

第一部分 电力系统稳态分析

第一章	电力系统的基本概念
第二章	电力系统的元件参数及等值电路
第三章	简单电力系统的计算和分析
第四章	电力系统潮流的计算机算法
第五章	电力系统的有功功率和频率调整
第六章	电力系统的无功功率和电压调整

第七章 电力系统故障分析的基本知识

第八章 同步发电机突然三相短路分析

第九章 电力系统三相短路的实用计算

第十章 对称分量法及元件的各序参数和等值电路

第十一章 不对称故障的分析、计算

第十二章 电力系统各元件的机电特性

第十三章 电力系统静态稳定

第十四章 电力系统暂态稳定

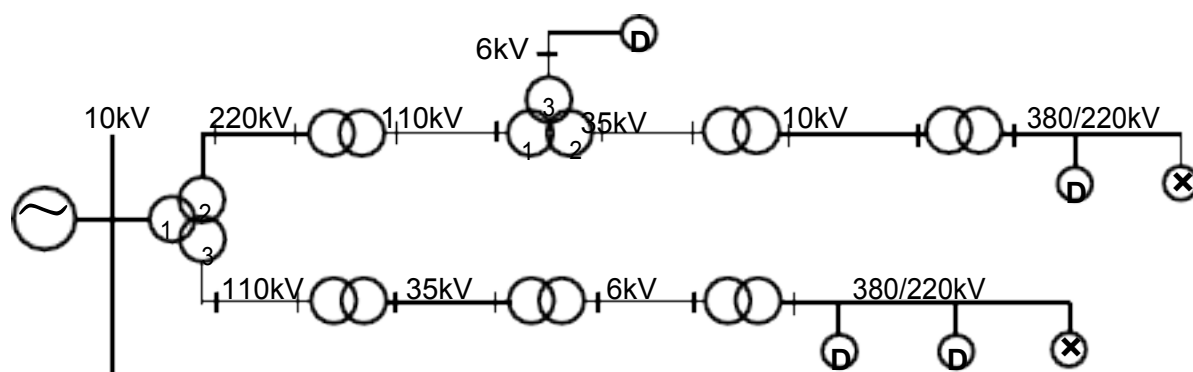
第十五章 研究生入学考试试题

第一部分 电力系统稳态分析

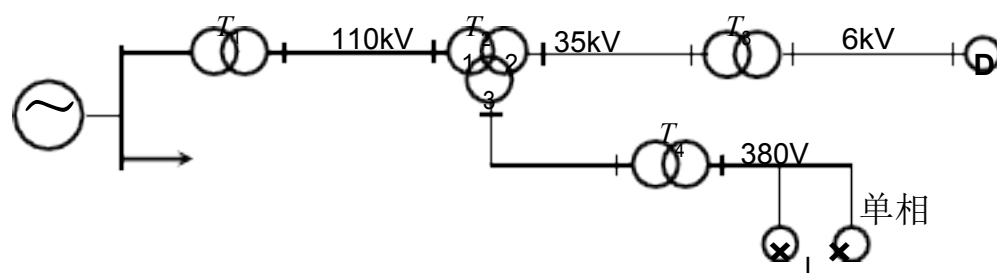
电力系统稳态分析，研究的内容分为两类，一类是电力系统稳态运行状况下的分析与潮流分布计算，另一类是电力系统稳态运行状况的优化和调整。

第一章 电力系统的基本概念

- 1-1 什么叫电力系统、电力网及动力系统？电力系统为什么要采用高压输电？
- 1-2 为什么要规定额定电压？电力线、发电机、变压器和用电设备的额定电压是如何确定的？
- 1-3 我国电网的电压等级有哪些？
- 1-4 标出图 1-4 电力系统中各元件的额定电压。



1-5 请回答如图 1-5 所示电力系统中的二个问题：

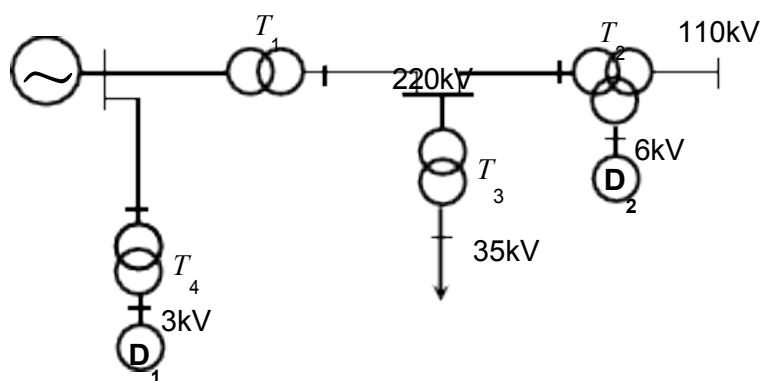


习题 1-5 图

(1) 发电机 G 、变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 、三相电动机 D 、单相电灯 L 等各元件的额定电压。

(2) 当变压器 T_1 在+2.5%抽头处工作， T_2 在主抽头处工作， T_3 在-2.5%抽头处工作时，求这些变压器的实际变比。

1-6 图 1-6 中已标明各级电网的电压等级。试标出图中发电机和电动机的额定电压及变压器的额定变比。

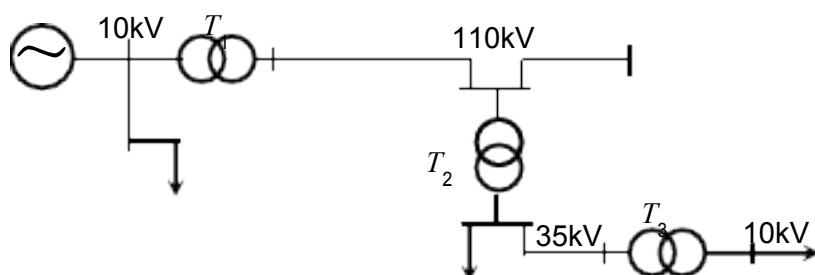


习题 1-6 图

1-7 电力系统结线如图 1-7 所示，电网各级电压示于图中。试求：

(1) 发电机 G 和变压器 T_1 、 T_2 、 T_3 高低压侧的额定电压。

(2) 设变压器 T_1 工作于+2.5%抽头， T_2 工作于主抽头， T_3 工作于-5%抽头，求这些变压器的实际变比。



习题 1-7 图

1-8 比较两种接地方式的优缺点，分析其适用范围。

1-9 什么叫三相系统中性点位移？它在什么情况下发生？中性点不接地系统发生单相接地时，非故障相电压为什么增加 $\sqrt{3}$ 倍？

1-10 若在变压器中性点经消弧线圈接地，消弧线圈的作用是什么？

1-11 什么叫分裂导线、扩径导线？为什么要用这种导线？

1-12 架空线为什么要换位？规程规定，架空线长于多少公里就应进行换位？

1-13 架空线的电压在 35kV 以上应该用悬式绝缘子，如采用 X—4.5 型绝缘子时，各种电压等级应使用多少片绝缘子？

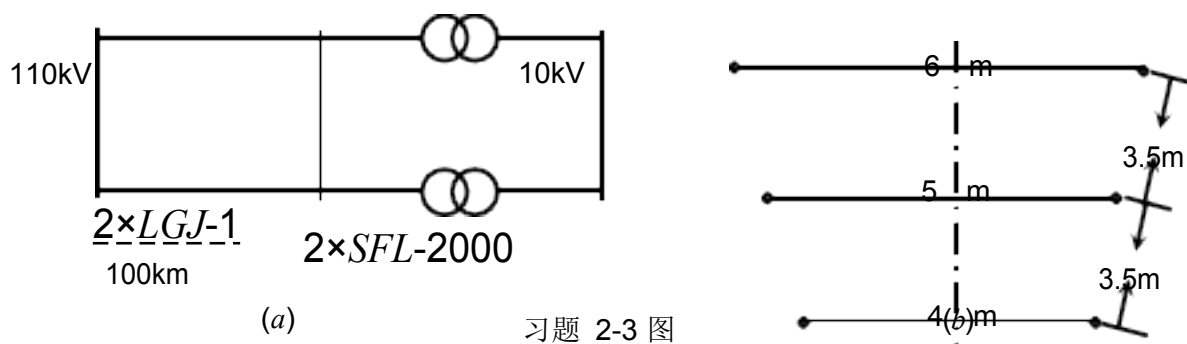
第二章 电力系统各元件的参数及等值网络

2-1 一条 110kV、80km 的单回输电线路，导线型号为 LGJ—150，水平排列，其线间距离为 4m，求此输电线路在 40℃ 时的参数，并画出等值电路。

2-2 某 220kV 输电线路选用 LGJ—300 型导线，直径为 24.2mm，水平排列，线间距离为 6m，试求线路单位长度的电阻、电抗和电纳，并校验是否发生电晕。

2-3 某电力网由双回 110kV 的输电线向末端变电所供电，其接线如图 2-3 (a) 所示，输电线长 100km，用 LGJ—120 型导线，在杆塔上布置如图 2-3 (b)。末端变电所装两台 110/11kV、20000kVA 的三相铝线变压器，其型号为 LGJ—20000/110。试求：

- (1) 用查表法计算 40℃ 时，每公里架空线路的参数。
- (2) 求末端变压器折到 110kV 侧的参数。
- (3) 求并联运行后的等值参数，并画出其等值电路图。
- (4) 校验此线路在 $t=25^\circ\text{C}$ 正常大气压下是否会发生电晕。



2-4 某 220kV 线路，选用 LGJJ—2³ 240 分裂导线，每根导线直径为 22.4mm，分裂间距为 400mm，导线水平排列，相间距离为 8m，光滑系数 m_1 取 0.85，气象系数 m_2 取 0.95，空气相对密度为 1.0。试求输电线每公里长度的电阻、电抗、电纳及电晕临界电压。

2-5 有一回 500kV 架空线路，采用型号为 LGJQ—4³ 400 的分裂导线，长度为 250km。

每一导线的计算外径为 27.2mm，分裂根数 $n=4$ ，分裂间距为400mm。三相导线水平排列，相邻导线间距离为 11m，求该电力线路的参数，并作等值电路。

2-1 一条 110kV、16km 的线路，用 LGJ—2³ 150（双分裂导线）导线架设水平排列，相邻线间距离为 4.125m，分裂导线外径为 17mm，分裂间距为 250 mm，求 50℃时线路阻抗欧姆值。

2-2 有一条 330kV 单回输电线路，采用 LGJ—2³ 300 分裂导线，每根导线的直径 24.2mm，分裂间距为 400mm，线间距离为 2m，线路长 300km，试作出该线路的等值电路图。

2-3 某变电所装设的三相双绕组变压器，型号为 SFL—31500/110，额定电压为 110/38.5kV，空载损耗 $P_o = 86$ kW，短路损耗 $P_k = 200$ kW，短路电压 $U_k \% = 10.5$ ，空载电流 $I_o \% = 2.7$ ，试求变压器的阻抗及导纳参数，并绘制T型等值电路。

2-4 三相双绕组变压器的型号为 SSPL—63000/220，额定容量为 63000kVA，额定电压为 242/10.5kV，短路损耗 $P_k = 404$ kW，短路电压 $U_k \% = 14.45$ ，空载损耗 $P_o = 93$ kW，空载电流 $I_o \% = 2.41$ 。求该变压器归算到高压侧的参数，并作出等值电路。

2-5 某发电厂装设一台三相三绕组变压器，额定容量 $S_N = 60$ MVA，额定电压为 121/38.5/10.5kV，各绕组容量比为 100/100/100，两两绕组间的短路电压为 $U_{k(1-2)} \% = 17$ ， $U_{k(3-1)} \% = 10.5$ ， $U_{k(2-3)} \% = 6$ ，空载损耗 $P_o = 150$ kW。最大短路损耗 $P_{k \max} = 410$ kW，空载电流 $I_o \% = 3$ ，试求变压器参数，并作等值电路。

2-6 某变电所装设的变压器型号为SFSL—20000，额定电压为 110/38.5/11kV，各绕组容量比为 100/100/50，各对绕组短路电压为 $U_{k(1-2)} \% = 10.5$ ， $U_{k(3-1)} \% = 17$ ， $U_{k(2-3)} \% = 6$ ，空载损耗 $P_o = 75$ kW，最大短路损耗 $P_{k \max} = 163$ kW，空载电流 $I_o \% = 3.5$ ，试求变压器参数，并作等值电路。

2-7 有台容量为 20MVA 的三相三绕组变压器，三个线圈的容量比为 100/100/50，额定电压为 121/38.5/10.5kV，短路损耗为 $P_{k(1-2)} = 152.8$ kW， $P'_{k(3-1)} = 52$ kW， $P'_{k(2-3)} = 47$ kW，空载电流为 $I_o \% = 4.1$ ，空载损耗 $P_o = 75$ kW，短路电压为 $U_{k(1-2)} \% = 10.5$ ， $U_{k(3-1)} \% = 18$ ， $U_{k(2-3)} \% = 6.5$ 。试求该变压器的阻抗、导纳参数，并作出等值电路。

2-8 某变电所装设一台 OSFPSL—90000/220 型三相三绕组自耦变压器，各绕组电压 220/121/38.5kV，容量比为100/100/50，实测的短路、空载试验数据如下： $P_{k(1-2)} = 333$ kW， $P'_{k(3-1)} = 265$ kW， $P'_{k(2-3)} = 277$ kW， $U_{k(1-2)} \% = 9.09$ ， $U'_{k(3-1)} \% = 16.45$ ， $U'_{k(2-3)} \% = 10.75$ ，

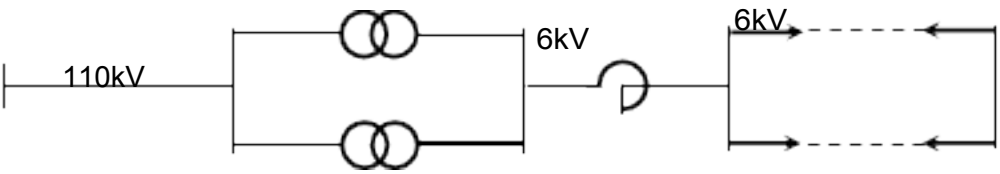
$P_o = 59 \text{ kW}$, $I_o \% = 0.332$ 。试求该自耦变压器的参数并绘制等值电路。

2-6 一台容量为 90/90/45MVA 的三相三绕组自耦变压器，额定电压为 220/121/11 kV 。
 短路损耗为 $P_{k(1-2)} = 325 \text{ kW}$, $P'_{k(3-1)} = 345 \text{ kW}$, $P'_{k(2-3)} = 270 \text{ kW}$ 。短路电压为 $U_{k(1-2)} \% = 10$,
 $U'_{k(3-1)} \% = 18.6$, $U'_{k(2-3)} \% = 12.1$ ，空载损耗 $P_o = 104 \text{ kW}$ ，空载电流 $I_o \% = 0.65$ 。试求该自

耦变压器的参数。（注： P'_k 、 U'_k 是最小绕组容量为基值给出的）

2-7 简化系统

如图 2-15 所示，
 元件参数如下：



习题 2-15 图

架空线： $U_N = 110 \text{ kV}$, $x_1 = 0.4 \Omega / \text{km}$ ，长 70 km。

变压器：两台 SFL—20000/110 型号变压器并联运行，短路电压为 $U_k \% = 10.5$ 。

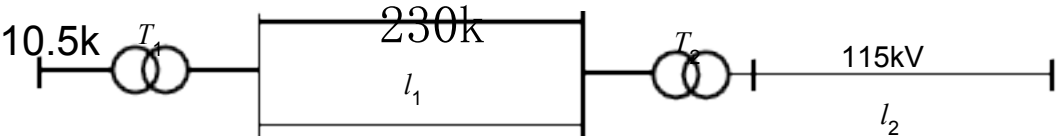
电抗器：额定电压为 6kV，额定电流为 300A，电抗百分值为 4%。

电缆线：双回铜电缆线路， $U_N = 6 \text{ kV}$ ，长 2.5km，缆芯截面 $S = 70 \text{ mm}^2$, $x_1 = 0.08 \Omega / \text{km}$ ，

电阻系统 $\rho = 18.8 \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{km}$ 。

当选基准容量 $S_B = 100 \text{ MVA}$ ，基准电压为各段的平均电压。试求该系统各元件的标么参数，并作等值电路。

2-8 已知电力网如图 2-16 所示：



习题 2-16 图

各元件参数如下：

变压器： T_1 : $S = 400 \text{ MVA}$, $U_k \% = 12$, 242/10.5 kV

T_2 : $S = 400 \text{ MVA}$, $U_k \% = 12$, 220/121 kV

线路： $l_1 = 200 \text{ km}$, $x_1 = 0.4 \Omega / \text{km}$ （每回路）

$l_2 = 60 \text{ km}$, $x_1 = 0.4 \Omega / \text{km}$

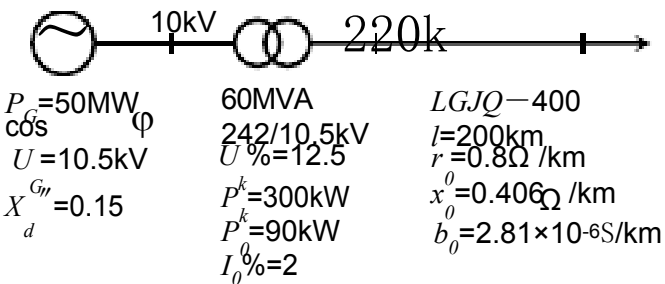
其余参数均略去不计，取基准容量 $S_B = 1000 \text{ MVA}$ ，基准电压 $U_B = U_{av}$ ，试作出等值电路

图，并标上各元件的标么值参数。

2-9 简单电力系统结线如图 2-17 所示，

有关参数标于图中。

试求此系统的等值电路（参数均以有名值表示）。

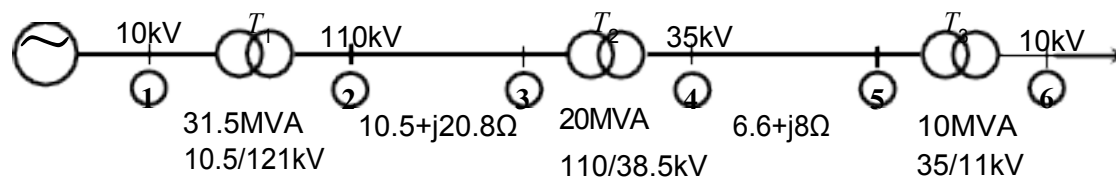


习题 2-17 图

2-10 某系统接线如图 2-18 所示，如果已知变压器 T_1 归算至 121kV 侧的阻抗为

$2.95 + j48.7\Omega$ ， T_2 归算至 110kV 侧的阻抗为 $4.48 + j48.4\Omega$ ， T_3 归算至 35kV 侧的阻抗为

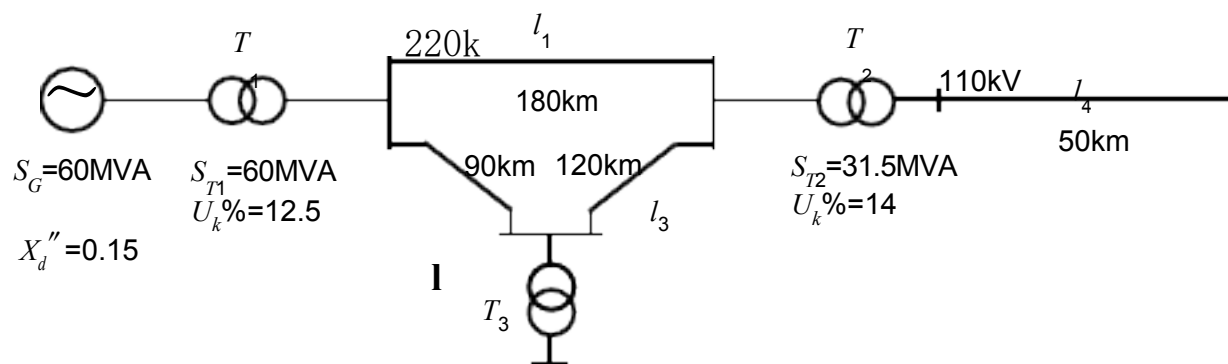
$1.127 + j9.188\Omega$ ，输电线路的参数已标于图中，试分别作出元件参数用有名值和标么值表示的等值电路。



习题 2-18 图

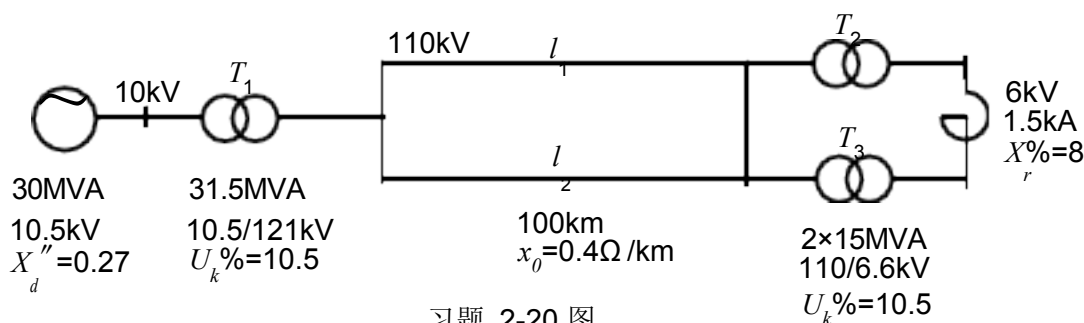
2-11 电力系统接线如图 2-19 所示：线路电抗均取 $x_0 = 0.4\Omega / \text{km}$ 。

试求各元件参数标么值，并作等值电路。



习题 2-19 图

2-12 简单电力接线如图 2-20 所示。



习题 2-20 图

试作出该系统的等值电路（不计电阻，导纳）。

(1)所有参数归算到 110 kV 侧；

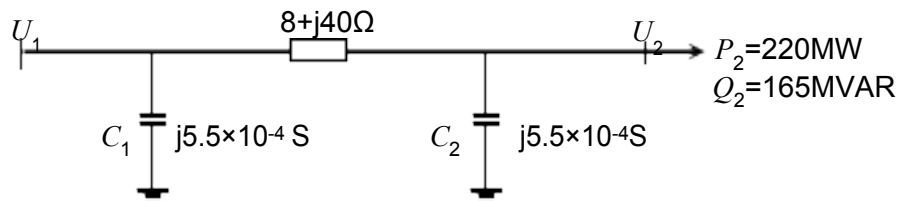
(2)所有参数归算到 10 kV 侧；

(3)选取 $S_B = 100\text{MVA}$ ， $U_B = U_{av}$ 时以标么值表示的等值电路。

第三章 简单电力系统的计算和分析

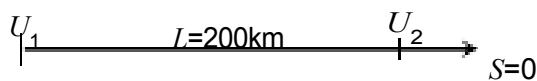
3-1 今有一条 220kV 电力线路供给地区负荷，采用 LGJJ—400 型号的导线，线路长 230km，导线水平排列，线间距离为 6.5m，线路末端负荷为 120MW、 $\cos\varphi = 0.92$ ，末端电压为 209kV。试求出线路始端电压及功率。

3-2 已知图 3-2 所示输电线路始末端电压分别为 248kV、220kV，末端有功功率负荷为 220MW，无功功率负荷为 165 MVAR。试求始端功率因数。

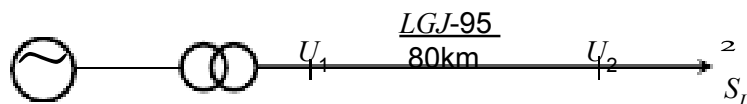


习题图 3-2

3-3 单回 220kV 架空输电线长 200km，线路每公里参数为 $r_1 = 0.108\Omega / \text{km}$ ， $x_1 = 0.426\Omega / \text{km}$ ， $b_1 = 2.66 \times 10^{-6} \text{ S/km}$ ，线路空载运行，末端电压 U_2 为 205kV，求线路送端电压 U_1 。



习题图 3-3



习题图 3-4

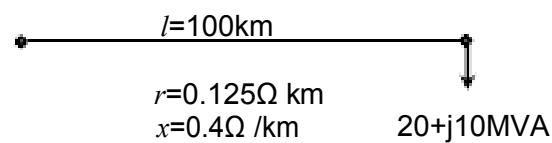
3-4 如图 3-4 所示，某负荷由发电厂母线经 110kV 单线路供电，线路长 80 km，型号为 LGJ—95，线间几何均距为 5m，发电厂母线电压 $U_1 = 116 \text{ kV}$ ，受端负荷 $S_L = 15 + j10 \text{ MVA}$ ，求输电线路的功率损耗及受端电压 U_2 。

3-5 有一条 110kV 输电线路如图 3-5 所示，由 A 向 B 输送功率。试求：

(1) 当受端 B 的电压保持在 110kV 时，送端 A 的电压应是多少？并绘出向量图。

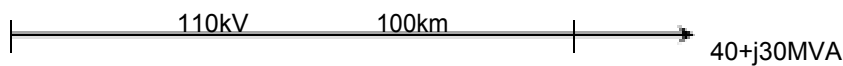
(2) 如果输电线路多输送 5MW 有功功率，则 A 点电压如何变化？

(3) 如果输电线路多输送 5MVAR 无功功率，则 A 点电压又如何变化？



习题图 3-5

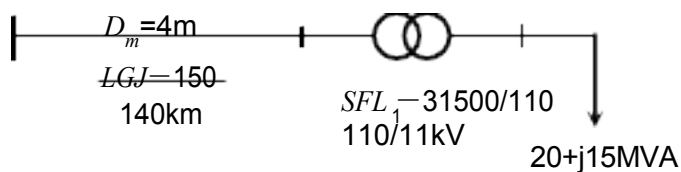
3-6 一条额定电压为 110 kV 的输电线路，采用 LGJ—150 导线架设，线间几何平均距离为 5m，线路长度为 100km，如图 3-6 所示。已知线路末端负荷为 $40 + j30 \text{ MVA}$ ，线路首端电压为 115 kV。试求正常运行时线路末端的电压。



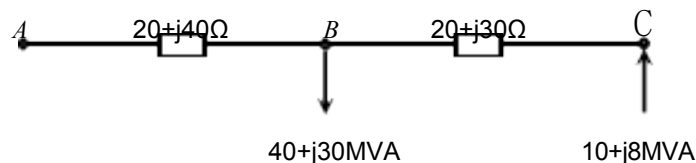
习题图 3-6

3-7 有一回电压等级为 110kV，长为 140km 的输电线路，末端接一台容量为 31.5MVA 的降压变压器，变比为 110/11 kV。如图 3-7 所示，当 A 点实际电压为 115 kV 时，求 A、C 二点间的电压损耗及 B 点和 C 点的实际电压。

(注: $P_k = 190 \text{ kW}$ ， $U_k\% = 10.5$ ， $P_o = 31.05 \text{ kW}$ ， $I_o\% = 0.7$)



习题图 3-7

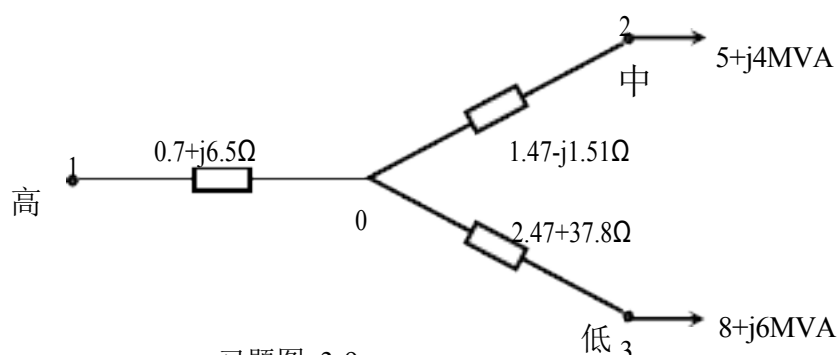


习题图 3-8

3-8 额定电压 110 kV 的辐射形电网各段阻抗及负荷如图 3-8 所示。已知电源 A 的电压为 121 kV，求功率分布和各母线电压。（注：考虑功率损耗，可以不计电压降落的横分量 δU ）。

3-9 某变电所装设一台三绕组变压器，额定电压为 110/38.5/6.6 kV，其等值电路（参数归算至高压侧）和所供负荷如图 3-9 所示，当实际变比为 110/38.5³

(1+0.05)/6.6 kV 时，低压母线为 6 kV，试计算高、中压侧的实际电压。



习题图 3-9

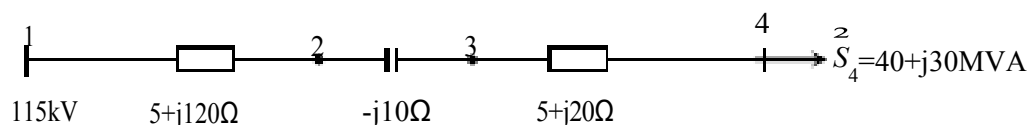
3-10 今有 110 kV、100 km 的双回线路，向区域变电所供电，线路导线型号为 LGJ-185，水平排列，线间距离为 4 m，变电所中装有两台 31500 kVA、额定电压为 110/11 kV 的三相变压器，并列运行，负荷 $P_L=40$ MW， $\cos\varphi=0.8$ ， $T_{\max}=4500$ h， $\tau=3200$ h，变电所二次侧正常运行电压为 10.5 kV。

试求：(1) 输电线路的始端功率。

(2) 线路及变压器中全年电能损耗。

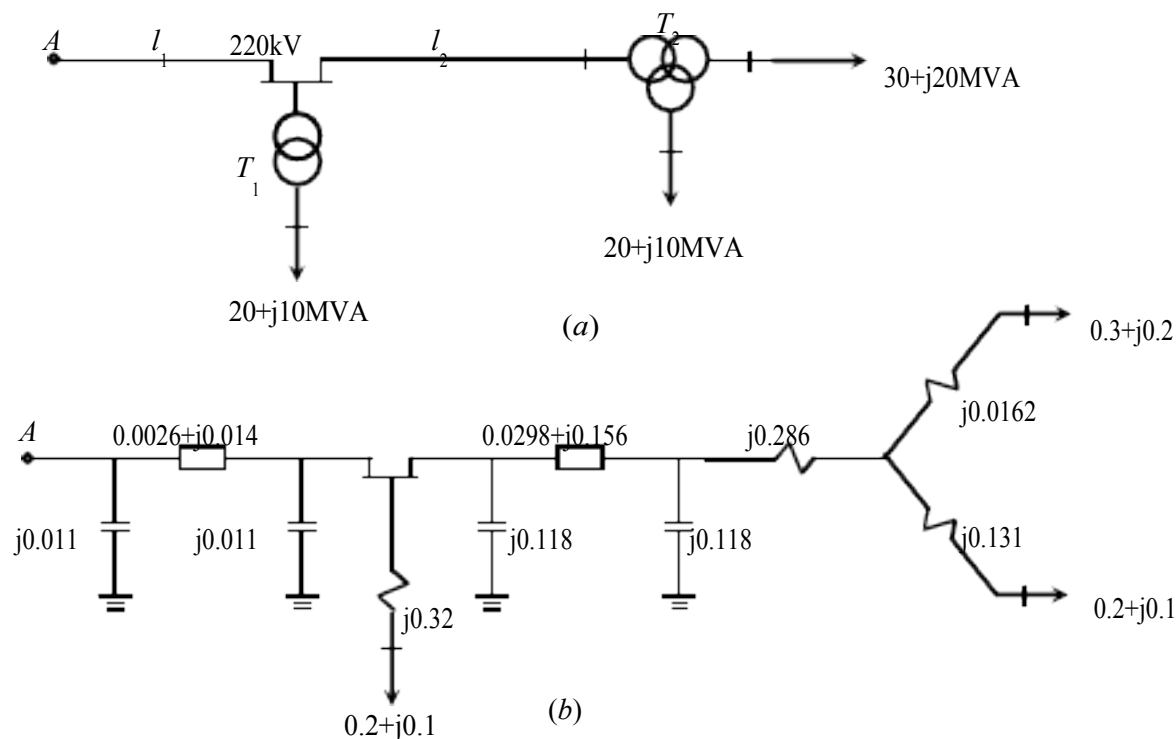
（注：变压器实验数据： $P_k=190$ kW， $U_k\%=10.5$ ， $P_0=31.05$ kW， $I_0\%=0.7$ ）

3-11 某回具有串联电容器的 110 kV 供电线路，其参数和已知条件如图 3-11 所示。试求结点 1、4 之间的电压损耗（忽略电压降落横分量）以及 2、3、4 各点的电压值。



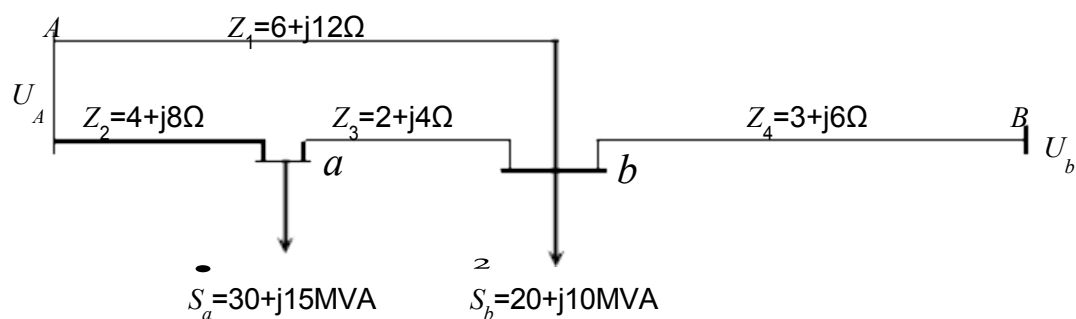
习题图 3-11

3-12 某系统如图 3-12 所示，变压器 T_1 容量为 31.5 MVA，变比为 220±2³ 2.5%/38.5 kV；变压器 T_2 容量为 60 MVA，变比为 220±2³ 2.5%/121/38.5 kV，设 A 端电压维持 242 kV，进行该电网的潮流计算，并在等值电路上标出各自潮流及各点电压。

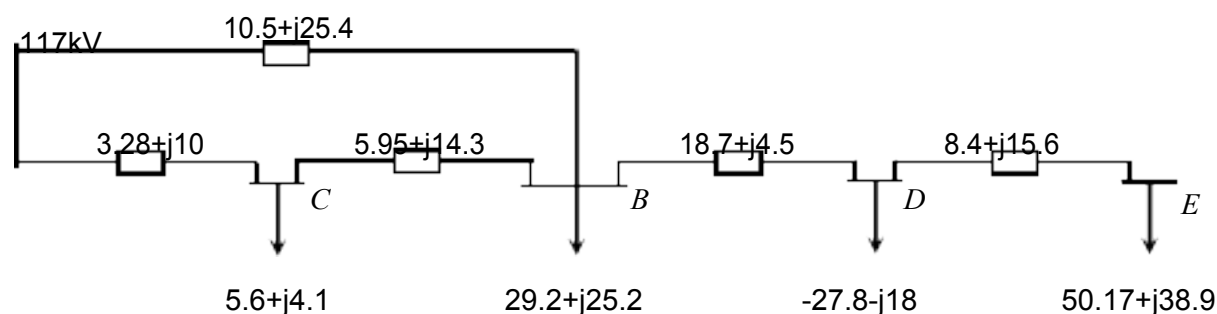


习题图 3-12

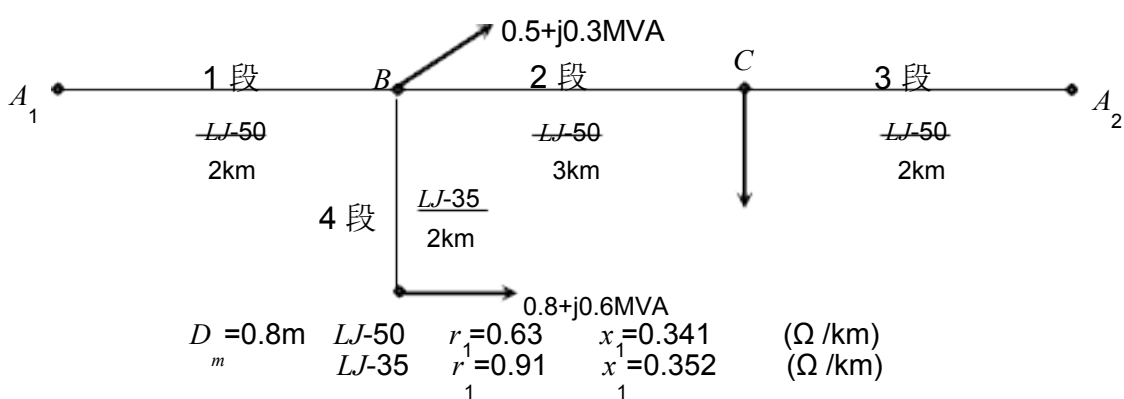
3-13 由 A 、 B 两端供电的电力网，其线路阻抗和负荷功率等如图 3-13 示。试求当 A 、 B 两端供电电压相等（即 $U_A = U_B$ ）时，各段线路的输送功率是多少？（不计线路的功率损耗）



3-14 如图 3-14 所示，各段线路参数为欧姆值，各点负荷为兆伏安， $U_A = 117\text{kV}$ ，试计算各点电压（忽略电压降的横分量）。



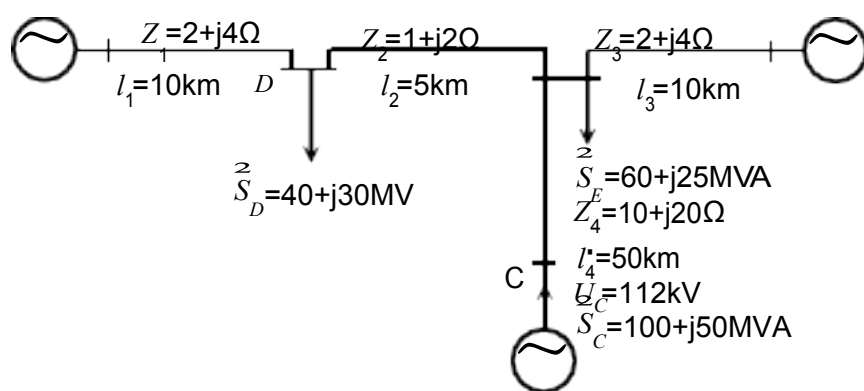
习题图 3-14



习题图 3-15

3-15 简化 10kV 地方电网如图 3-15 所示，它属于两端电压相等的均一网，各段采用铝导线型号，线段距离公里数均标于图中，各段导线均为三角排列，几何均距相等，试求该电力网的功率分布及其中的最大电压损耗。

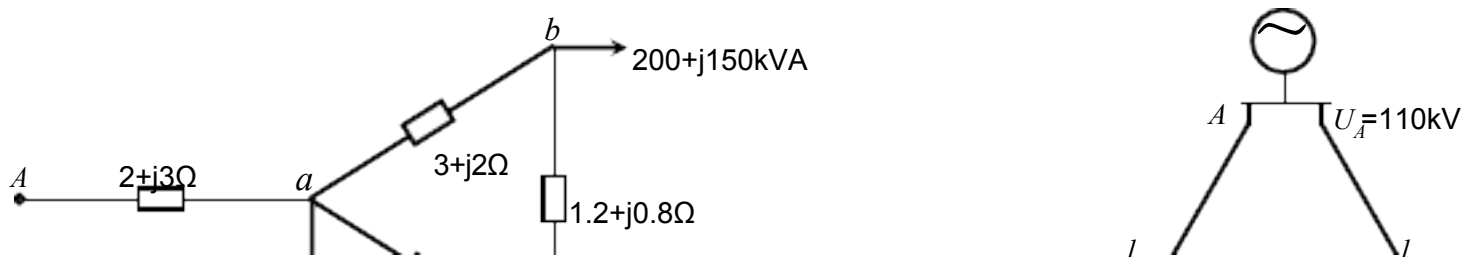
3-16 发电厂 C 的输出功率、负荷 D 及 E 的负荷功率以及线路长度参数如图 3-16 所示。



习题图 3-16

当 $\dot{U}_C = 112\angle 0^\circ\text{kV}$ ， $\dot{U}_A = \dot{U}_B$ ，并计及线路 CE 上的功率损耗，但不计其它线路上功率损耗时，求线路 AD 、 DE 、及 BE 上通过的功率。

3-17 额定电压 10 kV 的地方电网，各段阻抗及负荷如图 3-17 所示。求正常运行时的功率分布。（注：不计功率损耗）



3-18 如图 3-18 所示，已知闭式网参数如下：

$$Z_1 = 2 + j4\Omega \quad Z_2 = 3 + j6\Omega \quad Z_3 = 4 + j8\Omega$$

$$l_1 = 10 \text{ km} \quad l_2 = 15 \text{ km} \quad l_3 = 20 \text{ km}$$

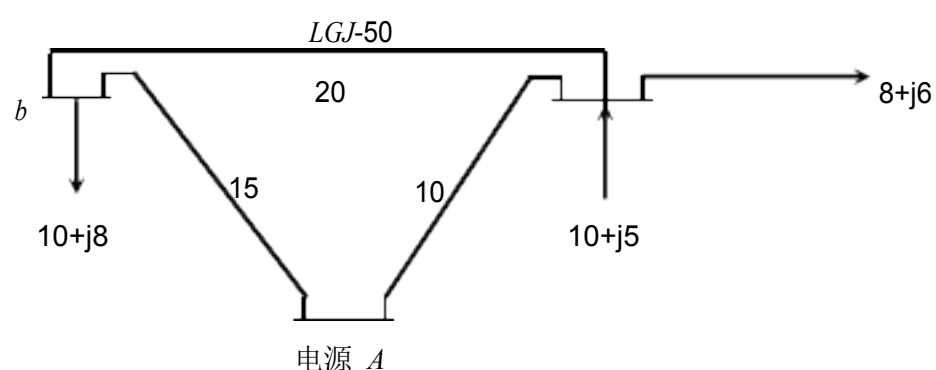
$$\text{负荷参数: } S_B = 10 + j5 \text{ MVA} \quad S_C = 30 + j15 \text{ MVA}$$

$$\text{电源参数: } U_A = 110 \text{ kV}$$

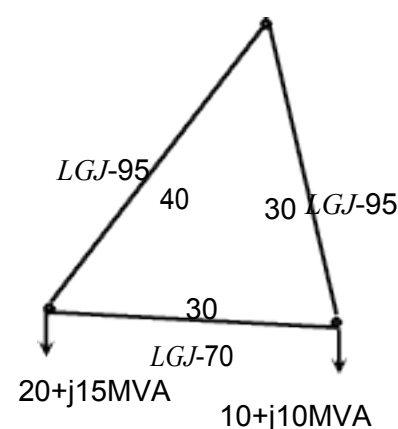
试求闭式网上的潮流分布及 B 点电压值（计算时，不计线路上的功率损耗）。

3-19 一个额定电压为 35 kV 的环形地方电网，电源 A 的电压为 36 kV，负荷的兆伏安数、线路的公里数均示于图 3-19 中。导线均采用 LGJ—50 架设，求环形电力网的功率分布。

3-20 有一个额定电压为 110kV 的环形电力网，如图 3-20 所示，变电所计算负荷、导线型号及线路长度的公里数均标于图中，导线为水平排列，线间几何均距为 5m，试计算该电力网的功率分布（不计功率损耗）。

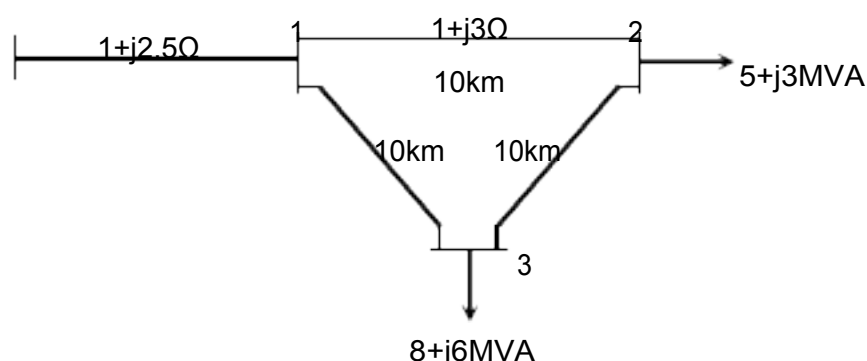


习题图 3-19



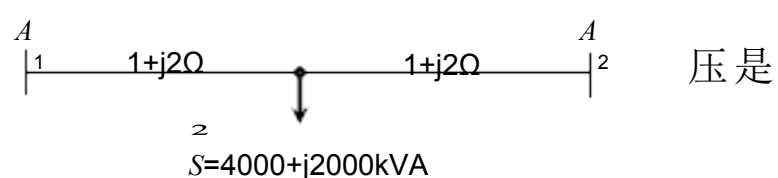
习题图 3-20

3-21 如图 3-21 所示电力系统，已知 Z_{12} 、 Z_{23} 、 Z_{31} 均为 $1 + j3\Omega$ ， $U_A = 37 \text{ kV}$ ，若不计线路上的功率损耗及电压降落的横分量，求功率分布及最低点电压。



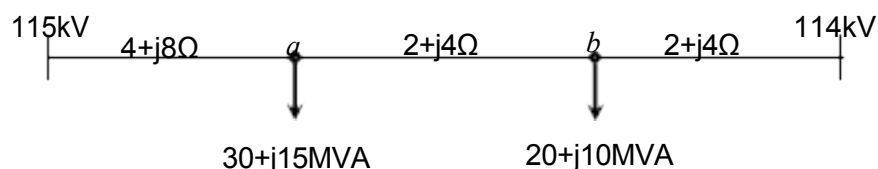
习题图 3-21

3-22 某两端供电网的电力网如图 3-22 所示。已知母线 A_1 的线电压为 36kV，母线 A_2 的线电压为 34kV，求电力网中的潮流分布，计算时假定两端的电压是同相位的。



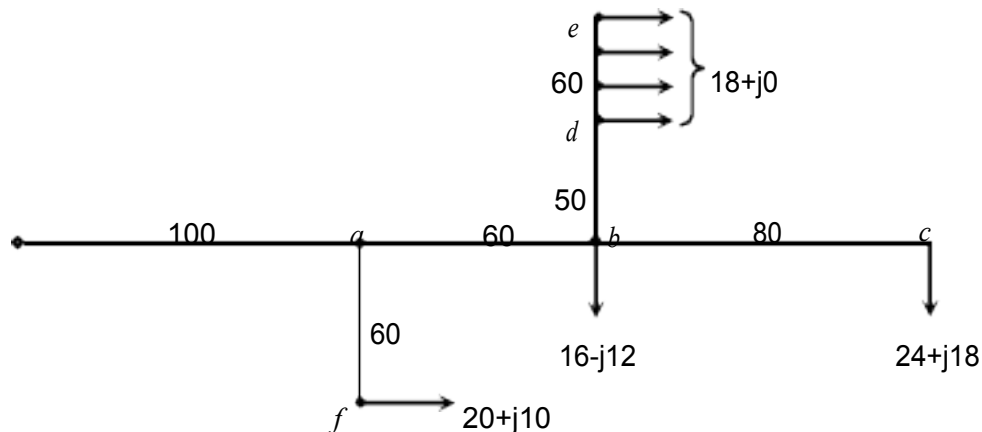
习题图 3-22

3-23 如图 3-23 所示电力系统, Z_{Aa} Z_{ab} Z_{bB} 已知, $U_A=115\text{kV}$, $U_B=114\text{kV}$, 求功率分布及各点电压 (不计电压降落的横分量 δU)。



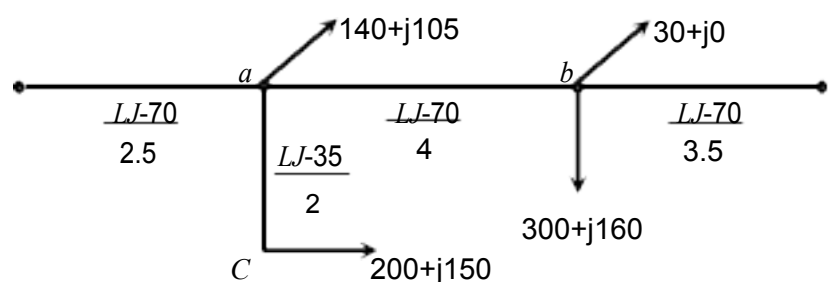
习题图 3-23

3-24 一条额定电压为 380V 的三相架空线路, 干线 Ac 由导线 $LJ-70$ 架设, 支线 be 、 af 为 $LJ-50$ 。各点负荷的千伏安数及各点距离的米数都标于图3-24 中。求电力网的最大电压损耗。

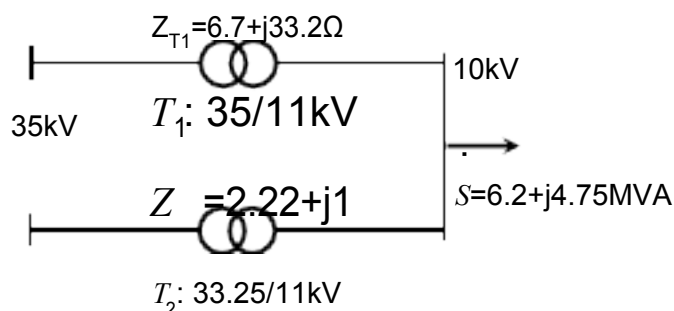


习题图 3-24

3-25 一个额定电压为 10kV 的两端供电网, 由铝绞线敷设的架空线路, 导线为三角形排列, 线间几何均距为1 米。各线段的导线型号、线路长度的公里数及负荷的千伏安数如图3-25 所示。



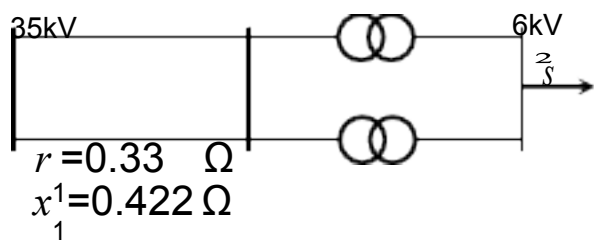
习题图 3-25



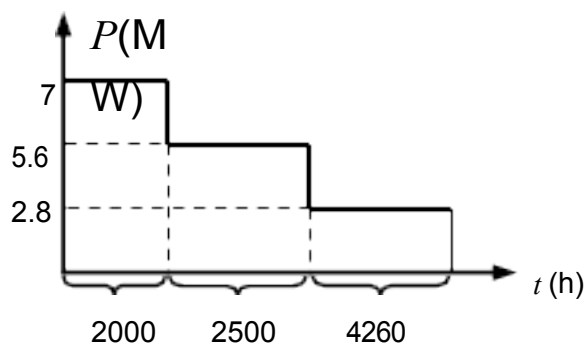
习题图 3-26

3-26 如图 3-26 所示为某 35/11kV 变电所, 原是一台 5600kVA 变压器, 由于低压负荷的增加, 需扩建一台 2400kVA 容量的变压器。各变压器的阻抗已归算至 35kV 侧, 若 5600kVA 的变压器的变比为 35/11kV, 试求各变压器通过的功率、功率损耗和电压损耗。

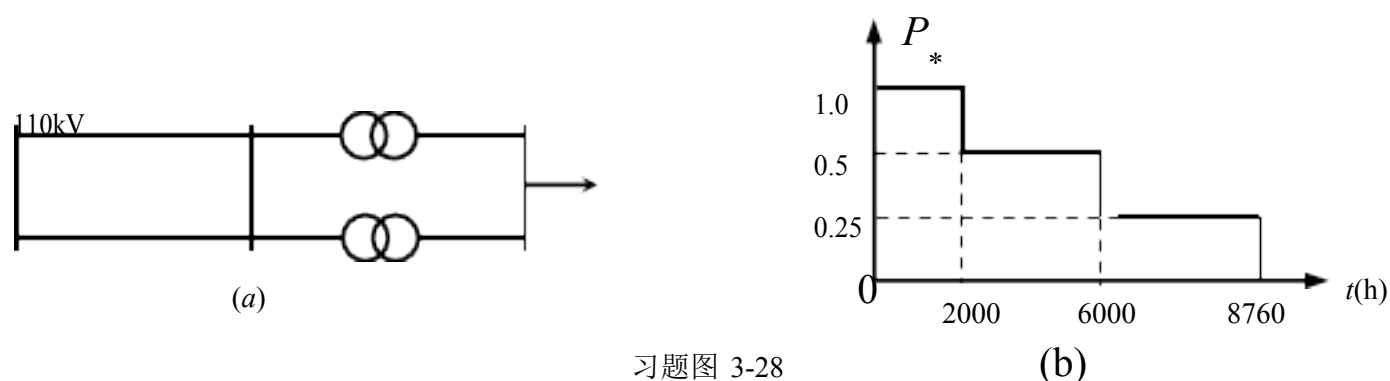
3-27 某 35/6.6kV 降压变电所由二回 10km 长的 35kV 平行线供电, 线路用 $LGJ-95$ 型导线, $D_m=3.5\text{m}$, 变电所内装二台 7500kVA 的变压器, 变压器参数: $P_k=75\text{kW}$, $P_0=24\text{kW}$, $U_k\%=7.5$, $I_0\%=3.5$, 变电所 6kV 侧的最大负荷是 10MVA、 $\cos\varphi=0.7$, 年持续负荷曲线如图 3-27 所示。为了减少全年的电能损耗, 在有功负荷为 28MW 时切除一台变压器, 若电价为 10 分/度, 求线路和变压器全年电能损耗的价值。



习题图 3-27



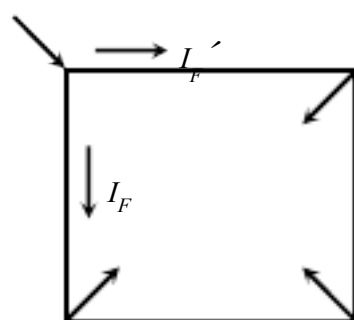
3-28 有两回 110kV 平行线路对某降压变电所供电，导线型 LGJ—185，水平排列，线间距离为 4m，线路长100km。变电所内装设二台31500kVA 变压器，额定电压为110/11kV。系统结线如图 3-28 (a) 所示，变电所最大负荷为40MW，功率因数为0.8，年持续负荷曲线（以最大负荷的基值的标么值示于图3-28 (b)），当负荷低于 $0.5P_{Lmax}$ 时，为减少电能损耗，切除一台变压器，试求线路及变压器全年的电能损耗。



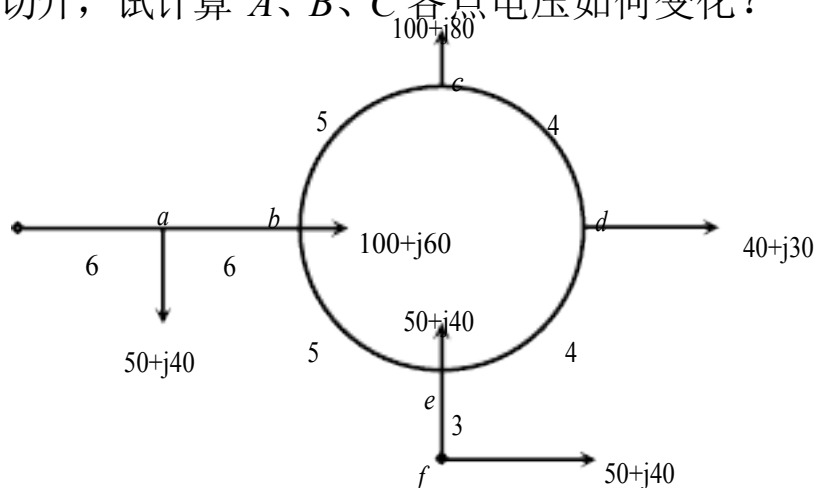
习题图 3-28

3-29 某发电厂有一台容量为 63MVA 的升压变压器,额定电压为 10.5/121kV，变压器的最大负荷利用小时数 $T_{max}=5200h$ ，最大负荷为 55MVA， $\cos \varphi=0.8$ ，试求该台变压器的最大有功功率损耗及全年运行中的电能损耗。

3-30 环形电力网如图 3-30 所示，供电点 F 的相电压为 220V，A、B、C 各点的负荷分别为 40A、100A、60A，功率因数均为 1，若线路 FA、AB、BC、CF 的电阻均为 0.1Ω ,试计算 A、B、C 各点的电压是多少？若将线路 AB 段切开，试计算 A、B、C 各点电压如何变化？



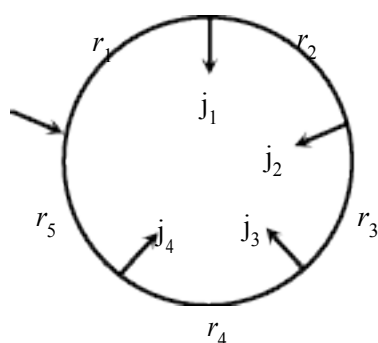
习题图 3-30



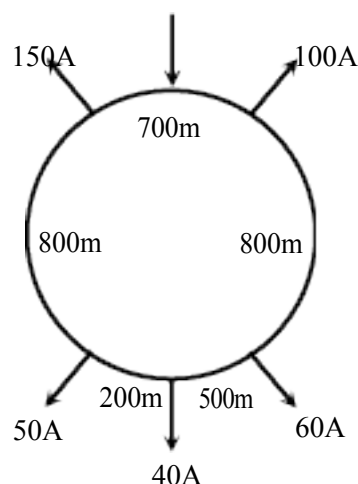
习题图 3-31

3-31 某电力网如图 3-31所示，额定电压为 10kV，电网的导线都采用 LJ—35 铝绞线，三角形排列，线间距离为 1m，负荷的千伏安数、各段线路长度的公里数都标于图中，试求电力网在正常运行时的最大电压损耗。

3-32 环形供电网如图 3-32 所示，A 点电压为 220V，电阻 r_1, r_2, r_3, r_4, r_5 分别为 $0.4\Omega, 0.2\Omega, 0.3\Omega, 0.5\Omega, 0.2\Omega$ ，负荷电流 $i_1=i_2=16A$ ， $i_3=i_4=12A$ ，试求各段电流及各点电压。



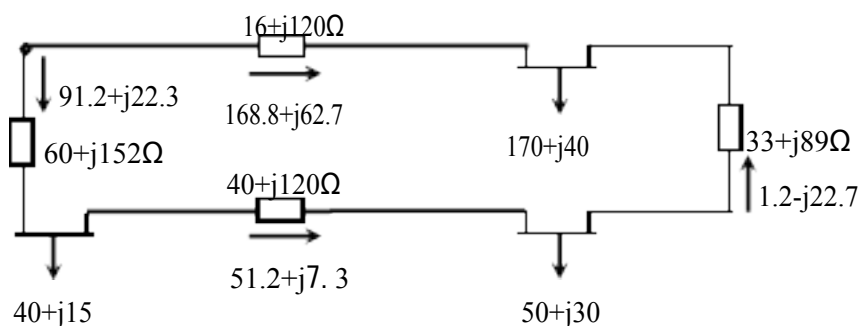
习题图 3-32



3-33 环形电力网如图 3-33 所示，由发电厂 F 对负荷 A 、 B 、 C 、 D 、 E 供电，各负荷电流的数值标于图中， AE 作为环网的联络线，欲使 A 、 E 间不流电流，试求供电点 F 的位置应在何处？（其中线路单位长度阻抗相同，各负荷功率因数也相同）

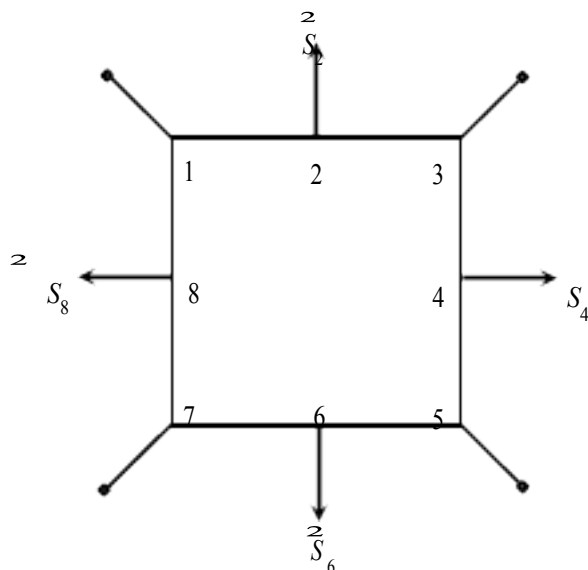
3-34 某一发电厂 A 供电的 220kV 环形网络，线路参数、负荷的兆伏安数和自然功率分布如图 3-34 所示。试计算：

- (1) 该环网的经济功率分布；
 - (2) 实现经济功率分布后，每年节约的电能。
- （计算电能损耗时，取其平均的小时， $\cos\varphi=0.9$ ，可查得 $\tau=3200$ 小时）



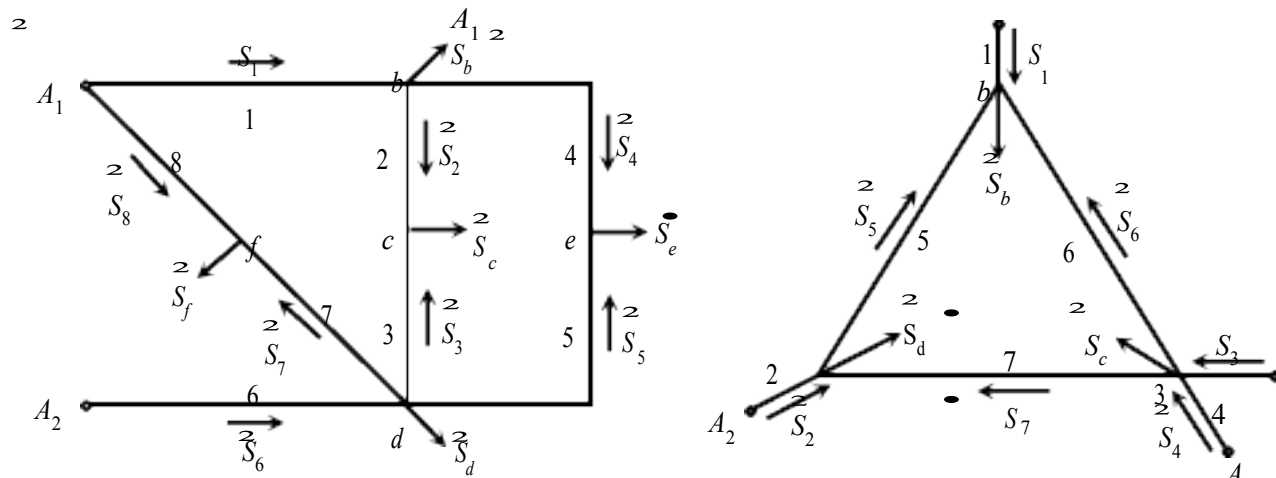
习题图 3-34

3-35 试表明用网络变换法将图 3-35 所示网络化为两端供电网的步骤。（其中 A 、 B 、 C 、 D 为电源， S 为负荷）



习题图 3-35

3-36 试分别说明图 3-36 中两个复杂闭式电力网中功率分布的步骤。（ $\dot{U}_{A1} = \dot{U}_{A2}$ ）

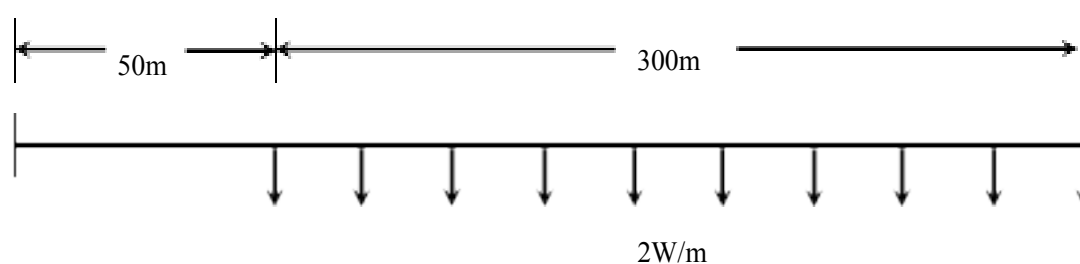


习题图 3-36

3-37 采用 *BBLX*—500 型铝芯橡皮线穿硬塑料管埋地敷设，线路电压 380/220V，最大负荷电流为 50A，环境温度为 25℃，按发热条件选择橡皮线的芯线截面和塑料管的直径。

3-38 有一条用 *LJ* 型铝绞线架设的 10kV 架空线路，计算负荷为 1280kW、 $\cos \varphi = 0.9$ ， $T_{\max} = 4200\text{h}$ 。试选择经济截面，并校验其发热条件和机械强度。若线路为等边三角形排列，相间距离为 1m，线路长 5km，求电压损耗。

3-39 现拟采用 *BBLX*—500 型架空敷设一条 220V 单相路灯线路，线路长度和负荷分布如图 3-39 所示，设线路允许电压损耗为 3%。试选择导线截面。



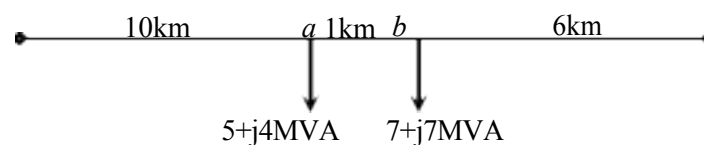
习题图 3-39

3-40 某 110kV 双回输电线路，线路长 100km，输送功率为 80MW，功率因数为 0.85，已知最大负荷利用小时数 $T_{\max} = 6000\text{h}$ ，如果线路采用钢芯铝导线，试选择导线的截面和型号。

3-41 某 500kV 远距离输电线路，线路长为 550km，输送功率为 80 万千瓦，功率因数为 0.95，最大负荷利用小时数为 $T_{\max} = 6500\text{h}$ ，试选择导线的截面和型号。

3-42 某 110kV 架空线路，输送功率为 30MW， $\cos \varphi = 0.85$ ，最大负荷利用小时数为 4500h，试用经济电流密度选择导线截面，并按发热及电晕条件校验。

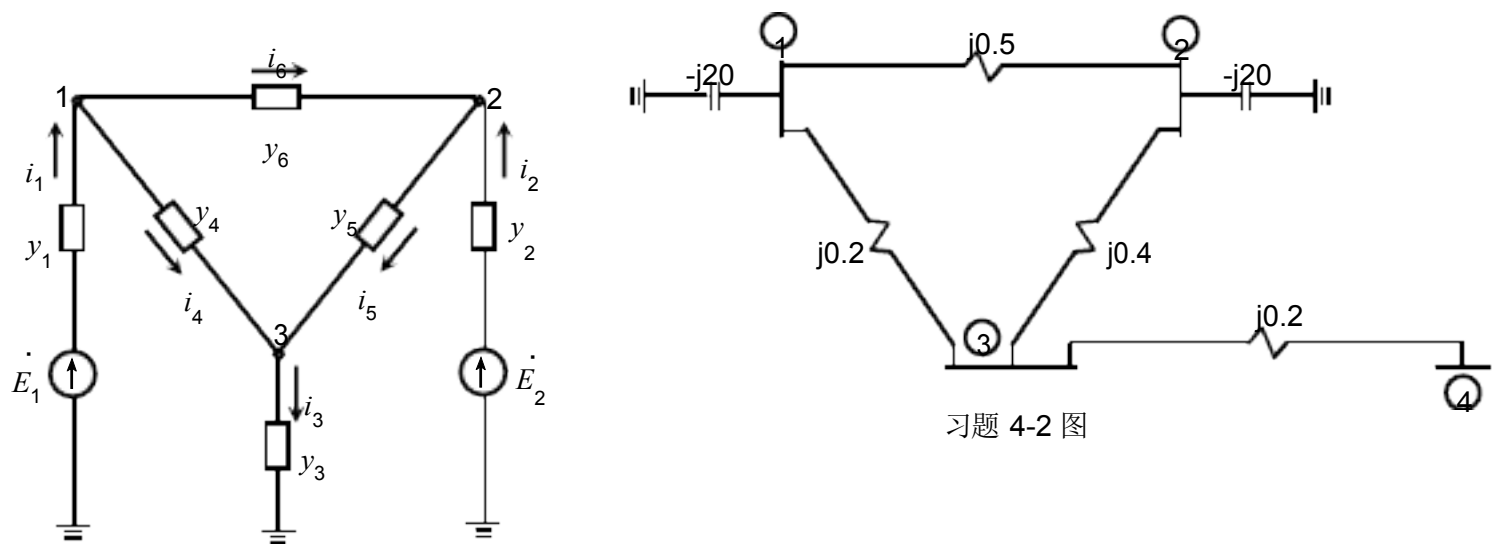
3-43 35kV 的两端供电线路，导线水平排列，线间距离为 3m。电力网每段的长度及负载数均标于图 3-43 中。允许电压损耗在正常运行情况下为 4%，事故运行情况下为 12%。若沿线导线截面相同，求所用钢芯铝线的截面。



习题图 3-43

第四章 电力系统潮流的计算机算法

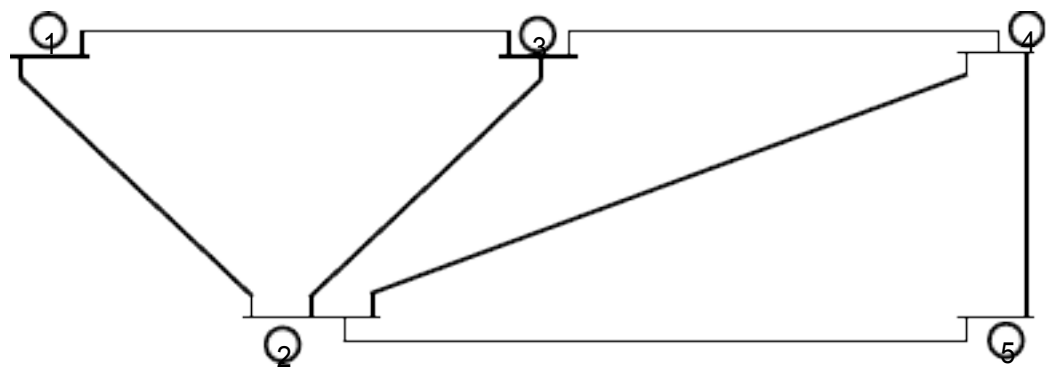
4-1 电力网络如图 4-1 所示，试推导出该网络的结点电压方程，并写出节点导纳矩阵。



习题 4-2 图

4-2 按定义形成如图 4-2 所示网络的结点导纳矩阵（各支路电抗的标么值已给出）。

4-3 求如图 4-3 所示网络的节点导纳矩阵 $[Y_B]$ 。

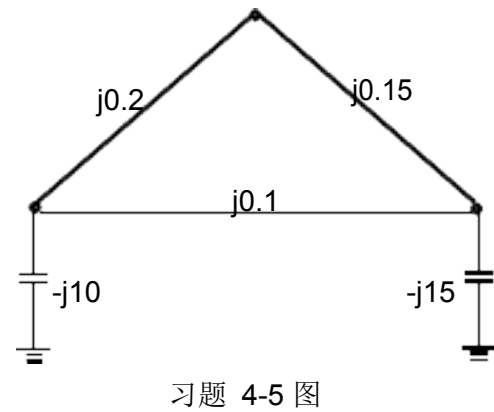
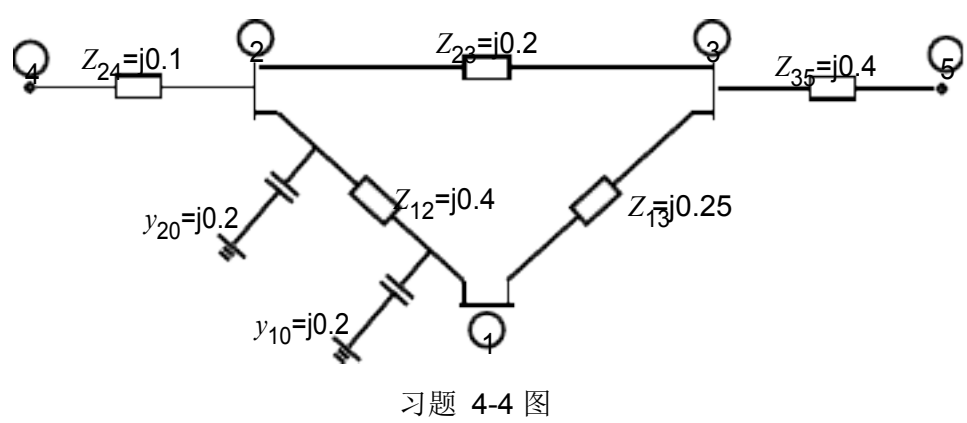


习题 4-3 图

网络参数如下表：

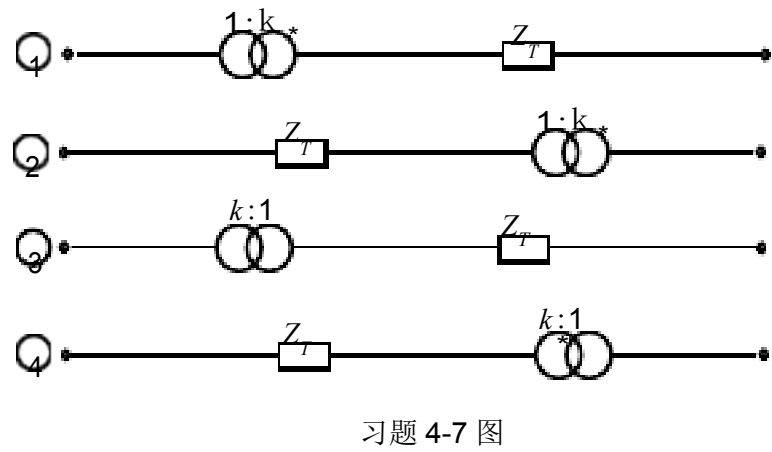
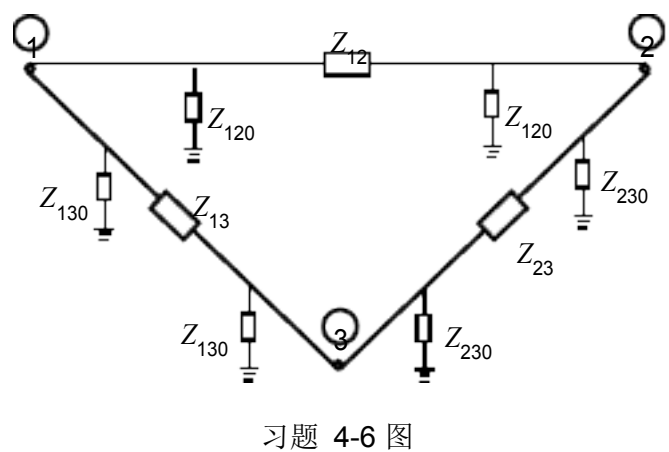
母线编号 $i-j$	线路阻抗（标么值） Z	线路充电容抗（标么值） $X/2$
1-2	$0.02+j0.06$	$-j33.33$
1-3	$0.08+j0.24$	$-j40$
2-3	$0.06+j0.18$	$-j50$
2-4	$0.06+j0.18$	$-j50$
2-5	$0.04+j0.12$	$-j66.66$
3-4	$0.01+j0.03$	$-j100$
4-5	$0.08+j0.24$	$-j40$

4-1 如图 4-4 所示各支路参数为标么值，试写出该电路的结点导纳矩阵。



4-2 已知电网如图 4-5 所示，各支路阻抗均已标于图中，试用支路追加法求节点阻抗矩阵。（图中阻抗为标么值）

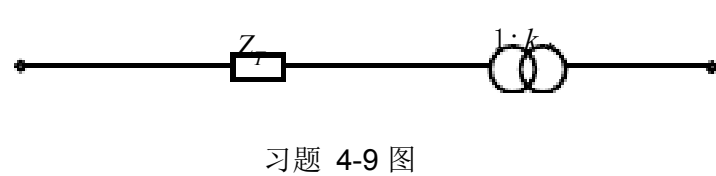
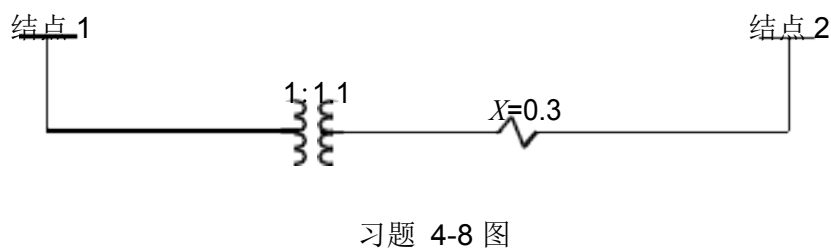
4-3 用支路追加法形成电力系统的阻抗矩阵。系统的等值网络如图 4-6 所示。其中 $Z_{12}=Z_{23}=Z_{13}=35+j150\Omega$ ， $Z_{120}=Z_{230}=Z_{130}=-j2000\Omega$ ，用标么值计算，值取 $S_B=15\text{MVA}$ ， $U_B=220\text{kV}$ 。



4-7 已知理想变压器

的变比 k_* 及阻抗 Z_T ，试分析图 4-7 中四种情况的 π 型等值电路。

4-8 将具有图 4-8 所示的分接头变比的变压器网络用 π 型等值网络表示出来。

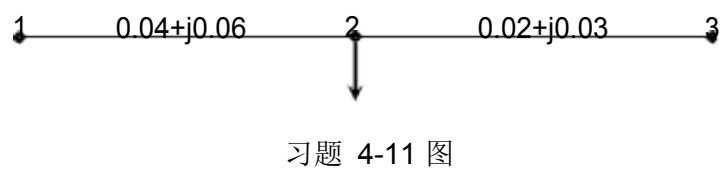


4-9 如图 4-9 所示，已知 $k_*=1.1$ $Z_T=j0.3$ ，求电路的 π 型等值图。

4-10 已知如下非线性方程

$$\begin{aligned} f_1(x_1, x_2) &= 2x_1 + x_1x_2 - 1 = 0 \\ f_2(x_1, x_2) &= 2x_2 - x_1x_2 + 1 = 0 \end{aligned}$$

取初值 $x_1^{(0)}=0$ ， $x_2^{(0)}=0$ 进行迭代求解，试用高斯—塞德尔迭代法迭代一次，再用牛顿—拉夫逊法迭代求真解。



4-11 用高斯—塞德尔法求解图 4-11 所示系统中，在第一次迭找后，节点2 的电压。

已知：节点 1 为平衡节点， $\dot{U}_1 = 1.0 \angle 0^\circ$

$$\begin{matrix} P_2 + Q_2 = -5.96 + j1.46 & U_3 = 1.02 \end{matrix}$$

假定 $\dot{U}_3^{(0)} = 1.02 \angle 0^\circ$, $\dot{U}_2^{(0)} = 1.0 \angle 0^\circ$

4-12 已知如图 4-12 所示电力系统与下列电力潮流方程式：

$$\begin{aligned} \dot{S}_{11} &= j19.98U_2^2 - j10\dot{U}_1\dot{U}_2^* - j10\dot{U}_1\dot{U}_3^* \\ \dot{S}_2 &= -j10\dot{U}_2\dot{U}_{12}^* + j19.98U_2^2 - j10\dot{U}_2\dot{U}_3^* \\ \dot{S}_3 &= -j10\dot{U}_3\dot{U}_1^* - j10\dot{U}_3\dot{U}_2^* + j19.98U_3^2 \end{aligned}$$

试用高斯—塞德尔法求 $\dot{U}_2^{(1)}$ 、 $\dot{U}_3^{(1)}$ ，由 $\dot{U}_2^{(0)} = \dot{U}_3^{(0)} = 1 \angle 0^\circ$ 开始。

4-13 如图 4-13 所示系统中，假设

$$\begin{aligned} \dot{S}_{D1} &= 1 + j0 & \dot{U}_1 &= 1 \angle 0^\circ \\ \dot{S}_{D2} &= 1.0 - j0.8 & P_{G2} &= 0.8 & Q_{G2} &= -0.3 \\ \dot{S}_{D3} &= 1.0 - j0.6 & Z_l &= j0.4 \text{ (所有线路)} \end{aligned}$$

试利用高斯—塞德尔法求 $\dot{U}_2$ 与 $\dot{U}_3$ ，由

$\dot{U}_2^{(0)} = \dot{U}_3^{(0)} = 1 \angle 0^\circ$ 开始，只作一次迭代。

4-14 如图 4-14 所示系统中，假定

$$\begin{aligned} \dot{S}_{D1} &= 1 + j0 & \dot{U}_1 &= 1 \angle 0^\circ \\ P_{G2} &= 0.8 & U_2 &= 1.0 \\ \dot{S}_{D3} &= 1.0 + j0.6 \\ Z_l &= j0.4 \text{ (所有线路)} \end{aligned}$$

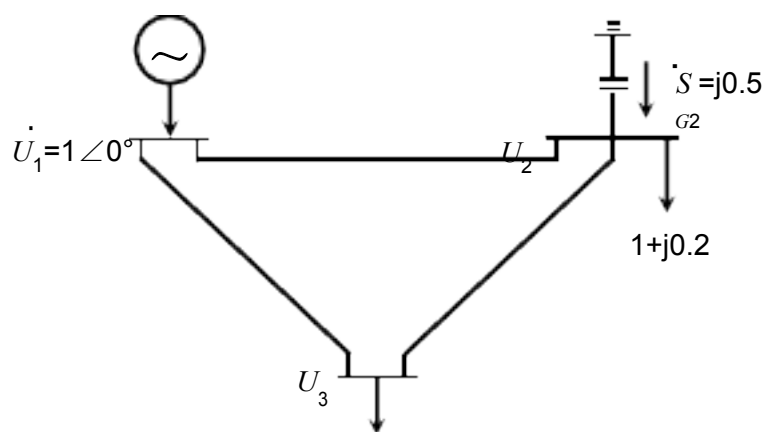
试利用高斯—塞德尔法求 $\dot{U}_2$ 和 $\dot{U}_3$ ，只作两

次迭代，由 $\dot{U}_2^{(0)} = \dot{U}_3^{(0)} = 1 \angle 0^\circ$ 开始。

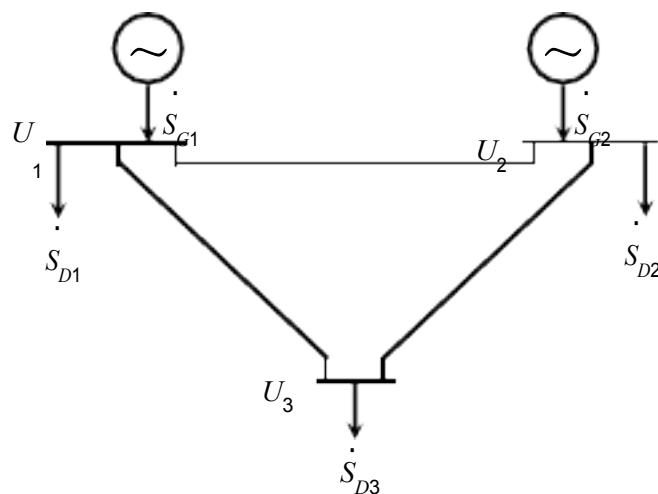
4-15 试利用牛顿—拉夫逊法去解

$$\begin{aligned} f(x) &= x_2^2 - x_1 - 1 = 0 \\ f(x) &= x_2^2 - x_1^2 - 1 = 0 \end{aligned}$$

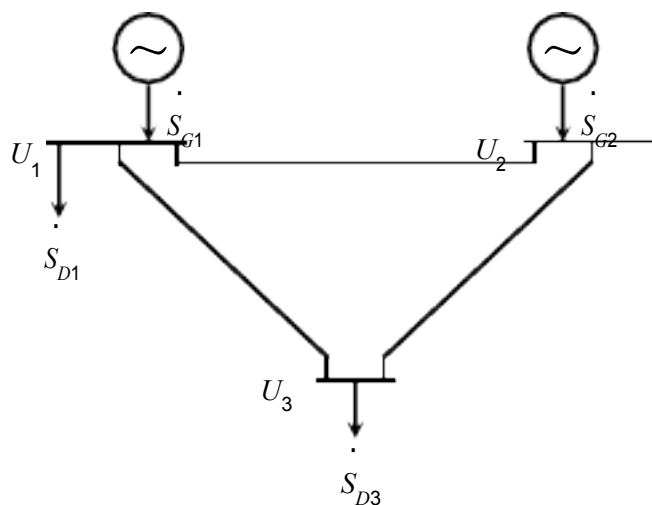
$x_0 = x_1^0 = 1$ ，作两次迭代。（注：真解为 $x_1 = x_2 = 1.618$ ）



习题 4-12 图



习题 4-13 图



习题 4-14 图

4-16 起始条件改成 $x_1^0 = x_2^0 = -1$ ，重作习题 4-15。

4-17 试利用牛顿—拉夫逊法去解

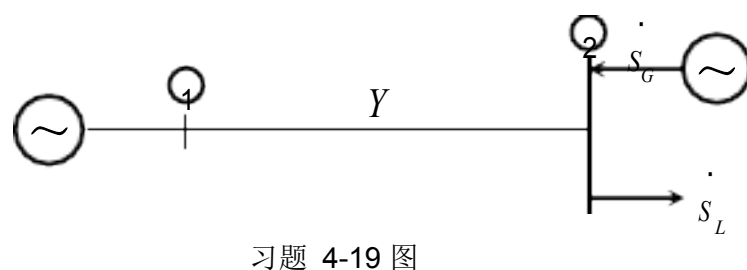
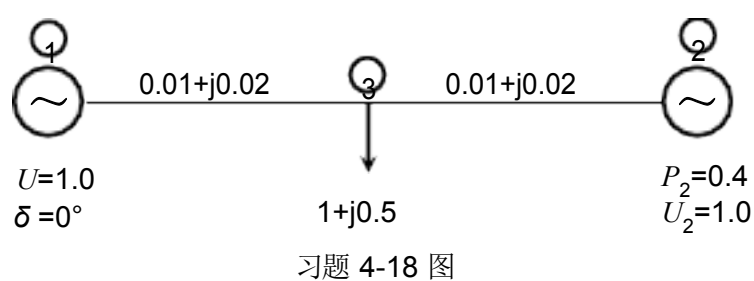
$$f(x) = x_1^2 + x_2^2 - 1 = 0$$

$$f'(x) = \begin{bmatrix} 2x_1 \\ 2x_2 \end{bmatrix} = 0$$

起始猜测为 $x_1^0 = 1$ 、 $x_2^0 = 0$ ，作两次迭代（注：真解为 $x_1 = -x_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$ ）。

4-18 简单电力系统如图 4-18 所示，试用牛顿法计算该系统的潮流。

4-19 有一个二结点的电力系统如图 4-19 所示，已知①节点电压为 $\dot{U}_1 = 1 + j0$ ，②节点上发电机输出功率 $\dot{S}_G = 0.8 + j0.6$ ，负荷功率 $\dot{S}_L = 1 + j0.8$ ，输电线路导纳 $Y = 1 - j4$ 。试用潮流计算的牛顿法写出第一次迭代时的直角坐标修正方程式（电压迭代初值取 $1 + j0$ ）。



4-20 已知两母线系统如图 4-20 所示，图中参数以标么值表示。

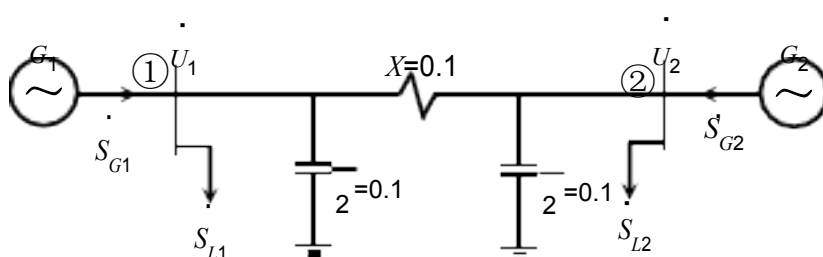
已知： $\dot{S}_{L1} = 10 + j3$ ， $\dot{S}_{L2} = 20 + j10$ ，

$$\dot{U}_1 = 1 \angle 0^\circ, \quad P_{G2} = 15, \quad U_2 = 1$$

试写出：(1) 节点①、②的节点类型；

(2) 网络的节点导纳矩阵；

(3) 导纳形式的直角坐标表示的功率方程（以误差形式 ΔP 、 ΔQ 、 ΔU^2 表示）及相应的修正方程。



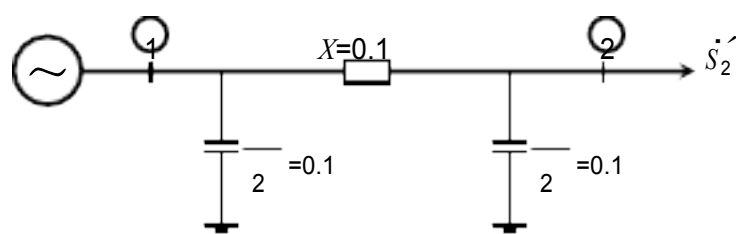
4-21 如图 4-21 所示，结点①为平衡结点，给定 $\dot{U}_1^{(0)} = 1 + j0$ 。结点②为 PQ 结点，给定 $\dot{S}_2' = 1 + j0.8$ 。

试写出：(1) 网络的节点导纳矩阵；

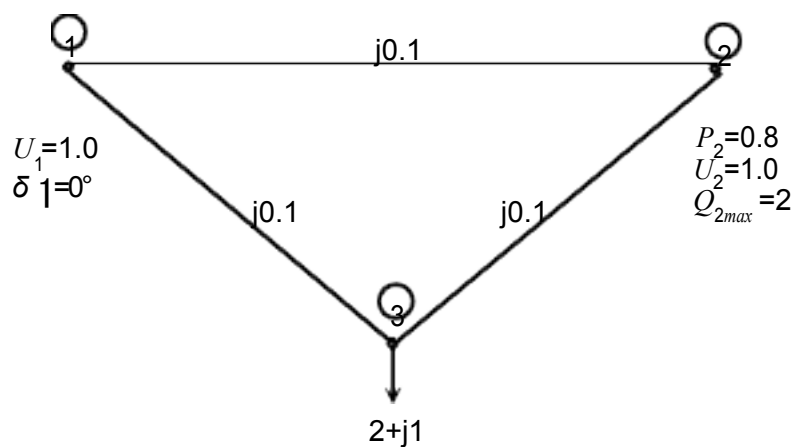
(2) 以直角坐标表示的牛顿—拉夫逊法计算各结点电压（可取 $\dot{U}_2^{(0)} = 1 + j0$ ，迭代一次即可）；

(3) 并列出以误差形式表示的功率方程和相应的修正方程。

4-22 如图 4-22 所示的简化系统，标么阻抗参数均标于图中，结点①为平衡点 $U_1 = 1.0$ ，

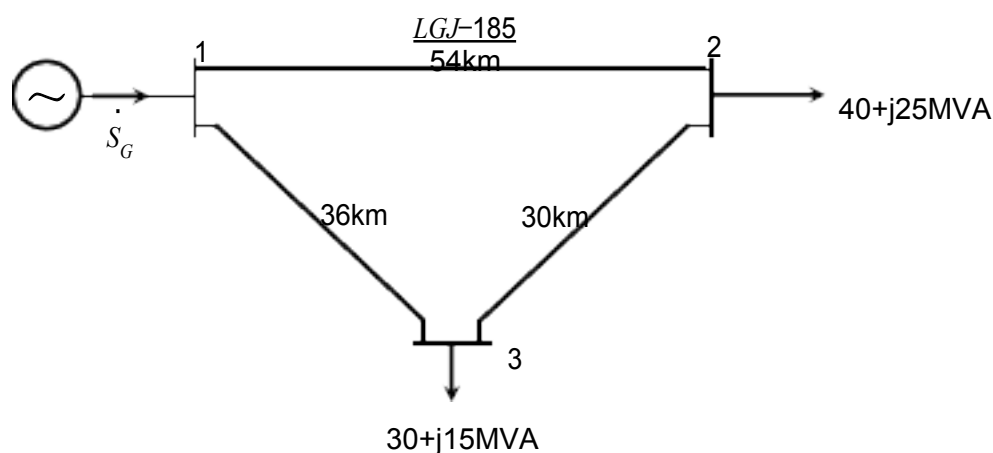


$\delta_1 = 0^\circ$ ；结点②为 PV 结点， $P_2 = 0.8$ ， $U_2 = 1.0$ ，最大无功功率为 $Q_{2max} = 2$ ；结点③为 PQ 结点， $P_3 + jQ_3 = 2 + j1$ 。试用牛顿法计算该系统的潮流。



习题 4-22 图

4-23 三结点的 110kV 电力系统，接线图如图 4-23 所示，输电线均为 $LGJ-185$ 水平排列， $D_m = 5m$ ，不考虑线路对地电容影响，变电所 2 和 3 的负荷如图所示，母线 1 的电压维持在 118kV 运行。试用牛顿-拉夫逊法求系统潮流分布。（要求列出计算原始条件，计算步骤及框图）



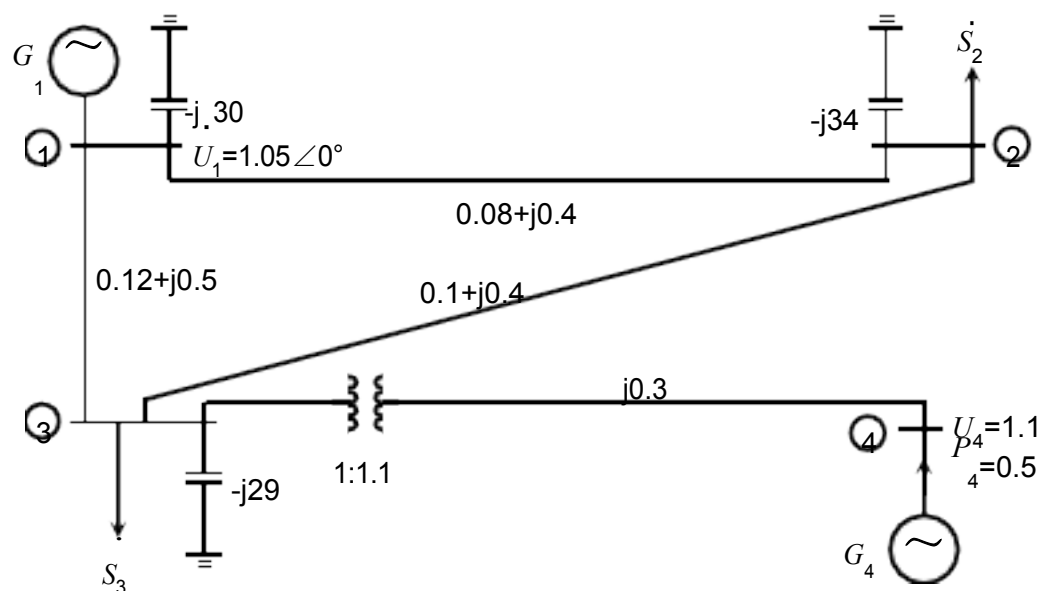
习题 4-23 图

4-24 如图 4-24 所示系统，结点①为平衡结点，结点④是 PV 结点，结点②、③是 PQ 结点。已知：

$$\begin{aligned} \dot{U}_{1s} &= 1.05 \angle 0^\circ \\ S_2 &= 0.55 + j0.13 \\ S_3 &= 0.3 + j0.18 \\ P_4 &= 0.5 \\ U_4 &= 1.1 \end{aligned}$$

试求：

- (1) 结点导纳矩阵；
- (2) 系统的功率方程；
- (3) 用牛顿法进行潮流分布（迭代一次的值）。



习题 4-24 图

4-25 系统等值电路如图 4-25 所示，线路阻抗标么值为 0.01。（十五个结点，二十条支路）

试利用牛顿法通用程序借助计算机计算该系统的潮流分布。



第五章 电力系统的有功功率和频率调整

5-1 两台火力发电机组并列运行，额定容量均为100MW，耗量特性分别为：

$$F_1 = 1 + 0.2P_{G1} + 0.001P_{G1}^2 \quad (\text{t/h})$$

$$F_2 = 2 + 0.1P_{G2} + 0.002P_{G2}^2 \quad (\text{t/h})$$

当负荷为 160MW 时，试求：

(1)平均分配负荷时每小时耗煤多少吨？

(2)最优分配负荷时每小时耗煤多少吨？

5-2 某火电厂装设两套发电设备，其耗量特性分别为：

$$F_1 = 2 + 0.2P_{G1} + 0.001P_{G1}^2 \quad (\text{t/h})$$

$$F_2 = 4 + 0.2P_{G2} + 0.002P_{G2}^2 \quad (\text{t/h})$$

两台发电机的额定容量均为 200MW，而最小有功功率为 $P_{G1min} = P_{G2min} = 50\text{MW}$ 。若该电厂承担负荷为 300MW，试求负荷的最优分配方案。

5-3 已知系统中有两台发电机组，它们的燃料消耗特性为：

$$F_1 = a_1 + b_1 P_{G1} + c_1 P_{G1}^2 \quad (\text{t/h})$$

$$F_2 = a_2 + b_2 P_{G2} + c_2 P_{G2}^2 \quad (\text{t/h})$$

其中 $b_1 = 2 \text{ 元}/(\text{MW} \cdot \text{h})$ ， $b_2 = 2.5 \text{ 元}/(\text{MW} \cdot \text{h})$ ， $c_1 = 0.01 \text{ 元}/(\text{MW}^2 \cdot \text{h})$ ， $c_2 = 0.005 \text{ 元}/(\text{MW}^2 \cdot \text{h})$ 。

两台机组的最小负荷都是 20MW，最大负荷都是 125MW。如果系统有功负荷 P_L 为 150MW，

求两台机组所分配的负荷 P_{G1} 、 P_{G2} 。

5-4 设有三个火电厂并列运行，各电厂的耗量特性及有功功率的约束条件如下：

$$\begin{aligned} F_1 &= 4 + 0.3P_{G1} + 0.0007P_{G1}^2 \quad (\text{t/h}) & 100\text{MW} \leq P_{G1} \leq 200\text{MW} \\ F_2 &= 3 + 0.32P_{G2} + 0.0004P_{G2}^2 \quad (\text{t/h}) & 120\text{MW} \leq P_{G2} \leq 250\text{MW} \\ F_3 &= 3.5 + 0.3P_{G3} + 0.00045P_{G3}^2 \quad (\text{t/h}) & 150\text{MW} \leq P_{G3} \leq 300\text{MW} \end{aligned}$$

当总负荷为 700MW，试确定发电厂间的最优分配方案。

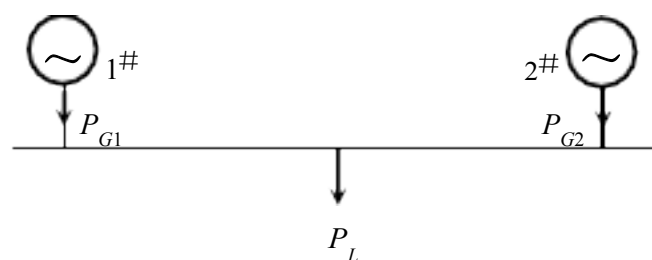
5-5 在一个不计线损仅有 n 台汽轮发电机组组成的系统中，设整个系统每小时的消耗燃料为： $F = F_1(P_{G1}) + F_2(P_{G2}) + \dots + F_n(P_{Gn})$ ，其整个系统消耗的有功功率为 P_L ，试推证等耗量微增率准则：

$$dF_1/dP_{G1} = dF_2/dP_{G2} = \dots = dF_n/dP_{Gn}$$

5-6 写出如图 5-6 所述系统在不计网损，不考虑不等约束的条件时，有功功率最优分配的目标函数、拉格朗日函数，并推导出有功功率最优分配时的准则。（ A 、 B 均为火电厂， P_L 为负荷点的负荷）



习题 5-6 图



习题 5-7 图

5-7 如图 5-7 所示，有两台容量均为 100MW，耗量特性分别为：

$$\begin{aligned} F_1 &= 1 + 0.2P_{G1} + 0.002P_{G1}^2 \quad (\text{t/h}) \\ F_2 &= 3 + 0.1P_{G2} + 0.002P_{G2}^2 \quad (\text{t/h}) \end{aligned}$$

两台发电机，同时供一个负荷 P_L ，试求：

(1) 当系统负荷为 65MW，按 1 号机发 20MW，2 号机发 45MW 分配负荷时，是不是最优分配方案？

(2) 当系统负荷为 160MW 时，此二发电机间的最优分配方案是多少？

5-8 三台发电机组共同承担负荷，它们的耗量微增率分别为：

$$\frac{dF_1}{dP_{G1}} = 0.15P_{G1} + 10 \quad \text{元/MW} \cdot \text{h} \quad (100 < P_{G1} < 200\text{MW})$$

$$\frac{dF_2}{dP_{G2}} = 0.10P_{G2} + 10 \quad \text{元/MW} \cdot \text{h} \quad (100 < P_{G2} < 300\text{MW})$$

$$\frac{dF_3}{dP_{G3}} = 0.05P_{G3} + 10 \quad \text{元/MW} \cdot \text{h} \quad (200 < P_{G3} < 500\text{MW})$$

试求：(1) 负荷为 750MW 时，每台发电机组所承担的负荷；

(2) 负荷在 400MW 至 1000MW 范围内的耗量微增率与负荷功率的关系曲线

$$\lambda = f(P_L)。$$

5-9 两个发电机组一个系统，

$$G_1: \lambda_1 = 8.0 + 0.012P_{G1} \text{ 元/MW} \cdot \text{h} \quad G_2: \lambda_2 = 7.0 + 0.018P_{G2} \text{ 元/MW} \cdot \text{h}$$

$$G_1: 100\text{MW} \leq P_{G1} \leq 650\text{MW} \quad G_2: 50\text{MW} \leq P_{G2} \leq 500\text{MW}$$

试求：(1)当 $P_{G1} + P_{G2} = P_L = 600\text{MW}$ 时，最佳操作系统的 λ 、 P_{G1} 与 P_{G2} ；
(2)假如 P_L 增加 1MW（成为 601MW）时，额外成本（元/小时）。

5-10 某火电厂有两台发电机组，它们的耗量特性如下：

$$F_1 = 5 + 0.1P_{G1} + 0.06P_{G1}^2 \quad (\text{t/h})$$

$$F_2 = 6 + 0.2P_{G2} + 0.01P_{G2}^2 \quad (\text{t/h})$$

每台机组最大、最小出力为： $100\text{MW} \geq P_{G2} \geq 50\text{MW}$, $200\text{MW} \geq P_{G1} \geq 10\text{MW}$ ，当调度分配给该厂的发电任务为 250MW 时，试求机组间有功功率负荷分配的合理方案。若发电任务增至 252MW 时，全厂耗量增加多少？

5-11 假设三个发电机组的燃料—成本曲线如下：

$$f_1(P_{G1}) = 300 + 8.0P_{G1} + 0.0015P_{G1}^2$$

$$f_2(P_{G2}) = 450 + 8.0P_{G2} + 0.0005P_{G2}^2$$

$$f_3(P_{G3}) = 700 + 7.5P_{G3} + 0.0010P_{G3}^2$$

忽略线路损失与发电机极限，当总负荷 P_L 为 500MW 时，试求最佳调度与总成本（元/小时）。

5-12 已知系统中有两台发电机组（一水、一火），它们的耗量特性为：

$$F = a_1 + b_1 P_{G1} + c_1 P_{G1}^2 \quad (\text{t/h})$$

$$W = a_2 + b_2 P_{G2} + c_2 P_{G2}^2 \quad (\text{m}^3/\text{h})$$

其中 $a_1, b_1, c_1, a_2, b_2, c_2$ 均为常数，如果水电厂的耗水量微增率与火电厂燃料微增率的折换

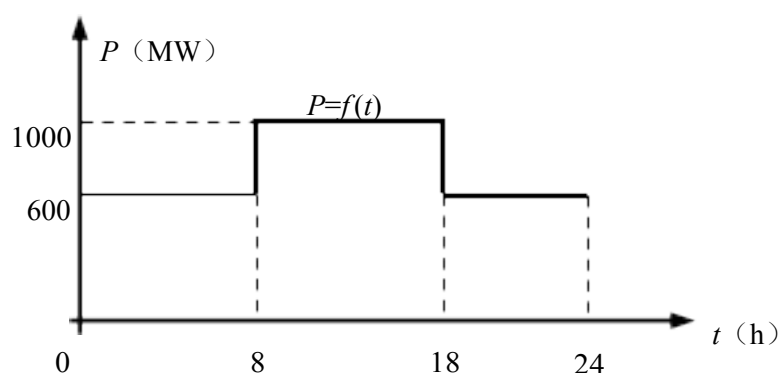
系数 γ 已求出，且能满足给定的日用水量要求，设系统的有功负荷为 P_L ，试求两台机组的最优分配负荷 P_{G1} 、 P_{G2} 。

5-13 已知电力系统只有一个火电厂、一个水电厂。火、水电厂的耗量特性分别为：

$$F = 3 + 0.3P_G + 0.0015P_G^2 \quad (\text{t/h})$$

$$W = 5 + P_{GH} + 0.002P_{GH}^2 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

水电厂日用水量恒定为 $K = 1.5 \times 10^7 \text{m}^3$ ，系统的日负荷曲线如图 5-13 所示。火电厂容量为 900MW，水电厂容量为 400MW。求在给定的用水量下，水、火电厂间的有功功率经济分配方案。



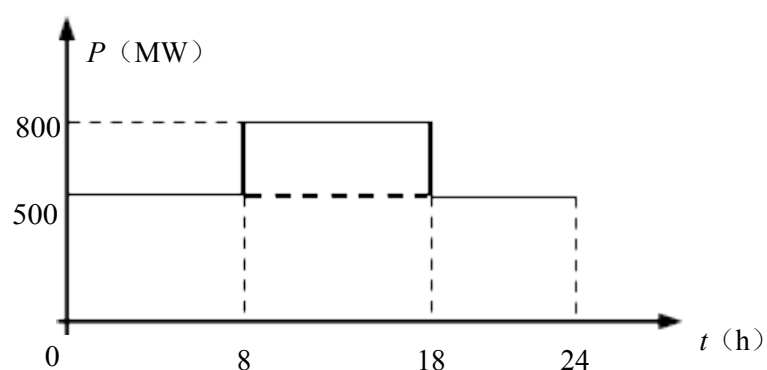
习题 5-13 图

5-14 电力系统中有水电厂、火电厂各一个，它们并联运行，它们的耗量特性为：

$$F = 4 + 0.3P_G + 0.003P_G^2 \quad (\text{t/h})$$

$$W = 3 + P_H + 0.002P_H^2 \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

设水电厂给定的日用水量为 $K = 10^7$ (m^3)，系统的日负荷曲线数据为火电厂容量 800MW，水电厂容量 500MW，如图 5-14



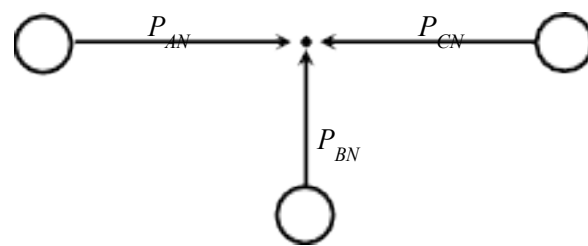
习题 5-14 图

所示。求在给定的日用水量条件下，水、火电厂的功率经济分配。

5-15 两台容量为 60MW 的发电机共同承担负荷，它们的调差系数分别为4%、3%，若空载时并联运行，其频率 f_0 为 50Hz，试求：

(1) 总负荷为 100MW 时，这两台发电机组发出的功率；

(2) 为使总负荷为 100MW 时，两台机组能平均分担负荷，它们的转速应分别增减多少？



习题 5-16 图

5-16 三个电力系统联合运行如图 5-16 所示。已知它们的单位调节功率为：

$K_A = 200 \text{ MW/Hz}$, $K_B = 80 \text{ MW/Hz}$, $K_C = 100 \text{ MW/Hz}$,

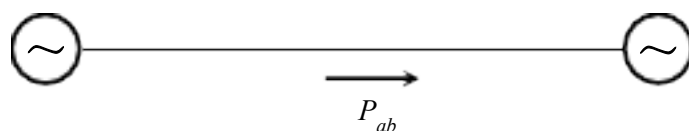
当系统 B 增加 200MW 负荷时，三个系统都参加一次调频，并且 C 系统部分机组参加二次调频增发 70MW 功率。求联合电力系统的频率偏移 Δf 。

5-17 A、B 两系统并列运行，A 系统负荷增大 500MW 时，B 系统向 A 系统输送的交换功率为 300MW，如这时将联络线切除，切除后 A 系统的频率为 49Hz，B 系统的频率为 50Hz，试求：

(1) A、B 两系统的系统单位调节功率 K_A 、 K_B ；

(2) A 系统负荷增大 750MW，联合系统的频率变化量。

5-18 如图 5-18 所示，将两个系统用一条联络线连接起来，A 系统的容量为 2000MW，发电机的单位调节功率 $K_{GA^*} = 30$ ，负荷的单位调节功率 $K_{LA^*} = 2$ ，B 系统的容量为 1000MW， $K_{GB^*} = 20$ ， $K_{LB^*} = 1.2$ 。正常运行时联络线上没有交

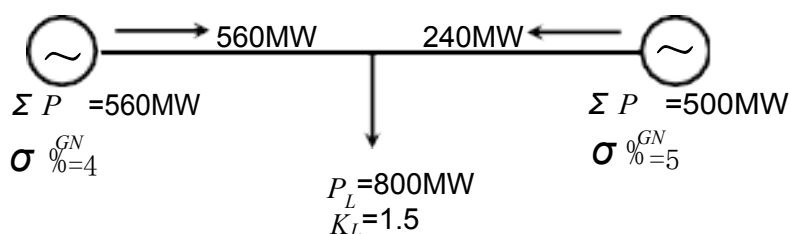


习题 5-18 图

换功率，当 A 系统负荷增加 100MW，这时 AB

两系统的机组都参加一次调频，且 A 系统部分机组参加二次调频，增发 50MW。试计算系统的频率偏移及联络线上的交换功率。

5-19 在如图 5-19 所示的 A、B 两机系统中，负荷为 800MW 时，频率为 50Hz，若切除 50MW 负荷后，系统的频率和发电机组的出力为多少？



习题 5-19 图

5-20 某系统有三台额定容量为 100MW 的发电机并列运行，其调差系数 $\sigma_1^* = 0.02$, $\sigma_2^* = 0.06$, $\sigma_3^* = 0.05$, 其运行情况

为： $P_{G1} = 60 \text{ MW}$, $P_{G2} = 80 \text{ MW}$, $P_{G3} = 100 \text{ MW}$, 取 $K_{L^*} = 1.5$, $P_{LN} = 240 \text{ MW}$, $P_{GN} = 100 \text{ MW}$ 。问：

(1) 当系统负荷增加 50MW 时，系统的频率下降多少？

(2) 如果系统的负荷增加 60MW，则系统的频率下降多少？（均不计频率调整器的作用）

5-21 某电力系统各机组的调差系数 $\sigma_* = 0.05$ ，系统中最大容量的机组的额定容量为系统额定负荷的 10%，该机组运行有 15% 的热备用容量，而负荷在额定值上的最大波动达 5% 时，系统的频率下降 0.1Hz。（设负荷的增量与频率无关），当系统中的最大机组因故障而解列时，系统的频率下降最多为多少？

5-22 某电力系统负荷的频率调节效应 $K_{L^*} = 2$ ，主调频厂额定容量为系统额定负荷的 20%，当系统运行于额定负荷 $P_{DN} = 1$ ，额定频率 $f_N = 50 \text{ Hz}$ 时，主调频厂出为其额定值的 50%，如负荷增加，而调频厂的频率调整器不动作，系统频率就下降 0.3Hz，此时测得 $P_D = 1.1$ （原来不满载的机组仍不满载）。现在频率调整器动作，使频率上升 0.2 Hz，问二次调频作用增加

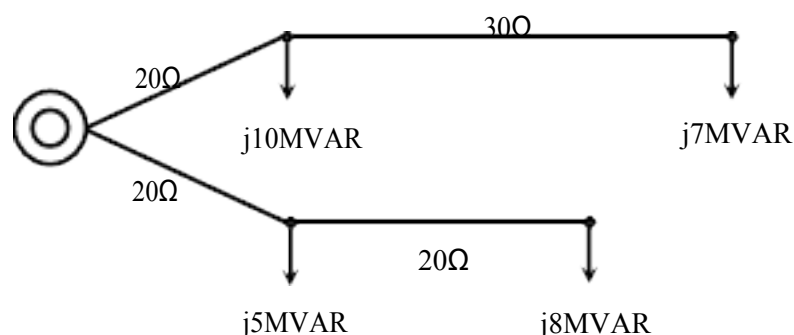
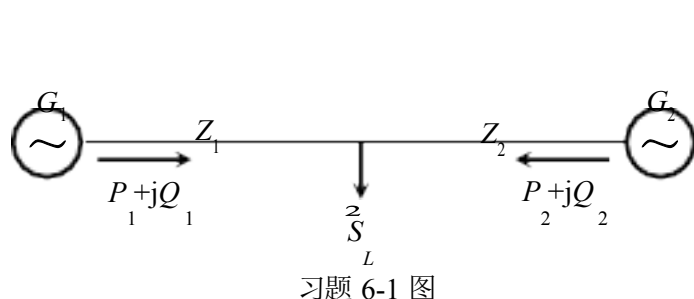
的功率为多少？

5-15 系统 A ，当负荷增加 250MW 时，频率下降 0.1Hz。系统 B ，当负荷增加 400MW 时，频率下降 0.1Hz。系统 A 运行于 49.85Hz，系统 B 运行于 50Hz。如果用可不计损耗的联络线将两系统联系，联络线传递的功率为多少？

5-16 两台 100MW 的机组并列运行，调速器的下降特性分别为 4% 和 5%，负荷为 150MW，两台机组的负荷如何分配？若两台机组平均带负荷，应如何办？哪台机组进行二次调频合适？（两台机组空载时并车）

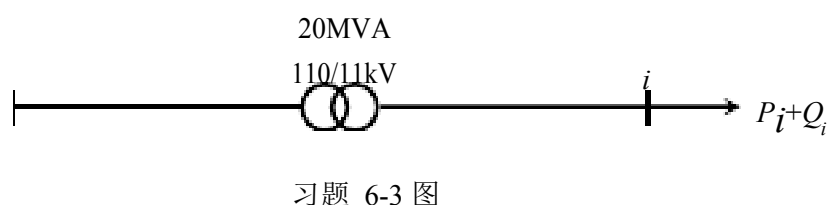
第六章 电力系统的无功功率和电压调整

6-1 如图 6-1 所示，两发电厂联合向一负荷供电，设发电厂母线电压均为 1.0；负荷功率 $S_L = 1.2 + j0.7$ ，其有功部分由两厂平均负担。已知： $Z_1 = 0.1 + j0.4$ ， $Z_2 = 0.04 + j0.08$ 。试按等网损微增率原则确定无功负荷是最优分配。

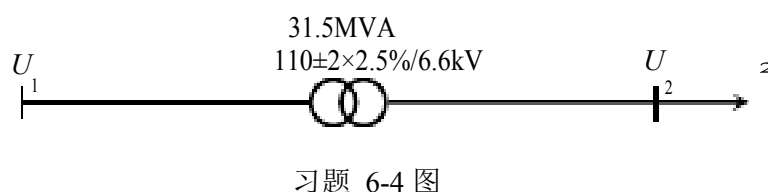


6-2 简化后的 110kV 等值网络如图 6-2 所示。图中标出各线段的电阻值及各结点无功负荷，设无功功率补偿电源总容量为 17MVAR。试确定这些补偿容量的最优分布。

6-3 如图 6-3 所示，某降压变电所装设一台容量为 20MVA、电压为 110/11kV 的变压器，要求变压器低压侧的偏移在大小负荷时分别不超过额定值的 2.5% 和 7.5%，最大负荷为 18MVA，最小负荷为 7MVA， $\cos\varphi = 0.8$ ，变压器高压侧的电压在任何运行情况下均维持 107.5kV，变压器参数为： $U_k\% = 10.5$ ， $P_k = 163\text{kW}$ ，激磁影响不计。试选择变压器的分接头。



6-4 如图 6-4 所示，有一台降压变压器，其归算至高压侧的参数为 $R_T = 2.44\Omega$ ， $X_T = 40\Omega$ ，在最大负荷及最小负荷时通过变压器的功率分别为

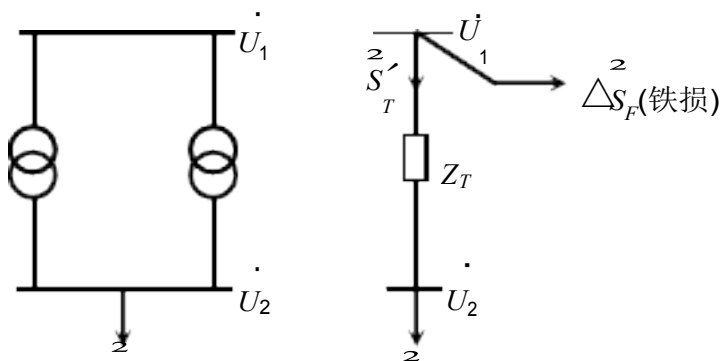


$S_{\max} = 28 + j14\text{MVA}$ ， $S_{\min} = 10 + j6\text{MVA}$ 。最大负荷时高压侧电压为 113kV，而此时低压允许电压为 $\geq 6\text{kV}$ ，最小负荷时高压侧电压为 115kV，而此时低压允许电压为 $\leq 6.6\text{kV}$ 。试选择此变压器分接头。

6-5 如图 6-5 所示，某 110/11kV 的区域性降压变电所有两台 32MVA 的变压器并联运行，两台变压器的阻抗 $Z_T = 0.94 + j21.7\Omega$ ，设变电所低压母线最大负荷 42MVA

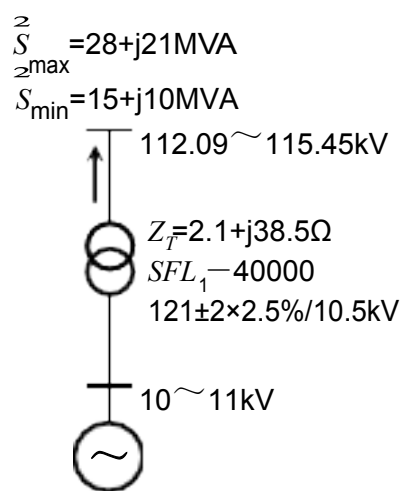
($\dot{S}_{\max} = 38.6 + j18.3$), 对应这时高压母线电压为

103kV, 最小负荷为 18MVA ($\dot{S}_{\min} = 16.5 + j6.3$), 电压为 108.5kV。求变压器的变比, 使低压侧母线电压在最大最小负荷下分别为 $U_{2\max} = 10.5\text{kV}$, $U_{2\min} = 10\text{kV}$ 。若采用有载调压, 变压器分接头电压为 $115 \pm 9^{3.178\%}/10.5\text{kV}$ 。

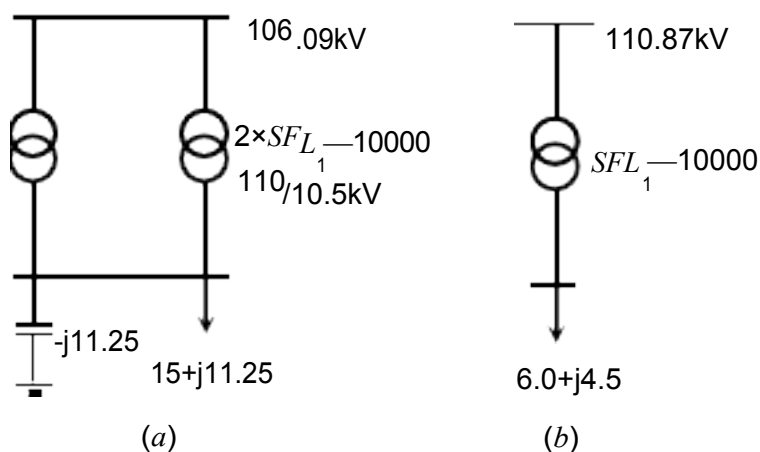


习题 6-5 图

6-6 某水电厂通过变压器 $SFL_1-40000/110$ 型升压变压器与系统联接, 最大负荷与最小负荷时高压母线的电压分别为 112.09kV 及 115.45kV, 要求最大负荷时低压母线的电压不低于 10kV, 最小负荷时低压母线的电压不高于 11kV, 试选择变压器分接头。



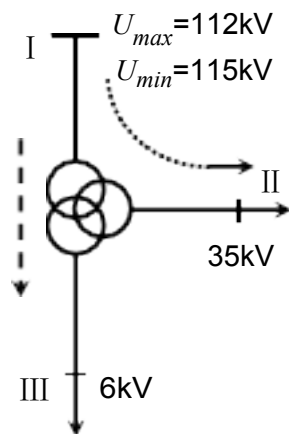
习题 6-6 图



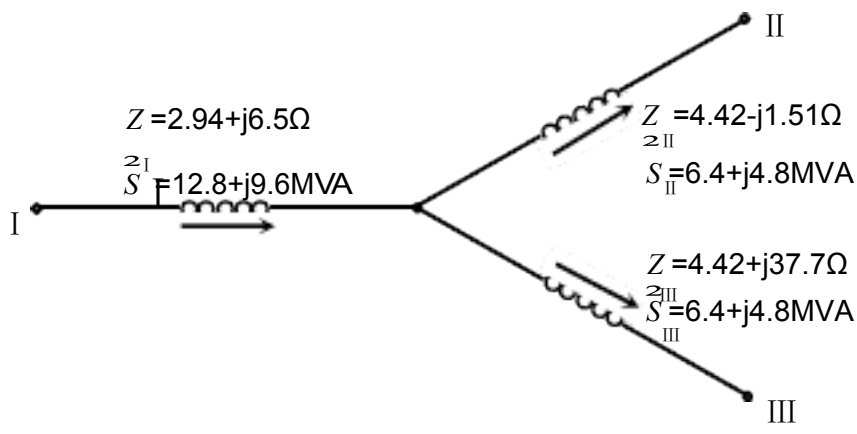
习题 6-7 图

6-7 某变电所装有二台变压器 $2 \times SFL_1-10000, 110/10.5$ 如图 6-7 所示。10kV 侧的最大负荷为 $15 + j11.25\text{MVA}$, 接入补偿电容器 $-j11.25\text{MVAR}$; 最小负荷为 $6 + j4.5\text{MVA}$, 电容器退出, 并切除一台变压器。已知一台变压器的阻抗为 $Z = 9.2 + j127\Omega$, 高压母线最大负荷和最小负荷时的电压分别为 106.09kV 和 110.87kV。要求 10kV 侧母线为顺调压, 试选择变压器的分接头。(变压器参数为 110kV 侧的)

6-8 某变电所装有二台并联工作的降压器, 电压为 $110 \pm 5^{2.5\%}/11\text{kV}$, 每台变压器容量为 31.5MVA, 变压器能带负荷调分接头, 试选择分接头, 保证变电所二次母线电压偏移不超过额定电压 $\pm 5\%$ 的逆调压。已知变电所二次母线的最大负荷为 42MVA, $\cos\varphi = 0.8$, 最小负荷为 18MVA, $\cos\varphi = 0.7$ 。变电所的高压母线电压最大负荷时为 103kV, 最小负荷时为 108.5kV, 变压器短路电压为 10.5%, 短路功率为 200kW。



(a)



(b)

6-9 某降压变电所如图 6-9 (a) 所示, 三绕组变压器的额定电压为 110/38.5/6.6kV, 各绕

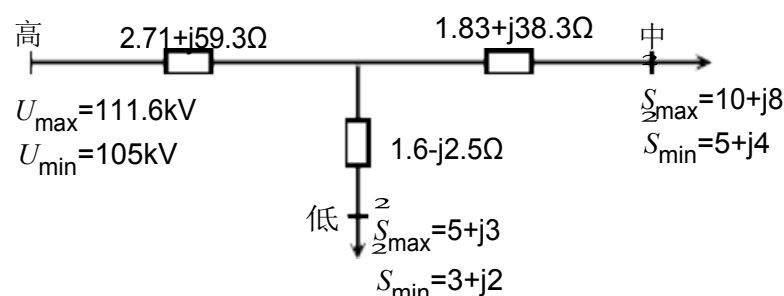
习题 6-9 图

组最大负荷时流通的功率如图 6-9 (b) 所示, 最小负荷为最大负荷的二分之一。

设与该变压器相联的高压母线电压最大最小负荷时分别为 112、115kV, 中、低压母线电压偏移最大最小负荷时分别允许为0、7.5%。试选择该变压器高、中压绕组的分接头。

6-10 试选择如图 6-10 所示的三绕组变压器分接头。变压器参数、最大最小负荷的兆伏安数及对应的高压母线电压均标于图中, 中压侧要求常调压, 在最大最小负荷时, 电压均保持在 35 (1+2.5%) kV, 低压侧要求逆调压。(变压器额定电压为: 110/38.5/6.6kV)

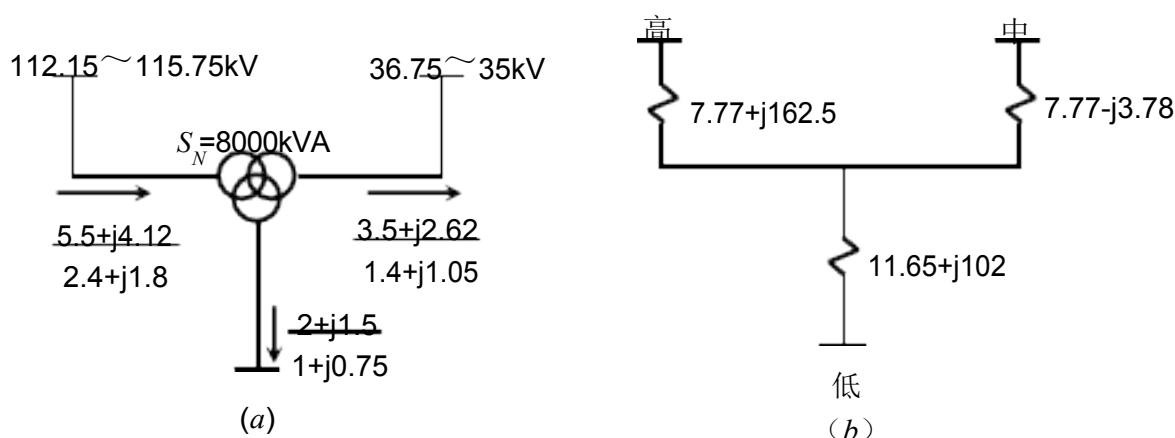
注: (1)变压器参数为归算至高压侧的值; (2)计算时不计变压器功率损耗。



习题 6-10 图

6-11 某变电站装有一台带负荷调压变压器, 型号为 SFSEL—8000, 抽头为 $110 \pm 3^{2.5\%}/38.5 \pm 5\%/10.5\text{kV}$ 。如图 6-11 所示、图 (a) 分数表示潮流, 分子为最大负荷, 分母为最小负荷。已知最大、最小负荷时高压母线电压分别为 112.15kV 和 115.73kV。图 (b) 表示变压器等值电路, 阻抗值为欧姆数, 若要求 10kV 母线及 35kV 母线分别满足逆调压, 试选择变压器的分接头。

6-12 如图 6-12 所示, 一个地区变电所, 由双回 110kV 输电线供电, 变电所装二台容量均为 31.5MVA 的分接头为: $110 \pm 4^{2.5\%}/11\text{kV}$ 的变压器, 已知双母线电抗



习题 6-11 图

$X_L = 14.6\Omega$, 两台主变压器的电抗 $X_T = 20.2\Omega$

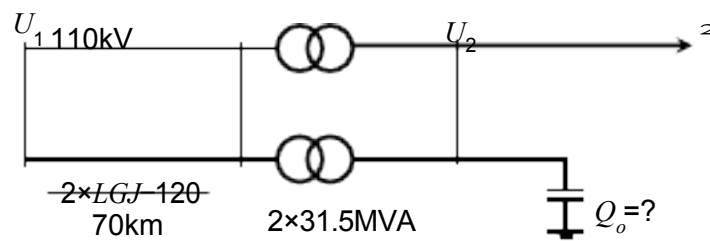
(以折至于 110kV 侧), 变电所低压侧母线上的电压折至高压侧时, 在最大负荷时 $U_{2\max} = 100.5\text{kV}$, 最小负荷时为 $U_{2\min} = 107.5\text{kV}$ 。

试作:

(1)并联电容时, 容量和变比的选择怎样配合? 并联调相机时, 容量和变比的选择怎样配合?

(2)当变电所低压侧母线要求为最大负荷时 $U'_{2\max} = 10.5\text{kV}$, 最小负荷时 $U'_{2\min} = 10\text{kV}$, 求为保证调压要求所需的最小同步调相机容量 Q_c 。

(3)为达到同样的调压目的, 选静止电容器容量为多少?

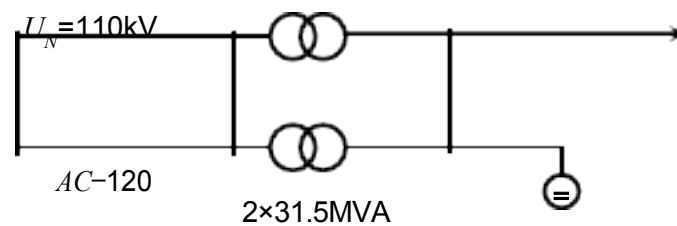


习题 6-12 图

6-13 如图 6-13 所示，有两回110kV 的平行线路对某降压变电所供电，线长70km，导线型号 LGJ—120，变电所并联着两台 31.5MVA 的变压器，变比为 $110 \pm 4^{+2.5\%}/11\text{kV}$ 。两回线电抗 $X'_L = 14.6\Omega$ ，两台变压器电抗 $X'_T = 20.2\Omega$ ，变电所低压折合到高压侧的电压在最大

最小负荷时分别为 $U'_{2\max} = 100.5\text{ kV}$ 、

$U'_{2\min} = 112\text{ kV}$ ，两回线完全对称。试求：



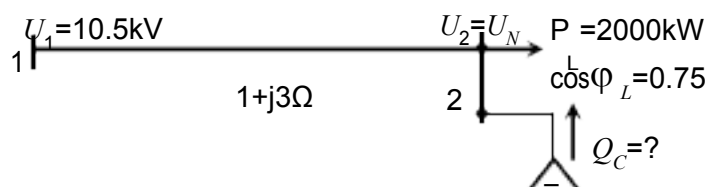
习题 6-13 图

(1)调相机的最小功率，从而保证变电所电压在允许的波动范围。设调相机欠激运行，其容量不超过额定容量的 50%。

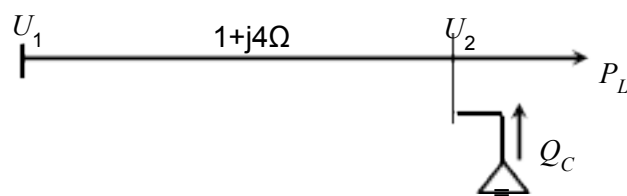
(2)为达到同样的调压效果，在变电所并联一个电容器，电容器的容量应为多大？

6-14 容量为 10000kVA 的变电所，现有负荷恰为 10000kVA，其功率因数为 0.8，今想由该变电所再增功率因数为 0.6、功率为 1000kW 的负荷，为使变电所不过负荷，最小需要装置多少千乏的并联电容器？此时负荷（包括并列电容器）的功率因数是多少？（注：负荷所需要的无功都是感性的）

6-15 如图 6-15 所示，由电站 1 向用户 2 供电，为了使 U_2 能维持额定电压运行 ($U_N = 10\text{kV}$)，问用户处应装电力电容器的容量是多少？（忽略电压降落的横分量 δU ）



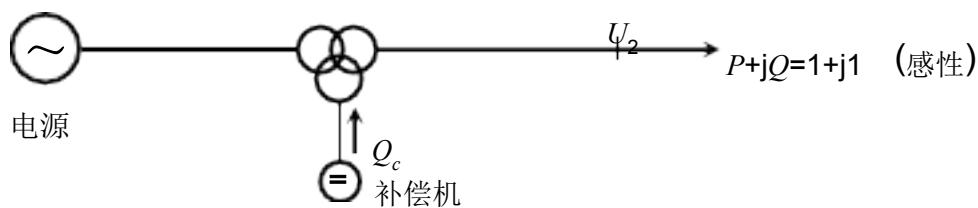
习题 6-15 图



习题 6-16 图

6-16 设由电站 1 向用户 2 供电线路如图 6-16 所示，已知 $U_1 = 10.5\text{kV}$ ， $P_L = 1000\text{kW}$ ， $\cos\phi = 0.8$ ，若将功率因数提高到 0.85，则装设多少容量的并联电容器，此时用户处的电压 U_2 为多大？

6-17 如图 6-17 所示，三绕组变压器 T 高压侧从电源受电，低压侧接同步补偿机，中压供负荷，变压器高压侧绕组漏抗 0.06，变压器中压侧绕组漏抗为 0，低压侧绕组漏抗为 0.03，电源电势为 1，内电抗为 0.14，补偿机电抗为 0.2，中压负荷为 $P+jQ=1+j1$ （感性），为维持中压侧母线电压为 $U_2=0.9$ ，试问补偿机应如何运行（供无功功率为多少）。



习题 6-17 图

6-18 如图 6-18 所示，有一区域变电所 i ，通过一条 35kV 郊区供电线向末端变电所 j 供电，35kV 线路导线采用 LGJ—50，线间几何均距 $D_m = 2.5\text{m}$ ， $L=70\text{km}$ ，末端变电所负荷为 $6.4+j4.8\text{MVA}$ ，若区域变电所电线电压为 38.5kV，末端变电所母线要求维持在 31kV，当采用串联电容器进行调压，试计算：

(1)在没装串联电容时，末端变电所的电压是多少？

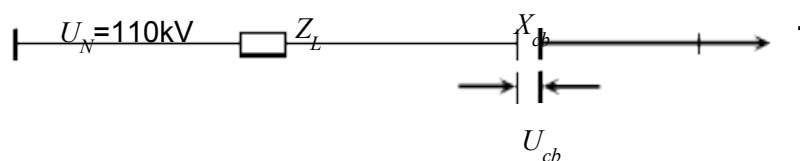
(2)若要求末端变电所电压 $\geq 31\text{kV}$ 时，要装多大容量的串联电容器？当每个电容器 $U_{NC}=0.6\text{kV}$ ， $Q_{NC}=50\text{kVAR}$ 时，电容器应如何联接？

(3)能否采用并联电容器来达到同样的调压要求，你认为应装在哪里？



习题 6-18 图

6-13 如图 6-19 所示，一个区域降压变电所 B ，通过80km 长的 110kV 的单回线路与电源中心 A 相联，线路阻抗 $Z_L=21+j34\Omega$ ，变电所的最大负荷是 $S=22+j20\text{MVA}$ ，在这个运行条件下，线路的压降不得超过6%，为了减小线路上的压降，在每相线上串联电容器，单相电容器规格为 0.66kV、40kVAR（即 $U_N=0.66\text{kV}$ $Q_N=40\text{kVAR}$ ）。求需要多少台电容器及电容器组额定电压和容量。（注：计算时不计线路上的功率损耗）



习题 6-19 图

6-14 某 220kV 输电线路长500km，包含变压器在内的线路各通用常数为 $A=0.7$ ， $B=j800$ ， $C=j1.7\times 10^{-3}$ ， $D=0.7$ （不考虑电阻，按长线路修正等值电路计算），试求：

(1)当线路空载时，如送端电压为 220kV，求受端电压和送端电流？

(2)当线路空载时，如送端、受端的电压都是维持220kV，试求线路末端应装设的并联电抗器的容量。

第二部分 电力系统暂态分析

电力系统的暂态过程，即涉及到电力系统内部的电磁暂态过程，又涉及到电力系统内部的机械运动中的暂态过程，因此研究它有一定的复杂性。所谓电力系统的暂态过程 包括两种：一种是电磁暂态过程(七至十一章)，一种是机电暂态过程（十二至十四章）。

电力系统的电磁暂态过程，主要与电力系统中发生短路、断路、自动磁励有关，涉及电流、电压随时间的变化。

电力系统的机电暂态过程，主要与系统受到干扰、稳定性破坏、异步运行有关，涉及功率、功率角、旋转电机的转速随时间的变化。

第七章 电力系统故障分析的基本知识

7-1 有一输电线路长 100km，每公里电抗 $x_1=0.4/\text{km}$ ，试根据下列基准条件计算这一输电线路的标么值，并对计算结果进行分析讨论。

(1) S_B 分别为 100MVA 和 1000MVA， $U_B=115\text{kV}$

(2) S_B 分别为 100MVA 和 1000MVA， $U_B=230\text{kV}$

7-2 发电机 G_1 和 G_2 具有相同的容量，它们的额定电压分别为 6.3kV 和 10.5kV。若以它们的额定条件为基准的发电机电抗的标么值是相等的。问这两个发电机电抗的欧姆数的比值是多少？

7-3 有两台变压器，一台绕组的额定电压为 121kV 和 6.3 kV，另一台绕组的额定电压为 110kV 和 6.6kV。在这两台变压器的低压侧接有欧姆数相同的电抗 $X=10\Omega$ 。问：

(1) 从两台变压器高压侧看这电抗 X 的欧姆值分别是多少？

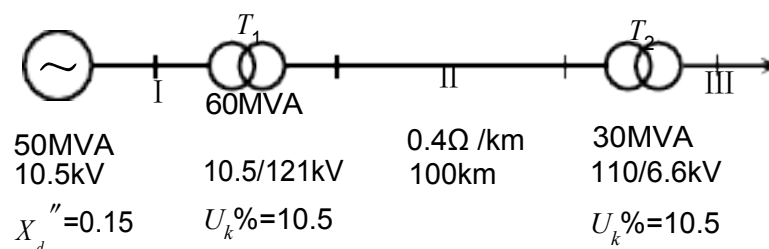
(2) 在 $S_B=100\text{MVA}$ ， $U_B=115\text{kV}$ 的基准条件下，这两个电抗的标么值的比值又是多少？

7-4 有一个电力网，各元件参数已在

图 7-4 中注明。要求：

(1) 准确计算各元件电抗的标么值（采用变压器实际变比）基本段取 I 段， $U_{BI}=10.5\text{kV}$ 。

(2) 近似计算各元件电抗的标么值（采用变压器平均额定变比）。



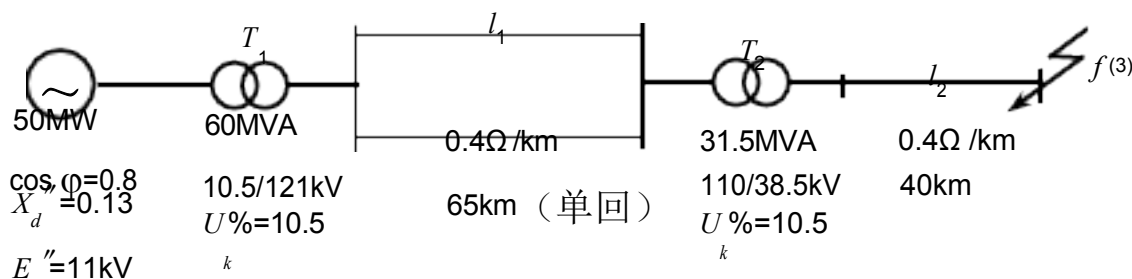
习题 7-4 图

7-5 有一台三绕组自耦变压器，给定参数为： $S=120\text{MVA}$ ，电压 230/115/37kV， $U_{k(1-2)}\%=9$ ， $U_{k(2-3)}\%=18$ ， $U_{k(3-1)}\%=32$ ，试以 $S_B=100\text{MVA}$ ， U_B 为各级电压的平均额定电压为基准，求出各侧电抗的标么值，并作出变压器的等值电路图。

7-6 已知网络的接线图如图 7-6 所示，各元件参数均在图中标出，试求：

(1) 以 $S_B=110\text{MVA}$ ， $U_B=U_{av}$ 为基准的标么值电抗；

(2) 各元件归算到短路点所在的电压等级为基本段的电抗有名值。



习题 7-6 图

7-7 有一输电线路接在一个无限大功率系统上，当 A 相电压正好过零时发生三相短路，已知短路后的稳态短路电流有效值等于 5kA，试在以下两个条件下求短路瞬间各相短路电流 中非周期分量的初始值。

(1) φ （线路阻抗角） $=90^\circ$ (2) $\varphi=0^\circ$

假定短路前线路空载，A 相电压的初相角 $\alpha=0^\circ$

$$\begin{cases} U_A = U_m \sin(\omega t + \alpha) \\ U_B = U_m \sin(\omega t + \alpha - 120^\circ) \\ U_C = U_m \sin(\omega t + \alpha + 120^\circ) \end{cases}$$

7-2 一台变压器接在无限大功率电源上，以其额定条件为基准的电抗、电阻标么值分别为 $X_T=0.1$ ， $R_T=0.01$ 。当在变压器的副边发生三相短路。

(1) 短路前变压器空载，求短路电流的周期分量及冲击电流。

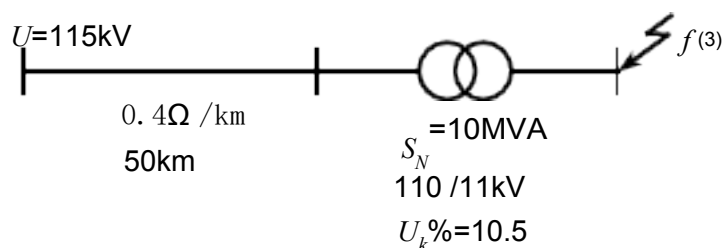
(2) 短路前变压器满载， $\cos\varphi=0.8$ （低压侧），当A相电压合闸相角 $\alpha=30^\circ$ 时发生短路，写出暂态过程中A相电流非周期分量表达式。

7-3 如图 7-9 所示输电系统，假定线路始端电压恒定（恒电压源），当变压器低压母线发生三相短路，试求：

(1) 若短路前变压器空载，计算短路电流的周期分量及短路电流最大有效值。

(2) 当A相非周期分量电流的初值为零及最大时，计算相应的B、C相非周期分量电流的初始值。

(3) 若短路前变压器满负荷运行，功率因数为0.9（低压侧），计算最大非周期分量电流的初始值，并与空载时短路比较。



习题 7-9 图

7-10 如图 7-10

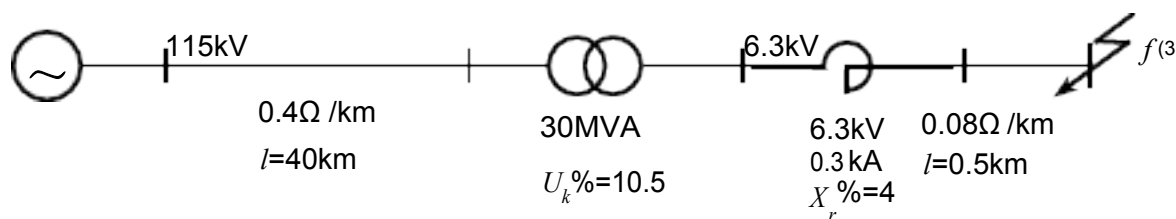
所示系统，电源为恒电压源。当取

$S=100\text{MVA}$ ， $U_B=U_{av}$ ，冲击系数 $K_M=1.8$ 时，

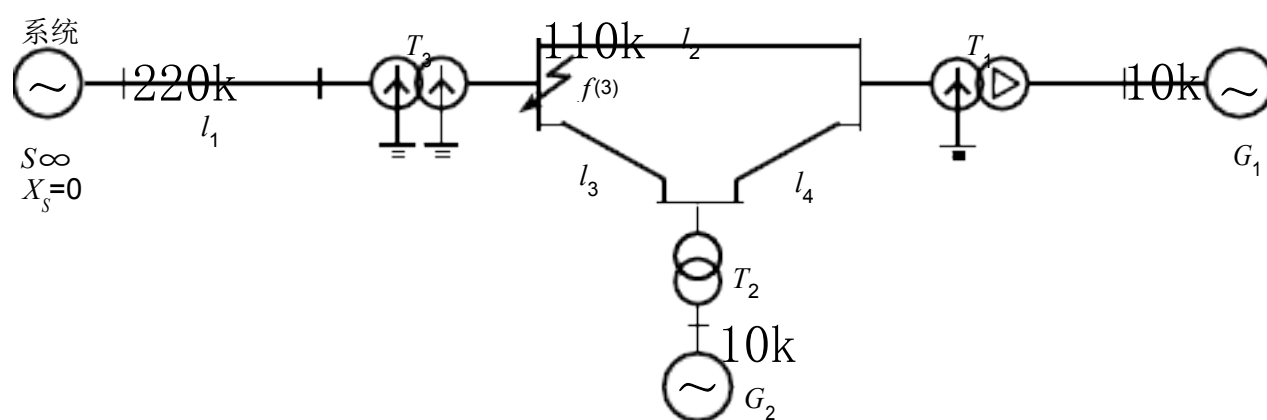
问：

(1) 在 f 点发生三相短路时的冲击电流是多少？短路电流的最大有效值是多少？

(2) 简述短路冲击电流的意义，何种情况下短路其冲击电流最大？



习题 7-10 图



习题 7-11 图

7-11 已知系统接线如图 7-11 所示。各元件参数已知如下：

系统为无穷大系统 $S_N=\infty$ $X_S=0$

$\begin{cases} G_1: 50\text{MVA} \\ : 25\text{MW} \end{cases} \quad \begin{cases} X'_d = 0.2 \\ \cos\varphi = 0.8 \end{cases} \quad X'_d = 0.125$

G_2

d

$$\begin{cases} T_1: & 60\text{MVA} & U_k\% = 10.5 & 121/10\text{kV} \\ T_2: & 31.5\text{MVA} & U_k\% = 10.5 & 121/10\text{kV} \\ T_3: & 60\text{MVA} & U_k\% = 10.5 & 230/110\text{kV} \end{cases}$$

$$\begin{cases} l_1 = 260\text{km} & x_1 = 0.4\Omega/\text{km} \\ l_2 = 60\text{km} & x_1 = 0.4\Omega/\text{km} \\ l_3 = 100\text{km} & x_1 = 0.4\Omega/\text{km} \\ l_4 = 50\text{km} & x_1 = 0.4\Omega/\text{km} \end{cases}$$

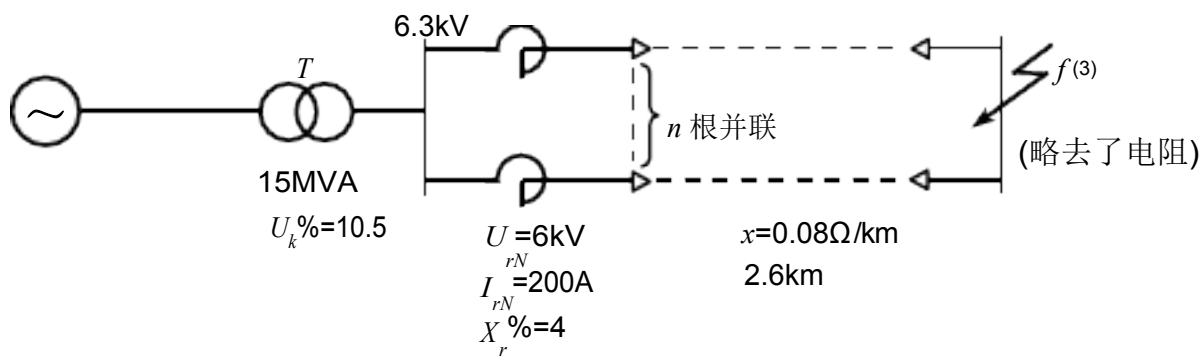
已知 $E'_1 = E'_2 = j1$ ，试求短路点发生三相短路时（ $t=0$ ）

(1) 短路点的三相次暂态电流（有名值）；

(2) 短路点的冲击电流（假定冲击系数为1.8）及短路功率（有名值）；

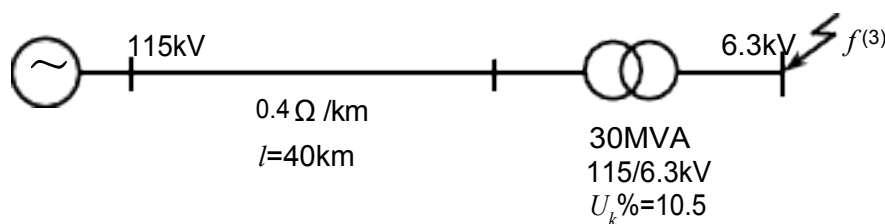
(3) 线路 l_1, l_2, l_3 中的电流（有名值）。

7-12 如图 7-12 所示的系统中，有 n 根电缆并联，今欲使 f 点三相短路之冲击电流不超过 20kA ，求 n 之最大可能值。（标么值计算，取 $S_B = 100\text{MVA}$ ， $U_B = U_{av}$ ）



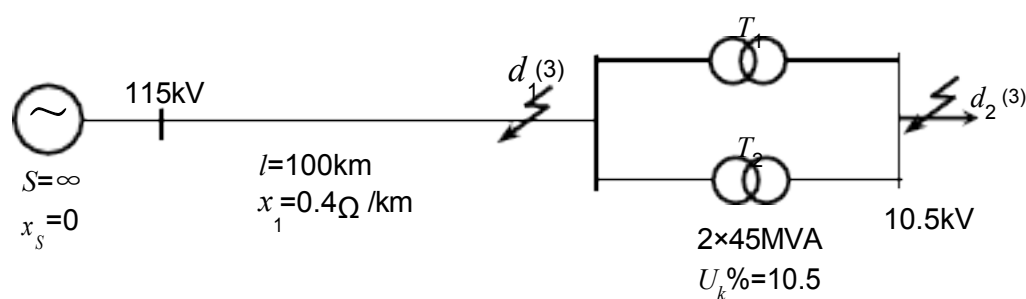
7-13 如图 7-13 所示系统，电源为恒定电源，当变压器低压母线发生三相短路时，若短路前变压器空载，试计算短路电路周期分量的有效值、短路冲击电流及短路功率。（取

$S_B = 100\text{MVA}$ ， $U_B = U_{av}$ ，冲击系数 $K_M = 1.8$ ）



习题 7-13 图

7-14 一个无限大容量系统通过一条 100 km 的 110 kV 输电线向变电所供电，线路和变压器的参数标于图 7-14 中，试用标么制计算线路末端 d_1 点和变电所出线上 d_2 点发处三相短路时，短路电流周期分量有效值和短路冲击电流。（取 $K_M = 1.8$ $S_B = 100\text{MVA}$ ， $U_B = U_{av}$ ）



习题 7-14 图

第八章 同步发电机突然三相短路分析

8-1 试推导派克变换矩阵

$$P = \frac{2}{3} \begin{bmatrix} \cos\theta & \cos(-120^\circ) & \cos(\theta+120^\circ) \\ -\sin\theta & -\sin(\theta-120^\circ) & -\sin(\theta+120^\circ) \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \end{bmatrix}$$

8-2 已知:
$$\begin{cases} U = U \cos\omega t \\ U^a = U^m \cos(\omega t - 120^\circ) \\ U^b = U^m \cos(\omega t + 120^\circ) \\ U^c = U^m \cos(\omega t + 120^\circ) \end{cases}$$

试计算派克变换后的电压 U_d 、 U_q 、 U_o 。

8-3 设三相电流的瞬时值为:
$$i_{abc} = \sqrt{2}I \begin{cases} \cos(\omega t + \varphi) \\ \cos(\omega t + \varphi - 120^\circ) \\ \cos(\omega t + \varphi + 120^\circ) \end{cases}$$

试计算经派克变换后的 i_{dq0} 。

8-4 设三相电流的瞬时值为
$$i_{abc} = \sqrt{2}I \begin{cases} \cos\omega t \\ \cos(\omega t + 120^\circ) \\ \cos(\omega t - 120^\circ) \end{cases}$$

试计算经派克变换后的 i_{dq0} 。

8-1 已知: $\begin{pmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{pmatrix} = I \begin{pmatrix} 1 \\ -0.5 \\ -0.5 \end{pmatrix}$ 试计算经派克变换后的 $\begin{pmatrix} i_d \\ i_q \\ i_0 \end{pmatrix}$

8-2 已知发电机 d 、 q 轴的同步电抗 $X_d=1.1$, $X_q=1.08$, 负载的电压 $\dot{U} = 1.0\angle 30^\circ$, 电流 $\dot{I} = 0.8\angle -15^\circ$, 试计算暂态电势 E_q , 并作向量图。

8-3 已知发电机的暂态电抗 $X'_d=0.23$, $X'_q=1.08$, 负载的电压 $\dot{U} = 1.0\angle 30^\circ$, 电流 $\dot{I} = 0.8\angle -15^\circ$, 试计算暂态电势 E'_q , 并作向量图。

8-4 已知发电机的次暂态电抗 $X''_d=0.12$, $X''_q=0.15$, 负荷电压 $\dot{U} = 1.0\angle 30^\circ$, 电流 $\dot{I} = 0.8\angle -15^\circ$, 试计算次暂态电势 E''_q 、 E''_d 及 E'' , 并作向量图。

8-5 已知同步发电机的参数: $X_d=1.1$, $X_q=1.08$, $X'_d=0.23$, $R=0.0055$, $T'_d=1.11$, $T'_a=0.16$, 试计算空载端点短路时, $\theta_o = 0^\circ$, 在 $t=0$ 秒的基频周期电流有效值和 $t=0.01$ 秒时全电流瞬时值。

8-6 有一台具有阻尼绕组的同步机, 已知短路前为空载, $E=1.2$, $\delta=0$, 当在机端发生突然三相短路时, 求 $\alpha=0$ 时 a 相电流的各个分量及其变化规律, 并求最大瞬时值。

已知电机各参数如下: $X_d=1.3$ 、 $X_q=0.7$ 、 $X_f=1.2$ 、 $X_D=1.2$ 、 $X_Q=0.6$ 、 $X_{ad}=1$ 、 $X_{aq}=0.5$ 、 $R=0.005$ 、 $R_f=0.001$ 、 $R_D=0.03$ 、 $R_Q=0.05$ 。

8-7 有一台发电机短路前 $U_{q(0)}=0.95$, $I_{d(0)}=1$, 发电机电抗的标么值分别为: $X_d=1.0$, $X'_d=0.3$, $X_s=0.125$ 。

(1)求发电机短路前的 $E_{q(0)}$, $E'_{d(0)}$ 及 $E_{\delta q(0)}$

(2)若发电机机端发生三相短路时, 求短路瞬间的 E'_{q0} 、 i_{q0} 、 E_{q0} 及 E'_{aq0} , 并说明这些量在突变前后瞬间的变化情况。

8-8 一台汽轮发电机 $P_N=15\text{MW}$, $\cos\varphi_N=0.8$, $U_N=6.3\text{kV}$ 。在空载额定电压下发生机端突然三相短路。其已知参数是: $X'_d=0.117$, $X''_d=0.192$, $X_d=1.86$, $T'_d=0.105$ 秒, $T''_d=0.84$ 秒, $T'_a=0.16$ 秒, $X'_q=X'_d$ 。设起始瞬间 $\theta_0=30^\circ$ (转子轴线偏离 A 相绕组的轴线角度)

(1)试写出三相电流的时间关系式;

(2)绘出三相电流的大致波形图。说明最大冲击电流发生在哪一相？

8-9 一台同步发电机 $S_N=100\text{MVA}$, $U_N=10.5\text{kV}$, 其有关参数是: $X_d=1.2$, $X'_d=0.3$,

$X''_d=0.2$, $X'_q=0.3$, $T_a=0.25$ 秒, $T'_d=1$ 秒, $T''_d=0.04$ 秒。发电机原来作空载运行, 其端电

压等于额定电压。如果在 $U_a=0$ 时, 突然在发电机端部发生三相短路。试计算:

(1)短路瞬间短路电流周期分量的有效值;

(2)短路三个周期后 a 相的直流分量电流大小 (忽略二倍频率分量)。

8-10 已知同步发电机参数为: $X_d=1.15$, $X_q=0.75$, $X'_d=0.37$, $X'_q=0.24$, $X''_q=0.34$,

$T_a=0.15$ 秒, $T'_d=1.8$ 秒, $T''_d=0.035$ 秒, $R=0.009$ 。试计算发电机空载端点短路, 当 $\theta_0=0$ 时,

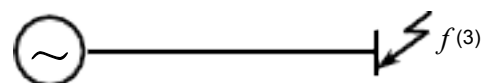
$t=0.01$ 秒和 $t=0.1$ 秒时的 a 相短路电流。

第九章 电力系统三相短路的实用计算

9-1 有一台发电机在机端发生三相短路，求短路瞬间的起始次暂态电流及冲击电流的有名值。

已知发电机短路前满载运行，以本身额定值为基准的标么值参数为 $U_{(0)}=1$ 、 $I_{(0)}=1$ 、 $\cos\varphi_{(0)}=0.8$ 、 $X'_d=0.125$ ，取 $K_M=1.9$ （冲击系数）。发电机的额定相电流为 3.44kA 。

9-2 如图 9-2 所示，有一台发电机在机端发生三相短路，求短路瞬间的起始次暂态电流及冲击电流的有名值。

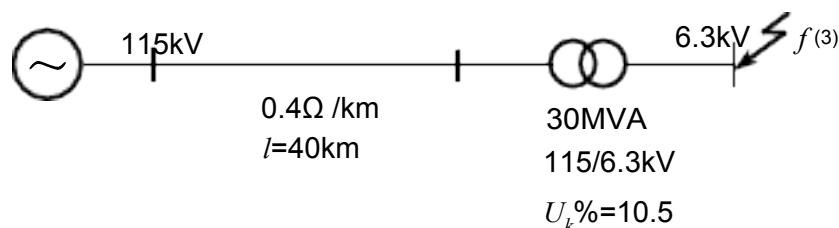


习题 9-2 图

已知发电机短路前满载运行，以本身额定值为基准的标么值参数为 $U_{(0)}=1$ 、 $I_{(0)}=1$ 、 $\cos\varphi_{(0)}=0.8$ 、 $X'_d=0.125$ ，取

$K_M=1.8$ 。发电机的额定相电流有效值为 3.45kA 。

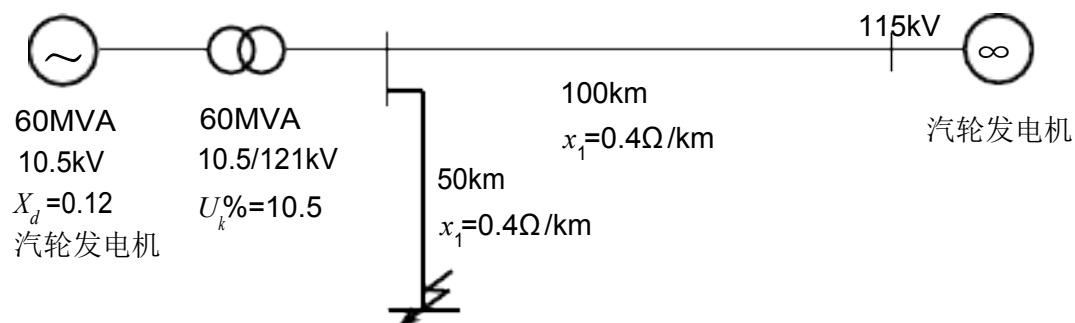
9-3 如图 9-3 所示系统，电源为恒定电源，当变压器低压母线发生三相短路时，若短路前变压器空载，试计算短路电流周期分量的有效值、短路冲击电流及短路功率。（ $S_B=100\text{MVA}$ ， $U_B=U_{av}$ ，冲击系数 $K_M=1.8$ ）



习题 9-3 图

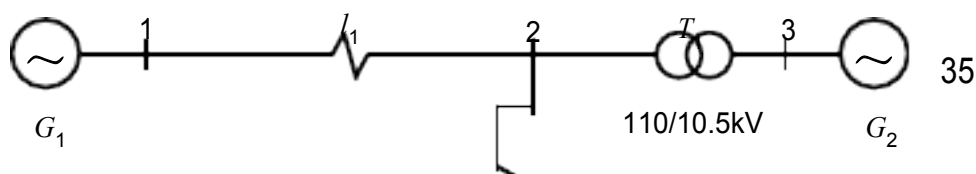
9-4 同步发电机运行情况为：机端电压 $U=1.0$ ，输出功率 $P=0.8$ ，功率因数为 0.8 ，电机参数： $X_d=1.2$ ， $X'_d=0.24$ ， $X'_q=X_q=0.8$ 。试计算机端发生三相短路时的短路电流 I'_d ，并画出正常运行（故障前）的向量图。

9-5 如图 9-5 所示系统，在 f 点发生三相短路，试求： $t=0$ 秒、 $t=0.6$ 秒时的短路电流周期分量。



习题 9-5 图

9-6 电力系统结线如图 9-6 所示。其中：



发电机 $G_1: S_{N1} = \infty$

$$X'_d = 0 \quad E'_* = 1$$

2 发电机 $G_2: S_{N2} = 100/0.85$

$$X'_d = 0.125 \quad E'_* = 1$$

变压器 $T_1: S_{N1} = 120\text{MVA} \quad U_k\% = 10.5$

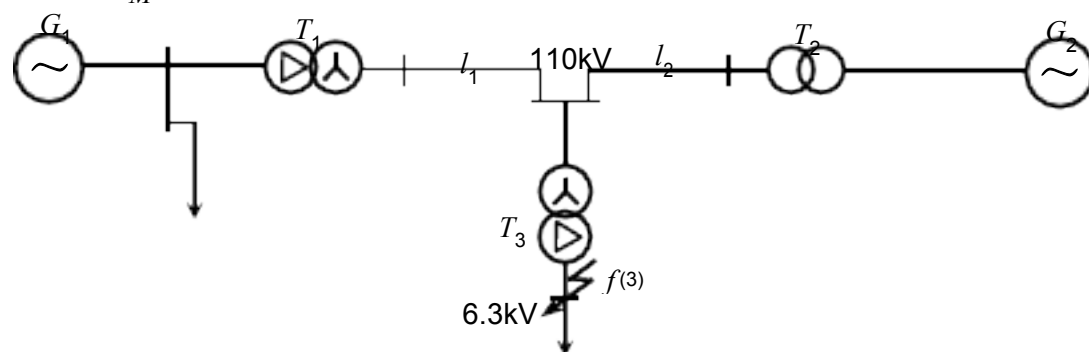
线路 $l_1: l_1 = 50\text{km} \quad x_1 = 0.4\Omega/\text{km}$

线路 $l_2: l_2 = 40\text{km} \quad x_2 = 0.4\Omega/\text{km}$

当母线 4 发生三相短路时，求短路点短路电流周期分量有效值 I' 、冲击电流 i_M 及母线

2 上的电压。($S_B = 100\text{MVA}, U_B = U_{av}$)

9-3 如图 9-7 所示的网络中， f 点发生了三相短路，求：(1)短路点的周期分量起始值电流及冲击电流值，取 $K_M = 1.8$ ；(2)求 A 、 B 、 C 母线上的各相电压值。



各元件参数已知如下：

习题 9-7 图

发电机： $\begin{cases} G_1: E'_1 = j1.08 & X'_d = 0.125 & S_{N1} = 60\text{MVA} \\ G_2: E'_2 = j1 & X'_d = 0.13 & S_{N2} = 30\text{MVA} \end{cases}$

变压器： $\begin{cases} T_1: S_{N1} = 40\text{MVA} & U_k\% = 10.5 \\ T_2: S_{N2} = 31.5\text{MVA} & U_k\% = 10.5 \\ T_3: S_{N3} = 20\text{MVA} & U_k\% = 10.5 \end{cases}$

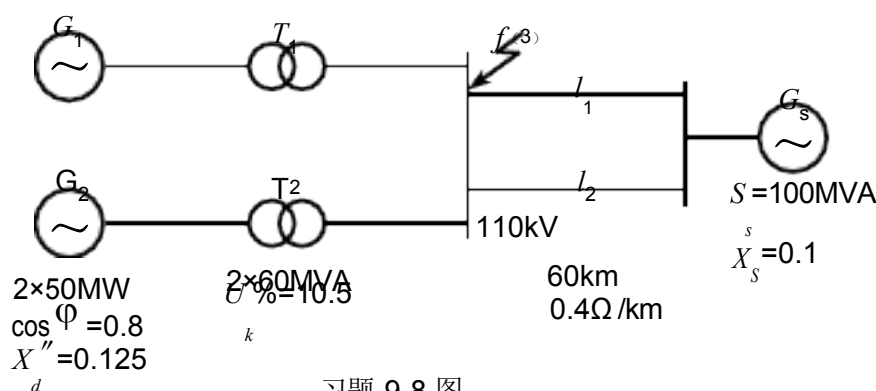
负荷：只计及靠短路点附近的负荷，取 $X''_H = 0.35, E''_H = 0.8, S_H = 20\text{MVA}$ 。

线路： $l_1 = 50\text{km}, l_2 = 70\text{km}, x = 0.4\Omega/\text{km}$ 。

9-4 电力系统结线如图 9-8 所示，元件参数标于图中，发电机均装有自动电压调节器，当 f 点发生三相短路时，试计算：

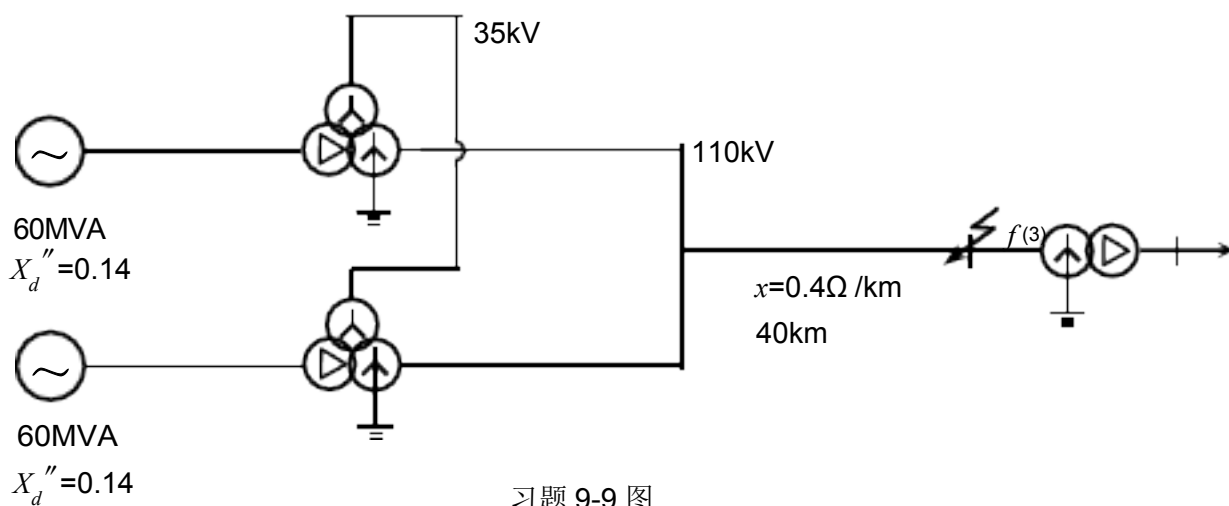
(1)次暂态电流初始有效值 I'' 。

(2)冲击电流值 i_M 。



习题 9-8 图

9-7 系统接线如图 9-9 所示，当 f 点发生三相短路时，求流过短路点电流（有名值）。
 变压器参数：60MVA 121/38.5/10.5kV $U_{k1-2}=17\%$ $U_{k3-1}=10.5\%$ $U_{k2-3}=6\%$ 。



习题 9-9 图

9-8 电力系统接线如图 9-10 所示。其中：

发电机 G_1 ： $S_{NG1}=250\text{MVA}$ $X'_d=0.4$

发电机 G_2 ： $S_{NG2}=60\text{MVA}$ $X'_d=0.125$

变压器 T_1 ： $S_{NT1}=250\text{MVA}$ $U_k\%=10.5$

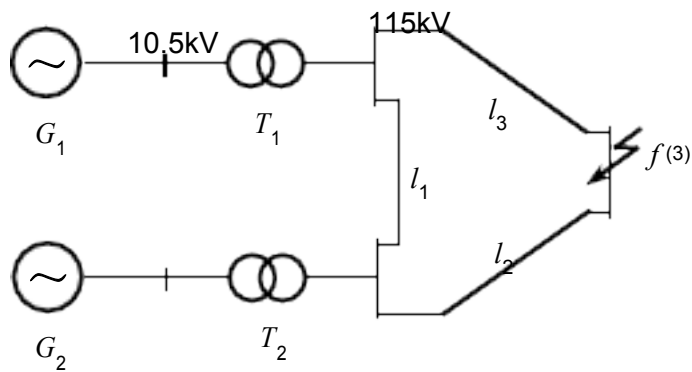
变压器 T_2 ： $S_{NT2}=60\text{MVA}$ $U_k\%=10.5$

线路 l_1 ： $l_1=50\text{km}$ $x_1=0.4\Omega/\text{km}$

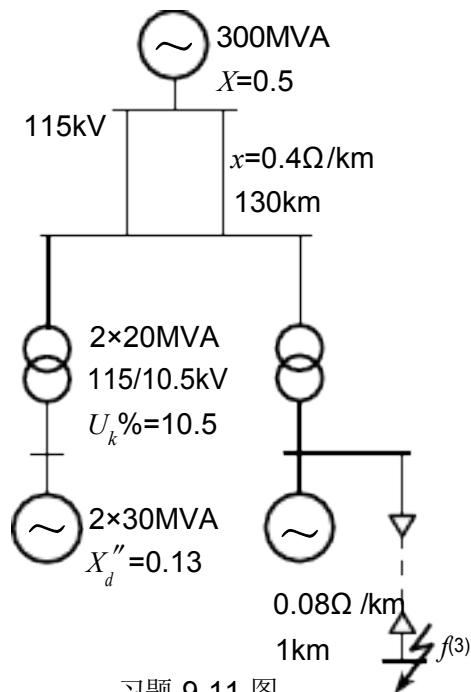
线路 l_2 ： $l_2=40\text{km}$ $x_1=0.4\Omega/\text{km}$

线路 l_3 ： $l_3=30\text{km}$ $x_1=0.4\Omega/\text{km}$

当 f 点发生三相短路时，求短路点总短路电流和各发电机支路电流。（ $S_B=100\text{MVA}$, $U_B=U_{av}$ ）



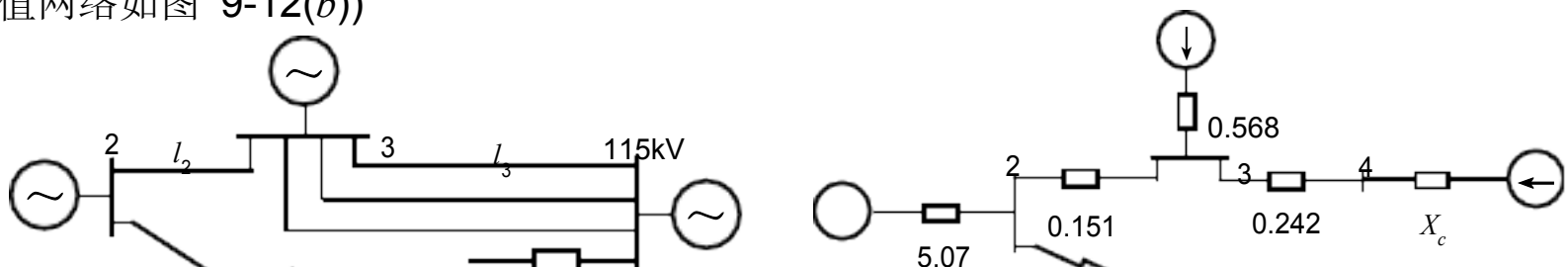
习题 9-10 图



习题 9-11 图

9-9 已知系统接线如图 9-11 所示，当 f 点三相短路时，用曲线法求周期分量 I'' 、 $I_{0.2}$ 、 I_∞ 。（取 $S_B=300\text{MVA}$, $U_B=115\text{kV}$ ）

9-10 图 9-12(a)所示网络中， A 、 B 、 C 为三个等值电源，其中 $S_A=75\text{MVA}$, $X_A=0.380$, $S_B=535\text{MVA}$, $X_B=0.304$ 。 C 的容量和电抗不详，只知装设在母线 4 上的断路器 CB 的断开容量为 3500MVA。线路 l_1 、 l_2 、 l_3 的长度分别为 10、5、24 公里，电抗均为 $0.4\Omega/\text{km}$ 。试计算在母线 1 三相直接短路时的起始次暂态电流和短路冲击电流。（取 $S_B=1000\text{MVA}$, 作系统的等值网络如图 9-12(b)）



9-11 网络接线如图 9-13 所示，各元件参数均已

知：

$$\text{系统: } S_N = 600\text{MVA} \quad X_S = 0.8 \\ U_N = 110\text{kV}$$

$$G_1 G_2: S_N = 30\text{MVA} \quad X'_d = 0.2$$

$$G_3: S_N = 60\text{MVA} \quad X'_d = 0.13$$

$$T_1 T_2: S_N = 20\text{MVA} \quad U\% = 10.5 \quad 10.5/121\text{kV}$$

$$T_3: S_N = 60\text{MVA} \quad U^k\% = 10.5 \quad 10.5/121\text{kV}$$

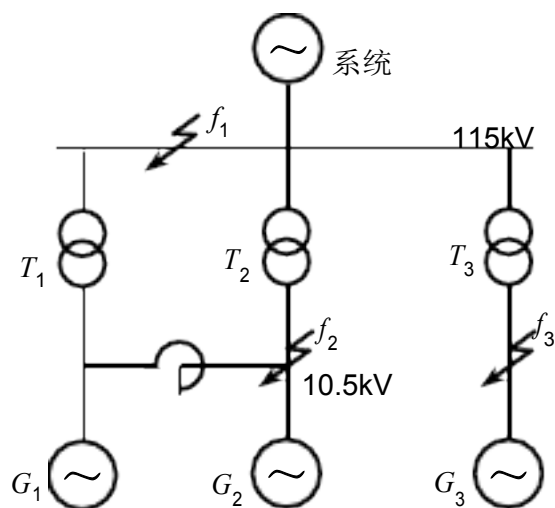
$$DK: U = 10.5\text{kV} \quad I = 1.5\text{kA} \quad X\% = 10$$

当网络中 f_1, f_2, f_3 点分别发生三相短路时，试问：

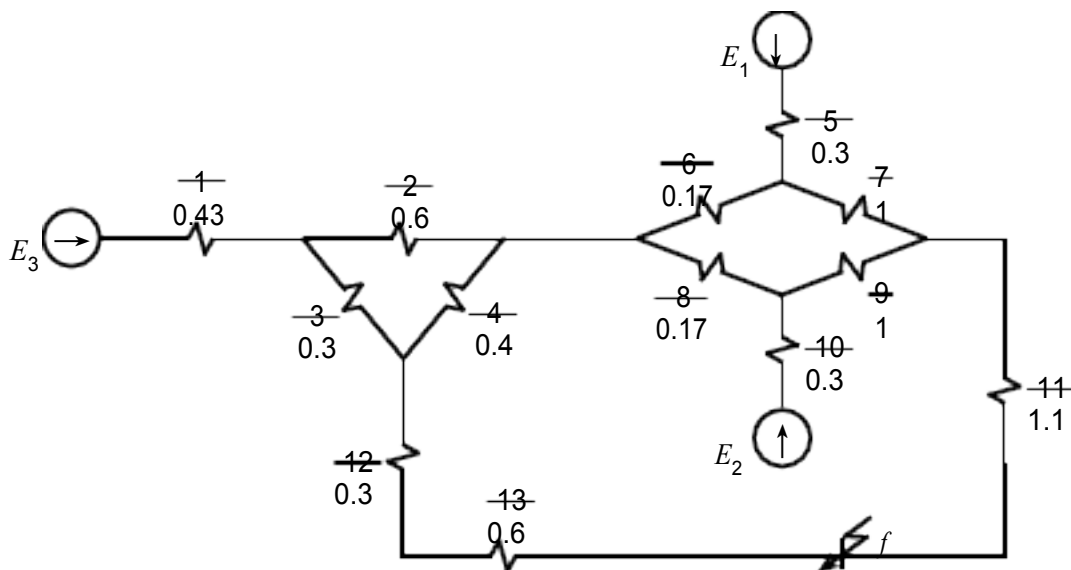
(1)哪一点发生短路时可以利用网络的对称性将网络化简，为什么？

(2)求出网络对不同短路点的组合电抗标么值。

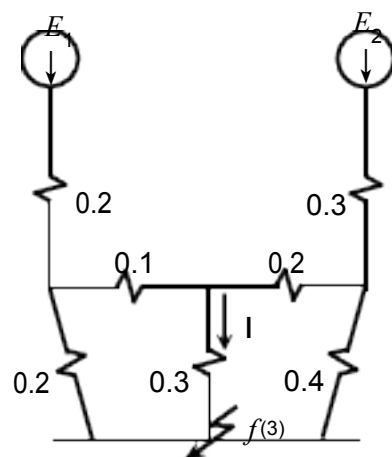
9-12 已知 $E_1 = E_2 \neq E_3$ 。各元件电抗的标么值均在图 9-14 中标出，试求图中短路点 f 的等值电抗及电势。（提示：注意利用网络的对称性）



习题 9-13 图



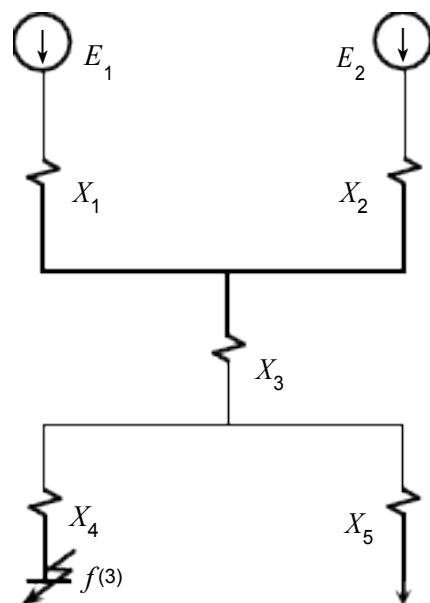
习题 9-14 图



习题 9-15 图

9-15 网络接线的等值电路如图 9-15 所示。各元件在同一基准条件下的电抗标么值均已知，假定电源电势的标么值 $E_1 = E_2 = 1$ ，当 f 点发生三相短路时，试求短路点中间支路中的短路电流值。

9-16 在图 9-16 所示网络中，各元件参数在同一基准条件下的标么值如下： $E_1 = 1.44$, $E_2 = 1.54$, $X_1 = 0.67$, $X_2 = 0.2$, $X_3 = 0.25$, $X_4 = 0.2$, $X_5 = 2.4$ 。试求：对短路点 f 的等值电势和等值电抗。

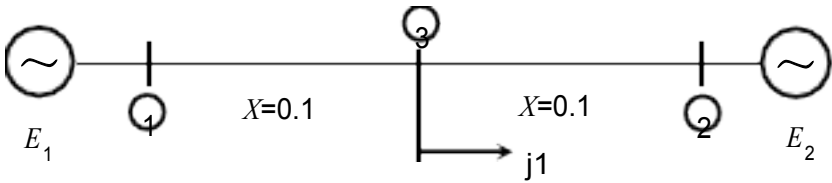


习题 9-16 图 负荷

9-17 图 9-17 所示的系统，各元件电抗标么值均在图上标出，设负荷阻抗是纯感性的，其值为 $j1$ ，试画出网络的

单相阻抗图，并求从结点③的外部联接处向系统看出的戴维南等值电路的等值电势及电抗。

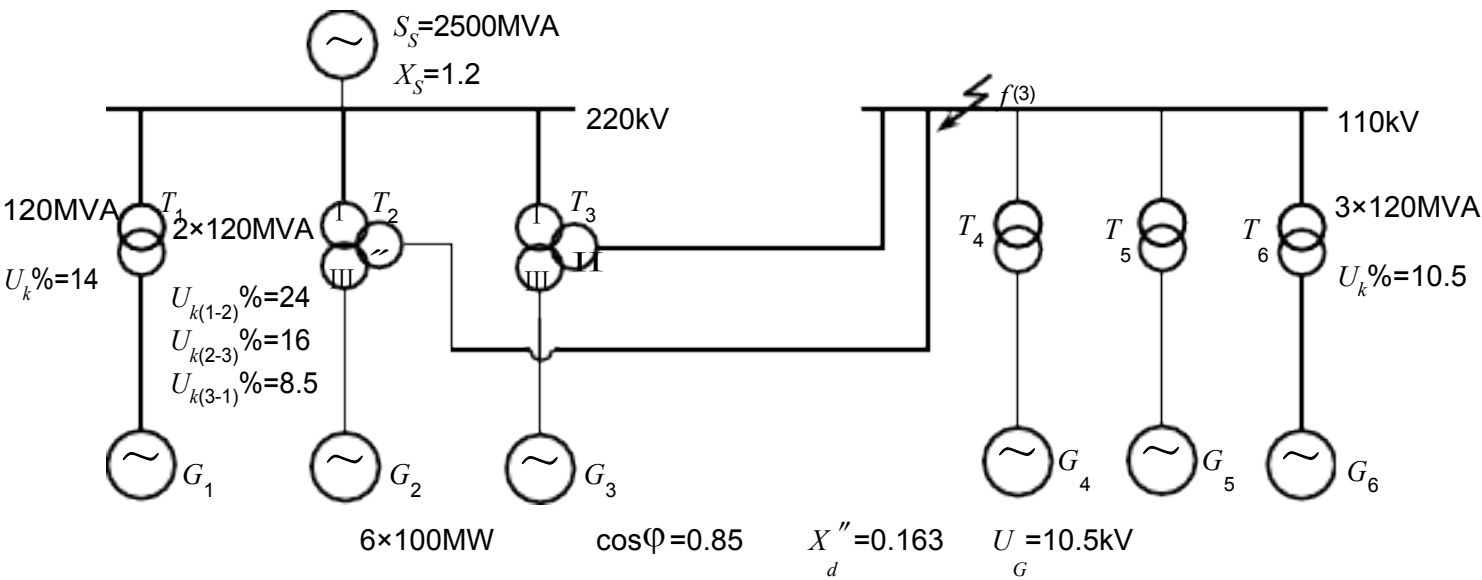
假定(1) $\dot{E}_1 = \dot{E}_2$ ；(2) $\dot{E}_1 \neq \dot{E}_2$ 。



习题 9-17 图

9-15 某大型火电厂主接线示于图 9-18，有关参数均标于图中。当 f 点发生三相短路时，试用同一变化法计算：

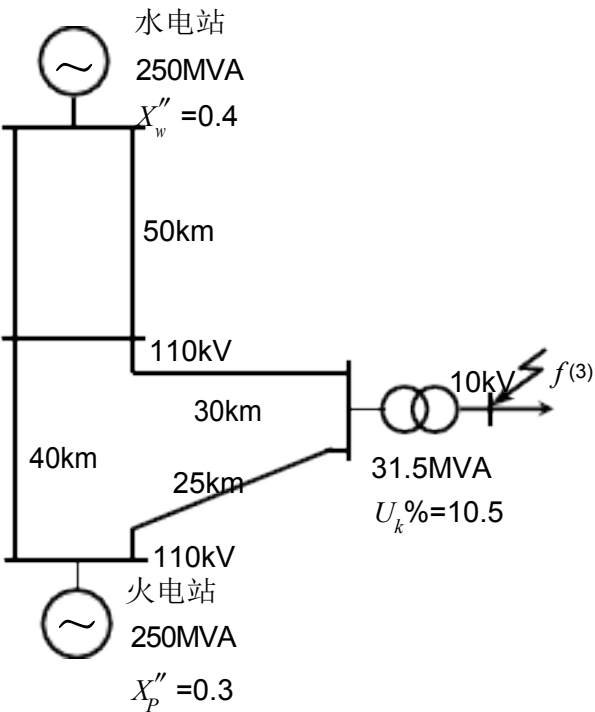
- (1)次暂态电流初始有效值 I'' 及冲击电流 i_M ；
- (2)0.2 秒时电流有效值 $I_{0.2}$ 及短路容量 $S_{k0.2}$ ；
- (3)短路电流稳态值 I_∞ 。



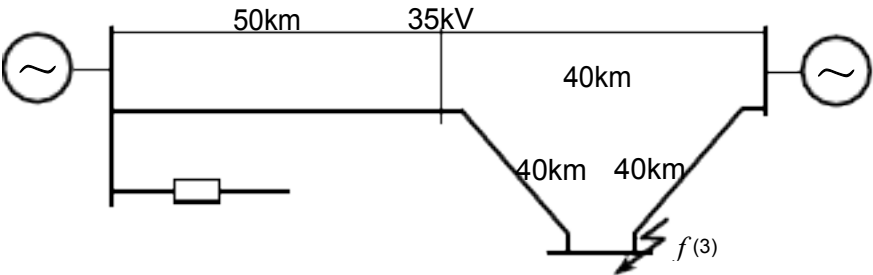
习题 9-18 图

9-16 系统结线如图 9-19 所示。当 f 点发生三相短路时，试用同一变化法计算：

- (1)次暂态电流初始有效值 I'' ；
- (2)0.2 秒时电流有效值 $I_{0.2}$ ；
- (3)短路电流稳态值 I_∞ 。

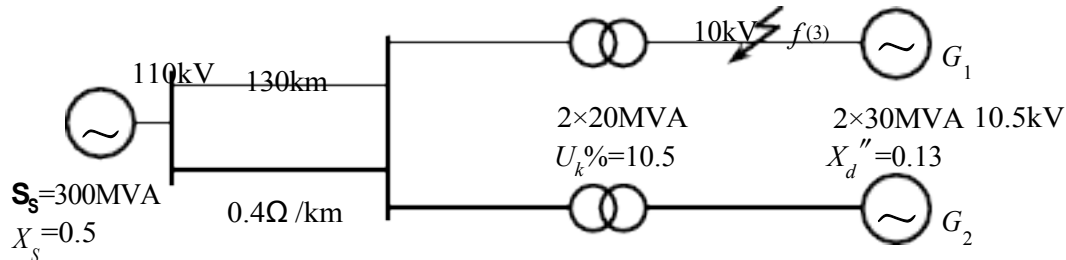


习题 9-19 图



习题 9-20 图

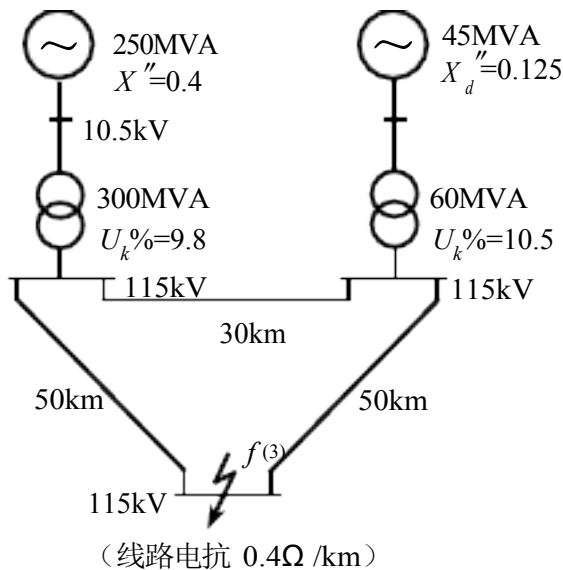
9-18 电力系统结线如图 9-20 所示。 A 系统的容量不祥，只知断路器QF 的切断容量为 3500MVA， B 系统的容量为 100MVA，电抗 $X_B=0.3$ ，试计算当 f 点发生三相短路时的起始次暂态电流 I'' 及冲击电流 i_M 。



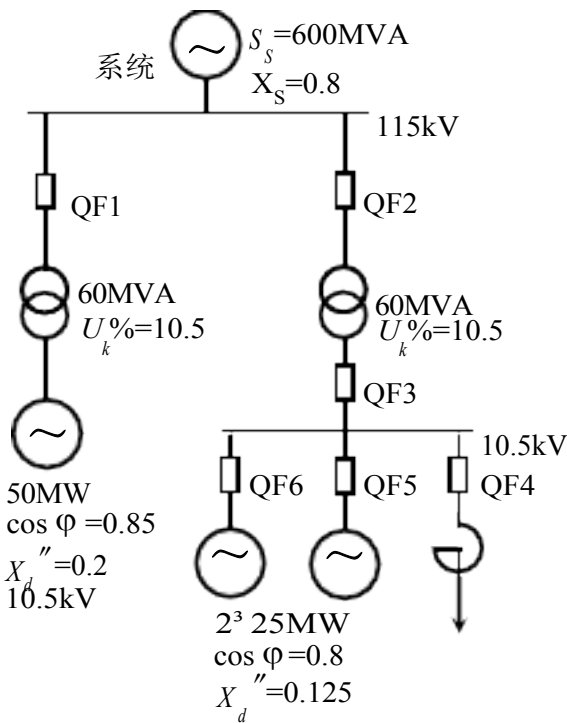
习题 9-21 图

9-19 系统结线如图 9-21 所示，有关参数标于图中，发电机均装有自动电压调节器。当 f 点发生三相短路时，试分别用同一变化法及个别变化法计算 I'' 、 $I_{0.2}$ 、 I_{∞} 值。

9-20 已知系统接线如图 9-22 所示，各元件参数已标在图中。求在 f 点发生三相短路时，短路点的总电流及各发电机支路的电流。



习题 9-22 图



习题 9-23 图

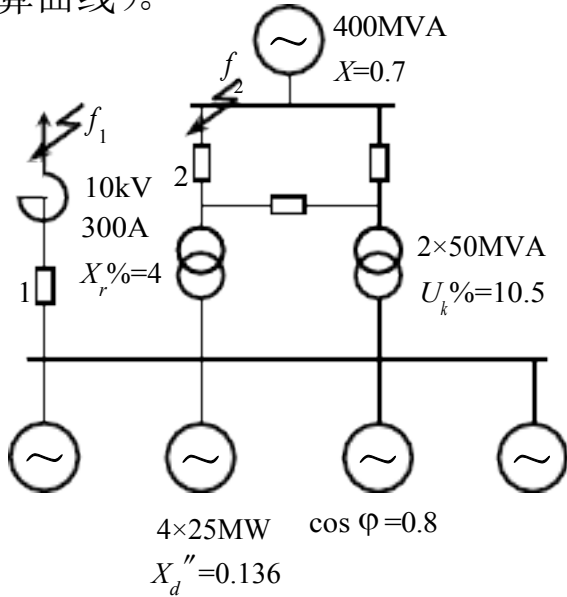
9-21 如图 9-23 所示的网络中，为了选择开关设备，需要计算流过开关的最大短路电流，试问：如要选择QF1、QF2、QF3、QF4、QF5 开关的断流容量，对每个开关的短路点应当如何选择才对？

9-22 如图 9-24 所示一火电厂接线，试计算：

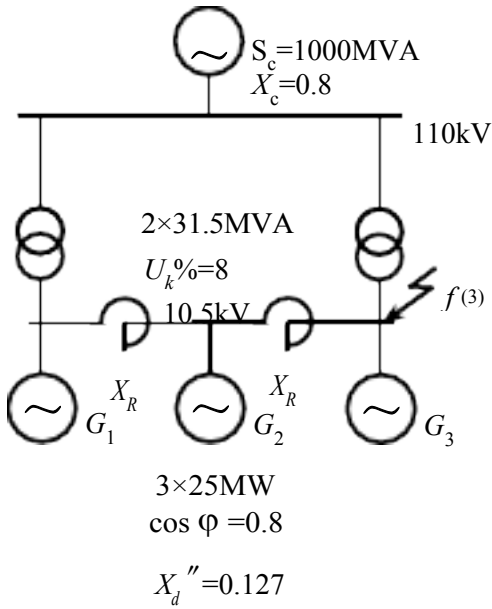
(1) f_1 点短路时流过出线开关节 1 的 I'' 和 $I_{0.2}$ ；

(2) f_2 点短路时流过出线开关节 2 的 I'' 和 I_{∞} （注：取 $S_B=400$ MVA，系统和发电机均可查汽轮发电机运算曲线）。

查汽轮发电机运算曲线）。



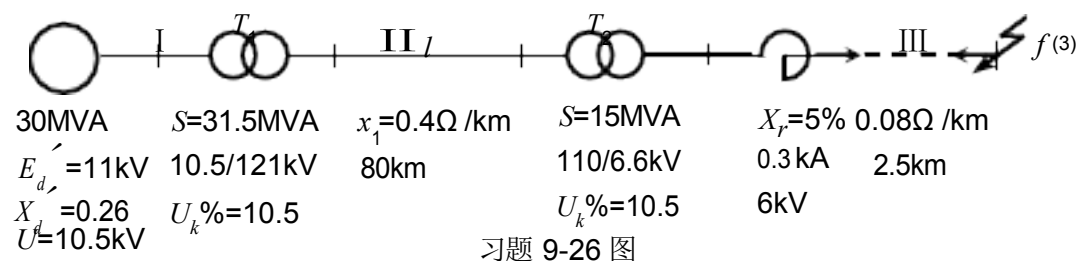
习题 9-24 图



习题 9-25 图

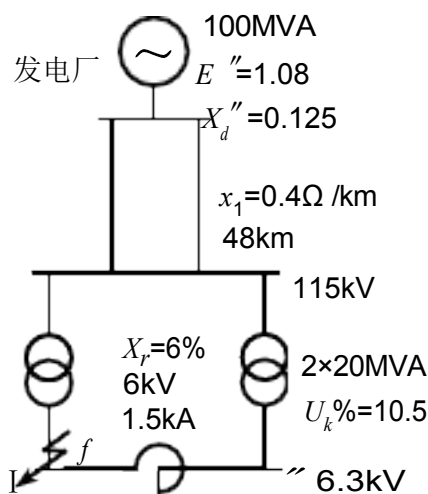
9-23 某电厂主结线及有关参数示于图 9-25 中，发电机均装有自动电压调节器，分段电抗器的型号为 $NKL-10-1000-10$ ，试计算 f 点发生三相短路时的起始短路电流值。

9-24 已知系统结线如图 9-26 所示，求 f 点三相短路时发电机及短路点的电流。

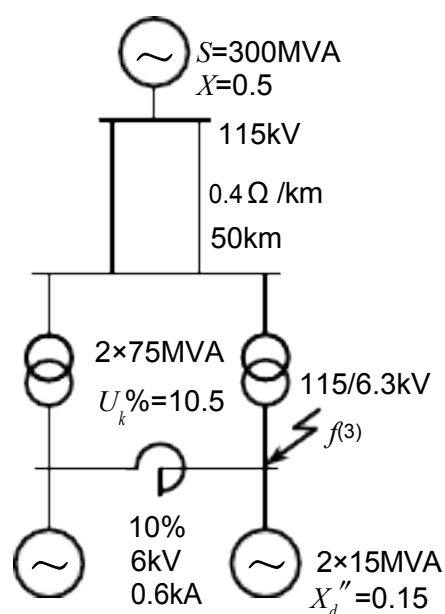


9-25 如图 9-27 所示系统，在母线 I 发生三相短路时，求无故障的母线 II 上残压的标么值。（取 $S_B=100\text{MVA}$, $U_B=U_{av}$, 变压器变比为 115/6.3）

9-26 已知某系统结线如图 9-28 所示。求 f 点三相短路初始次暂态电流 I'' 。系统电压取近似值标么值为 1，发电机电势也为 1。



习题 9-27 图



习题 9-28 图

第十章 对称分量法及元件的各序参数和等值电路

10-1 试将 $I=1$, $I=0$, $I=0$ 的电流系统分解为对称分量。

10-2 已知 $I_1^a=5$, $I_2^b=-j5$, $I_0^c=-1$ 。试求 a 、 b 、 c 三相的电流。

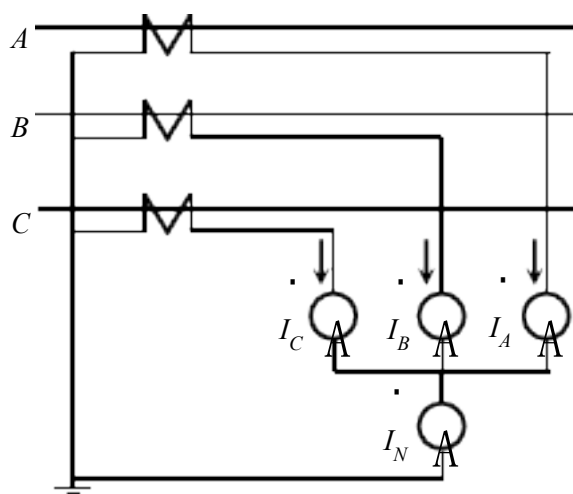
10-3 在图 10-3 中已画出 A 相电压的三个序分量，试用图解法求 A 相、 B 相、 C 相的电压相量。

10-4 在图 10-4 中，已知各相电流表的读数为 $I_A=100\text{A}$, $I_B=100\text{A}$, $I_C=0$ ，中性线中的电流 $I_N=100\text{A}$ 。试分别求：

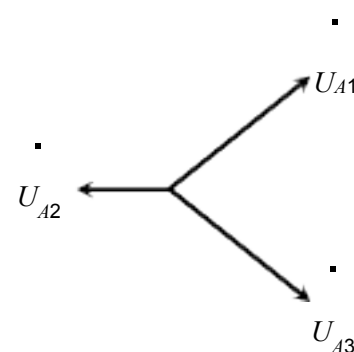
(1) A 相电流超前 B 相电流。

(2) A 相电流滞后 B 相

两种情况下的电流正
出该系统的不对称度



习题 10-4 图



习题 10-3 图

电流。

序、负序及零序分量。并求
(I_{A2}/I_{A1})及不平衡度(I_{A0}/I_{A1})。

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/266205104105010153>