

潮流计算软件 MATPOWER 及其应用

李红连^{1,2}, 张维理¹, 刘录东³, 张强⁴

(1 重庆电力高等专科学校, 重庆 400053; 2 重庆大学, 重庆 400044;
3 重庆市电力公司璧山供电局, 重庆 璧山 402760; 4 重庆三峡水利电力(集团)股份有限公司, 重庆 万州 404000)

【摘要】为研究人员和教育从业者提供一种免费的电力系统潮流计算软件, 详细地介绍了 MATPOWER 软件的使用方法; 通过潮流计算实例表明 MATPOWER 是一种有效并且具有强大功能的潮流计算软件。
【关键词】潮流; 计算软件; MATPOWER
【中图分类号】TM 401 【文献标识码】A 【文章编号】1008-8032(2009)04-0018-03

0 前言

潮流计算是电力系统计算分析的一种最基本计算, 通过求取在给定运行方式下电网各节点电压、电流和功率分布来检查各元件是否过负荷、各点电压是否满足要求、功率分布和功率省耗是否合理等电力系统状态情况, 因此受到电力系统运行部门、科研机构的高度重视。潮流计算最早是由人工进行计算, 后来随着计算机技术的飞跃发展, 利用计算机语言编写潮流仿真计算软件来完成是目前主要计算方法, 国内常见的软件有: 中国电力科学研究院的 PASAP、美国 Bonneville 电力局的 BPA、美国 PTI 公司的 PSS/E、美国电力科学研究院的 ETMSR、德国西门子公司的 NETOMAC 等。这些软件大多功能强大并且应用于电力系统的实际仿真计算和科学研究, 但对于研究人员和教育从业者来说, 由于科研经费有限无力购买这些昂贵的软件, 因而寻求免费软件成为他们工作的一个较为重要的选择, 美国康奈尔大学电力系统工程研究中心的 RAY D. Zimmerman、CARLOS E. Murillob 和甘德强注意到这些问题, 在 ROBERT Thomas 的指导下应用 MATLAB 语言开发成功电力系统潮流仿真计算免费软件 MATPOWER。

本文为了让更多的国内学者、研究人员和教育从业者了解和使用 MATPOWER 软件, 对该软件的使用方法进行了详细地介绍, 并用教科书中实际算例来进行仿真计算验证软件的有效性和进一步加深读者对该软件的熟悉程度。

1 MATPOWER 软件使用方法

MATPOWER 软件是基于 MATLAB 语言编写的

电力系统潮流和最优潮流计算软件, 可以在 MATLAB 5.0 或以上版本的软件开发环境中使用和运行, 目前最新版本是 MATPOWER 3.2。初学者首先可以从网址: <http://www.pserc.cornell.edu/mathpower/> 免费下载软件和使用说明书, 安装在已经装有 MATLAB 语言的计算机上, 输入“runpf(‘程序名’)”就可以运行已经编写好的实际电力系统潮流计算程序。

MATPOWER 所用的所有数据文件均为 MATLAB 的 M 文件或者 MAT 文件, 用来定义和返回变量: baseMVA、bus、branch、gen 等。

baseMVA 变量是一个标量, 用来设置基准容量。对于计算中采用有名值, 可以根据需要设置, 如 100MVA; 对于计算中采用标么值, 一般设置为 1。

bus 变量是一个矩阵, 用来设置电网中各母线参数, 其格式为: bus_i type, Pd Qd Gs Bs area Vm, Va baseKV, zone, Vmax Vmin, bus_i 用来设置母线编号, 范围为 1~29997。type 用来设置母线类型, 1 为 PQ 节点母线, 2 为 PV 节点母线, 3 为平衡(参考)节点母线。Pd 和 Qd 用来设置母线注入负荷的有功和无功功率。Gs Bs 用来设置与母线并联电导和电纳。baseKV 用来设置该母线基准电压。Vm 和 Va 用来设置母线电压的幅值、相位初值。Vmax 和 Vmin 用来设置工作时母线最高、最低电压幅值。area 和 zone 用来设置电网断面号和省耗分区号, 一般都设置为 1, 前者可设置范围为 1~100 后者可设置范围为 1~999。

branch 变量是一个矩阵, 用来设置电网中各支路参数, 其格式为: bus1 bus2 r x l rateA, rateB, rateC, ratio, angle, status, bus1 和 bus2 用来设置该支路由起

始节点(母线)编号和终止节点(母线)编号。 r 和 b 用来设置该支路的电阻、电抗和充电电纳。 $rateA$ 、 $rateB$ 和 $rateC$ 分别用来设置该支路长期、短期和紧急允许功率。 $ratio$ 用来设置该支路的变比, 如果支路元件仅仅是导线为 Q 如果支路元件为变压器, 则该变比为 f_{bus} 侧母线的基准电压与 t_{bus} 侧母线的基准电压之比。 $angle$ 用来设置支路的相位角度, 如果支路元件为变压器, 就是变压器的转角; 如果支路元件不是变压器, 相位角度为 0 度。 $status$ 用来设置支路工作状态, 1 表示投入运行, 0 表示退出运行。

gen 变量也是一个矩阵, 用来设置接入电网中的发电机(电源)参数, 其格式为: bus P_g Q_g Q_{max} Q_{min} V_g $mBase$ $status$ P_{max} P_{min} 。 bus 用来设置接入发电机(电源)的母线编号。 P_g 和 Q_g 用来设置接入发电机(电源)的有功和无功功率。 P_{max} 和 P_{min} 用来设置接入发电机(电源)的有功功率最大、最小允许值。 Q_{max} 和 Q_{min} 用来设置接入发电机(电源)的无功功率最大、最小允许值。 V_g 用来设置接入发电机(电源)的工作电压。 $mBase$ 用来设置接入发电机(电源)的功率基准, 如为缺省值, 就是 $baseMVA$ 变量的值。 $status$ 用来设置发电机(电源)工作状态, 1 表示投入运行, 0 表示退出运行。

按照上面介绍的各参数设置方法, 拷贝一个 MATPOWER 软件所带例程和对照实际电网资料进行参数修改就能得到实际电力系统潮流仿真计算程序, 然后用 `runpf` 命令运行程序即可完成电力系统潮流仿真计算。

2 算例

为了验证 MATPOWER 潮流计算和进一步加深读者对该软件的熟悉程度, 本文选用浙江大学韩祯祥院士编写的《电力系统分析》(第 3 版)的实例来进行验证和演示。该实例是有 4 个节点的简单支路有名值电力网络, 具体参数见图 1(教科书中例 3.1)。按本文介绍的 MATPOWER 潮流仿真计算软件使用方法进行编程(见图 2)和计算, 其计算结果如图 3 所示。由图 3 的潮流计算结果表明该潮流采用的是牛顿法, 进行了 3 次迭代, 用时 0.02 秒。其各节点的电压、相位角度和功率分布和省耗与教科书的值基本一致。

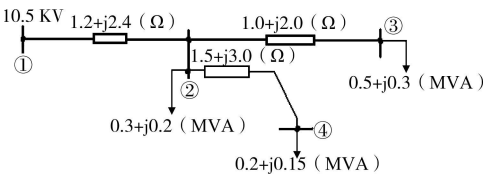


图 1 计算实例的电力网络结构图

此外, 本文还用 MATPOWER 潮流仿真计算软件对教科书中例 3.3 用标么值标注的含有发电机的 5 个节点电力网络进行了编程和计算, 其各节点的电压、相位角度和功率分布和省耗也是与教科书的值基本一致(本文为了节省篇幅, 忽略了电力网络结构图、潮流仿真计算程序的的 M 文件、仿真计算结果图)。

```
function [baseMVA, bus, gen, branch] = case4hyz
%% system MVA base
baseMVA = 100;
%% bus data
% bus_i type Pd Qd Gs Bs area Vm Va baseKV zone Vmax Vmin
bus = [
    1 3 0 0 0 0 1 1.05 0 10 1 1.1 0.9;
    2 1 0.3 0.2 0 0 1 1 0 10 1 1.1 0.9;
    3 1 0.5 0.3 0 0 1 1 0 10 1 1.1 0.9;
    4 1 0.2 0.15 0 0 1 1 0 10 1 1.1 0.9;
];
%% generator data
% bus Pg Qg Qmax Qmin Vg mBase status Pmax Pmin
gen = [
    1 10 10 10 -10 1.05 100 1 10 0;
];
%% branch data
% fbus tbus r x b rateA rateB rateC ratio angle status
branch = [
    1 2 1.2 2.4 0 100 100 0 0 1;
    2 4 1.5 3.0 0 100 100 0 0 1;
    2 3 1 2 0 100 100 0 0 1;
];
return;
```

图 2 对实例进行编程 MATPOWER 潮流仿真计算程序的的 M 文件

Newton's method power flow converged in 3 iterations.
Converged in 0.02 seconds

System Summary				
How many?	How much?	P (MW)		Q (MVar)
Buses	4	Total Gen Capacity		10.0
Generators	1	On-line Capacity		10.0
Committed Gens	1	Generation (actual)		1.0
Loads	3	Load		1.0
Fixed	3	Fixed		1.0
Dispatchable	0	Dispatchable		-0.0 of -0.0
Shunts	0	Shunt (inj)		-0.0
Branches	3	Losses (I ² *Z)		0.02
Transformers	0	Branch Charging (inj)		-
Inter-ties	0	Total Inter-tie Flow		0.0
Areas	1			
		Minimum		Maximum
Voltage Magnitude	1.012 p.u. @ bus 3	1.050 p.u. @ bus 1		
Voltage Angle	-1.25 deg @ bus 3	0.00 deg @ bus 1		
P Losses (I ² *R)	-	0.02 MW @ line 1-2		
Q Losses (I ² *X)	-	0.03 MVar @ line 1-2		

Branch Data									
Brnch #	From Bus	To Bus	From Bus P (MW)	From Bus Q (MVar)	To Bus Injection P (MW)	To Bus Injection Q (MVar)	Loss P (MW)	Loss Q (MVar)	
1	1	2	1.02	0.69	-1.00	-0.66	0.017	0.03	
2	2	4	0.20	0.15	-0.20	-0.15	0.001	0.00	
3	2	3	0.50	0.31	-0.50	-0.30	0.003	0.01	
Total:								0.021	0.04

图 3 采用 MATPOWER 对实例进行潮流计算的结果

3 结论

MATPOWER 是基于 MATLAB 语言开发的电力系统潮流仿真计算软件; 直接在国内学者、研究人员和教育从业者熟悉的 MATLAB 语言开发环境中运行, 不增加他们学习仿真计算软件使用方法的难度和后续数据处理的难度; 操作简单、功能强大、仿真计算精度较好并且免费, 非常适合他们在电力系统

及电力网络分析的科学研究、教学过程中使用。

参考文献:

[1] 韩祯祥 . 电力系统分析 (第 3 版) [M]. 杭州: 浙江大学出版社, 2005.
[2] RAY D. Zimmerman, CARLOS E. Murillo MATPOWER User's Manual (version 3.2) [EB/OL]. <http://www.pserc.cornell.edu/matpower> 2007-09-21/2009-08-20

Application of MATPOWER Power Flow Calculation Software

LI Hong-lian^{1,2}, ZHANG Wei-li¹, LIU LU-dong³, ZHANG Qiang⁴

(1 Chongqing Electric Power College, Bishan Chongqing 400053, China

2 Chongqing University, Chongqing 400044, China;

3 Chongqing Electric Power Corp. Bishan Power Supply Bureau, Bishan Chongqing 402760, China

4 Chongqing Three Gorges Water Conservancy and Electric Power Corp. Ltd., Wanzhou Chongqing 404000, China)

Abstract In order to provide a cost-free power flow calculation software for researchers and educators, this paper elaborates the application methods of MATPOWER power flow calculation software. Power flow calculation examples indicate that MATPOWER is an effective and powerful function's power flow calculation software.

Key words power flow; calculation software; MATPOWER

(上接第 12 页)

条件, 此时, 运行人员要注意及时手动调整送、引风挡板。

5 结论

此次 MCS 优化工作在现有设备条件、来煤条件及电网调度条件下, 尽可能达到了较好的控制效果, 给其它单位提高自动投入率提供一定的分析、解决

问题的思路, 具有一定的现实意义。

参考文献:

[1] 刘吉臻. 协调控制与给水全程控制 [M]. 北京: 中国电力出版社, 1995.
[2] 房方. 单元机组协调控制系统的先进控制策略研究 [D]. 北京: 华北电力大学, 2005.

Optimization Design and Application of MCS System in 300MW Unit

XIAO Han¹, MA Ping², LIU Jian-guo³

(1 Guodian Chongqing Hengtai Co., Ltd. Wansheng Chongqing 400805, China

2 North China Electric Power University, Beijing 102206, China

3 Chongqing Electric Power College, Chongqing 400053, China)

Abstract This paper analyzes the problem of low automatic control availability of DCS coordinated control system in 300MW unit of power plant, and submits a system modification and parameter optimization program according to the actual situation. Through practical application, the program obtained good control effect, raised the automatic control availability and had a certain practicability.

Key words DCS; coordinated control; system optimization