

基于 MATLAB 的大规模电路分析

常青美¹, 王惠斌², 朱忠义¹, 周长林¹

(1. 解放军信息工程大学理学院, 河南 郑州 450004; 2. 河南司法警官职业学院, 河南 郑州 450002)

摘要: 介绍了用 MATLAB 软件实现对大规模电路进行节点分析的一种通用方法。该方法可以实现输入数据和计算结果的文件存储, 具有简便、直观、高效的特点。最后给出了一个应用实例。

关键词: MATLAB 软件; 节点分析; 数值计算

中图分类号: TM702 文献标识码: B 文章编号: 1003-4897(2002)11-0038-03

1 引言

随着集成电路技术的快速发展, 现代电子电路可以包含数百个元件, 需要有一种系统化的步骤来处理这类问题, 使列写方程和求解的工作都由计算机去完成。过去采用传统的编程语言(如 FORTRAN 语言)导致程序十分庞大, 需要编译过程, 调试也非常困难。MATLAB 是一种先进的科学计算软件, 它具有十分强大的数值计算、符号计算、绘图和系统仿真等功能。利用 MATLAB 可以实现大规模电路分析, 方便快捷地进行数据输入、数值计算和数据输出及存储。

2 大规模电路的节点分析^[1]

(1) 电路的拓扑约束关系

$$AI_b = 0 \quad (\text{KCL}); \quad BU_b = 0 \quad (\text{KVL})$$

其中 A 为电路的关联矩阵, B 为电路的基本回路矩阵, I_b 为支路电流向量, U_b 为支路电压向量。

(2) 支路的约束关系

$$I_b = GU_b + I_s - GU_s$$

或者

$$U_b = RI_b + U_s - RI_s$$

其中: G 为支路电导矩阵, R 为支路电阻矩阵, U_s 为独立电压源向量, I_s 为独立电流源向量。支路模型如图 1 所示。

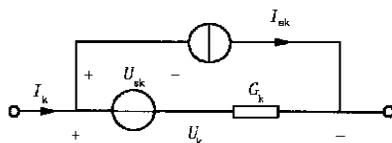


图 1 一般支路模型

Fig. 1 General branch model

(3) 节点分析法

电路中的 $(n - 1)$ 个节点电压是一组独立电压

变量:

$$U_n = [U_{n1} \ U_{n2} \ \dots \ U_{n(n-1)}]^T$$

节点方程为:

$$G_n U_n = I_n; \quad \text{或者:} \quad U_n = G_n^{-1} I_n$$

其中: G_n 为节点电导矩阵, $G_n = AGA^T$; I_n 为节点电流源向量, $I_n = AGU_s - AI_s$ 。

3 节点分析法的 MATLAB 实现

电路计算中经常遇到大量数据, 并希望保存和修改原始数据, 保存计算结果, 并按指定的格式输出原始数据和计算结果。特别是, 当求解一个大型问题时, 希望原始数据作为函数的输入函数, 使得函数具有通用性。这时用文件输入和文件输出数据比较方便^[2]。为了实现通用的电路分析方法, 采用 M 文件编写程序, 由输入数据文件、数值计算文件和输出数据存储文件三部分组成。

3.1 建立数据输入文件

需要输入电路的关联矩阵 A, 支路电导矩阵 G, 独立电压源向量 U_s 和独立电流源向量 I_s 。数据输入文件名为 nodedata.m, 只需简单的几条命令:

```
%node analyse method data
disp('input augmented incidence matrix')
A = input('A = ');
disp('input branch conductance matrix')
G = input('G = ');
disp('input independent voltage source vector')
Us = input('Us = ');
disp('input independent current source vector')
Is = input('Is = ');
```

当在 MATLAB 命令窗口键入文件名 nodedata.m 时, 可按顺序输入矩阵 A、G、 U_s 和 I_s , 有很好的人机交互性和程序的通用性, 可以随问题的不同而输

入不同的数据。如果要用文件存储输入数据,可采用以下文件实现数据保存,语句中[]内,输入矩阵具体数据。

```
%node analyse method data
disp( 'input augmented incidence matrix ')
A = [ ... ]
disp( 'input branch conductance matrix ')
G = [ ... ]
disp( 'input independent voltage source vector ')
Us = [ ... ] '
disp( 'input independent current source vector ')
Is = [ ... ] '

```

3.2 建立数值计算文件

利用 MATLAB 强大的矩阵运算功能,只需简单的几条命令就可实现数值计算,文件名为 nodeanalyse.m,内容如下,其中的第三、四、五句分别计算节点电压 U_n 、支路电压 U_b 和支路电流 I_b 。

```
%node analyse method
Gn = A * G * A ' ;
In = A * G * Us - A * Is ;
Un = Gn \ In %find the node voltages
Ub = A ' * Un %find the branch voltages
Ib = G * Ub + Is - G * Us %find the branch currents
fid = fopen( 'result.txt ' , 'wt ' ) ;
fprintf( fid , 'Un = \ n ' ) ;
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Un ) ;
fprintf( fid , 'Ub = \ n ' ) ;
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Ub ) ;
fprintf( fid , 'Ib = \ n ' ) ;
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Ib ) ;
fclose( 'all ' ) ;

```

3.3 建立计算结果存储文件

在上述文件 nodeanalyse.m 中如果只有前五条命令,也可以进行完整的数值计算。当在 MATLAB 命令窗口键入文件名 nodeanalyse, 按回车键后,命令窗口立即显示计算结果。但这样做的缺点是,当退出工作空间时,工作空间的输入数据和计算结果都消失了。只有在退出工作空间之前进行频幕输出,保存至文件,才能保留输出数据结果^[3]。文件 nodeanalyse 中下列语句

```
fid = fopen( 'result.txt ' , 'wt ' ) ;
fprintf( fid , 'Un = \ n ' ) ;
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Un ) ;
fprintf( fid , 'Ub = \ n ' ) ;

```

```
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Ub ) ;
fprintf( fid , 'Ib = \ n ' ) ;
fprintf( fid , '%9.5f \ n ' , Ib ) ;
fclose( 'all ' ) ;

```

它们的作用是打开 (fopen) 一个自定义的输出文件(result.txt),写入 fprintf) 数据 U_n 、 U_b 和 I_b ,写入格式与 C 语言相同,这里规定以浮点数输出数据,共 9 位,其中整数位 4 位,小数位 5 位。输出结果被保存至文件 result.txt。

4 一个应用

利用以上提出的方法,计算一个具体问题:计算图 2 所示电路的节点电压、支路电压和支路电流。

图 2 所示电路所对应的有向图如图 3 所示。选节点 5 为参考节点,各支路标号如图 3 所示。

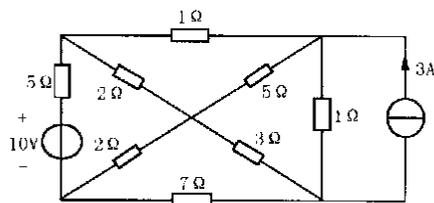


图 2 应用实例电路图

Fig. 2 Circuit of example

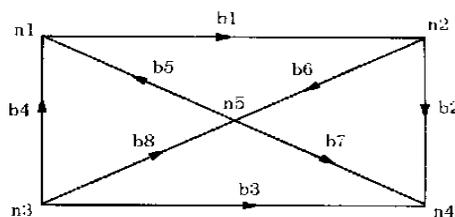


图 3 有向图

Fig. 3 Directed graph

第一步:在 MATLAB 命令窗口键入数据输入文件名 nodedata,输入矩阵 A 、 G 、 U_s 和 I_s ,或直接建立数据输入文件,如下所示:

```
%node analyse method data
disp( 'input augmented incidence matrix ')
A = [ 1 - 1 0 0 ; 0 1 0 - 1 ; 0 0 1 - 1 ; - 1 0 1 0 ; - 1 0 0 0 ; 0 1 0 0 ; 0 0 0 - 1 ; 0 0 1 0 ] '
disp( 'input branch conductance matrix ')
G = [ 1 0 0 0 0 0 0 ; 0 1 0 0 0 0 0 ; 0 0 1/7 0 0 0 0 ; 0 0 0 1/5 0 0 0 0 ; 0 0 0 0 1/2 0 0 0 ; 0 0 0 0 0 1/5 0 0 ; 0 0 0 0 0 1/3 0 ; 0 0 0 0 0 0 1/2 ]
disp( 'input independent voltage source vector ')
Us = [ 0 0 0 - 10 0 0 0 0 ] '

```

disp('input independent current source vector')

$I_s = [0 \ -3 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0]'$

第二步:在 MATLAB 命令窗口键入数值计算文件 nodeanalyse,回车,得到计算结果。

第三步:打开数据存储文件 result.txt,查看计算结果,文件存储结果为:

$U_n =$

2.00430

1.82062

- 2.06660

- 0.99893

$U_b =$

0.18367

2.81955

- 1.06767

- 4.07089

- 2.00430

1.82062

0.99893

- 2.06660

$I_b =$

0.18367

- 0.18045

- 0.15252

1.18582

- 1.00215

0.36412

0.33298

- 1.03330

5 结论

通过以上介绍和仿真结果显示,本论文所介绍的大规模电路分析方法,与 FORTRAN 语言编程相比^[1],具有编程简单、通用性好的特点,具有数据输入快捷、直观,计算速度快,精度高,数据输出及存储方便等优点。

参考文献:

- [1] 李瀚荪. 电路分析基础[M]. 北京:高等教育出版社, 1993.
- [2] 陈怀琛,吴大正,高西全. MATLAB 及在电子信息课程中的应用[M]. 北京:电子工业出版社,2002.
- [3] 韩利竹,王华. MATLAB 电子仿真与应用[M]. 北京:国防工业出版社,2001.

收稿日期: 2002-05-20

作者简介:

常青美(1964-),女,副教授,研究方向为电路理论与计算;

王惠斌(1964-),男,高级讲师,研究方向为计算机及应用;

朱忠义(1954-),男,副教授,研究方向为电子技术应用。

Large scale circuit analysis based on MATLAB

CHANG Qing-mei¹, WANG Hui-bin², ZHU Zhong-yi¹, ZHOU Chang-lin¹

(1. PLA Information Engineering University, Zhengzhou 450004, China;

2. Judicial Police College of Henan Province, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: This paper introduces a general node analysis method for the large scale circuit based on MATLAB. Input data and calculate results are stored in files conveniently. This method is proved feasible and effective. Finally, an example and results are given.

Key words: MATLAB; node analysis; numerical value calculation

(上接第9页)

Study of thyristor assisted diverter switch for on-load transformer tap changers which assure no electric arc

WAN Kai, LIU Hui-jin

(Wuhan University, Wuhan 430072, China)

Abstract: The scheme of the thyristor assisted diverter switch for on-load transformer tap changers is presented in this paper. It can realize no electric arc, no overvoltage, surgeless current and no outage. The theory and method for eliminating the electric arc and transience which produced during the switching over of transformer taps are described in detail. The result of numerical simulation and experiment show, based on the main circuit of thyristor tap switcher and the gate tripping impulse time sequence of thyristor shown in this paper, switching of the transformer tap switcher can be guaranteed against surge and outage.

Key words: transformer; thyristor; on-load tap change; transience-free