

# (两机五节点网络潮流计算 —牛拉法)

内蒙古科技大学

电力系统稳态分析课程设计 题目:两机五节点网络潮流计算 ?牛拉法姓名:朱润民学号:1167130230 学院:信息工程学院专业:电气工程及其自动化  
班级:11 级电气 2 班 指导教师:刘景霞

目录

摘要

潮流计算的目的在于:确定电力系统的运行方式;检查系统中各元件是否过电压或过载;为电力系统继电保护的整定提供依据;为电力系统的稳定计算提供初值,为电力系统规划和经济运行提供分析基础。

牛顿迭代法 (Newton's method) 又称为牛顿-拉夫逊方法 (Newton-Raphson method), 牛顿-拉夫逊法简称牛顿法在数学上是求解非线性代数方程式的有效方法。其要点是把非线性方程式的求解过程变成反复地对相应的线性方程式进行求解的过程。MATLAB 是一种交互式、面向对象的程序设计语言,广泛应用于工业界与学术界,主要用于矩阵运算。采用迭代法,通过建立矩阵的修正方程来依次迭代,逐步逼近真值来计算出电力网的电压,功率分布。

采用迭代法,通过建立矩阵的修正方程来依次迭代,逐步逼近真值来计算出电力网的电压,功率分布。

本文采用牛顿-拉夫逊法解算电力稳态潮流,用手算和计算机算法对其进

关键词： 电力系统潮流计算；牛顿-拉夫逊法潮流计算；程序；

## ABSTRACT

The Power Flow computation's goal lies in: Definite electrical power system's movement way; In checkout system various parts whether overvoltage or overload; Provides the basis for the electrical power system relay protection's installation; Provides the starting value for electrical power system's stable computation, is the electrical power system plan and the economical movement provides the analysis foundation.

The Newton iteration method Newton's method is called Newton - Rough to abdicate the method Newton - Rough method, Newton--Rough abdicates the law i.e. Newton law is solves the misalignment algebraic equation in mathematics the efficacious device. Its main point is turns the misalignment equation solution process carries on repeatedly to the corresponding linear equation the solution the process MATLABs one kind interactive, the object-oriented programming language, widely applies in the industrial world and the academic circle, mainly uses in the matrix operation. Uses the repetitive process, iterates in turn through the establishment matrix's modified equation ,approaches the true value to calculate electric power network's voltage gradually, the power distribution key word: Electrical power flow computation;Newton - Rough abdicates the law tidal current computation; Procedure

word: Electrical power flow computation;Newton - Rough

abdicates the law tidal current computation; Procedure

内蒙古科技大学课程设计任务书

课程名称 电力系统稳态分析课程设计

设计题目

基于 Matlab 的两机五节点网络潮流仿真计算?牛拉法

指导教师 刘景霞 时间 1 周

### 一、教学要求

电力系统稳态分析课程设计以设计和优化电力系统的潮流分析为重点,提高学生综合能力为目标,尽可能结合实际工程进行。设计内容的安排要充分考虑学校现有的设备,设计时间及工程实际需要,并使学生初步学会运用所学知识解决工程中的实际问题。

### 二、设计资料及参数

#### (一)设计原始资料

- 1 、待设计电气设备系统图
- 2 、电力系统网络各元件参数
- 3 、电力系统电气元件的使用规范
- 4 、电力工程电气设计手册

#### (二)设计参考资料

- 1 、《电力系统稳态分析》,陈珩,中国电力出版社,2007,第三版
- 2 、《电力系统分析》,韩祯祥,浙江大学出版社,2005,第三版
- 3 、《电力系统分析课程实际设计与综合实验》,祝书萍,中国电力出版

,2007, 第一版

### 三、设计要求及成果

1. 根据给定的参数或工程具体要求,收集和查阅资料;学习相关软件(软件自选)。

2. 在给定的电力网络上画出等值电路图。

3. 运用计算机进行潮流计算。

4. 编写设计说明书。

基本要求:

1. 编写潮流计算程序;

2. 在计算机上调试通过(?);

3. 运行程序并计算出正确结果(?);

4. 写出课程设计报告(包括以下内容)(1 份)

(1) 程序框图;(2) 源程序;(3) 符号说明表;(4) 算例及计算结果

5. 编写计算说明书(1 份)。

### 四、进度安排

根据给定的参数或工程具体要求,收集和查阅资料(半天)

学习软件(MATLAB或C语言等)(一天半)

编程计算复杂系统潮流计算(三天)

编写计算设计书(一天)

### 五、评分标准

课程设计成绩评定依据包括以下几点:

工作态度(占 10%);

基本技能的掌握程度(占 20%);

程序编写是否合理是否有运行结果 40%;

课程设计说明书编写水平占 30%

分为优、良、中、合格、不合格五个等级。

考核方式:设计期间教师现场检查;评阅设计报告

## 系统接线图

其中节点 1 为平衡节点,节点 2、3、4、5 为 PQ 节点。

## 第一章 电力系统潮流计算概述

### 1.1 潮流计算简介

电力系统潮流计算是研究电力系统稳态运行情况的一种计算,它根据给定的运行条件及系统接线情况确定整个电力系统各部分的运行状态:各母线的电压,各元件中流过的功率,系统的功率损耗等等。在电力系统规划的设计和现有电力系统运行方式的研究中,都需要利用潮流计算来定量地分析比较供电方案或运行方式的合理性。可靠性和经济性。此外,电力系统潮流计算也是计算系统动态稳定和静态稳定的基础。所以潮流计算是研究电力系统的一种很重要和基础的计算。

电力系统潮流计算也分为离线计算和在线计算两种,前者主要用于系统

,后者则用于正在运行系统的经常监视及实时控制。

利用电子数字计算机进行电力系统潮流计算从 50 年代中期就已经开始。在这 20 年内,潮流计算曾采用了各种不同的方法,这些方法的发展主要围绕着对潮流计算的一些基本要求进行的。对潮流计算的要求可以归纳为下面几点:

- (1) 计算方法的可靠性或收敛性;
- (2) 对计算机内存量的要求;
- (3) 计算速度;
- (4) 计算的方便性和灵活性。

电力系统潮流计算问题在数学上是一组多元非线性方程式求解问题,其解法都离不开迭代。因此,对潮流计算方法,首先要求它能可靠地收敛,并给出正确答案。由于电力系统结构及参数的一些特点,并且随着电力系统不断扩大,潮流计算的方程式阶数也越来越高,对这样的方程式并不是任何数学方法都能保证给出正确答案的。这种情况成为促使电力系统计算人员不断寻求新的更可靠方法的重要因素。

## 1.2 潮流计算的意义及其发展

在电网规划阶段,通过潮流计算,合理规划电源容量及接入点,合理规划网架,选择无功补偿方案,满足规划水平的大、小方式下潮流交换控制、调峰、调相、调压的要求。在编制年运行方式时,在预计负荷增长及新设备投运基础上,选择典型方式进行潮流计算,发现电网中薄弱环节,供调度员日常调度控制参考,并对规划、基建部门提出改进网架结构,加快基建进度的建议。

正常检修及特殊运行方式下的潮流计算,用于日运行方式的编制,指导发电

,有功、无功调整方案及负荷调整方案,满足线路、变压器热稳定要求及电压质量要求。预想事故、设备退出运行对静态安全的影响分析及作出预想的运行方式调整方案。

总结为在电力系统运行方式和规划方案的研究中,都需要进行潮流计算以比较运行方式或规划供电方案的可行性、可靠性和经济性。同时,为了实时监控电力系统的运行状态,也需要进行大量而快速的潮流计算。因此,潮流计算是电力系统中应用最广泛、最基本和最重要的一种电气运算。在系统规划设计和安排系统的运行方式时,采用离线潮流计算;在电力系统运行状态的实时监控中,则采用在线潮流计算。

??电力系统潮流计算属于稳态分析范畴,不涉及系统元件的动态特性和过渡过程。因此其数学模型不包含微分方程,是一组高阶非线性方程。非线性代数方程组的解法离不开迭代,因此,潮流计算方法首先要求它是能可靠的收敛,并给出正确答案。随着电力系统规模的不断扩大,潮流问题的方程式阶数越来越高,目前已达到几千阶甚至上万阶,对这样规模的方程式并不是采用任何数学方法都能保证给出正确答案的。这种情况促使电力系统的研究人员不断寻求新的更可靠的计算方法。??在用数字计算机求解电力系统潮流问题的开始阶段,人们普遍采用以节点导纳矩阵为基础的高斯-赛德尔迭代法。这个方法的原理比较简单,要求的数字计算机的内存量也比较小,适应当时的电子数字计算机制作水平和电力系统理论水平,于是电力系统计算人员转向以阻抗矩阵为主的逐次代入法。??阻抗法改善了电力系统潮流计算问题的收敛性,解决了导纳法无法解决的一些系统的潮流计算,在当时获得了广泛的应用,曾为我国电力系统设计、运行和研究作出了很大的贡献。但是,阻抗法的主要缺点就是占用计算机的内存很大,每次迭代

,这些缺点就更加突出。为了克服阻抗法在内存和速度方面的缺点,后来发展了以阻抗矩阵为基础的分块阻抗法。这个方法把一个系统分割为几个小的地区系统,在计算机内只需存储各个地区系统的阻抗矩阵及它们之间的联络线的阻抗,这样不仅大幅度的节省了内存容量,同时也提高了计算速度。克服阻抗法缺点的另一途径是采用牛顿-拉夫逊法(以下简称牛顿法)。牛顿法是数学中求解非线性方程式的典型方法有较好的收敛性。解决电力系统潮流计算问题是以导纳矩阵为基础的,因此,只要在迭代过程中尽可能保持方程式系数矩阵的稀疏性,就可以大大提高牛顿潮流程序的计算效率。自从20世纪60年代中期采用了最佳顺序消去法以后,牛顿法在收敛性、内存要求、计算速度方面都超过了阻抗法,成为直到目前仍被广泛采用的方法。在牛顿法的基础上,根据电力系统的特点,抓住主要矛盾,对纯数学的牛顿法进行了改造,得到了P-Q分解法。P-Q分解法在计算速度方面有显著的提高,迅速得到了推广,牛顿法的特点是将非线性方程线性化。潮流计算的数学模型

## 2.1 导纳矩阵的原理及计算方法

### 2.1.1 自导纳和互导纳的确定方法

#### 电力网络的节点电压方程:2-1

为节点注入电流列向量,注入电流有正有负,注入网络的电流为正,流出网络的电流为负。根据这一规定,电源节点的注入电流为正,负荷节点为负。既无电源又无负荷的联络节点为零,带有地方负荷的电源节点为二者代数之和。

为节点电压列向量,由于节点电压是对称于参考节点而言的,因而需先选定参考节点。在电力系统中一般以地为参考节点。如整个网络无接地支路,则需要选定某一节点为参考。设网络中节点数为(不含参考节点),则,均为  $n \times n$  列向



$n \times n$  阶节点导纳矩阵。

节点导纳矩阵的节点电压方程：

展开为：2-2

是一个  $n \times n$  阶节点导纳矩阵，其阶数就等于网络中除参考节点外的节点数。节点导纳矩阵的对角元素  $y_{11}, y_{22}, \dots, y_{nn}$  成为自导纳。自导纳数值上就等于在  $i$  节点施加单位电压，其他节点全部接地时，经节点  $i$  注入网络的电流，因此，它可以定义为：

2-3

节点  $i$  的自导纳数值上就等于与节点直接连接的所有支路导纳的总和。

节点导纳矩阵的非对角元素  $y_{j1}, y_{j2}, \dots, y_{jn}; y_{1i}, y_{2i}, \dots, y_{ni} \neq i$  称互导纳，由

此可得互导纳数值上就等于在节点  $i$  施加单位电压，其他节点全部接地时，经节点  $j$  注入网络的电流，因此可定义为：

2-4

节点  $j, i$  之间的互导纳数值上就等于连接节点  $j, i$  支路到导纳的负值。

显然，恒等于。互导纳的这些性质决定了节点导纳矩阵是一个对称稀疏矩阵。而且，由于每个节点所连接的支路数总有一个限度，随着网络中节点数的增加非

零元素相对愈来愈少，节点导纳矩阵的稀疏度，即零元素数与总元素的比值就愈来愈高。

## 2.2 潮流计算的基本方程

潮流计算用的电网结构图 在潮流问题中，任何复杂的电力系统都可以

(参数)组成。

- (1) 发电机(注入电流或功率)
- (2) 负荷(注入负的电流或功率)
- (3) 输电线支路(电阻,电抗)
- (4) 变压器支路(电阻,电抗,变比)
- (5) 母线上的对地支路(阻抗和导纳)
- (6) 线路上的对地支路(一般为线路充电点容导纳)

集中了以上各类型的元件的简单网络如图 a.

采用导纳矩阵时,节点注入电流和节点电压构成以下线性方程组

2-5

其中

可展开如下形式 2-6

由于实际电网中测量的节点注入量一般不是电流而是功率,因此必须将式中的注入电流用节点注入功率来表示。

节点功率与节点电流之间的关系为 2-7

式中,

因此用导纳矩阵时,PQ节点可以表示为

把这个关系代入式中,得 (2-8)

式(3-4)就是电力系统潮流计算的数学模型----潮流方程。它具有如下

特点:

- (1) 它是一组代数方程,因而表征的是电力系统的稳定运行特性。

它是一组非线性方程,因而只能用迭代方法求其数值解。

(3) 由于方程中的电压和导纳既可以表为直角坐标,又可表为极坐标,因而潮流方程有多种表达形式——极坐标形式,直角坐标形式和混合坐标形式。

a。取  $\theta, U$ , 得到潮流方程的极坐标形式:2-9

b。取  $U, \theta$ , 得到潮流方程的直角坐标形式:

2-10

c。取  $U, \theta$ , 得到潮流方程的混合坐标形式: 2-11

(4) 它是一组  $n$  个复数方程,因而实数方程数为  $2n$  个但方程中共含  $4n$  个变量: $P, Q, U$  和  $i, 1, 2, \dots, n$ , 故必须先指定  $2n$  个变量才能求解。

### 2.3 电力系统节点分类

用一般的电路理论求解网络方程,目的是给出电压源或电流源研究网络内的电流或电压分布,作为基础的方程式,一般用线性代数方程式表示。然而在电力系统中,给出发电机或负荷连接母线上电压或电流都是向量的情况是很少的,一般是给出发电机母线上发电机的有功功率  $P$  和母线电压的幅值  $U$ ,给出负荷母线上负荷消耗的有功功率  $P$  和无功功率  $Q$ 。主要目的是由这些已知量去求电力系统内的各种电气量。所以,根据电力系统中各节点性质的不同,很自然地把节点分成三类:

#### PQ 节点

对这一类点,事先给定的是节点功率  $P, Q$ ,待求的未知量是节点电压向量  $U$ ,所以叫 PQ 节点。通常变电所母线都是 PQ 节点,当某些发电机的输出功率  $P$ 。

给定时,也作为 PQ节点。PQ节点上的发电机称之为 PQ机或 PQ给定型发电机。在潮流计算中,系统大部分节点属于 PQ节点。

### PV 节点

这类节点给出的参数是该节点的有功功率  $P$  及电压幅值  $U$ ,待求量为该节点的无功功率  $Q$  及电压向量的相角。这类节点在运行中往往要有一定可调节的无功电源。用以维持给定的电压值。通常选择有一定无功功率储备的发电机母线或者变电所有无功补偿设备的母线做 PU节点处理。PU节点上的发电机称为 PU机或 PV给定型发电机

### 平衡节点

在潮流计算中,这类节点一般只设一个。对该节点,给定其电压值,并在计算中取该节点电压向量的方向作为参考轴,相当于给定该点电压向量的角度为零。也就是说,对平衡节点给定的运行参数是  $U$  和  $\theta$ ,因此有称为 U节点,而待求量是该节点的  $P$ 、 $Q$ ,整个系统的功率平衡由这一节点承担。

关于平衡节点的选择,一般选择系统中担任调频调压的某一发电厂或发电机,有时也可能按其他原则选择,例如,为提高计算的收敛性。可以选择出线数多或者靠近电网中心的发电厂母线作平衡节点。

以上三类节点 4 个运行参数  $P$ 、 $Q$ 、 $U$ 、 $\theta$  中,已知量都是两个,待求量也是两个,只是类型不同而已。

## 2.4 潮流计算的约束条件

电力系统运行必须满足一定技术和经济上的要求。这些要求构成了潮流问题中某些变量的约束条件,常用的约束条件如下:

节点电压应满足

2. 从保证电能质量和供电安全的要求来看,电力系统的所有电气设备都必须运行在额定电压附近。**PU**节点电压幅值必须按上述条件给定。因此,这一约束条件对**PQ**节点而言。

节点的有功功率和无功功率应满足

2-13

**PQ** 节点的有功功率和无功功率,以及 **PU**节点的有功功率,在给定是就必须满足上述条件,因此,对平衡节点的 **P** 和 **Q**以及 **PU**节点的 **Q**应按上述条件进行检验。

节点之间电压的相位差应满足

2-14

为了保证系统运行的稳定性,要求某些输电线路两端的电压相位不超过一定的数值。这一约束的主要意义就在于此。

因此,潮流计算可以归结为求解一组非线性方程组,并使其解答满足一定的约束条件。常用的方法是迭代法和牛顿法,在计算过程中,或得出结果之后用约束条件进行检验。如果不能满足要求,则应修改某些变量的给定值,甚至修改系统的运行方式,重新进行计算。

### 第三章 牛顿-拉夫逊法概述

#### 3.1 牛顿-拉夫逊法基本原理

电力系统潮流计算是电力系统分析中的一种最基本的计算,是对复杂电

潮流计算的目的是求取电力系统

在给定运行状态的计算。即节点电压和功率分布,用以检查系统各元件是否过负荷。各点电压是否满足要求,功率的分布和分配是否合理以及功率损耗等。对现有电力系统的运行和扩建,对新的电力系统进行规划设计以及对电力系统进行静态和暂态稳定分析都是以潮流计算为基础。潮流计算结果可用如电力系统稳态研究,安全估计或最优潮流等对潮流计算的模型和方法有直接影响。实际电力系统的潮流技术那主要采用牛顿-拉夫逊法。

牛顿--拉夫逊法简称牛顿法在数学上是求解非线性代数方程式的有效方法。其要点是把非线性方程式的求解过程变成反复地对相应的线性方程式进行求解的过程。即通常所称的逐次线性化过程。

对于非线性代数方程组:

即 3-1

在待求量  $x$  的某一个初始估计值附近,将上式展开成泰勒级数并略去二阶及以上的高阶项,得到如下的经线性化的方程组:

3-2

上式称之为牛顿法的修正方程式。由此可以求得第一次迭代的修正量

3-3

将和相加,得到变量的第一次改进值。接着就从出发,重复上述计算过程。

因此从一定的初值出发,应用牛顿法求解的迭代格式为:

3-4

3-5

上两式中: $J$ 是函数对于变量  $x$  的一阶偏导数矩阵,即雅可比矩阵  $J$ ;  $k$  为迭

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/695214014001011201>