



电路分析程序

孙士乾 江传桂 编著

33

浙江大学出版社

内 容 简 介

全书内容包含直流电路、交流电路、非线性电路、周期性非正弦电路、二端口网络、电路的过渡过程、拓扑矩阵与状态方程等各种基本的通用程序，并附有例题、习题及习题答案。

本书可供高等工科院校、电大、职大等讲授“电路原理”时上机实践使用，也可作为研究生、工程技术人员和高等院校教师等编程的参考资料。

电 路 分 析 程 序

孙士乾 江传桂 编著

责任编辑 尤建忠

浙江大学出版社出版

浙江大学印刷厂印刷

浙江省新华书店发行

787×1092 32开本 5.75印张 134千字

1987年5月第1版 1987年5月第1次印刷

印数： 1—5000

ISBN 7-308-00020-6

TM·001 定价： 0.98元

(统一书号：15337·034)

前 言

为满足学生学习“电路原理”时借助计算机解题或利用计算机自我校核手工解题正确性的需要，我们编写了这本小册子。

本书内容按电路理论课程教学大纲选取，且仅限于基本电路程序编制。在叙述方面力求简明易懂、循序渐进，故便于自学。书中程序均采用FORTRAN语言编写，且全在Honeywell公司的DPS8及IBM-PC机上调试通过。

本书编写曾得到黄焕焜教授和浙江大学电工基础教研室许多同志的关怀与支持。此外，电机系学生在使用中提出了不少改进意见。周庭阳副教授审阅了初稿，并对书稿内容提出了许多宝贵意见。在此一并致以深切的谢意。

限于作者的能力与水平，书中有不当之处，敬请读者指正。

作 者

1986年10月于浙江大学

程序使用说明

在IBM-PC(FORTRAN 77 V3.2版本)上使用应注意:

1. 注解行标志用C, 且和语句标号从第一列写起。
2. 字符串用单引号。如果字符串有续行, 则在第一行末和续行初都加单引号“'”, 以利阅读。
3. 文字型数组要在CHARACTER中定义。

目 录

1	直流电路	1
2	正弦交流电路	32
3	非线性直流电路	63
4	周期性非正弦电路	72
5	二端口网络	84
6	电路的过渡过程	107
7	拓扑矩阵与状态方程	151
	程序索引	177

直流电路

1.1 直流电路梯形网络计算

1.1.1 算法说明

如图1.1-1所示电路，已知电压源 E 和各电阻 R_1, R_2, \dots, R_n ，求各支路电流和电压。

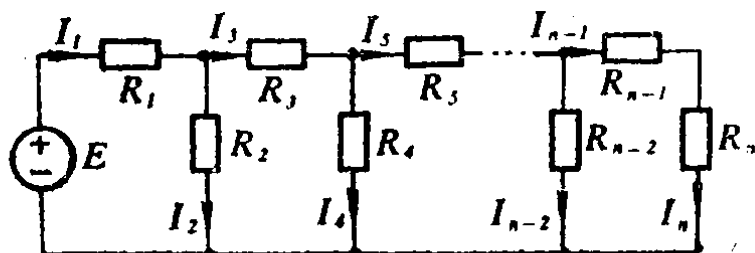


图 1.1-1

先从最右侧列式子，依次向左侧递推，则各支路的电流和电压分别为

$$I_n = U_n / R_n$$

$$I_{n-1} = I_n$$

$$U_{n-1} = R_{n-1} I_{n-1}$$

$$U_{n-2} = U_{n-1} + U_n$$

$$I_{n-2} = U_{n-2} / R_{n-2}$$

.....

$$U_3 = R_3 I_3$$

$$U_2 = U_3 + U_4$$

$$I_2 = U_2 / R_2$$

$$U_1 = R_1 I_1$$

$$E = U_1 + U_2$$

设 $U'_n = 1$ ，算得电压源初定值 E' 。由齐次性易知，实际的电压

$$U_n = (E/E') \cdot U'_n = KU'_n = K$$

再将各支路电压、电流都乘以 K ，即得各支路实际的电压和电流。

1.1.2 流程图和源程序

程序的流程图见图1.1-2。程序中的变量和数组符号分别为

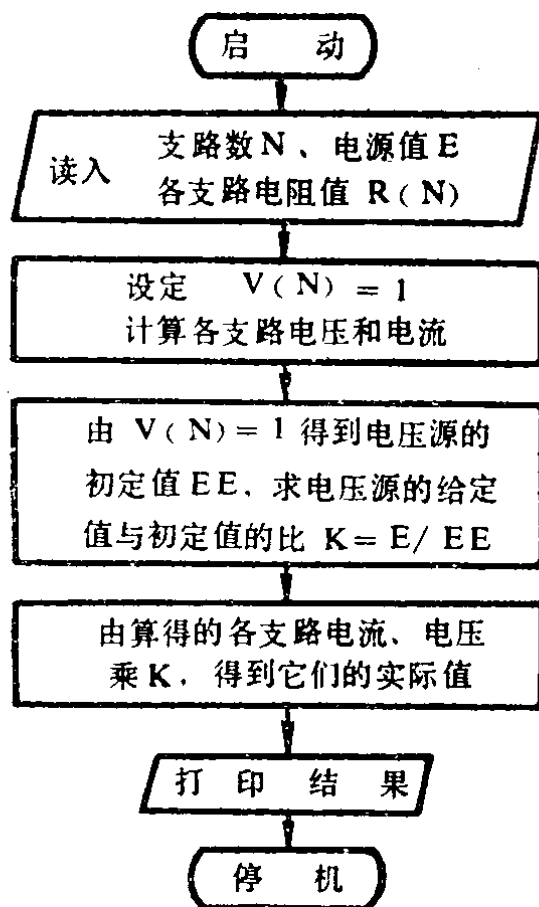


图 1.1-2

N: 支路数;

E: 电源电势值;

R(100): 各支路电阻值;

I(100), V(100): 各支路电流和电压值;

中间变量有J, NN, EE (电压源初定值, 即 E') 和 K_c 。

源程序清单如下:

```
• NO.--1.1
• A PROGRAM TO COMPUTE CURRENTS,
• VOLTAGES OF A DC LADDER NETWORK
REAL I(100),V(100),R(100),K
WRITE(6,21)
21 FORMAT(///1X,'PLEASE INPUT DATA'/
•1X,'N=? E=? '/')
READ(5,1)N,E
1 FORMAT(I3,F8.2)
WRITE(6,2)
2 FORMAT(/1X,'R(J) = ? '/')
READ(5,11) (R(J),J=1,N)
11 FORMAT(10F8.3)
WRITE(6,12)N,E
12 FORMAT(/2X,40(1H.)/2X,'N = ',I3,
•2X,'E = ',F8.2)
WRITE(6,5) (J,R(J),J=1,N)
5 FORMAT(2(2X,'R(',I3,') = ',E12.4))
WRITE(6,6)
6 FORMAT(2X,40(1H.))
V(N) = 1.0
I(N) = V(N)/R(N)
I(N-1) = I(N)
V(N-1) = I(N-1)•R(N-1)
NN = N-2
DO 8 L = 2,NN,2
```



```

J = NN - L + 2
V(J) = V(J+1) + V(J+2)
I(J) = V(J)/R(J)
I(J-1) = I(J) + I(J+1)
8 V(J-1) = I(J-1) * R(J-1)
EE = V(1) + V(2)
K = E/EE
DO 9 J=1,N
I(J) = I(J) * K
9 V(J) = V(J) * K
WRITE(6,10)
10 FORMAT(/12X,'BRANCH NO: ',5X,
•'CURRENT', 5X,'VOLTAGE')
WRITE(6,15) (J,I(J),V(J),J=1,N)
15 FORMAT(/(2X,I5,5X,2E12.4))
STOP
END

```

例1.1 如图1.1-3所示电路，已知 $E = 10V$, $R_1 = 1\Omega$, $R_2 = 2\Omega$, $R_3 = 3\Omega$, $R_4 = 4\Omega$ 。
求图中各支路电流和电压。

解 执行时，终端显示

N = ? E = ?

这时应通过键盘输入支路数 N
和电压源 E，即

4, 10.0

按回车键后，终端继续显示

R(J) = ?

表示要求输入各支路电阻值，这时再送入

1.0, 2.0, 3.0, 4.0

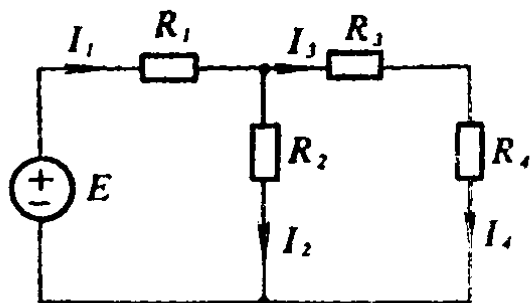


图 1.1-3

按回车键后，终端显示计算结果。

执行该程序要注意支路编号顺序，各支路电阻必须按顺序输入。

输入数据及结果打印如下：

PLEASE INPUT DATA

N = ? E = ?

= 4, 10.

R(J) = ?

= 1.0, 2.0, 3.0, 4.0

.....
N = 4 E = 10.00

R (1) = 0.1000E 01 R (2) = 0.2000E 01

R (3) = 0.3000E 01 R (4) = 0.4000E 01

.....
BRANCH NO, CURRENT VOLTAGE
1 0.3913E 01 0.3913E 01
2 0.3043E 01 0.6087E 01
3 0.8696E 00 0.2609E 01
4 0.8696E 00 0.3478E 01

习 题

1.1-1 如图1.1-4所示梯形电路，求各支路电流、电压

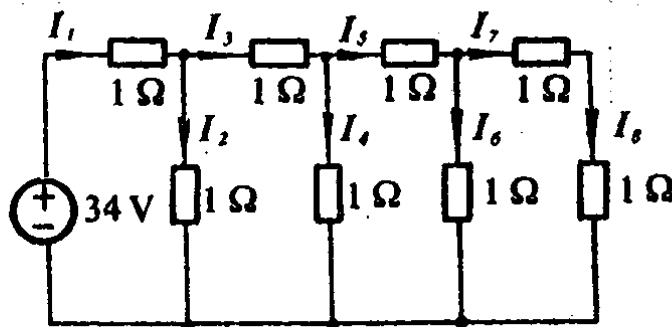


图 1.1-4

答案：支路电流分别为 21.0, 13.0, 8.0, 5.0, 3.0, 2.0, 1.0, 1.0 (A)

支路电压分别为 21.0, 13.0, 8.0, 5.0, 3.0, 2.0, 1.0, 1.0 (V)

1.1-2 图1.1-5所示为电压衰减电路,各电阻值已在图中标出。设 $E = 10\text{kV}$, 求端点a, b, c, d, e对地f的电压。

答案: $U_{af} = 10000\text{V}$, $U_{bf} = 1000\text{V}$, $U_{cf} = 100\text{V}$,
 $U_{df} = 10\text{V}$, $U_{ef} = 1\text{V}$

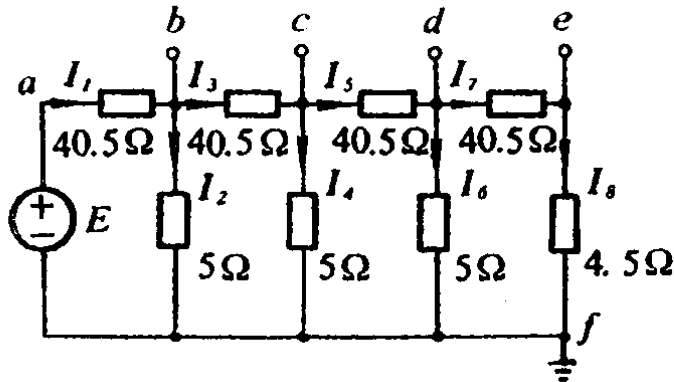


图 1.1-5

1.1-3 图1.1-6所示梯形电路,电阻和电源值如图所示,求各支路电流、电压。

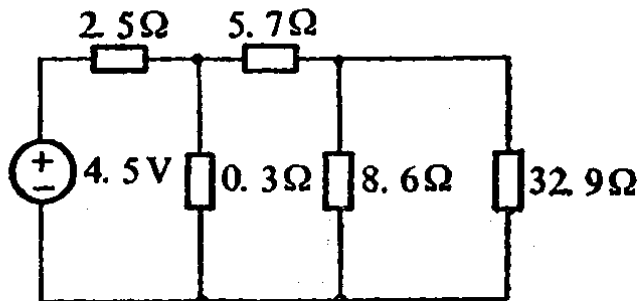


图 1.1-6

提示: 可将 32.9Ω 的电阻分成二个电阻,从而使电路转变为程序要求的标准梯形电路,再调用源程序NO.--1.1

答案: 电流分别为 1.611, 1.573, 0.03771, 0.0299, 0.007815(A)
 电压分别为 4.028, 0.472, 0.2149, 0.2571, 0.2344, 0.02266 (V)

1.2 直流电路节点电压法

1.2.1 算法说明

如图1.2-1(a)所示电路，用节点电压法求各节点电压、各支路电压和电流。

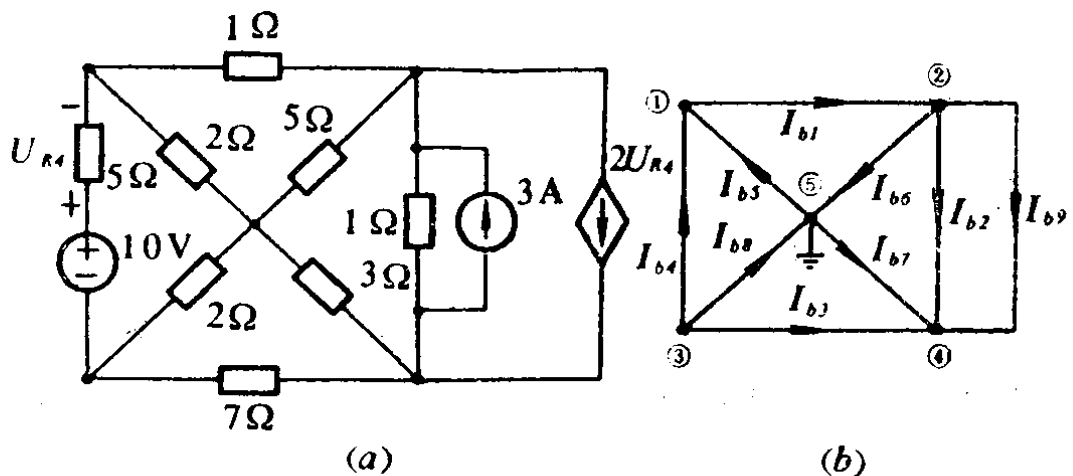


图 1.2-1

首先将各节点、各支路任意编号（受控支路编在后面），并规定各支路电流、电压的参考方向（按习惯规定法，它们应当一致），画出相应的拓扑图，如图1.2-1(b)所示。

某一具体支路内容，可根据图1.2-2表示的两种组合支路（有时称标准支路）确定。图1.2-2(a)为电导组合支路，支路电流为 I_1 ，支路电压为 U_1 ，支路电导为 Y_1 ，独立电压源为 E_1 ，独立电流源为 I_1 。图1.2-2(b)为含受控源的组合支路，受控电流源 $g_m U_c$ 受支路 c 中元件 Y_c 的电压 U_c 控制， g_m 为控制系数。

基尔霍夫电流定律的矩阵形式为

$$\mathbf{A} \mathbf{I}_b = 0 \quad (1.2-1)$$

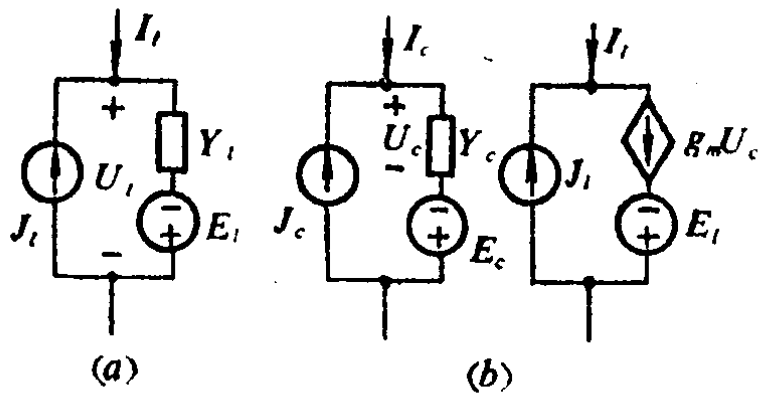


图 1.2-2

基尔霍夫电压定律的矩阵形式为

$$\mathbf{U}_b = \mathbf{A}' \mathbf{U}_n \quad (1.2-2)$$

组合支路中伏安关系的矩阵形式则为

$$\mathbf{I}_b = -\mathbf{J}_b + \mathbf{Y}_b (\mathbf{U}_b + \mathbf{E}_b) \quad (1.2-3)$$

其中 $\mathbf{I}_b, \mathbf{U}_b, \mathbf{J}_b, \mathbf{E}_b$ 分别是支路电流、支路电压、支路独立电流源和支路独立电压源向量； \mathbf{Y}_b 是支路电导矩阵； \mathbf{U}_n 是节点电压向量； \mathbf{A} 是关联矩阵， \mathbf{A}' 是 \mathbf{A} 的转置矩阵。

对于图 1.2-2(a) 所示的组合支路， Y_l, E_l, J_l 对 $\mathbf{Y}_b, \mathbf{E}_b, \mathbf{J}_b$ 的贡献分别为

$$\mathbf{Y}_b = \begin{matrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{matrix} \begin{bmatrix} \dots & l & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \dots & Y_l & \dots \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}, \quad \mathbf{E}_b = \begin{matrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{matrix} \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ E_l \\ \vdots \end{bmatrix}, \quad \mathbf{J}_b = \begin{matrix} \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \end{matrix} \begin{bmatrix} \vdots \\ \vdots \\ J_l \\ \vdots \end{bmatrix}$$

合并式 (1.2-1), (1.2-2) 和 (1.2-3), 可得节点矩阵方程

$$\mathbf{A} \mathbf{Y}_b \mathbf{A}' \mathbf{U}_n = \mathbf{A} (\mathbf{J}_b - \mathbf{Y}_b \mathbf{E}_b) \quad (1.2-4)$$

上式简写为 $\mathbf{Y}_n \mathbf{U}_n = \mathbf{J}_n \quad (1.2-5)$

式中 \mathbf{Y}_n 为节点电导矩阵， $\mathbf{Y}_n = \mathbf{A} \mathbf{Y}_b \mathbf{A}'$ ；

\mathbf{J}_n 为等效的节点电流源向量， $\mathbf{J}_n = \mathbf{A} (\mathbf{J}_b - \mathbf{Y}_b \mathbf{E}_b)$ 。

解式 (1.2-5) 得

$$U_n = Y_n^{-1} J_n \quad (1.2-6)$$

求得各节点电压后，代入式(1.2-2)可求得各支路电压，再由式(1.2-3)可求出各支路电流，从而求得各支路功率。

1.2.2 流程图和源程序

源程序包括一个主程序和四个子程序。

程序的流程图见图 1.2-3。输入子程序 INPUT 的流程图如图 1.2-4。

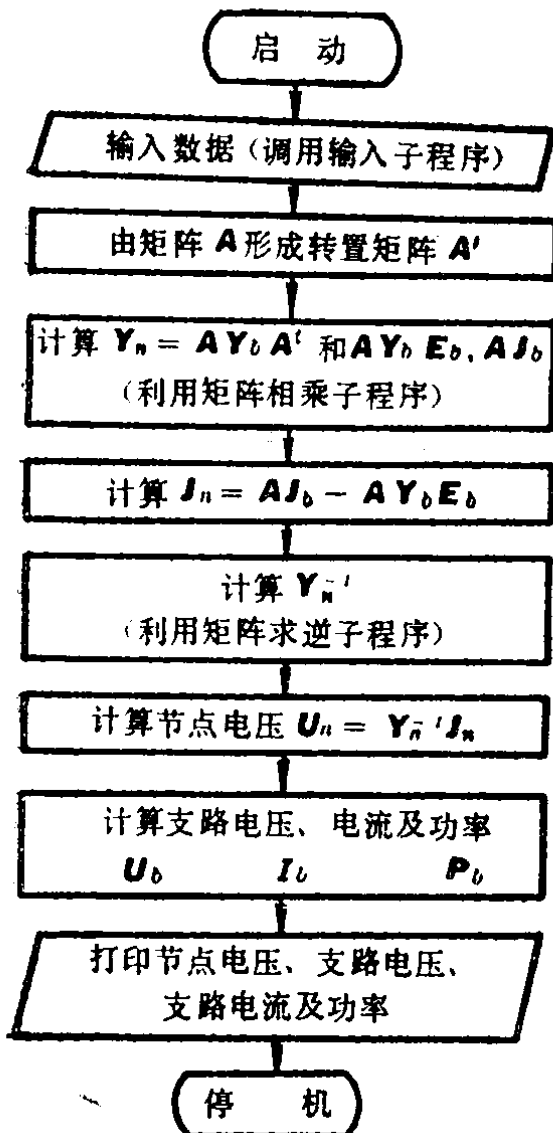


图 1.2-3

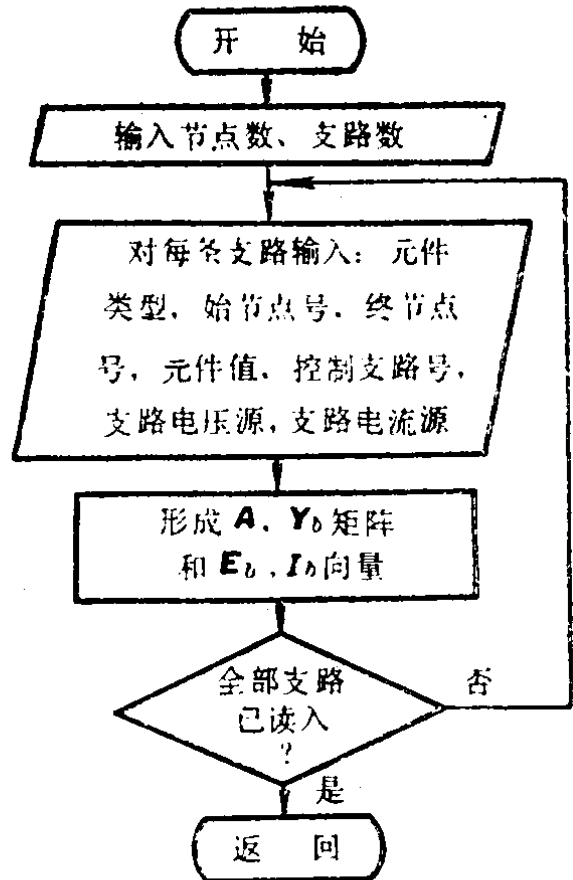


图 1.2-4

矩阵相乘子程序MATMUL和矩阵求逆MATINV的流程图
此处不再赘述。

各主要变量及数组说明如下：

A: 关联矩阵；

YB, YN: 支路电导矩阵和节点电导矩阵；

EB, JB: 支路电压源向量和支路电流源向量；

JN: 等效节点电流源向量($JN = A * JB - A * YB * EB$)；

UN, UB: 节点电压、支路电压向量；

IB, PB: 支路电流向量和支路功率数组。

子程序INPUT主要变量说明如下：

NODE: 节点数；

NBRN: 支路数；

TYPE(J): 第J支路的元件类型('G', 'R', 'V'分别表示
电导, 电阻和压控电流源)；

IFROM(J), ITO(J): 第J支路的始节点号、终节点号；

VALUE(J), ICONT(J): 第J支路的元件数值, 控制支路
号；

EL(J), JL(J): 第J支路的支路独立电压源和独立电流源。

子程序MATMUL主要变量说明如下：

A, B, C: 被乘矩阵、乘矩阵和积矩阵($C = A * B$)；

TRA, TCA, TCB: 分别为A阵的行、列及B阵的列。

子程序MATINV主要变量说明如下：

A, B: 矩阵B是矩阵A的逆阵；

N: A阵的阶；

IER: 指示符(如IER = 0表示逆阵存在；IER = 1表示逆阵
不存在)。

源程序清单如下：

```

•      NO.--1.2
•  DIRECT CURRENT CIRCUITS, NODE ANALYSIS
    DIMENSION A(30,30),YB(30,30),EB(30,30)
    •,TYPE(30),IFROM(30),VALUE(30),
    •ITO(30),UN(30,30),ICONT(30),EL(30)
    •,PB(30,30),IB(30,30),UB(30,30)
    REAL JB(30,30),JS(30)
    CHARACTER TYPE
    CALL INPUT(A,YB,EB,JB,NODE,NBRN,
    •,TYPE,ICONT)
    CALL NODEA(NM1,A,YB,EB,JB,NODE,NBRN,
    •,TYPE,ICONT,UB,IB,PB,UN)
    WRITE(6,10)
10  FORMAT(/40(1H.)/1X,'THE NODE
    • VOLTAGES')
    DO 4 J=1,NM1
    4  WRITE(6,11)J,UN(J,1)
11  FORMAT(1X,I3,3X,F7.3)
    WRITE(6,12)
12  FORMAT(/1X,'BRANCH',1X,
    •'VOLTAGE',2X,'CURRENT',2X,
    •'POWER')
    DO 5 J=1,NBRN
    5  WRITE(6,13)J,UB(J,1),IB(J,1),PB(J,1)
13  FORMAT(1X,I3,3(1X,F8.3))
15  FORMAT(1X,'THE YN,MATRIX,IS,
    •      SINGULAR')
    STOP
    END
    SUBROUTINE INPUT(A,YB,EB,JB,NODE,NBRN
    •,TYPE,ICONT)
    REAL JB(30,30),JL(30)
    DIMENSION A(30,30),YB(30,30),EB(30,30)
    •,TYPE(30),IFROM(30),

```



```

•ITO(30),VALUE(30),ICONT(30),EL(30)
CHARACTER TYPE
WRITE(6,10)
10 FORMAT(///1X,'PLEASE INPUT DATA'/
•1X,'NODE=? NBRN=? '/')
READ(5,11) NODE,NBRN
11 FORMAT(2I2)
DO 2 I=1,20
DO 2 J=1,20
2 A(I,J)=0
WRITE(6,12)
12 FORMAT(/1X,'ENTER TYPE(J),IFROM(J),
•ITO(J),/1X,'VALUE(J),ICONT(J)
•,EL(J),JL(J)')
DO 1 J=1,NBRN
READ(5,14)TYPE(J),BLANK,IFROM(J),
•ITO(J),VALUE(J),ICONT(J),EL(J),JL(J)
14 FORMAT(A1,A1,2I2,F12.4,I2,2F12.4)
A(IFROM(J),J)=1.0
A(ITO(J),J)=-1.0
IF(TYPE(J).EQ.'G')YB(J,J)=VALUE(J)
IF(TYPE(J).EQ.'R')YB(J,J)=1.0/VALUE(J)
IF(TYPE(J).EQ.'V')YB(J,ICONT(J))
•=VALUE(J)
IF(TYPE(J).NE.'V')EB(J,1)=EL(J)
1 JB(J,1)=JL(J)
RETURN
END
SUBROUTINE MATMUL(A,IRA,ICA,B,ICB,C)
DIMENSION A(30,30),B(30,30),C(30,30)
DO 1 I=1,IRA
DO 1 J=1,ICB
C(I,J)=0.
DO 1 K=1,ICA

```