

.....	3~4一、
任务书	
.....	5~9二、
网络参数的计算	
.....	10~17三、
电力系统潮流的计算	
.....	18~30附：PQ分解法潮流计算源
程序及结果	
.....	31~46四、
短路电流的计算	
.....	36~37附：1、对称
短路程序	
.....	43~462、不对称短路
程序	
.....	47~64五、
线路保护的整定	
六、 附录：	
.....	65a：对称短路计算的系统接
线图	
.....	66b：零序网络
图	

.....67c：潮流分布
图

.....68d：线路保护配置
图

2

220kv

(2)系统各负荷及线路参数如图所示,各变压器及发电机型号分别为: F1~F4:SF-100-40/8540P=100MWU=13.8KV η =98.16% $\cos\varphi$,,0.9_{ee}

B1~B3:SFP7-150000/220U=14%YN,d11 220,2 , 2.5%/13.8_d

B4:SFP7-150000/100U=13%YN,d11 110,2 , 2.5%/13.8_d

B5~B8:SFP5Z7-120000/220YN,yn0,d11

220,8 , 1.25%/115/10.5U=23.5%U=13.3U=7.7% ₁₂₂₃₁₃

B9: R ,3, , X ,110, $\tau\tau$

(3) 线路参数如图中所示.

(二) : 设计任务

(1) 计算各元件阻抗标么值($S=100\text{MVA}$, $V=V$),并画出正序,负序,零序等效网络图; _{jjN}

(2) 对系统进行潮流计算;(用C语言)

(3) 对5、6、7、8点进行各种类型的短路电流计算;(QB)

(4) 为线路6-7选择保护方式;

(5) 对所选保护进行整定计算;

(6) 对保护进行选型;

(7) 画出保护原理图;

(8) 书写设计说明书及准备答辩.

(三) : 设计成果

(1) 系统潮流分布图一张及短路电流表一份 ;

(2) 线路保护配置图一张 ;

(3) 保护原理图一张 ;

(4) 设计说明书一份。

变压器的参数一般是指其等值电路中的电阻 R ，电抗 X ，电导 G 和电纳 B ，变压器的变比 K 。根据铭牌

上所给的短路损耗 ΔP_K ，短路电压 $V\%$ ，空载损耗 ΔP_0 ，空载电流 $I_0\%$ 。前两个数据由短路试验得到，用以确定

R 和 X ；后两个数据由空载试验得到，用以确定 G 和 B 。

1.

电阻 R ：变压器作短路试验时，将一侧绕组短接，在另一侧绕组施加电压，使短路绕组的电流达到额定

值。由于此时外加电压较小，相应的铁耗也小，可以认为短路损耗即等于变压器通过额定电流时原、副方绕

组电阻的总损耗。在电力系统计算中，常用变压器三相额定容量和额定线电压进行参数计算，则公式

$$R = \frac{\Delta P_K}{3} \times \frac{100}{S_N} \quad \text{TSKWNKVVA}$$

2. 电抗 X ：

当变压器通过额定电流时，在电抗上产生的电压降的大小，可以用额定电压的百分数表示，

对于大容量变压器，其绕组电阻比电抗小得多，则公式：

$$X = \frac{V\%}{100} \times \frac{100}{S_N} \quad \text{TSNKNKVA}$$

3.

电导 G ：变压器的电导是用来表示铁芯损耗的。由于空载电流相对额定电流来说是很小的，绕组中的

铜耗也很小，所以近似认为变压器的铁耗就等于空载损耗，则公式为：

$$G = \frac{\Delta P_0}{3} \times \frac{100}{U_N^2} \quad \text{TSKWNKV}$$

4. 电纳B:

变压器的电纳代表变压器的励磁功率.变压器空载电流包含有功分量和无功分量,与励磁功

率对应的是无功分量.由于有功分量很小,无功分量和空载电流在数值上几乎相等.

$$B = I_0 \% \times \{S\} \times 10 / 100 / \{V\} \quad TSO NKV ANKV$$

5. 变压比K:

在三相电力系统计算中,变压器的变压比通常是指两侧绕组空载线电压的比值.对于星形

和三角形接法的变压器,变压比与原副方绕组匝数比相等;对于星三角形接法的变压器,变

压比为原副方绕组匝数比的倍.根据电力系统运行调节的要求,变压器不一定工作在主抽头上,因此,变

压器运行中的实际变比,应是工作时两侧绕组实际抽头的空载线电压之比.

三绕组变压器等值电路中的参数计算原则与双绕组变压器的相同,下面分别确定各参数的

1.

电阻R₁, R₂, R₃: 为了确定三个绕组的等值阻抗,要有三个方程,为此,需要有三种短路试验的数据.三绕组变

压器的短路试验是依次让一个绕组开路,按双绕组变压器来作.通过查手册可得短路损耗分别为,则有

$$\Delta P_{12} = 1/2 (\Delta P_{123} + \Delta P_{13} - \Delta P_{23}) \quad S_1 S_{(1-2)} S_{(3-1)} S_{(2-3)}$$

5

$$\Delta P_{23} = 1/2 (\Delta P_{123} + \Delta P_{23} - \Delta P_{13}) \quad S_2 S_{(1-2)} S_{(2-3)} S_{(3-1)}$$

$$\Delta P_{13} = 1/2 (\Delta P_{123} + \Delta P_{13} - \Delta P_{12}) \quad S_3 S_{(2-3)} S_{(3-1)} S_{(1-2)}$$

求出各绕组的短路损耗后,便可导出双绕组变压器计算电阻相同形式的算式,

$$R_i = \frac{\Delta P_i \{V\}}{\{S\}} \times 10 \quad i \Omega si KW NKV NKVA$$

2.

电抗 X_{12}, X_{13}, X_{23} 和双绕组变压器一样,近似地认为电抗上的电压降就等于短路电压.在给出短路电压 U_k 后,

与电阻的计算公式相似,各绕组的短路电压为

$$U_{k1}\% = 1/2(U_{k1}\% + U_{k1}\% - U_{k1}\%) \quad S_1 S_{(1-2)} S_{(3-1)} S_{(2-3)}$$

$$U_{k2}\% = 1/2(U_{k2}\% + U_{k2}\% - U_{k2}\%) \quad S_2 S_{(1-2)} S_{(2-3)} S_{(3-1)}$$

$$U_{k3}\% = 1/2(U_{k3}\% + U_{k3}\% - U_{k3}\%) \quad S_3 S_{(2-3)} S_{(3-1)} S_{(1-2)}$$

3.2 各绕组的等值电抗为: $X_i = U_{ki}\% \times \{V\} \times 10/100 / \{S\} \quad i=1,2,3$

3. 导纳 $G-jB$ 和变比 k 、 k_1 、 k_2 :计算与双绕组变压器相同.

...

输电线路的参数有四个:反映线路通过电流时产生有功功率损失效应的电阻;反映载流导线周围产生磁场效应

的电感;反映线路带电时绝缘介质中产生泄漏电流及导线附近空气游离而产生有功功率损失的电导;反映带电导线周围电场效应的电容.输电线路的这些参数通常可以认为是沿全长均匀分布的,每单位长度的参数为 r 、 x 、 g 及 b .当线路长为 l (km)时,

$$R = rl; X = xl; G = gl; B = bl, G = 0.$$

...

建立电力网络和电力系统的数学模型,需解决标么值的折算问题.

进行电力系统计算时,除采用有单位的阻抗、导纳、电压、电流、功率等进行运算外,还可采用没有单位的阻抗、

导纳、电压、电流、功率等的相对值进行运算.前者称有名制,后者称标么制.标么制之所以能在相当宽广的范围内

取代有名制,是由于标么制具有计算结果清晰、便于迅速判断计算结果的正确性、可大量简化计算等优点。

=/

对于直接电气联系的网络,在制订标么值的等值电路时,各元件的参数必须按统一的基准值进行归算.由于各元件

的额定值可能不同,因此,必须把不同基准值的标么阻抗换算成统一基准值的标么值.现统一选定的基准电压和基

准功率分别为V和S,则电抗的实际有名值换算成标么值,即

在工程计算中规定,各个电压等级都以其平均额定电压V作为基准电压.根据我国现行的电压等级,各级平均额定

电压规定为**3.15, 6.3, 10.5, 15.75, 37, 115, 230, 345, 525KV**

•

6

根据原始数据及资料显示,通过公式计算可得:(选择基准值: $S=100\text{MVA}$, $V=V_{BBav}$)

1:B,B,B (型号SFP7----150000/220) 123

(参数 $\Delta P=140\text{KW}$, $\Delta P=450\text{KW}$, $V\%=14\%$, $I\%=0.8$, YN—d11) 0SS0

323222 $R=\Delta P \times U \times 10 / S = 450 \times 220 \times 10 / 150000 = 0.968\Omega$

TSNN22 $R=R \times S / V = 0.968 \times 100 / 230 = 0.0018$ T*TBB3232

$X=V\% \times V \times 10 / 100 / S = 14 \times 220 \times 10 / 100 / 150000 = 45.173\Omega$ TXNN22

$X=X \times S / V = 45.173 \times 100 / 230 = 0.0854$ T*TBB-3-32-32

$B=I\% S \times 10 / 100 / V = 0.8 \times 150000 \times 10 / 100 / 230 = 0.0227 \times 10S$ T0NN-322

$B=B \times V / S = 0.0227 \times 10 \times 230 / 100 = 0.012$ T*TBB

B4 (型号SFP7----150000/110)

(参数 $\Delta P=107\text{KW}$, $\Delta P=547\text{KW}$, $V\%=13\%$, $I\%=0.6$, YN—d11) 0SS0232

$R=547 \times 110 \times 10 / 150000 = 0.2942\Omega$ T2

$R=0.2942 \times 100 / 115 = 0.0022$ T*23

$X=13 \times 110 \times 10 / 100 / 150000 = 10.487\Omega$ T2

$$X=10.487\times100/115=0.0793\text{ }_{\tau^*-32-4}$$

$$B=0.6\times150000\times10/100/110=0.744\times10S\text{ }_{\tau-42}$$

$$B=0.744\times10\times115/100=0.0098\text{ }_{\tau^*}$$

2:B5~B8 (型号 SFPSZ7-120000/220 220 ,8 , 1.25%/115/10.5

$$0,P,90U,13.3\%U,7.7\%,P,425U,23.5\%YN,yn0,d11\text{) }_{2313s12}$$

$$1U\%,\text{ , (}23.5\text{ , }13.3,7.7),14.55\%_{s?2}$$

$$1U\%,\text{ , (}7.7\text{ , }13.3,23.5),,1.25\%,0_{s?2}$$

$$1U\%,\text{ , (}23.5\text{ , }7.7,13.3),8.95\%_{s?2}$$

$$323222\{R\}=\{\Delta P\}\{V\}\times10/\{S\}=425\times230\times10/120000=1.5613$$

$$\tau\Omega SKWNKV N KVA$$

$$2R,1.5613\text{ , }100/230,0.002951\text{ }_{\tau^*}$$

$$214.55220_3X,\text{ , }10,58.685,\text{ }_{?}100120000$$

$$28.95220_3X,\text{ , }10,36.098,\text{ }_{?}100120000$$

$$58.685\text{ , }100XX,,0.1109=\text{ }_{0?}*?*2}230$$

$$36.098\text{ , }100X,,0.068,X\text{ }_{?*0?*2}230$$

$$X,\text{ }X,0.1109\text{ }_{?*?*}$$

7

$$242/121\text{ }K,,1230/115$$

$$3\text{ , }100100\text{ , }110231/1103\mathbf{B9}\text{ }R,,0.00567\text{ }X,,0.2079$$

$$K,,0.957\text{ }_{\tau\tau^*22}230/115230230$$

4 L1~L7:(L1,L5,L6,L2,L3,L4,L7)

L1: 型号为2×LGJ -400/75km.

参数为:r=0.08Ω/km,x=0.397Ω/km,b=2.92×10⁻⁶s/km

$$R=1/2L \times r=75 \times 0.08/2=3\Omega \quad X=1/2Lx=0.397 \times 75/2=14.888\Omega$$

$$B=2 \times Lb=2 \times 2.92 \times 10 \times 75=4.38 \times 10S$$

$$R=R \times S/V=3 \times 100/230=0.00567$$

$$X=X \times S/V=14.888 \times 100/230=0.0281$$

$$B=B \times V/S=4.38 \times 10 \times 230/100=0.2317 \quad B/2=0.1158$$

L2: 型号为LGJ -400/50km.

参数为:r=0.08Ω/km,x=0.397Ω/km,b=2.92×10⁻⁶s/km

$$R=L \times r=50 \times 0.08=4\Omega \quad X=Lx=0.397 \times 50=19.85\Omega$$

$$B=Lb=2.92 \times 10 \times 50=1.46 \times 10S$$

$$R=R \times S/V=4 \times 100/115=0.0302$$

$$X=X \times S/V=19.85 \times 100/115=0.1501$$

$$B=B \times V/S=1.46 \times 10 \times 115/100=0.0193 \quad B/2=0.00965$$

L3: 型号为LGJ -185/70km.

参数为:r=0.17Ω/km,x=0.395Ω/km,b=2.79×10⁻⁶s/km

$$R=L \times r=70 \times 0.17=11.9\Omega \quad X=Lx=0.395 \times 70=27.65\Omega$$

$$B=Lb=2.79 \times 10 \times 70=1.953 \times 10S$$

$$R=R \times S/V=11.9 \times 100/115=0.09$$

$$X=X \times S/V=27.65 \times 100/115=0.2091$$

$$B=B \times V/S=1.953 \times 10 \times 115/100=0.0258 \quad B/2=0.0129$$

L4: 型号为LGJ -150/74km.

参数为:r=0.21Ω/km,x=0.403Ω/km,b=2.74×10⁻⁶s/km

$$R=L \times r=74 \times 0.21=15.54\Omega \quad X=Lx=0.403 \times 74=29.822\Omega$$

$$B=Lb=2.74 \times 10 \times 74=2.03 \times 10S$$

$$R=R \times S/V=15.54 \times 100/115=0.1175$$

$$X = X \times S / V = 29.822 \times 100 / 115 = 0.2255 \quad 4^{*}BB4^{*}4BB-$$

$$422B = B \times V / S = 2.03 \times 10 \times 115 / 100 = 0.0268 \quad B/2 = 0.0134 \quad 4^{*}4BB4^{*}$$

L5: 型号为2×LGJ -120/70km.

参数为: $r = 0.27 \Omega / \text{km}$, $x = 0.409 \Omega / \text{km}$, $b = 2.69 \times 10^{-6} \text{s/km}$

$$R = 1/2L \times r = 70 \times 0.27 / 2 = 9.45 \Omega \quad X = 1/2Lx = 0.409 \times 70 / 2 = 14.315 \Omega$$

$$55-6-4B = 2 \times Lb = 2 \times 2.69 \times 10 \times 70 = 3.766 \times 10S$$

$$52222R = R \times S / V = 9.45 \times 100 / 115 = 0.0714$$

$$X = X \times S / V = 14.315 \times 100 / 115 = 0.1082 \quad 5^{*}5BB5^{*}5BB-$$

$$422B = B \times V / S = 3.766 \times 10 \times 115 / 100 = 0.0498 \quad B/2 = 0.0249 \quad 5^{*}5BB5^{*}$$

L6: 型号为2×LGJ -400/73km.

参数为: $r = 0.08 \Omega / \text{km}$, $x = 0.397 \Omega / \text{km}$, $b = 2.92 \times 10^{-6} \text{s/km}$

$$R = 1/2L \times r = 73 \times 0.08 / 2 = 2.92 \Omega \quad X = 1/2Lx = 0.397 \times 73 / 2 = 14.491 \Omega$$

$$66-6-4B = 2 \times Lb = 2 \times 2.92 \times 10 \times 73 = 4.26 \times 10S$$

$$62222R = R \times S / V = 2.92 \times 100 / 230 = 0.0055$$

$$X = X \times S / V = 14.491 \times 100 / 230 = 0.0274 \quad 6^{*}6BB6^{*}6BB-$$

$$422B = B \times V / S = 4.26 \times 10 \times 230 / 100 = 0.2254 \quad B/2 = 0.1127 \quad 6^{*}6BB6^{*}$$

L7: 型号为LGJ -400/135km.

参数为: $r = 0.08 \Omega / \text{km}$, $x = 0.397 \Omega / \text{km}$, $b = 2.92 \times 10^{-6} \text{s/km}$

8

$$-6-4R = L \times r = 135 \times 0.08 = 10.8 \Omega \quad X = Lx = 0.397 \times 135 = 53.595 \Omega$$

$$B = Lb = 2.92 \times 10 \times 135 = 7.844 \times 10S$$

$$7772222R = R \times S / V = 10.8 \times 100 / 230 = 0.0204$$

$$X = X \times S / V = 53.595 \times 100 / 230 = 0.1013 \quad 7^{*}7BB7^{*}7BB-$$

$$422B = B \times V / S = 7.844 \times 10 \times 230 / 100 = 0.4149 \quad B/2 = 0.20745 \quad 7^{*}7BB7^{*}$$

$U, 13.8KV$ **5F1-F4** (型号 : SF-100/40-854 $P = 100MW$ $\cos \varphi, 0.9$)

$$X, 0.2034 \quad X, 0.0927 \quad d^{*}0^{*}$$

6PQPQ

$$4 : S=180+j100 \quad S=S/S=1.8+j1.0 \quad 44*4B$$

$$5 : S=72+j40 \quad S=S/S=0.72+j0.4 \quad 55*5B$$

$$8 : S=120+j63 \quad S=S/S=1.2+j0.63 \quad 88*8B$$

$$9 : S=36+j20 \quad S=S/S=0.36+j0.2 \quad 99*9B$$

$$10 : S=40+j25 \quad S=S/S=0.4+j0.25 \quad 1010*10B$$

$$X,4.5X,4.5, 0.0281,0.12645_{0(L1)L1}$$

$$X,3X,3, 0.1501,0.4503_{0(L2)L2}$$

$$X,3X,3, 0.2091,0.6273_{0(L3)L3}$$

$$X,3X,3, 0.2255,0.6765_{0(L4)L4}$$

$$X,3X,3, 0.1082,0.3246_{0(L5)L5}$$

$$X,4.5X,4.5, 0.0274,0.1233_{0(L6)L6}$$

$$X,4.5X,4.5, 0.1013,0.45585_{0(L7)L7}$$

9

PQ

主要步骤

1

2

3

(k)(k)**4 ΔPV** ii

(k)(k)**5 ΔQV** ii

6

(k)(k) $7 \Delta \delta \Delta V$ ii

8

潮流计算的任务：对给定的运行条件确定运行状态，如果各母线上的电压（幅值及相角）网络

中的功率分布以及功率损耗等，几个节点电力系统的潮流方程的一般形式

根据电力系统的实际运行条件，按给定变量的不同，一般节点可分三种：

1．PQ节点：有功功率P和无功功率Q给定的，节点电压（ V, δ ）是待求量。

2．PV节点：有功功率P和电压幅值V给定的，节点的无功功率Q电压的相位角 δ 是待求量。

3．平衡节点：网络中至少有一个节点的有功功率P不能给定，此节点承担系统的有功功率平

衡。

网络方程是线性方程，但由于在定解条件中不能给定节点电流，只能给出节点功率，从而使潮

流方程变为非线性方程，由于平衡节点的电压已经给定，假设系统中有n个节点，其中有m个PQ节点，n-

(m+1)个PV节点和一个平衡节点，平衡节点不参加求解。

10

1

为了形成导纳矩阵，必须个计算机输入必要的原始数据，一条支路的原始数据应包括两端的节点号和支路阻

抗，对变压器支路的原始数据应包括他的变比，对于电力线路还应包括它的容纳，即：

I J R X K-B/2

对以上数据说明如下：

(1)

当支路为接地支路时，规定节点I处置零，J处填写接地支路所在的节点号，支路参数用阻抗填写，

对于K处置零，但必须填写。

(2) 对于纯阻抗支路，K处置零。

(3)

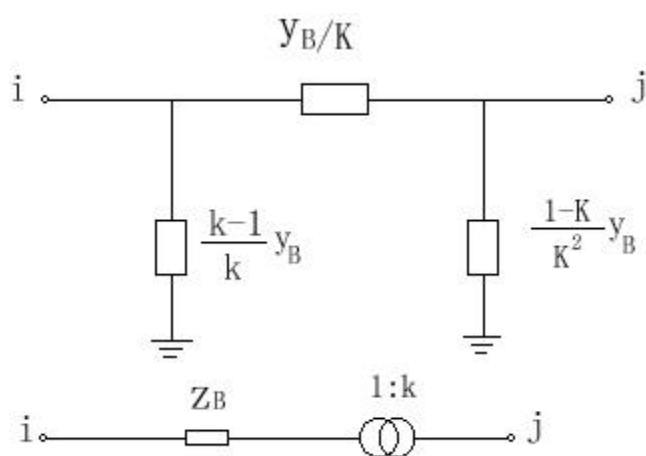
对于具有容纳的线路，电容电纳不作单独支路处理，而且把总容纳的一半负值填写在K处，其符

号用以区别支路的性质。

(4)

对于变压器支路，采用下图所示等值电路，即非标准变比在J侧，变压器阻抗在I侧，K处填写

实际变化



2

11

开 始

导纳矩阵清零

$D_{k=1, L_0}$

取支路K数据 I、J、R、

X、 $K(-B/2)$

是接地支

路吗？

是变压器

支路吗？

$P=1$ $P=k_2$ 、 $Q=k$ 线路容纳追加到两节点自导纳中

$P=1$, $Q=1$

支路导纳追加到I节点的自导纳

中 I、J 之间互导纳中

将支路导纳追加到J节点

的自导纳中

C O N T I N U E

输出结果

结束

B 1

B 2

12

1

开 始

输入矩阵阶数N，定义数组A (N.N)

读入矩阵元素

I=2，N。

D k=1，I-1。

$A(I,k) = A(I,k) / A(k,k)$

J=k+1，N。

D

$A(I,J) = A(I,J) + A(I,k) * A(k,J)$

C O N T I N U E

C O N T I N U E

C O N T I N U E

输 出 结 果 2.

结束

消去法求非线性方程组的一种常用算法是对方程式的系数矩阵A进行三角分解，在本次电力系统潮流计算中

采用的三角分解是将非奇方阵A分解为单位下三角矩阵L和上三角矩阵R的乘积。

$A = LR$ ，非奇方阵A被表示为矩阵L和R的乘积：这两个三角矩阵称为A的因子矩阵，两

个因子矩阵的元素计算公式： j

$$_{,1}(a/r)_{ijikkj,,i,2,3,?}nk,,L,,ij,1,,j,1,2$$

$$,?i,1r,,ij$$

$$i,1$$

$$i,1,2,?n,,r,a,/r,,ijijikkjj,i,i,1,$$

$$?n,,$$

$$k,1\text{ 将 }A=LR\text{ 代入线性方程组, 便得 }LRX=B, \text{ 这个方程又可以分解为以下两个}$$

$$\text{方程:}$$

$$13$$

$$f1, ,$$

$$b, ,$$

$$,,$$

$$,,f2$$

$$b_{,,,,}$$

$$1_{,,}f3_{,,}b_{?LF=B\ ?RX=F\ 1_{,,},,,,,,2\ 1\ f1$$

$$LX_{,,},,,1\ ?_{,,}\ ?_{21},,,,,,$$

$$1LL,,,,_{3132,,}3_{,,}\text{ 展开为 }f2_{,,}X_{1LLL2}=?_{,,}$$

$$?_{414243},,,,,,\ ?\ ?\ ?\ ?\ ?_{,,,,,,,,},\ ?\ ?\ 1\ f$$

$$LLL\ ?\ ?\ b_{,,,,,,nn\ n123},,,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,$$

$$,,\ r\ r\ r\ ?\ ?\ r_{,,},\ ,\ ,\ 1112131n_{,,},\ ?\ ?\ r\ r\ ?\ ?$$

$$r_{22232n},,,,,,$$

$$,,\ ?\ ?\ n_{,,,,,}= \ ?\ ?\ ?\ ?_{,,}$$

$$,,,,,\ ?\ ?$$

$$,,\ fn_{r}X_{,,,,,}n_{nn},,,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,\ ,$$

先由方程组?自上而下地依次算出f、f、f，其计算通式为_{12n}

$$i,1$$

$$f, b, L f (i, 1, 2, \dots, n), i i i j j$$

这一步演算相当于消元过程中对原方程式右端常数向量所作的变换，只顺用到下三角因子矩阵。方程组?的 $j,1$

求解属于回代过程，只顺用到上三角因子矩阵以及经过消元变换的右端常数向量，方程组可以自下而上地逐步

算出待求量，其计算通式为： n

$$(i,1)(i,1)$$

$$(f, r x j) i i j, j, i, 1$$

$$x, (i, n, n-1, \dots, 1) i(i,1) r i j$$

1.

$$V, V, \dots, V(\sin,) i i i i i$$

节点功率方程表示为：

$$n$$

$$P, V V (G \cos, , B \sin,) i i j i j i j i j i j, i, 1$$

?

n

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/758047044104006067>