

供电企业技能岗位培训教材

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI
PEIXUN JIAOCAI

贵州电网公司 组编

调度自动化



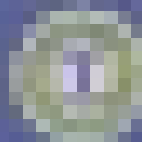
中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

中国石化集团北京石油化学研究所

北京 102210
电话: 010-86223000
E-mail: zhongshihua@163.com

中国石化集团北京石油化学研究所

调度自动化



供电企业技能岗位培训教材

GONGDIAN QIYE JINENG GANGWEI PEIXUN JIAOCAI

调度自动化

贵州电网公司 组编



中国电力出版社

CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

为更好地将员工培训与人才评价相结合,提升供电企业员工岗位胜任能力,贵州电网公司人力资源部特组织有关专业技术、技能人员编写了《供电企业技能岗位培训教材》,由若干分册组成。本套教材紧扣生产实际,以中、高级技能人才培养为主,是一线员工的培训、自学用书。

本书是《供电企业技能岗位培训教材 调度自动化》分册。全书由知识部分、技能部分两部分组成。知识部分分专门知识、相关知识两篇,其中专门知识有电力系统基础、电力系统正常运行方式调整、变电站综合自动化系统、通信网络、调度自动化系统五章;相关知识有电力系统远动基础知识、二次回路、继电保护、二次安全防护、不间断电源、电气工程回路、保护信息系统、电网广域测量系统八章。技能部分分基本技能、专门技能两篇,其中基本技能有调度自动化系统常用辅助设备安装调试、变电站综合自动化系统设备验收两章;专门技能有测控装置检验、远动装置调试及维护、变电站综合自动化系统安装调试、二次回路安装检验及维护、调度自动化主站系统运行维护五章。

本书是调度自动化岗位培训、自学用书,也可作为调度自动化专业技术人员、技能人员和大专院校相关专业师生的阅读参考书。

图书在版编目(CIP)数据

调度自动化 / 贵州电网公司组编. —北京: 中国电力出版社, 2011.12

供电企业技能岗位培训教材

ISBN 978-7-5123-2423-7

I. ①调… II. ①贵… III. ①电力系统调度—调度自动化系统—岗位培训—教材 IV. ①TM734

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 258776 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2012 年 1 月第一版 2012 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15 印张 325 千字

印数 0001—3000 册 定价 45.00 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

《供电企业技能岗位培训教材 调度自动化》

主要编审人员

(以姓氏笔画为序)

马雨涛 吴 亚 张显文 杨成江

周 林 徐继林 阙兴黔



前 言

为了更好地贯彻中国南方电网有限责任公司的培训、评价、使用和待遇一体化机制，贵州电网公司（简称公司）探索出双元驱动提升员工岗位胜任能力的新途径。一方面是加强员工培训，提高培训的针对性和实效性，以员工岗位培训为核心，明确岗位培训标准，制定培训方案，有针对性地开展一线员工的在岗培训、转岗培训和岗前培训。另一方面是抓好人才评价，以岗位胜任能力要求为着力点，制定岗位评价标准，与培训工作有机结合，实现评价标准与培训标准的同步，把人才评价的结果与薪酬待遇有机衔接起来，建立清晰的人才素养要求与培养路径，充分调动员工学习的主观能动性，激发员工学习的内生动力。为给一线员工提供培训、自学用书，公司人力资源部组织有关专业技术、技能人员编写了有关岗位的胜任力模型、培训与评价标准（简称标准），并以此为依据编写了一套贴近生产实际的《供电企业技能岗位培训教材》。本套教材由变电运行（110、220、500kV）、配电线路运行与检修、变电检修、继电保护等三十余个岗位的培训教材以分册形式构成，内容紧扣岗位胜任力模型和标准的要求，目的在于培养适合国家、企业发展需要的中、高级技能人才。本套培训教材内容深入浅出，联系现场实际；文字通俗易懂，便于阅读自学；在对理论问题的阐述方面，主要从物理意义上进行定性分析，尽量避免繁杂的数学推证。

本书是《供电企业技能岗位培训教材 调度自动化》分册。全书由知识部分、技能部分两部分组成。知识部分分专门知识、相关知识两篇共十三章。技能部分分基本技能、专门技能两篇共七章。每章文后配有练习题，供读者检查自身对该章知识和技能的掌握情况。

本分册由贵州电网公司人力资源部组织编写，其中第一章、第二章、第八章、第十一章、第十二章由铜仁供电局张显文编写；第三章、第十三章、第十八章由都匀供电局徐继林编写；第四章、第九章、第十四章由遵义供电局阙兴黔编写；第五章、第二十章由毕节供电局周林编写；第六章、第七章、第十章、第十五章由安顺供电局吴亚编写；第十六章、第十七章、第十九章由都匀供电局杨成江编写。贵州电网公司培训与评价中心马雨涛负责该分册整体策划和审稿。该分册编写过程中引用了贵州电网公司曾编写的有关调度自动化岗位培训教材。本分册编写过程中得到贵州电网公司所属各供电局的大力支持，贵州电网公司有关内训师、专家对本分册的编写也提出了许多宝贵的建议和意见，在此表示衷心的感谢！

尽管各方面对本分册的编写作了相当大的努力，仍难免存在不妥之处，恳请读者提出宝贵意见。

编 者

2011年8月



目 录

前言

第一部分 知 识 部 分

第一篇 专门知识	3
第一章 电力系统基础	3
第一节 电力系统概述	3
第二节 电力系统故障	4
第三节 电力系统潮流计算	8
第二章 电力系统正常运行方式调整	11
第一节 有功平衡和频率调整	11
第二节 无功平衡和电压调整	15
第三章 变电站综合自动化系统	20
第一节 变电站综合自动化系统基础知识	20
第二节 变电站计算机监控系统结构模式	23
第三节 变电站综合自动化系统的功能和信息量	27
第四节 变电站综合自动化系统测控装置	34
第五节 变电站电压无功综合控制系统	40
第六节 低频减载控制系统	44
第七节 备用电源自动投入控制系统	45
第四章 通信网络	48
第一节 通信基本概念	48
第二节 通信网络	48
第三节 RS232、RS422、RS485 工作原理	49
第五章 调度自动化系统	52
第一节 调度自动化系统概述	52
第二节 调度自动化系统一般构成和工作原理	59
第三节 调度自动化主站系统基本结构及功能	63
第四节 调度自动化主站系统的要求	73
第二篇 相关知识	76
第六章 电力系统远动基础知识	76

第一节	远动信息传输规约	76
第二节	信息传输方式	98
第三节	通信信道	99
第七章	二次回路	105
第一节	二次回路定义及组成	105
第二节	二次回路分类	105
第三节	二次回路识图	105
第八章	继电保护	108
第一节	基础知识	108
第二节	对继电保护自动装置的基本要求	109
第三节	线路保护	110
第四节	接地保护	114
第五节	变压器保护	116
第六节	自动装置	120
第九章	二次安全防护	123
第一节	电力系统二次安全防护	123
第二节	物理隔离装置的功能及作用	128
第三节	加密认证装置工作原理	128
第十章	不间断电源	130
第一节	不间断电源基础知识	130
第二节	不间断电源安装调试	131
第三节	不间断电源常见故障分析处理	133
第四节	不间断电源充放电试验方法	135
第十一章	电气工程回路	137
第一节	互感器	137
第二节	二次接线图及读图方法	139
第三节	断路器及隔离开关控制回路	142
第四节	信号回路	144
第五节	操作电源	145
第六节	变电站的电气主接线	146
第十二章	保护信息系统	156
第十三章	电网广域测量系统	163
第一节	电网广域测量系统的作用及组成	163
第二节	PMU 的基本技术要求	164
第三节	同步相量测量装置和数据集中器	166
第四节	广域电网相量测量系统发展展望	170

第二部分 技能部分

第三篇 基本技能	175
第十四章 调度自动化系统常用辅助设备安装调试	175
第一节 调制解调器	175
第二节 网络交换机	176
第三节 二次安全防护设备	178
第十五章 变电站综合自动化系统设备验收	181
第四篇 专门技能	184
第十六章 测控装置检验	184
第十七章 远动装置调试及维护	188
第十八章 变电站综合自动化系统安装调试	199
第一节 综合自动化装置的安装接线	199
第二节 综合自动化装置调试	201
第三节 综合自动化装置与主站系统联合调试	208
第十九章 二次回路安装检验及维护	215
第一节 二次回路的安装接线	215
第二节 二次回路的接线检验	217
第三节 二次回路常见故障及处理方法	219
第二十章 调度自动化主站系统运行维护	222
第一节 调度自动化主站系统的使用	222
第二节 调度自动化主站系统的维护及故障处理	223
附录 调度自动化岗位常用法律法规一览	228
参考文献	229



第一部分

知识部分






第一篇

专门知识

第一章 电力系统基础

 目的和要求:

1. 了解电力系统的结构和故障性质;
2. 掌握潮流计算的方法。

第一节 电力系统概述

一、电力系统的组成及作用

电力系统是由发电厂、输电网、配电网和电力用户组成的整体,是将一次能源转换成电能并输送和分配到用户的一个统一系统。输电网和配电网是电力系统的重要组成部分。电力系统还包括保证其安全可靠运行的继电保护装置、安全自动装置、调度自动化系统和电力通信等辅助装置及系统。

二、电力系统的运行特点

电力系统的运行与其他工业系统的生产过程相比,具有显著的特点,具体如下:

(1) 电能不能大量存储。电能的生产、输送、分配和使用必须在同一时刻进行,即要保证电能的生产、输送、分配和使用处于一种动态的平衡状态。如果系统运行中出现供电和用电的不平衡,就会破坏系统运行的稳定性,甚至发生事故。

(2) 电力系统暂态过程非常短暂。正常操作和故障时,从一种运行状态变到另一种运行状态的过渡过程都非常迅速。

(3) 电能生产与国民经济、人民生活的关系密切。电能供应不足或中断,不仅会影响人民的生活,严重时可能会酿成社会性灾难。

三、对电力系统的基本要求

1. 持续可靠供电

保证安全可靠地发电、供电是对电力系统运行的首要要求。不能安全可靠地发电、供电,最直接的结果就是导致供电不连续,即中断供电。提高整个系统的安全运行水平能保证对用户的不间断供电创造最基本的条件。保证供电可靠性,首先要求系统元件的

运行具有足够的可靠性，元件发生事故不仅直接造成供电中断，而且可能发展成为全局性的事故。经验表明，电力系统的全局性事故往往是由于局部事故扩展而成的。其次，要求提高电力系统运行的稳定性，增强抗干扰能力，保证不发生或不轻易发生造成大面积停电的系统瓦解事故。因此，除了要不断提高运行人员的技术水平和责任心外，应该采用现代化的电网运行监测和控制设备。

随着技术的进步，供电可靠性不断提高，但是保证所有用户的供电绝对可靠是困难的。考虑到不同用户因停电造成的损失相差很大，按其对供电可靠性的要求不同，将负荷分成以下3类：

(1) I类负荷。这类用户停电将造成人身事故、设备损坏、产品报废、生产秩序长期不能恢复、市政生活混乱等。

(2) II类负荷。该类负荷供电中断将造成用户大量减产，使人民生活受到影响。

(3) III类负荷。不属于I、II类的负荷，如工厂的附属车间、小城镇及农村公用负荷等。

依据这种分类，供电部门可以采用不同的技术措施，满足各类负荷的供电可靠性要求。

2. 电能质量合格

衡量电能质量的基本指标是电压、频率、波形、闪变、三相不平衡度。当系统的电压、频率、波形不符合要求时，往往会影响电气设备的正常工作，造成振动和损坏，使电气设备的绝缘加速老化甚至损坏，危及设备和人身安全，影响用户的产品质量。随着自动化及电力电子技术应用的发展，接入系统整流设备的增多，谐波比重增大，交流电波形达不到规定标准，如不采取严格的滤波措施，将对用户产生不利影响，因此检测和控制谐波已经成为维持电能质量的重要一环。

3. 具有较好的经济性

电力系统的容量和负荷是电力系统运行的经济性好坏的两个主要参数。电力系统的容量是指连接在电力网上的所有发电机额定容量的总和。电力系统的负荷是指系统中各用电设备消耗功率的总和。煤耗率和网损是反映电力系统经济运行的两个重要指标。

第二节 电力系统故障

一、电力系统的工作状态及故障原因

1. 电力系统的工作状态

电力系统的工作状态有两种：

(1) 正常工作状态。设备正常、参数正常的系统状态。

(2) 异常工作状态。除正常工作状态以外的系统状态。异常工作状态的种类有：①不正常工作状态，如过负荷（最低级别）；②故障状态，如短路；③事故状态，如系统瓦解（最高级别）。

2. 电力系统发生故障的原因

发生故障的原因有多种，主要有：

- (1) 自然条件不正常。
- (2) 设备制造上存在缺陷。
- (3) 设计、安装不合理。
- (4) 检修质量不高。
- (5) 运行维护不当。

3. 维持正常工作状态的措施

维持正常工作状态的措施有两种：安装继电保护装置及自动装置。电力系统的设计和运行，都必须考虑到可能发生的故障和不正常的运行情况，因为它们会破坏对用户的供电和电气设备的正常工作。多年运行经验表明，这些故障多数是由短路引起的。

二、短路的定义及基本类型

短路是指电力系统正常运行情况以外的相与相之间或相与地（或中性线）之间的连接。在中性点直接接地系统或三相四线制系统中，还指单相或多相接地（或接中性线）。三相系统中短路的基本类型有三相短路、两相短路、单相接地短路（单相接地）和两相接地短路，如图 1-1 所示。三相短路是对称短路，因为此时三相电流和电压仍然是对称的（短路回路的三相阻抗相等），只是电流大大增加，电压大大降低。

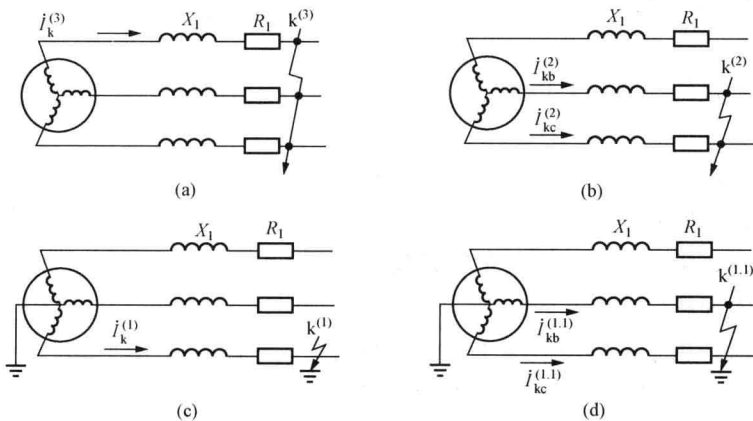


图 1-1 短路的基本类型

(a) 三相短路；(b) 两相短路；(c) 单相接地短路；(d) 两相接地短路

上述几种基本类型的短路，除三相短路外都是不对称短路。因为这时三相处于不同情况下，每相电路中的电流和电压数值不相等，电流与电压夹角也不相等。上述各种短路是指同时在同一地点发生短路。此外，在电网中还可能在不同地点同时发生短路，如两相在不同地点发生接地短路。在电机和变压器中还可能发生一相绕组匝间短路等。

运行经验表明，在中性点直接接地的系统中，最常见的是单相短路，占短路故障的 65%~70%；两相短路占 10%~15%；两相接地短路占 10%~20%；三相短路约占 5%。随着电网电压的升高，相间距离相应增大，发生三相短路的可能性会降低。三相短路虽

少，但对系统的危害、稳定性有着十分不利的影晌，仍是我们考虑一些问题的出发点。

不对称短路的分析计算，都是用对称分量法将不对称量分解为对称系统来计算，因此三相短路的分析计算是各种短路故障分析计算的基础，短路故障的分析计算一般从三相短路故障开始。

各种短路用下列符号表示：三相短路 $k^{(3)}$ ，两相短路 $k^{(2)}$ ，单相短路 $k^{(1)}$ ，两相接地短路 $k^{(1,1)}$ 。短路时的电流、电压和功率等值，也在右上角用相应的符号表明，以互相区别。

三、发生短路的原因

发生短路的主要原因是电气设备或载流导体的绝缘损坏。绝缘损坏多是由于未及时发现和消除的设备缺陷，以及设计、制造、安装和运行维护不良所致。如过电压、设备直接遭受雷击、绝缘材料老化和机械损伤等原因常使设备绝缘损坏而造成短路。另外，还有气候变化引起短路，运行人员不遵守操作技术规程和安全规程而发生的误操作引起短路，鸟兽跨接裸导线引起短路等。

四、短路对电力系统的危害

短路对电力系统的危害很大，主要体现在以下方面：

- (1) 巨大的短路电流流经导体时使导体大量发热，造成导体熔化和绝缘损坏。
- (2) 短路时往往伴有电弧的产生，可能烧坏设备，还有可能损坏周围设备。
- (3) 由于短路电流基本上是感性的，将产生电磁去磁反应，使发电机端电压下降。
- (4) 由于短路时系统中的功率分布突然变化和电压的下降，可能导致并列运行的发电机间失步。
- (5) 不对称接地故障将会使附近的电路中产生很大的感应电动势，对通信线路和信号造成干扰。
- (6) 短路时产生的电动力可能导致导体和支架的破坏。

概括起来，短路对设备的危害，一是电流的热效应使设备烧坏，损坏绝缘；二是电动力使设备变形、毁坏。对系统的危害是使供电受阻，甚至造成系统稳定的破坏，出现非故障部分的大面积停电。

发生短路时，由于网络阻抗减小，短路回路中的短路电流可能超过该回路的正常工作电流许多倍。如 6~10kV 发电机母线上短路时，产生的短路电流可能达到几万安甚至几十万安。短路电流通过导体时，使导体大量发热，绝缘被损坏，同时导体也受到很大电动力作用，使导体变形，设备发生机械损坏，所以短路电流对电气设备是相当危险的。因此，电气装置中的各种电气设备应有足够的电动（机械）稳定性和热稳定性，即要求电气设备在通过最大可能的短路电流的时间内，不致损坏。

短路同时还会引起电网的电压降低，特别是靠近短路点处降低得更多，结果可能导致部分或全部用户的供电中断。以某简单供电网络为例，正常时和不同地点短路时电网各点电压的变动情况如图 1-2 所示。

图 1-2 中，曲线①是正常运行时各点的电压。发电厂母线电压是 U_a ，配电变电站母线电压是 U_b ，下一级母线电压是 U_c 。由于线路电压损失，后一级母线电压比前一级母线电压稍有降低。

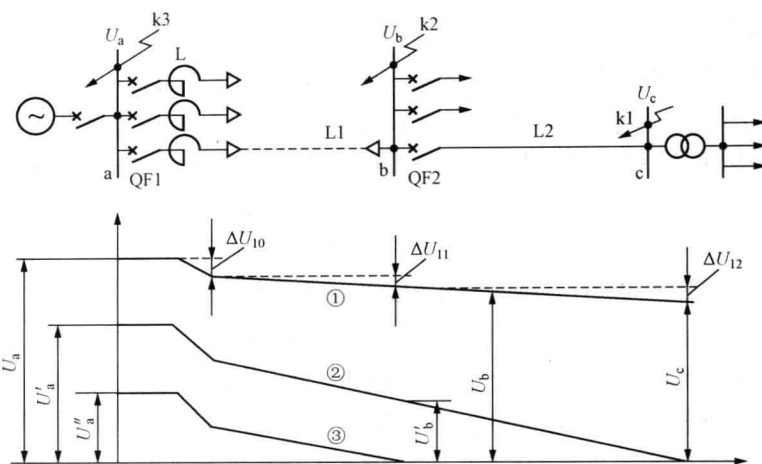


图 1-2 正常时和不同地点短路时电网各点电压的变动情况

变电站 c 高压母线 k1 点三相金属性短路时，短路电流通过发电机、电抗器 L 及线路 L1 和 L2，网络各点电压下降如曲线②所示，此时变电站 c 高压母线上的电压降到零。由于短路电流差不多是电感电流，使发电机去磁效应增强，感应电动势下降，所以发电厂母线电压降低为 U'_a ，这种情况一直持续到线路 L2 的继电保护动作，使断路器 QF2 自动断开为止。可见短路电流持续的时间，取决于继电保护动作时间和断路器动作时间。电网电压降低，使用电设备的工作受到破坏。例如异步电动机，因其转矩与外加电压的二次方成正比，当 k1 点短路，电压下降较大时，用户的电动机便可能被制动。电压下降不大时，则电动机转速减慢，可能引起网络电压进一步下降和电动机过热受损。由此可见，电网中发生短路故障时，不仅短路点以后的用电设备停电，而且也破坏了电网中非故障部分用电设备的正常工作。

当变电站 b 母线上 k2 点短路时，发电厂的母线电压下降得更多，如图 1-2 中曲线③所示， $U''_a < U'_a$ 。此时，继电保护动作，使断路器 QF1 断开，下面的配电变电站的用户全部停电。可见短路点离发电厂越近，停电的范围越大。

电力系统中发生短路故障，使电压严重下降，可能破坏各发电厂并列运行的稳定性，使整个系统被迫解列为几个局部系统运行。会出现某些发电厂过负荷，因此必须切除部分负荷。短路时电压下降得越大，持续时间越长，对系统稳定运行的破坏也越严重。

为了保证电力系统中电气设备安全可靠地运行，减轻短路时的影响，应设法消除可能引起短路的一切原因，还应尽快切除短路故障部分，使系统电压在较短的时间内恢复到正常值。为此，可采用快速动作的继电保护装置和跳闸时间短的断路器。

五、影响短路电流的因素

影响短路电流的因素主要有以下几个方面：

- (1) 系统容量的大小。系统容量越大，产生的短路电流也越大。
- (2) 系统的运行方式。最大运行方式下的短路电流比最小运行方式下的短路电流大。
- (3) 短路点距电源点的远近。短路点距电源越近，短路电流越大。

六、短路的特点

(1) 中性点非直接接地系统单相接地短路。发生此种短路时，相间电压仍然对称，对用户没有影响，一般情况可继续运行一段时间（1~2h）。相电压的特点：故障相电压降低，非故障相电压升高。单相金属性接地时，故障相电压为零，非故障相电压升高为线电压值。

(2) 中性点直接接地系统单相接地短路。发生此种短路时，故障相电流的正序、负序和零序分量大小相等方向相同。非故障相短路电流为零单相接地短路的故障相电压为零。

(3) 两相短路。发生两相短路时，短路电流及电压不存在零序分量，故障相（短路相）中的电流大小相等方向相反，大小为正序电流的 $\sqrt{3}$ 倍，超前相故障电流落后正常相正序电流 90° 。在短路点，故障相的电压方向相同，大小相等，为非故障相电压的二分之一，方向与非故障相电压方向相反，非故障相的电压大小不变，仍为原来值。两相短路的故障电流的正序分量可以利用复合序网求出，两相短路电流为三相短路电流的 $\sqrt{3}/2$ 倍。

第三节 电力系统潮流计算

一、电力系统潮流的基本概念

所谓电力系统潮流是指在给定的运行条件和接线方式下，系统中从电源经网络到负荷各处母线电压的大小和相位、通过网络各元件的功率大小和方向的分布情况。在电力系统中习惯把功率和电压的分布称为潮流分布。

电力系统的潮流分布主要取决于负荷的分布、电力网参数以及供电电源的关系。潮流分布计算就是对结构和参数的电力网络，在给定的运行方式下进行功率分布和电压分布的计算，主要内容有：电力网元件的功率损耗计算；通过电力网元件的功率大小和方向计算；电力网元件的电压降落计算；电力网节点电压的大小和相位计算。

进行潮流分布计算的主要目的是：

- (1) 为电力系统规划设计提供选择接线方式、电气设备和导线截面的依据。
- (2) 为确定电力系统的运行方式、制订检修计划、实施相应的调压措施提供依据。
- (3) 提供继电保护、自动化操作的设计与整定数据。
- (4) 通过潮流分布计算，还可以发现系统中的薄弱环节，检查设备元件是否过负荷，各节点电压是否符合要求，以便提出必要的改进措施，从而保证电力系统的电能质量，并使整个电力系统获得最大的经济性。最佳潮流分布是指在最小功率损耗下的电压和功率分布。

二、电力系统潮流计算方法

潮流计算是电力系统分析中最基本的一种电气运算，也是研究电力系统运行和规划方案的重要手段，其实质是求解一组多元非线性方程。随着电力系统规模的不断扩大，潮流方程的阶次越来越高，对这种规模的方程，并不是采用任何数学方法都能保证给出正确答案的，因此，人们便不断寻求新的、更可靠的潮流计算方法。