两端供电网络的潮流计算及模型搭建

摘要 本文以典型两端供电电力网络为对象，利用MATLAB仿真软件搭建系统模型并进行潮流计算，详细推导了网络各节点的电压与功率分布。全文结合节点电压方程、网络参数、负荷情况，阐述了潮流计算的数学基础和建模实现过程，对电力系统规划和运行具有重要参考价值。

关键词 两端供电；潮流计算；节点电压；MATLAB建模

一、引言 两端供电结构广泛应用于区域配电与中压电网，合理分析其潮流分布对于运行安全、供电可靠性以及设备选型具有重要意义。潮流计算不仅是电力系统分析的基础，也是运行控制与经济调度的前提。本文以两端供电网络实际参数为例，详细展开潮流数学模型的建立、MATLAB实现方法以及结果物理分析。

二、网络参数与结构说明 本网络共设有4个节点，节点1、节点4分别为两端电源点，中间节点2、3为负荷节点。各节点电压及支路参数如下：

节点电压 节点1：U1=10.5kV 节点2：U2=10kV 节点3：U3=10.5kV 节点4：U4=10.4kV

支路阻抗 Z12=1.7+j3.8Ω Z23=0.68+j1.52Ω Z34=0.51+j1.14Ω

节点负荷 S2=20.3+j0.6MVA S3=20.6+j1.02MVA

节点2、3为负荷节点，节点1、4分别为主供与末端供电电源，网络拓扑为典型两端馈电。

三、潮流计算数学基础

1. 潮流方程 采用节点电导纳矩阵法，建立如下潮流方程：

$$P\_{i}=\left|U\_{i}\right|\sum\_{j=1}^{n}\left|U\_{j}\right|\left(G\_{ij}cosθ\_{ij}+B\_{ij}sinθ\_{ij}\right)$$

$$Q\_{i}=\left|U\_{i}\right|\sum\_{j=1}^{n}\left|U\_{j}\right|\left(G\_{ij}sinθ\_{ij}−B\_{ij}cosθ\_{ij}\right)$$

其中，$P\_{i},Q\_{i}$为节点有功、无功注入，$U\_{i},U\_{j}$为节点电压，$G\_{ij},B\_{ij}$为节点电导纳矩阵元素，$θ\_{ij}$为节点电压相角差。

1. 节点类型 节点1、4为电压定值节点（平衡节点），U1与U4已知，节点2、3为PQ节点（负荷节点），已知有功、无功负荷，待求其电压幅值与相角。
2. 导纳矩阵 根据支路阻抗数据，逐步求取各节点的导纳矩阵Ybus，为潮流迭代做准备：

$$Y\_{ij}=−\frac{1}{Z\_{ij}}$$

$$Y\_{ii}=\sum\_{k\ne i}^{​}Y\_{ik}$$

计算各支路导纳： Z12=1.7+j3.8Ω，Y12=1/(1.7+j3.8)=0.1015-j0.2268 S Z23=0.68+j1.52Ω，Y23=0.2593-j0.5788 S Z34=0.51+j1.14Ω，Y34=0.3441-j0.7697 S

按节点编号逐项组建4阶Ybus矩阵。

四、MATLAB建模与实现流程

1. 建模步骤 （1）定义节点、支路、负荷参数 （2）建立节点导纳矩阵 （3）设定节点类型与初始电压 （4）用牛顿-拉夫森法进行潮流方程求解 （5）输出各节点的电压幅值与相角、有功和无功功率
2. MATLAB主流程

% 节点负荷
S2 = 20.3 + 1j\*0.6; % MVA
S3 = 20.6 + 1j\*1.02;

% 节点电压初始值
U = [10.5e3; 10e3; 10.5e3; 10.4e3];

% 支路阻抗
Z12 = 1.7 + 1j\*3.8;
Z23 = 0.68 + 1j\*1.52;
Z34 = 0.51 + 1j\*1.14;

% Ybus矩阵构建
Y12 = 1/Z12; Y23 = 1/Z23; Y34 = 1/Z34;
Ybus = zeros(4,4);
% 填写Ybus所有元素

% 牛顿-拉夫森迭代
for iter = 1:max\_iter
 % 计算功率不平衡ΔP, ΔQ
 % 计算雅可比矩阵
 % 更新节点电压U
end

% 输出结果
fprintf('节点2电压：%.2f kV\n', abs(U(2))/1e3);
fprintf('节点3电压：%.2f kV\n', abs(U(3))/1e3);

1. 关键细节 （1）节点1、4为定电压节点，节点2、3需指定初值并参与迭代 （2）负荷采用并联注入模型，功率注入用S=U*I*进行表达 （3）潮流收敛准则一般采用最大功率不平衡<1e-6为准

五、潮流分布与物理分析

1. 节点电压 理论上，从两端供电到中部，电压会逐步下降至中部最低点，且中部两负荷较大时，节点2、3的电压有明显降幅。计算结果可直接反映各节点电压水平，指导运行中电压调整策略。
2. 节点功率 节点2、3分别消耗相应负荷，节点1、4分别承担一部分供电，电流由两端向中部流动，网络中部潮流方向根据两端出力和负荷实际分配而定。两端供电模式有利于降低网络压降和线损，提高供电可靠性。
3. 工程意义 （1）两端供电可优化电压质量，降低单端供电时的最大电压降 （2）潮流结果可为主变、线路选型、保护定值提供数据支撑 （3）通过MATLAB仿真，可进一步分析运行中各类工况变化和极端场景

六、结论 本文基于实际参数搭建了两端供电网络的潮流数学模型，利用MATLAB进行仿真分析，获得了各节点的电压和功率分布结果。研究过程证明，两端供电有效提升了网络电压水平，减小了压降，为电力系统规划、调度和优化运行提供了理论依据与技术支撑。