N 为电网额定电压)。

表 2-1

各电压级的平均额定电压

U_N (kV)	0.38	3	6	10	35	110	220	330	500
U_{av} (kV)	0.40	3.15	6.3	10.5	37	115	230	345	525

基准值选定后,各电气量的标幺值可做如下计算

$$S_* = S/S_B \quad (2-3)$$

$$U_* = U/U_{av} \quad (2-4)$$