

第一版前言

《电力系统稳态分析实验指导书》是一本与电气工程专业的《电力系统稳态分析》课程相配套的实验及原理指导教材。

实验教学是高等理工科学校的主要实验性环节之一，它在培养学生的实际操作能力、分析问题和解决问题的能力方面，起着极重要的作用；专业综合实验课程还肩负着综合运用所学基础知识和专业知识，培养学生创造能力的作用。

《电力系统稳态分析》的内容主要包括了电力系统各元件的特性和数学模型、简单电力网络的计算和分析、复杂电力系统潮流计算、有功功率和频率调整、无功功率和电压调整等内容。本实验指导书目前针对简单电力网络以及无功功率和电压调整等章节设计了 4 个实验，供老师们进行相关知识点的实验教学或辅助理论课教学。

本仿真系统可在普通 PC 机上运行，win7 以上操作系统，每名学生可拥有自己的登录账号，并储存自己的参数设置等。总共可展开 5 副曲线图，包括时域曲线、时域向量、变量相互关系曲线等。可以自动生成实验报告，并可通过教师管理端对所有学生的实验教学进行管理。

编者

2021 年 3 月

第一章 简单电力网络运行和分析仿真实验

1.1、输电线路的电压和功率特性实验

1.1.1 实验目的

1. 加深理解输电线路的电压和功率特性；
2. 掌握输电线路始末端电压向量关系；
3. 了解输电线路始末端电压、功率的变化情况；

1.1.2、原理与说明

设末端电压 $\dot{U}_2 = U_2 \angle 0^\circ$ (参考电压)，线路接感性负荷，则线路阻抗在 Z 上的电压降落为

$$d\dot{U} = \frac{S_2^*}{U_2^*} Z = \frac{P_2' - jQ_2'}{U_2^2} (R + jX) = \frac{P_2' R + Q_2' X}{U_2} + j \frac{P_2' X - Q_2' R}{U_2}$$

$$\text{令: } \left. \begin{aligned} \frac{P_2' R + Q_2' X}{U_2} &= \Delta U \\ \frac{P_2' X - Q_2' R}{U_2} &= \delta U \end{aligned} \right\} \quad (1-1)$$

于是 $d\dot{U} = \Delta U + j\delta U$

因此线路始端电压为 $\dot{U}_1 = \dot{U}_2 + d\dot{U} = (U_2 + \Delta U) + j\delta U$

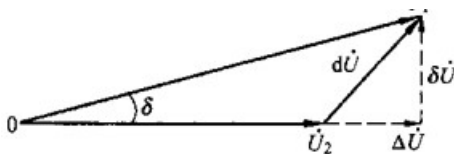


图 1-1 电力线路的电压向量图

始端电压的模值

电力系统稳态分析仿真实验指导书

$$U_1 = \sqrt{(U_2 + \Delta U)^2 + (\delta U)^2} \quad (1-2)$$

始末两端电压夹角

$$\delta = \tan^{-1} \frac{\delta U}{U_2 + \Delta U} \quad (1-3)$$

对于 110kV 及以下的电力网， δU 对电压降落的影响不大，可忽略不计。

$$\text{因而始端电压可简化为 } \dot{U}_1 \approx \dot{U}_2 + \Delta U = \frac{P'_2 R + Q'_2 X}{U_2} \quad (1-4)$$

相似于这种推导，还可获得从始端电压 $\dot{U}_1$ 、始端功率 $\dot{S}_1$ ，求取末端电压 $\dot{U}_2$ 、末端功率 $\dot{S}_2$ 的计算公式。计算电压的部分则应改为

$$\text{设 } \dot{U}_1 = U_1 \angle 0^\circ \text{ (参考电压), 线路阻抗 } Z \text{ 上的压降为 } d\dot{U} = \frac{\dot{S}'_1}{U_1^*} Z$$

$$= \frac{P'_1 - jQ'_1}{U_1^2} (R + jX) = \Delta U' + j\delta U'$$

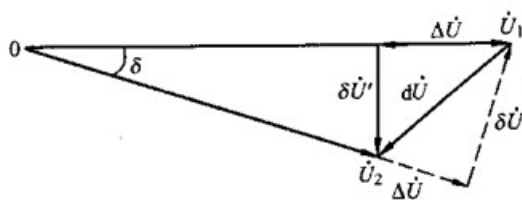


图 1-2 电力线路的电压向量图

其中

$$\left. \begin{aligned} \Delta U' &= \frac{P'_1 R + Q'_1 X}{U_1} \\ \delta U' &= \frac{P'_1 X - Q'_1 R}{U_1} \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

$$\text{则 } \dot{U}_2 = \dot{U}_1 - d\dot{U} = (U_1 - \Delta U') - j\delta U'。$$

电压相量图如图 1-2 所示，由图可得末端电压 U_2 的模值以及始末两端电压的

电力系统稳态分析仿真实验指导书

$$\text{夹角为 } U_2 = \sqrt{(U_1 - \Delta U')^2 + (\delta U')^2} \quad (1-6)$$

$$\operatorname{tg}^{-1} \frac{-\delta U}{U_1 - \Delta U'} \quad (1-7)$$

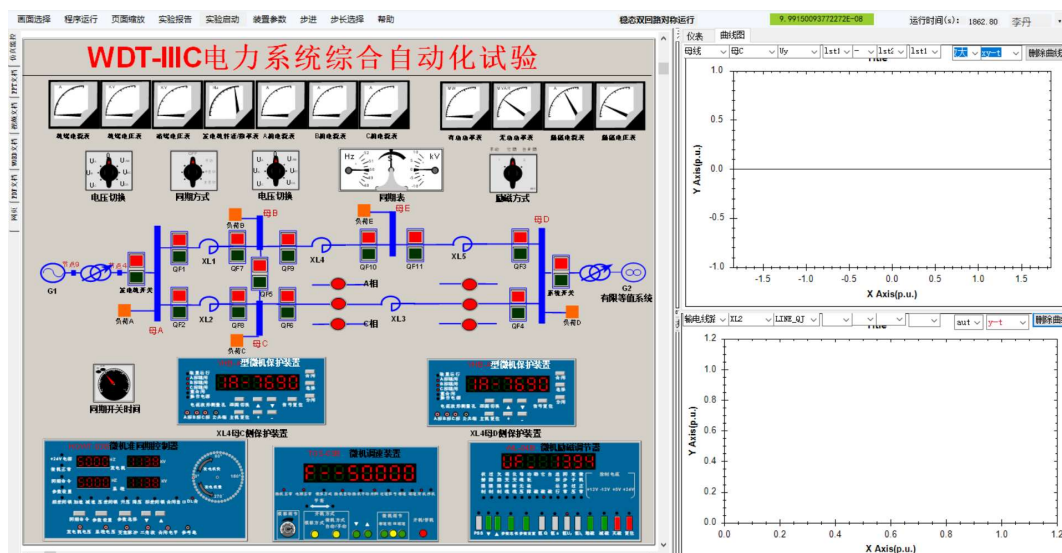
比较图 1-1 和图 1-2 可知，当已知末端功率、末端电压，求始端电压时，是取 $\dot{U}_2$ 作为参考的；而当已知始端功率、始端电压，求末端电压时，是以 $\dot{U}_1$ 为参考的。所以两种情况下， $\Delta U' \neq \Delta U$ 、 $\delta U' \neq \delta U$ 。

求得线路两端电压后，就可以计算标志电压质量的指标，如电压降落、电压损耗及电压偏移等。

1.1.3、实验项目和方法

1.1.3.1 实验准备

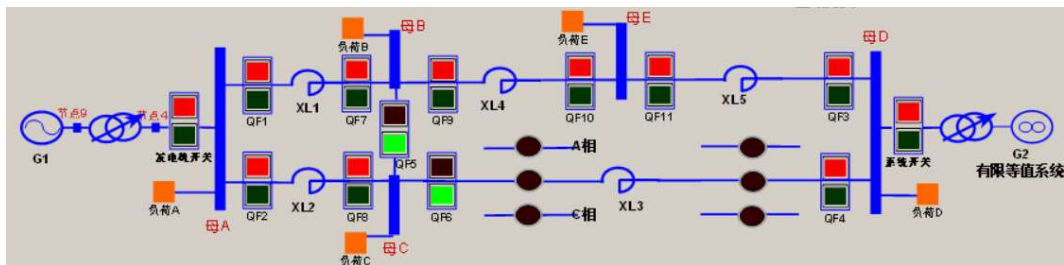
加载“稳态双回路运行”实验工况，启动系统，打开右侧 2 副曲线图。



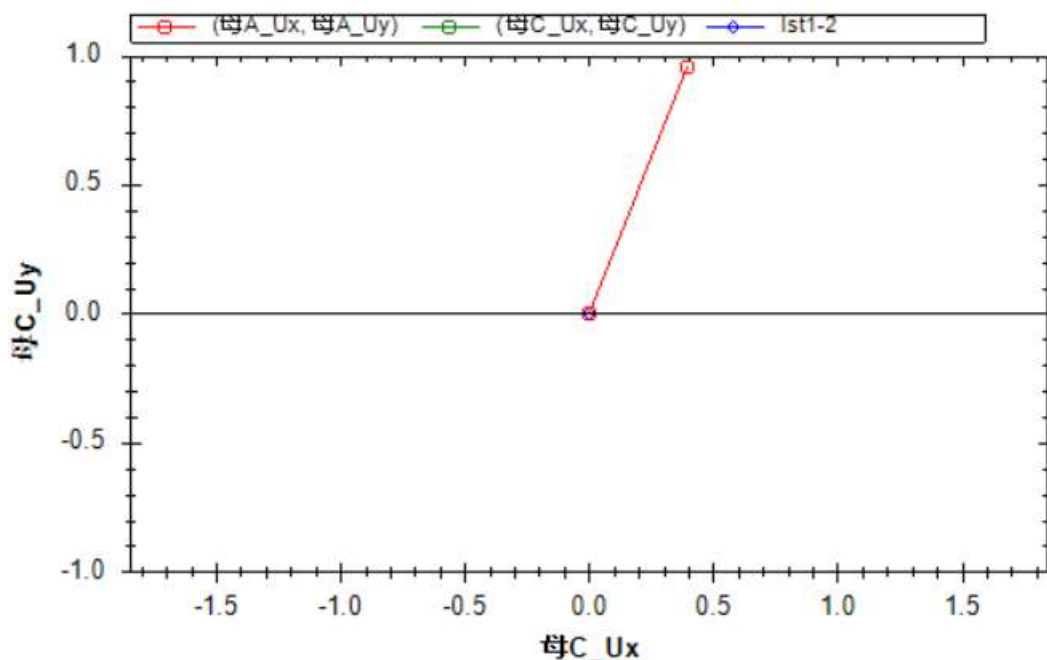
1.1.3.2 实验步骤

(1) 分断开关 QF5 和 QF6，并将该线路上的负荷 C 调整为 0，形成一回空载线路 XL2。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

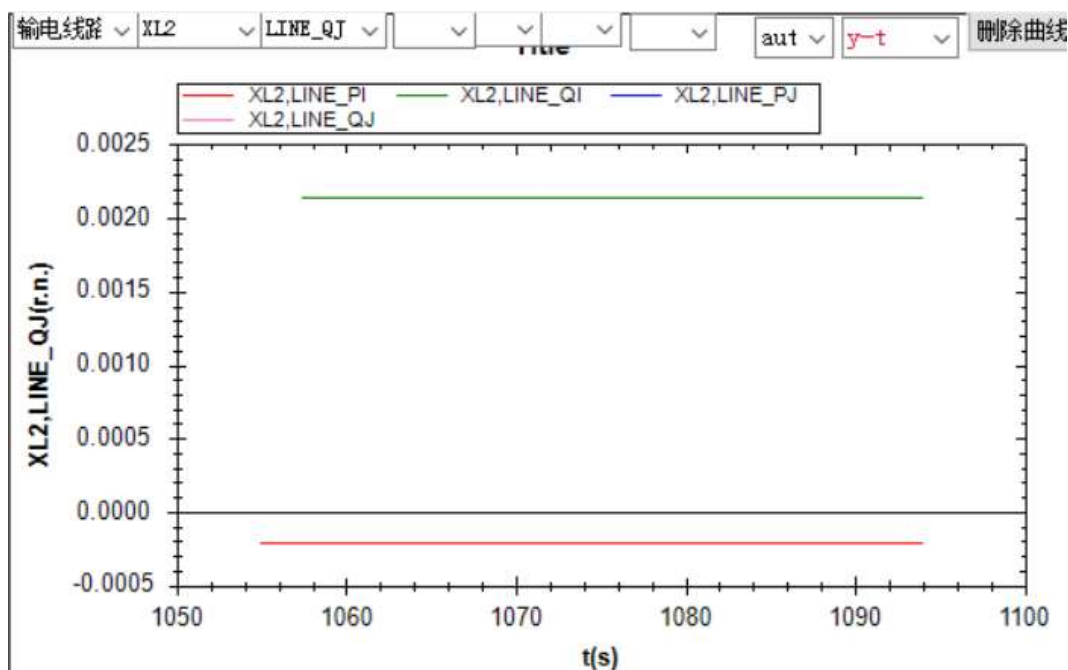


(2) 在第 1 副曲线图中选择向量坐标系。输入母线 A 的正序电压向量（红色），母线 C 的正序电压向量（绿色）以及母线 A 的正序电压向量与母线 C 的正序电压向量的差值（蓝色）。

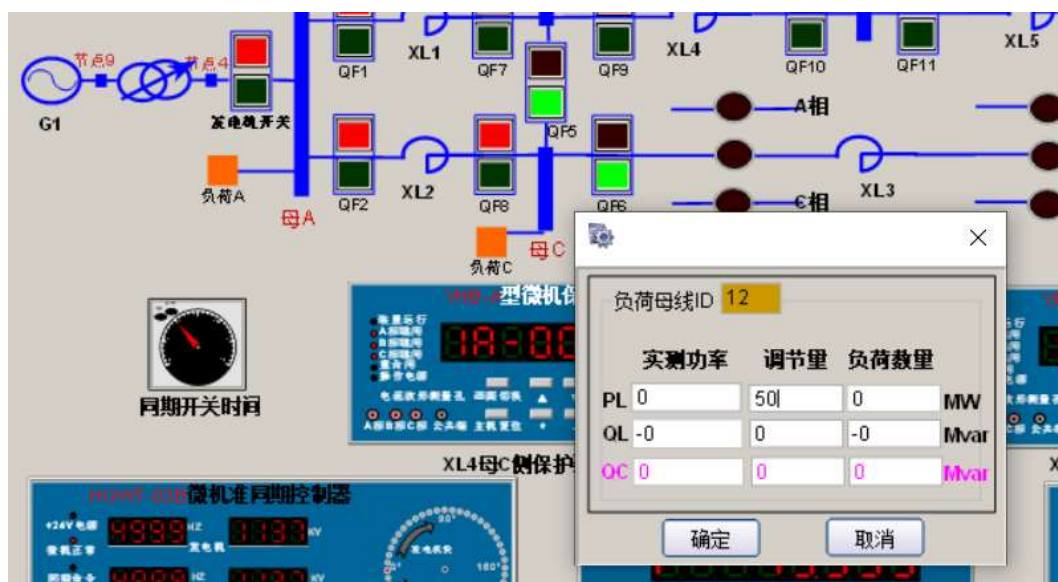


(3) 在第 2 副曲线图中选择时域坐标系，输入线路 2（XL2）的始端有功 PI(红色)、始端无功 QI(绿色)、末端有功 PJ(蓝色)、末端无功 QJ(粉色)。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

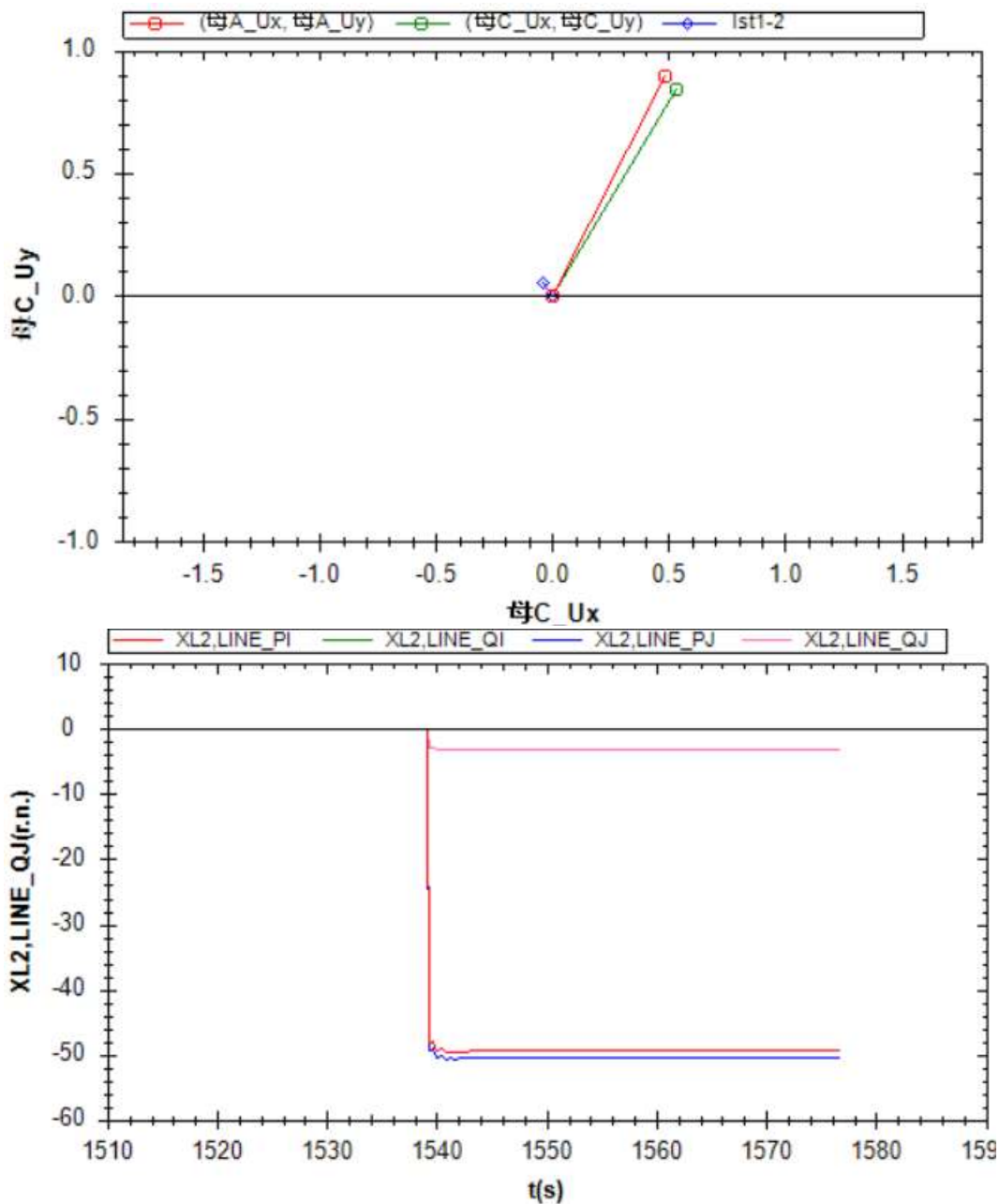


(4) 右击负荷 C，将有功负荷调整为 50MW。



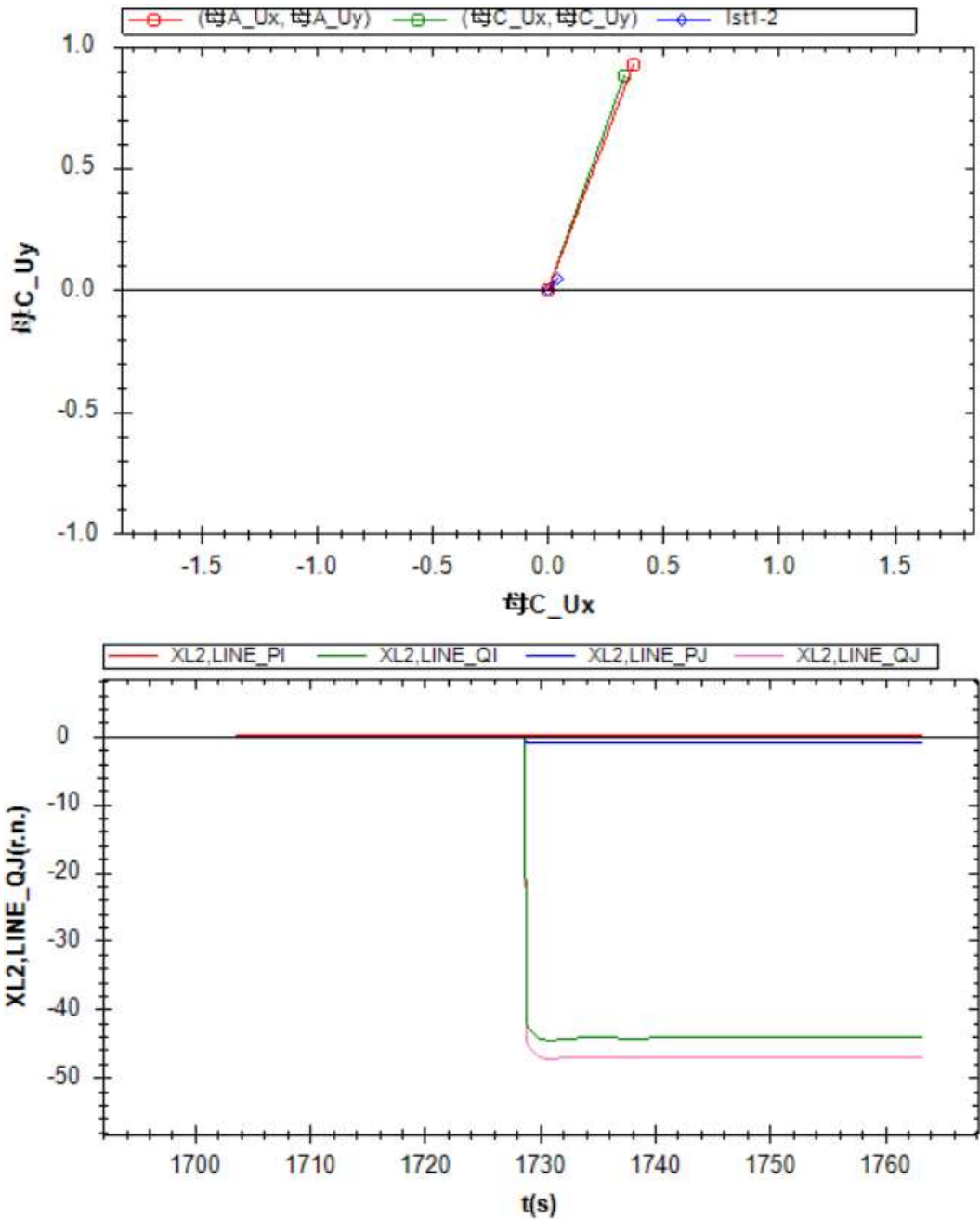
(5) 观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



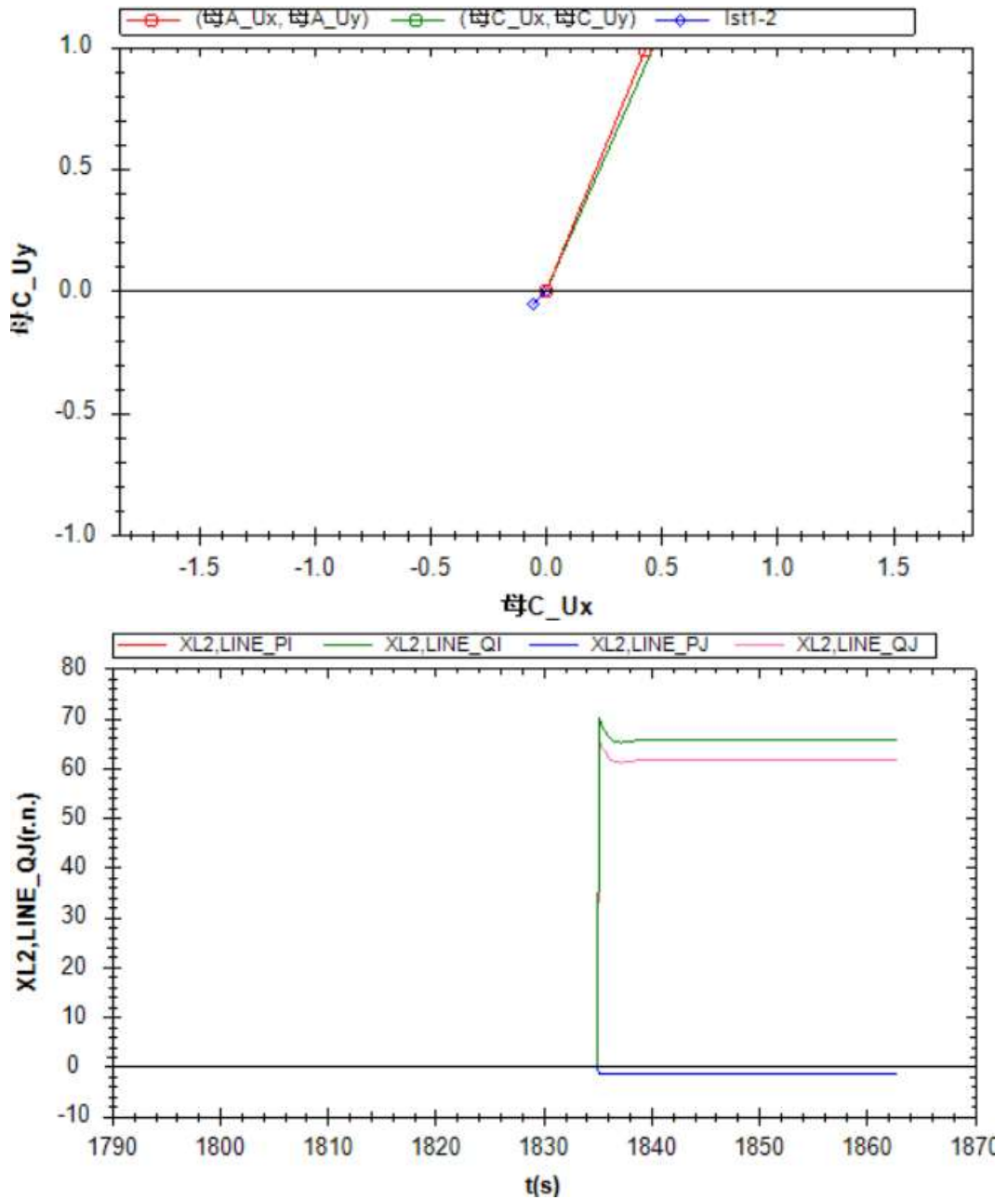
(6) 右击负荷 C，将有功负荷恢复为 0，然后将无功负荷调整为 50Mvar。观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



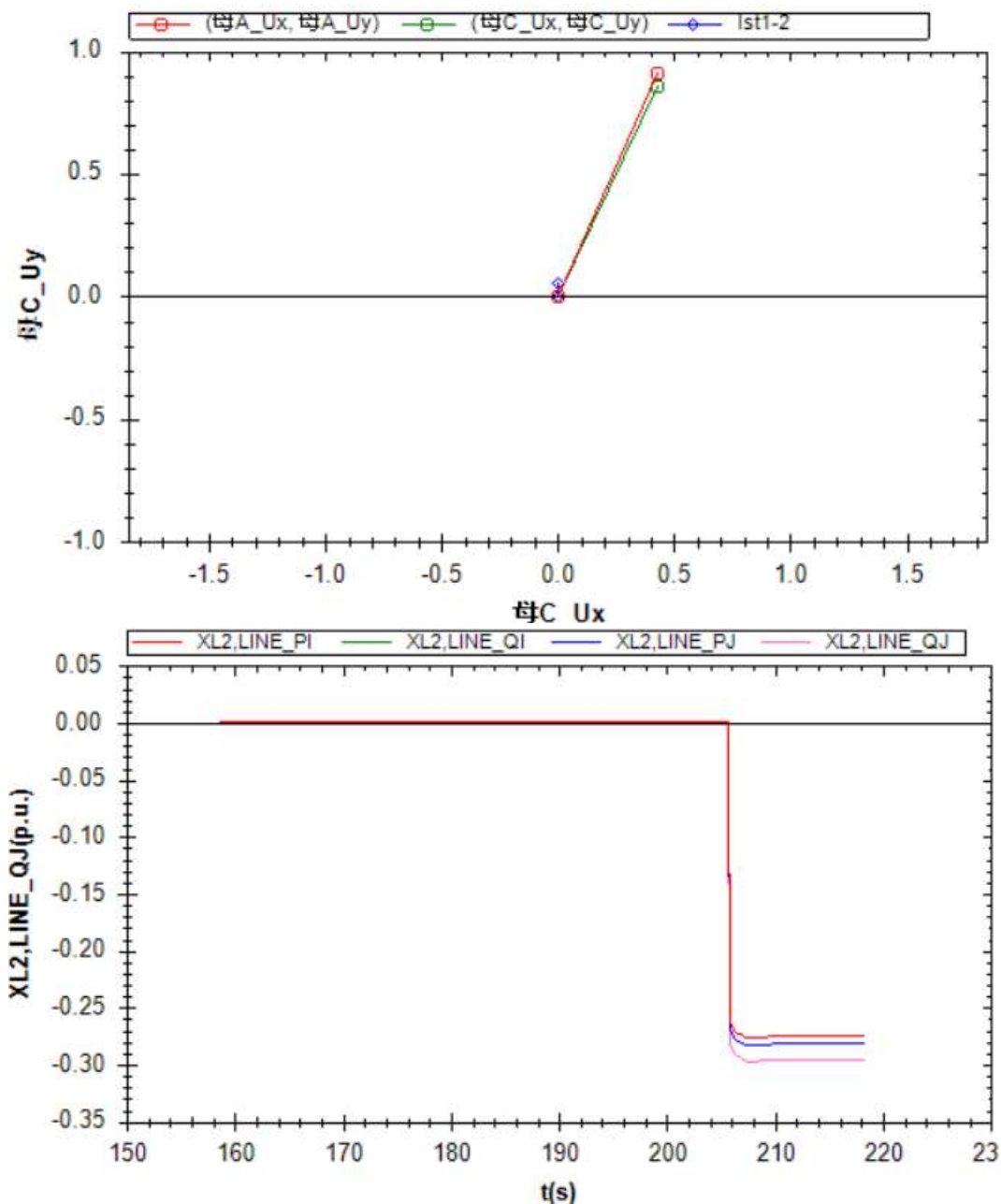
(7) 右击负荷 C，将无功负荷调整为-50Mvar。观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



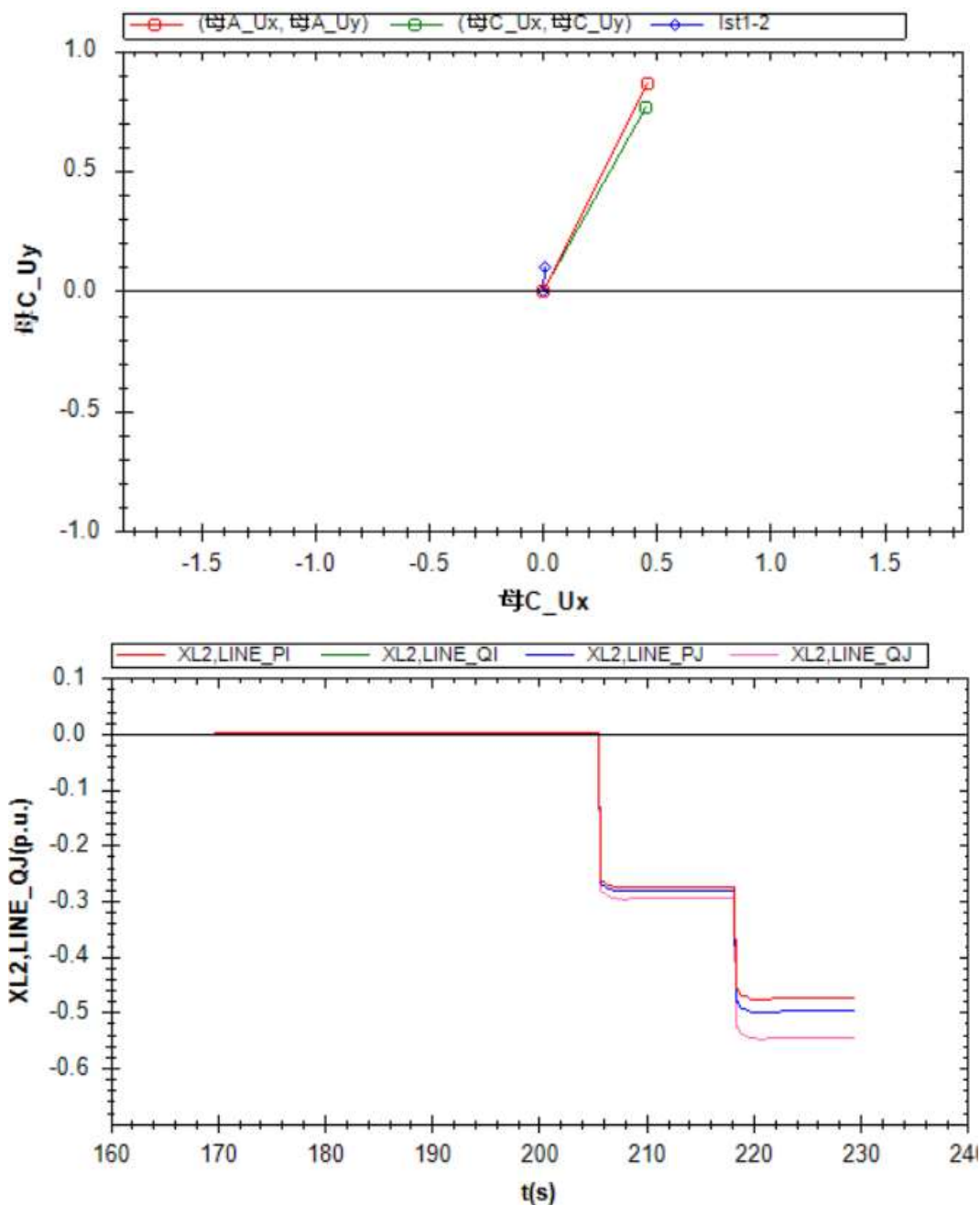
(8) 右击负荷 C，将负荷调整为 $30 + j30$ MVA。观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



(9) 右击负荷 C，将负荷调整为 $60 + j60$ MVA。观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



(10) 右击负荷 C，将负荷调整为 $90 + j90 \text{ MVA}$ 。观察线路 2 (XL2) 首末端电压向量及首末端有功功率和无功功率的变化情况。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

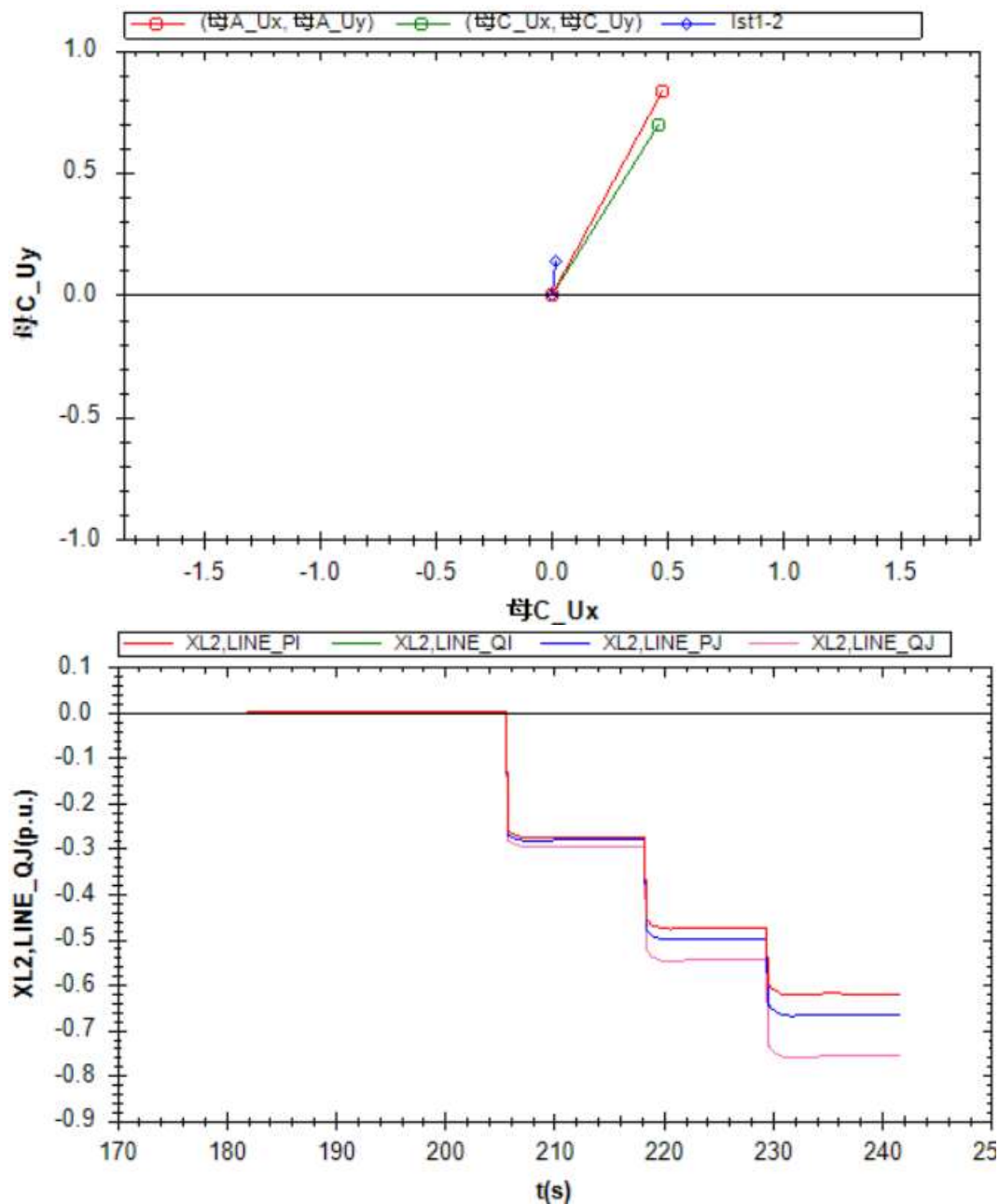


表 1-1

分数: {llscore} 时间: {lltime}

	负荷 为 0	负荷为 50MW	负荷为 50Mvar	负荷为 -50Mvar	30+j30MV A	60+j60MV A	90+j90MV A
始端电压幅值 (kv)	{111 0}	{1111}	{1112}	{1113}	{1114}	{1115}	

实验人: {实验人员信息}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

末端电压幅值 (kv)	{1116}	{1117}	{1118}	{1119}	{1120}	{1121}	
始端电压超前 末端电压相角 (弧度)	{1122}	{1123}	{1124}	{1125}	{1126}	{1127}	
始端有功 (MW)	{1128}	{1129}	{1130}	{1131}	{1132}	{1133}	
始端无功 (Mvar)	{1134}	{1135}	{1136}	{1137}	{1138}	{1139}	
末端有功 (MW)	{1140}	{1141}	{1142}	{1143}	{1144}	{1145}	
末端无功 (Mvar)	{1146}	{1147}	{1148}	{1149}	{1150}	{1151}	

注：有。

1.1.4、实验分析及结论

1. 分析说明什么情况下末端电压幅值高于始端电压幅值，什么情况下末端电压幅值低于始端电压幅值。
2. 分析说明时域图中始端、末端有功功率、无功功率为正值、负值的情况。
3. 分析说明不同负荷时始端、末端有功功率、无功功率大小变化情况。
4. 对照向量图分析说明不同负荷时线路 2 中有功功率、无功功率的方向。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

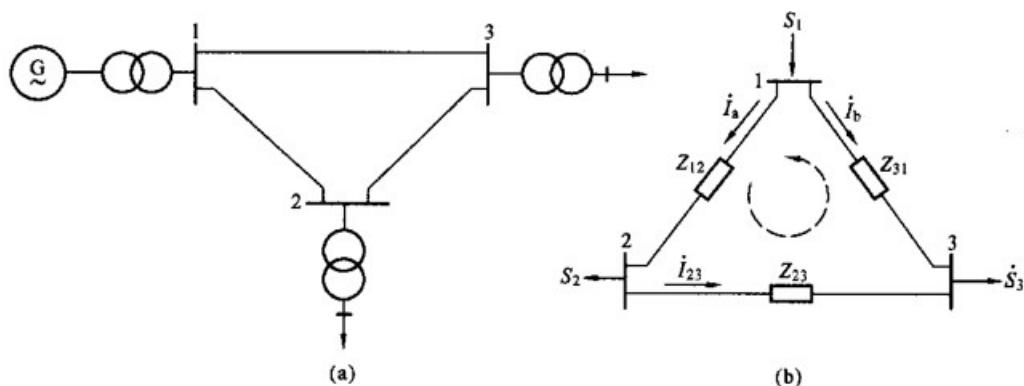
1.2、 辐射形和环形网络中潮流分布和控制实验

1.2.1 实验目的

1. 掌握潮流分布中无功分点和有功分点的概念
2. 理解有功分点和无功分点形成的原理
3. 了解潮流控制的方法和原理

1.2.2 原理和说明

如图(a) 所示为一简单闭环接线图。闭环网中最简单的形式是两端供电网。



在闭环网中，功率的分布受到很多因素的影响。因为闭环网中的负荷从各个支路上吸收的功率不同，所以输送这些功率在线路上的损耗也不同。各条支路中的功率损耗与其线路两端的电压、线路的阻抗有关，因此说闭环网中的潮流分布与网络的结构、负荷、电源等均有关，较辐射形网络的潮流分布要复杂得多。一般手算潮流分布时，首先求出各变电所的运算负荷功率和发电厂的运算电源功率，以得到简化的等值电路，如图 (b) 是图 (a)的简化等值电路。在简化等值电路中就不再包含各变压器的阻抗支路和母线上并联的导纳支路，而是已经等效在运算功率之中。其次，在假设全网电压为额定电压的条件下，不考虑网络中的电压损耗和功率损耗，求出网络中的流动功率，即初步潮流分布，然后按初步潮流分布将闭环网分解成两个开式网，对这两个开式网分别按照辐射形网络潮流分布计算的方法进行潮流分布计算，从而要计及网络中的功率损耗、电压降落，最后得到最终的潮流分布计算结果。

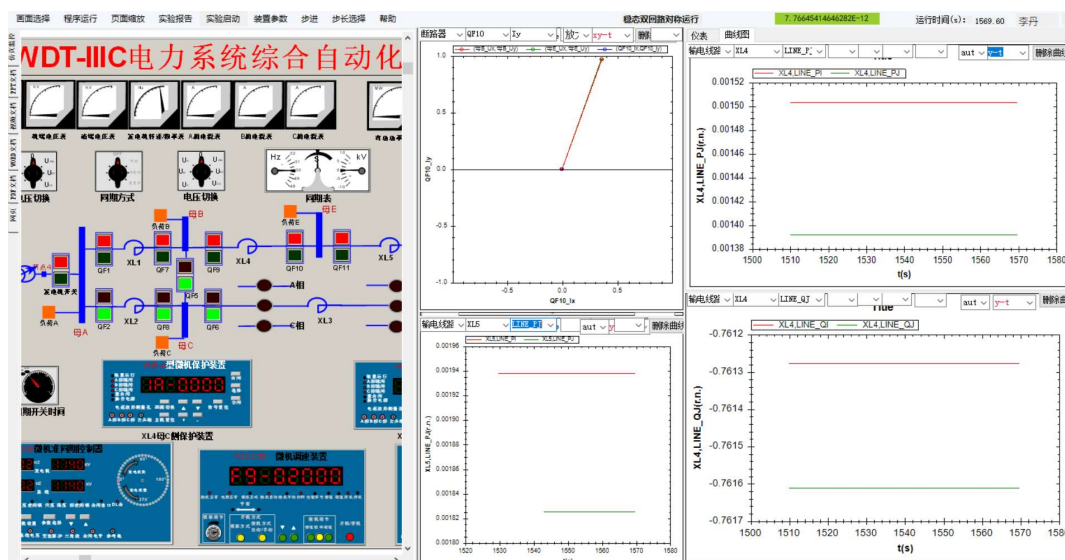
初步功率计算的目的是找出功率分点，以使两端供电网得以拆成两个开

实验人：{实验人员信息}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

式网。功率分点实际上是功率的汇聚点即功率都流向的点，分为有功功率分点和无功功率分点，也是该环路上电压最低的点。有功功率分点标以▼，无功功率分点标以▽，有功功率分点和无功功率分点不一定相同。

1.2.3 实验项目和方法



1.2.3.1 实验准备

1. 加载“稳态双回路运行”实验工况，启动系统，展开4副曲线图。第1副曲线图显示线路4始末端有功功率有名值时域曲线；第2副曲线图显示线路4始末端无功功率有名值时域曲线；第3副曲线图显示母线B母线C电压向量及QF10电流向量；第4副曲线图显示线路5始末端有功功率和无功功率有名值时域曲线；

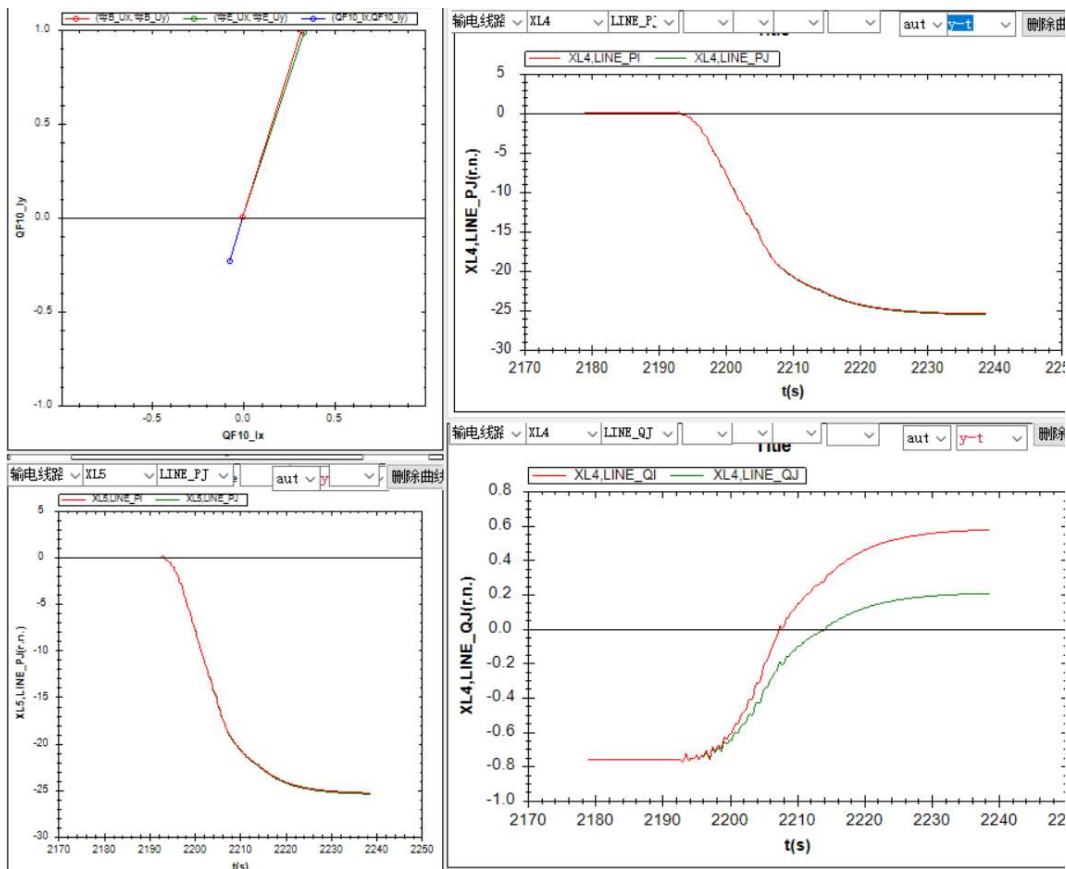
2. 注意发电机G1为开度调节模式；励磁系统调整为“恒Q”模式。

3. 断开QF2、QF4、QF5、QF6、QF8等开关形成单回路供电模式。

4. 将负荷A调整为0，检查负荷B负荷E为0。

5. 将发电机有功出力调整为25MW左右，无功出力调整为10Mvar左右。观察线路4和线路5上的功率变化，确定其功率正方向。

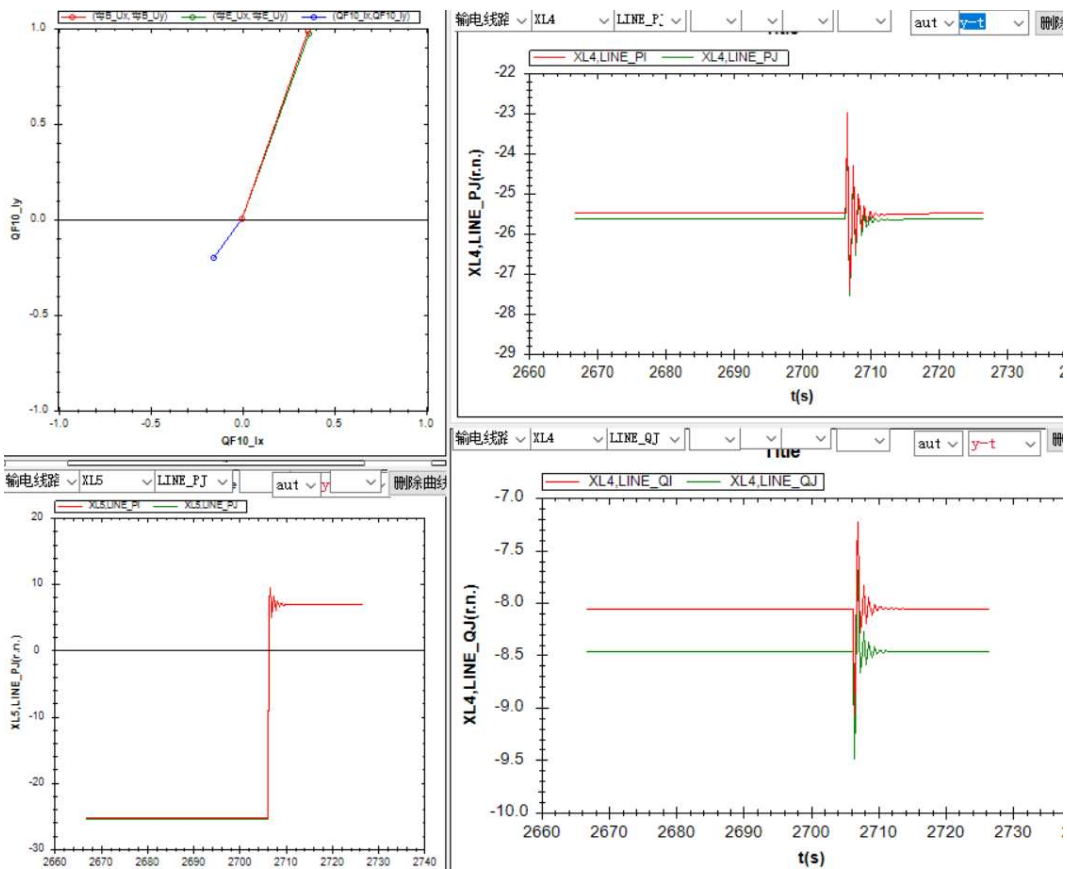
电力系统稳态分析仿真实验指导书



1.2.3.2 实验步骤

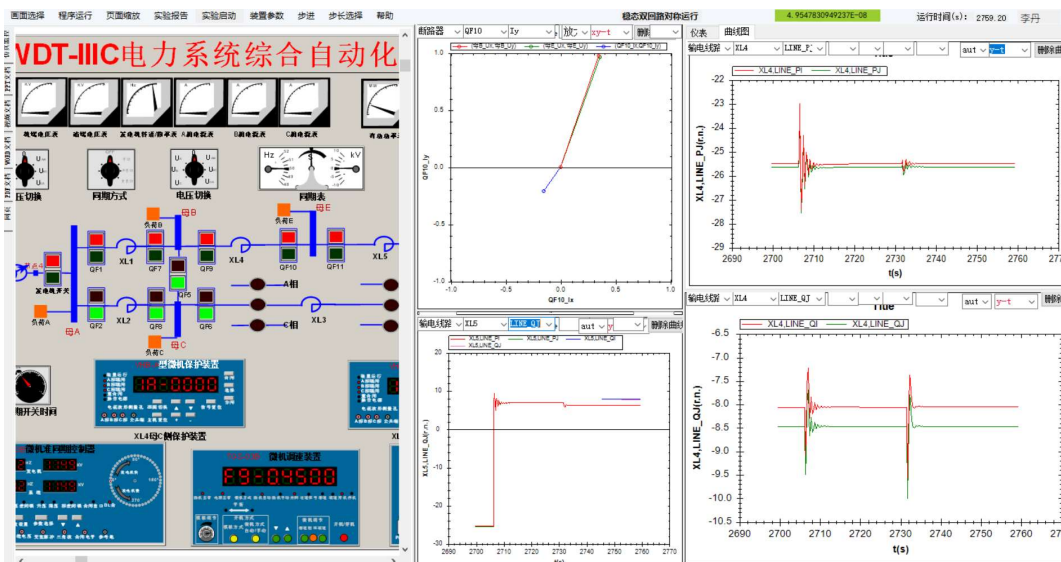
1. 将负荷 E 的有功负荷调整为 30MW，观察并分析得出有功分点为母线 E。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



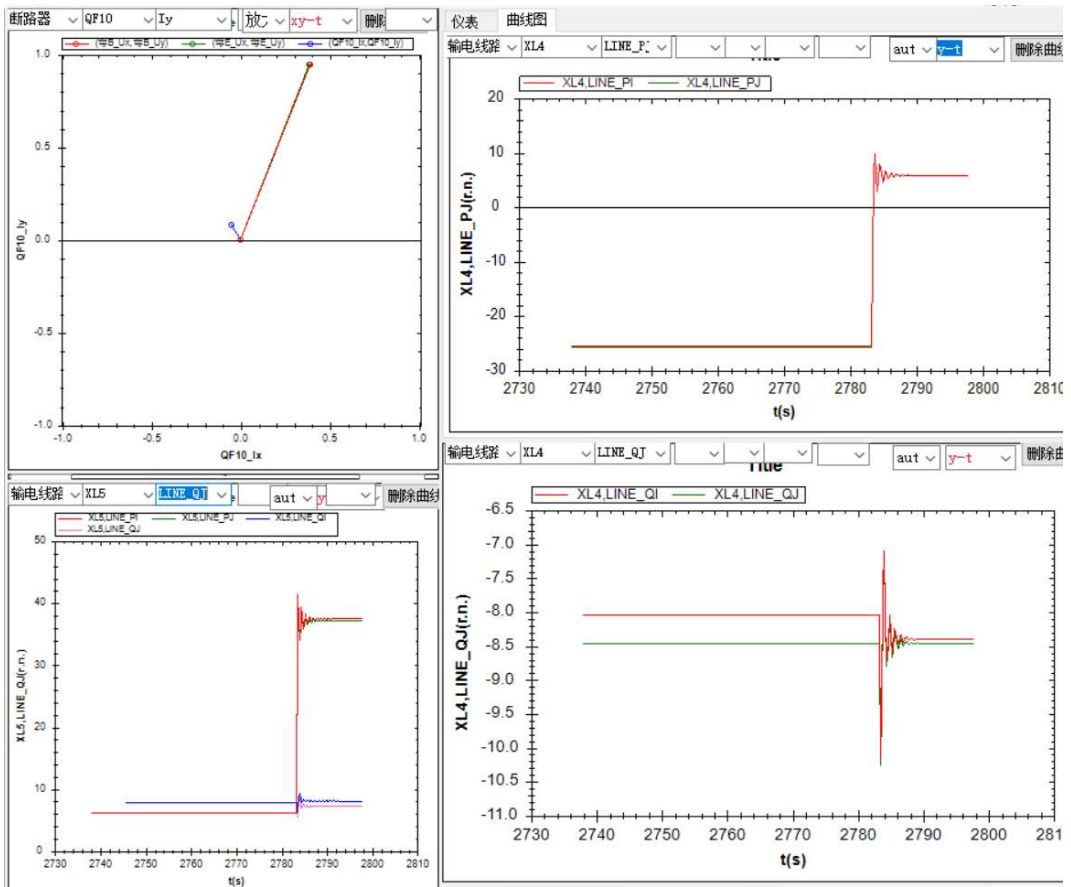
2. 将负荷 E 的无功负荷调整为 15Mvar, 观察并分析得出无功分点为母线 E。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



3. 将负荷 B 的有功负荷调整为 30MW，观察并分析得出有功功分点由母线 E 变为母线 B。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



4. 将负荷 B 的无功负荷调整为 10Mvar, 观察并分析得出无功功分点由母线 E 变为母线 B。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

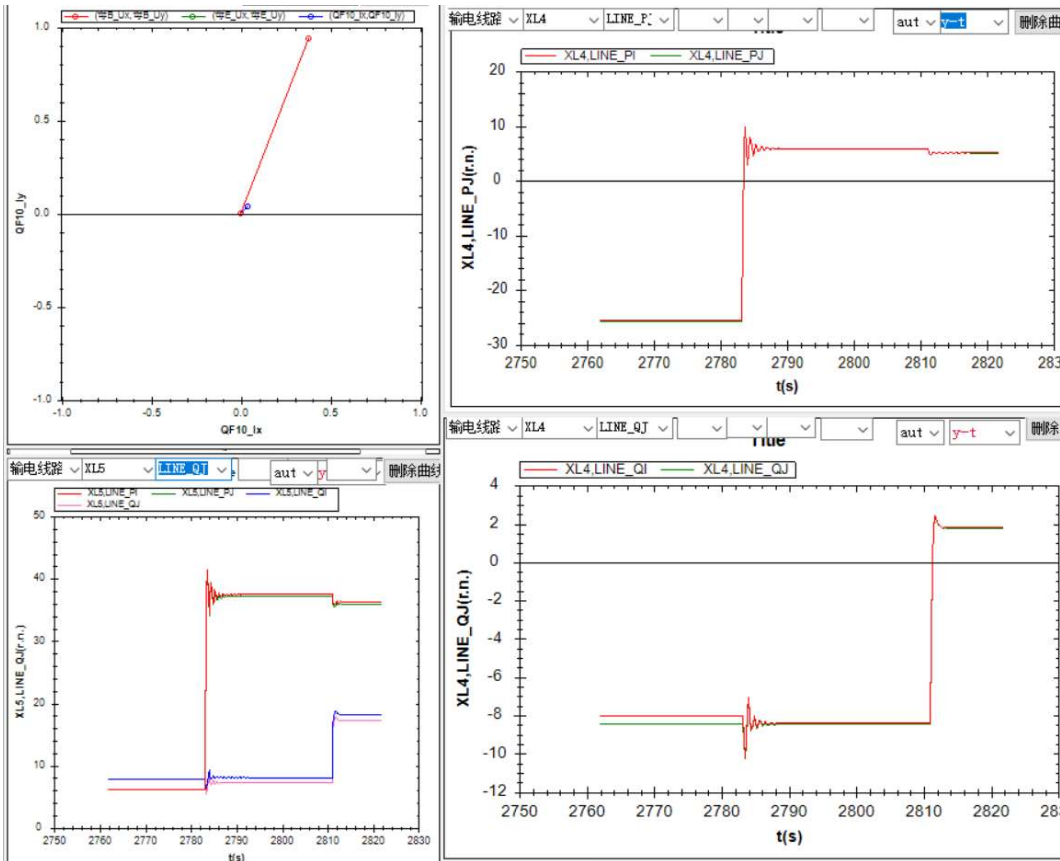


表 2-1 分数： {11score} 时间： {11time}

	负荷 B 负 荷 E 为 0	负荷 E 为 30MW	负荷 E 为 30+j15MVA	负荷 B 为 30Mva r	负荷 B 为 30+j10MVA
母 B 电压幅 值 (kv)	{1110}	{1111}	{1112}	{1113}	{1114}
母 E 电压幅 值 (kv)	{1116}	{1117}	{1118}	{1119}	{1120}
母 B 超前母 E 电压相角 (弧 度)	{1122}	{1123}	{1124}	{1125}	{1126}
线路 4 始端 有功 (MW)	{1128}	{1129}	{1130}	{1131}	{1132}
线路 4 始端	{1134}	{1135}	{1136}	{1137}	{1138}

实验人： {实验人员信息}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

无功 (Mvar)					
线路 5 始端有功 (MW)	{1140}	{1141}	{1142}	{1143}	{1144}
线路 5 始端无功 (Mvar)	{1146}	{1147}	{1148}	{1149}	{1150}

注:。

1.2.4、实验分析及结论

1. 分析说明有哪些方法可以判别线路中有功功率和无功功率的方向。
2. 分析说明有功功率分点和无功功率分点的判别方法。
3. 尝试当发电机为调频方式，励磁为“恒 ut”模式时，如何实现上述实验。
4. 讨论如何控制电网中的潮流分布。

第2章 电力系统无功功率平衡和电压调整

2.1、电力系统无功功率平衡实验

2.1.1 实验目的

1. 理解电力系统无功功率平衡的概念和意义
2. 了解无功平衡的方法和原理

2.1.2 原理和说明

(1) 无功平衡要求：

$$Q_{GC} > Q_{L\Sigma} + \Delta Q_{\Sigma}$$

$$Q_{GC} = Q_{G\Sigma} + Q_{C\Sigma} \quad Q_{G\Sigma}: \text{按额定功率因数计算}; Q_{C\Sigma}: \text{按额定容量计算}$$

$$Q_{L\Sigma} = \sum Q_{Load,k} \quad \text{已知有功, 按定功率因数计算 (0.85/0.9)}$$

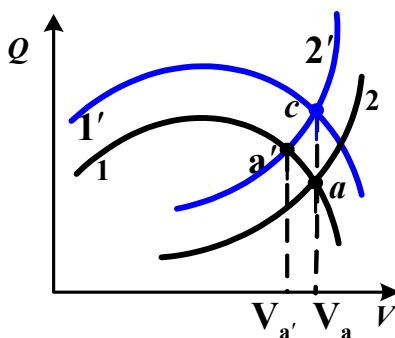
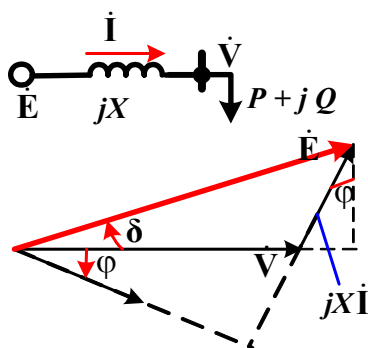
$$\Delta Q_{\Sigma} = \Delta Q_{L\Sigma} + \Delta Q_{T\Sigma} \quad \text{按 } V_N \text{ 计算, 线路充电功率只计 110kV 及以上}$$

$$Q_{res} = Q_{GC} - (Q_{L\Sigma} + \Delta Q_{\Sigma}) \quad \text{要求: } Q_{res} > 0 \text{ —— 无功备用}$$

—— 正常电压水平、最大负荷条件下, 充裕的无功备用

(2) 无功平衡与电压水平的关系：

$$\text{运行中的无功平衡关系: } Q_{GC} = Q_{L\Sigma} + \Delta Q_{\Sigma}$$



分析：

$$\begin{cases} P = VI \cos \varphi = (EV/X) \sin \delta \\ Q = VI \sin \varphi = (EV/X) \cos \delta - V^2/X \end{cases}$$

$$Q = \sqrt{\left(\frac{EV}{X}\right)^2 - P^2} - \frac{V^2}{X}$$

结论：必须保证较高电压水平的无功平衡，否则无功负荷的增加将导致运行电压水平降低。

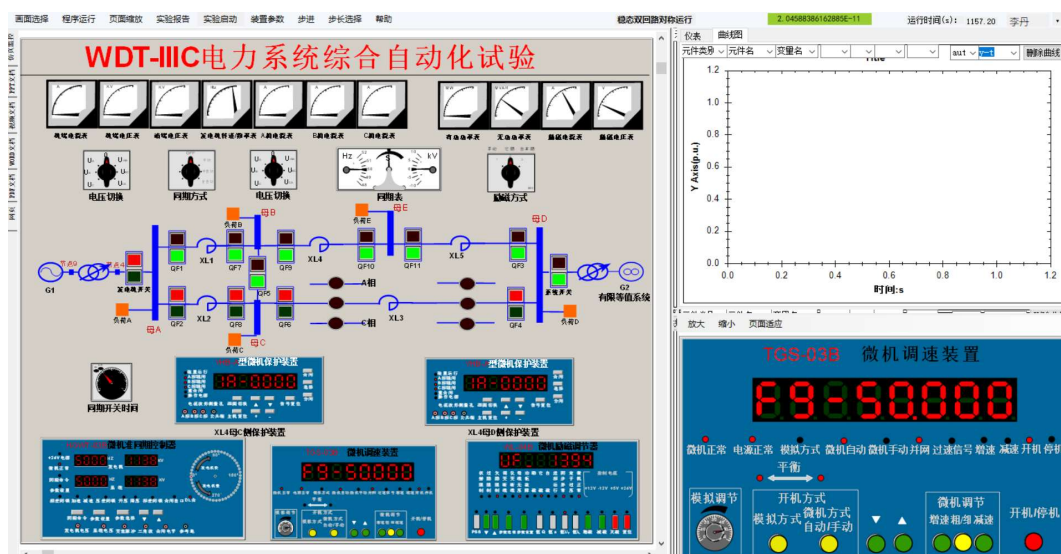
电力系统稳态分析仿真实验指导书

(3) 无功平衡要注意的基本问题:

- 满足额定电压水平下运行时的平衡关系
——正常负荷水平下, 有适当的无功备用
最大负荷水平下有要求的电压水平
- 尽可能通过分散补偿, 使末端功率因数达到较高水平(专用负荷 0.9)
- 分区、分层就地平衡, 避免无功远距离传输和跨电压等级流动
——最大负荷时, 合理利用负荷中心的机组无功出力
最小负荷时, 合理安排机组进相运行
- 最小负荷时, 220kV 以上输电网安排适当的并联电抗器补偿

2.1.3 实验项目和方法

2.1.3.1 实验准备



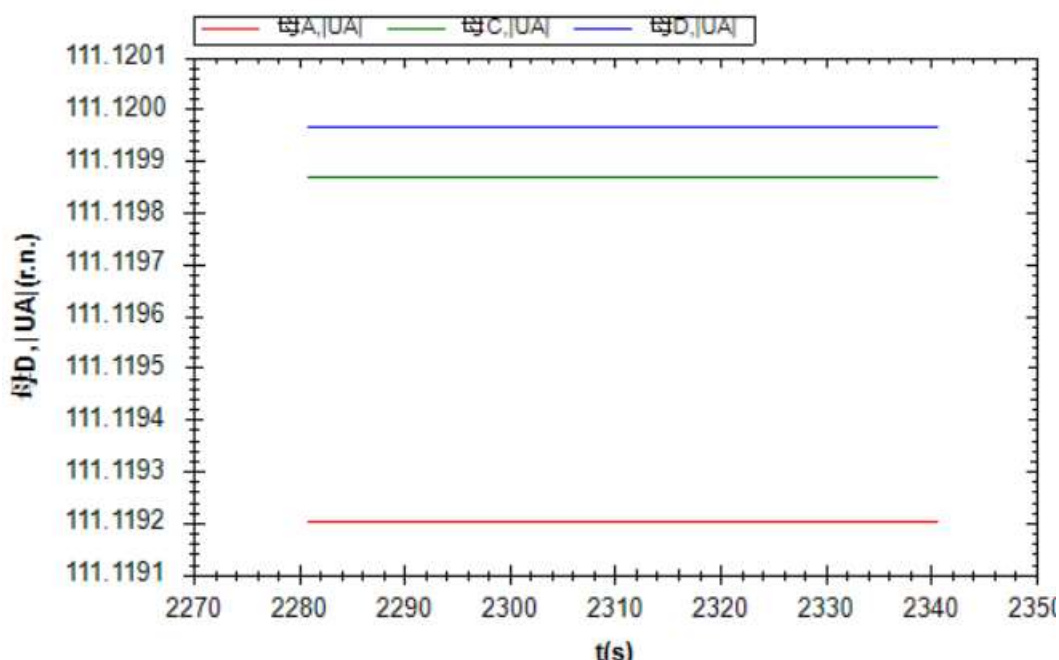
- 分断系统开关, 注意此时发电机组 G1 由开度调节模式变为频率调节模式。机组 G1 变为单机负荷系统。
- 分断 QF1, QF3, QF5, QF7, QF9, QF10, QF11 等开关, 将供电网络变为单回路。
- 检查并调整负荷 A, 负荷 C, 负荷 D 为 0。
- 将变压器的档位调整为 0 档

实验人: {实验人员信息}

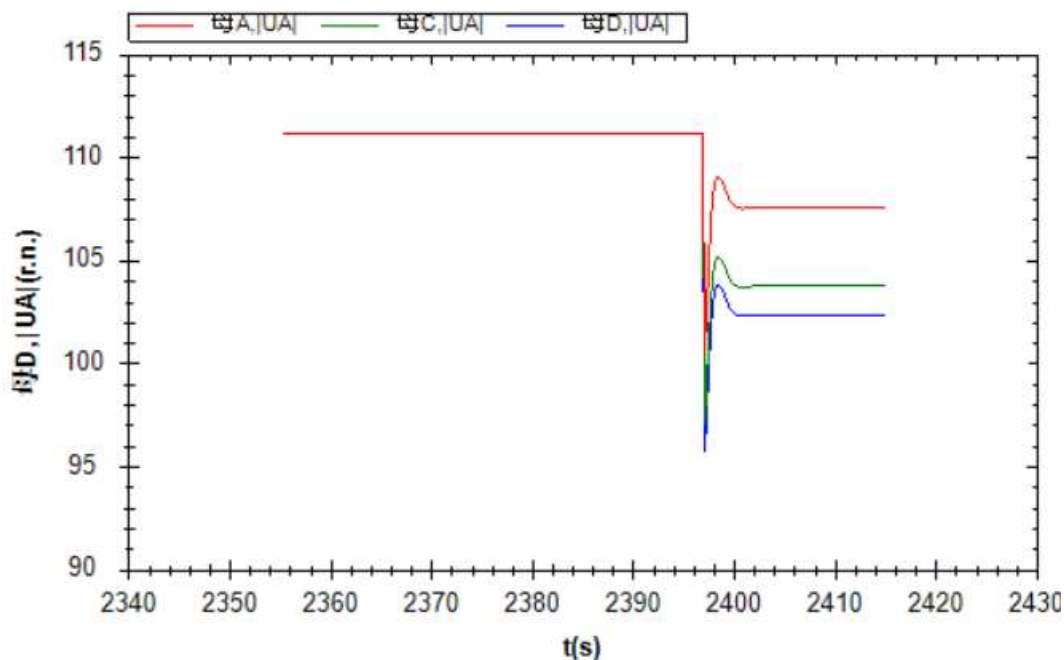
电力系统稳态分析仿真实验指导书

2.1.3.2 实验步骤

1. 记录母线 A, 母线 C, 母线 D 的电压幅值 (约 111.12kv)。



2. 将负荷 D 的负荷调整为 30Mvar; 记录母线 A, 母线 C, 母线 D 的电压幅值。列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。

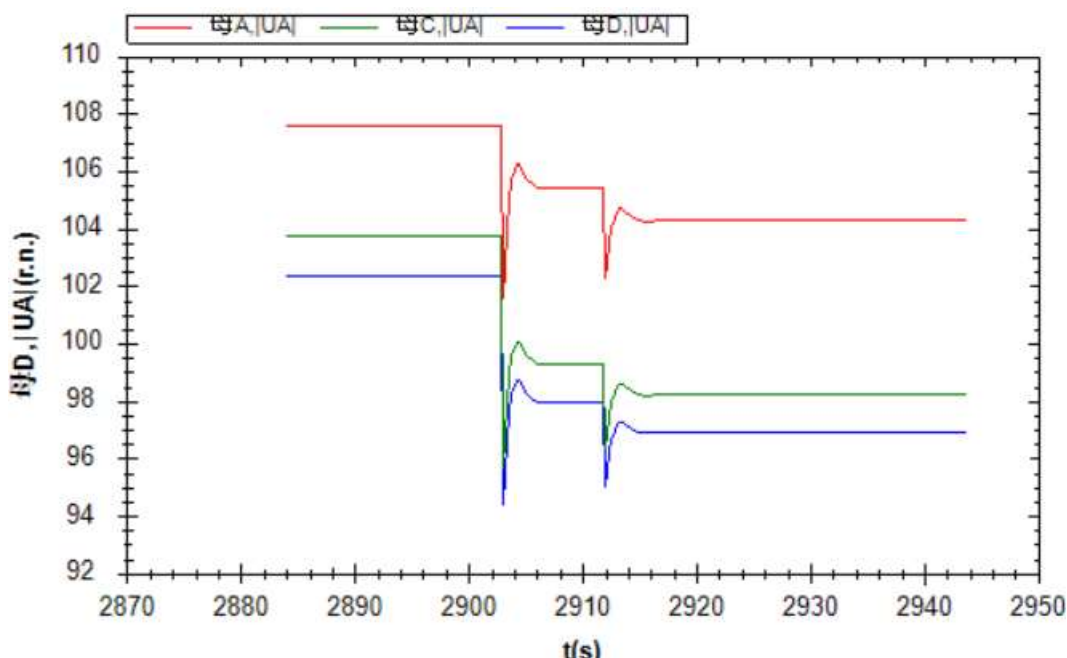


3. 试验分别采用变压器调压的方式; 调节发电机无功输出的方式; 母线上进行实验人: {实验人员信息}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

行无功补偿的方式将各母线上的电压恢复到原来的值附近。(可见只有在母线 D 进行 30Mvar 的无功补偿能够完全将所有母线上的电压恢复到原来的值)，列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。

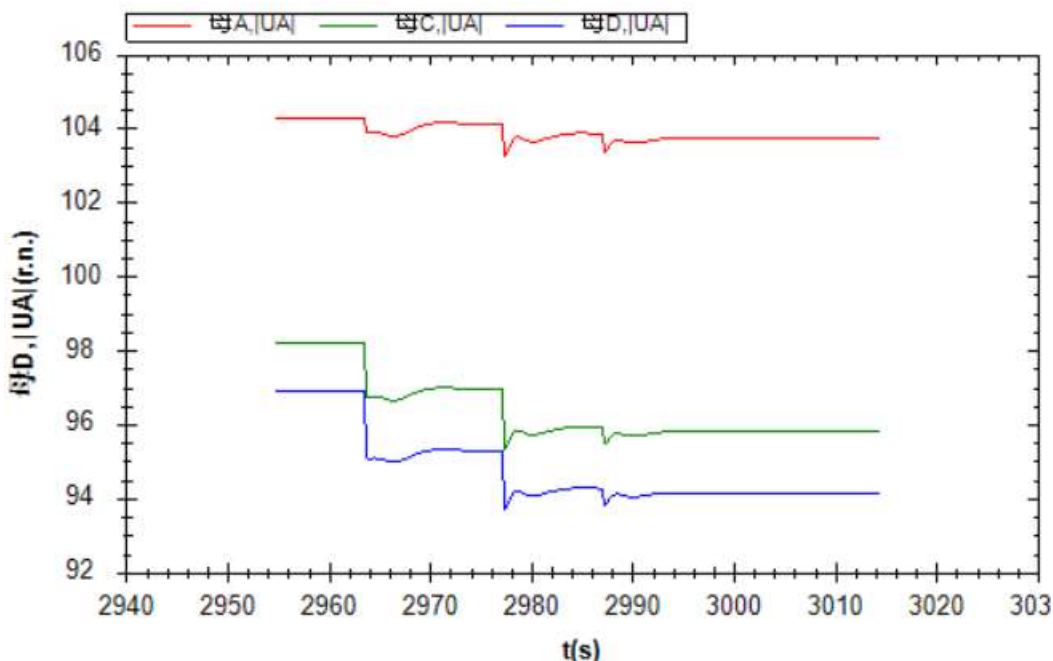
4. 分别将负荷 D 的负荷调整为 30Mvar；负荷 C 的负荷调整为 20Mvar；分别将负荷 A 的负荷调整为 10Mvar；记录母线 A，母线 C，母线 D 的电压幅值。列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。



5. 试验分别采用变压器调压的方式；调节发电机无功输出的方式；母线上进行无功补偿的方式将各母线上的电压恢复到原来的值附近。(可见只有在母线 D 进行 30Mvar 的无功补偿；母线 C 进行 20Mvar 的无功补偿；母线 A 进行 10Mvar 的无功补偿能够完全将所有母线上的电压恢复到原来的值)，列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。

6. 分别将负荷 D 的负荷调整为 $30+j30\text{MVA}$ ；负荷 C 的负荷调整为 $20+j20\text{MVA}$ ；分别将负荷 A 的负荷调整为 $10+j10\text{MVA}$ ；记录母线 A，母线 C，母线 D 的电压幅值。列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



7. 试验分别采用变压器调压的方式；调节发电机无功输出的方式；母线上进行无功补偿的方式将各母线上的电压恢复到原来的值附近。（可见只有在母线 D 进行 30Mvar 的无功补偿；母线 C 进行 20Mvar 的无功补偿；母线 A 进行 10Mvar 的无功补偿，或再配合变压器电压调节或发电机无功出力调节能够较好地将所有母线上的电压恢复到原来的值附近）。列写各母线当前电压下的无功平衡方程并代入值验证。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

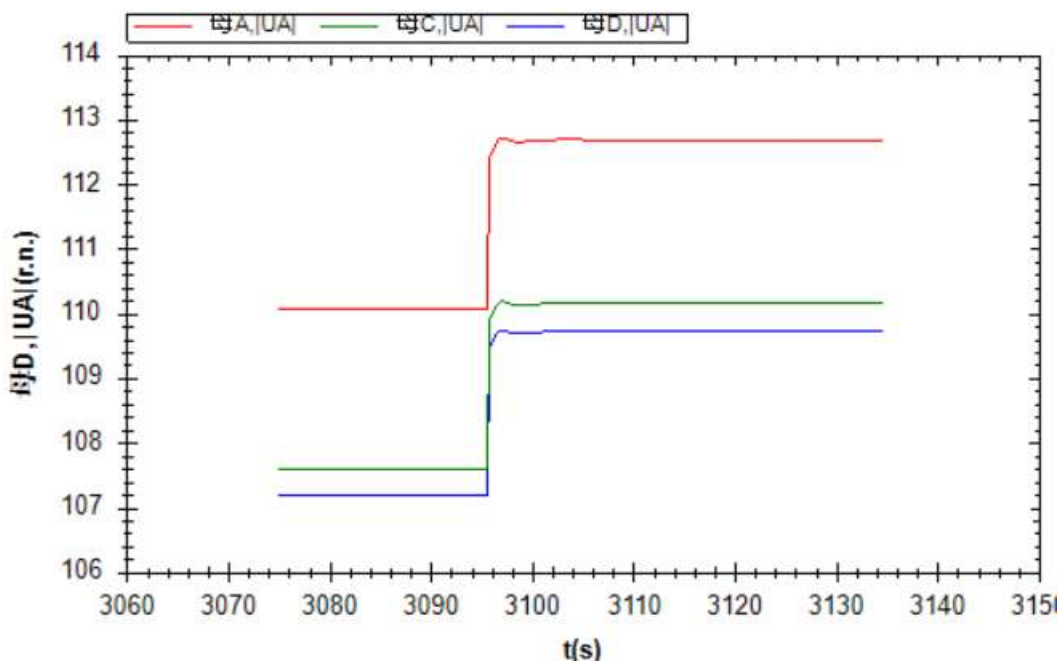


表 2-1 分数： {11score} 时间： {11time}

	负荷 A 负荷 C 负荷 D 为 0	负荷 A 负荷 C 为 0 负荷 D 为 30(Mvar)	前列的无功完全补偿	负荷 A:10 负荷 C:20 负荷 D: 30(Mvar)	前列的无功完全补偿	负荷 A:10 负荷 C:20 负荷 D: 30(MVA)	前列的无功完全补偿
母 A 电压幅值 (kv)	{1110}	{1111}	{1112}	{1113}	{1114}		
母 C 电压幅值 (kv)	{1116}	{1117}	{1118}	{1119}	{1120}		
母 D 电压幅值 (kv)	{1122}	{1123}	{1124}	{1125}	{1126}		
线路 2 功率损耗	{1128}	{1129}	{1130}	{1131}	{1132}		

实验人： {实验人员信息}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

(MV A)							
线路 3 功 率 损 耗 (MV A)	{1134}	{1135}	{1136}	{1137}	{1138}		
负 荷 A(MV A)	{1140}	{1141}	{1142}	{1143}	{1144}		
负 荷 C(MV A)	{1146}	{1147}	{1148}	{1149}	{1150}		
负 荷 D(MV A)							
无 功 电 源 功 率 汇 总 (MVA)							
无 功 负 荷 功 率 汇 总 (MVA)							

注:可针对变压器后单回路供电线路列写无功平衡方程,并代入值验证。

2.1.4、实验分析及结论

1. 分析说明无功功率平衡和电压的关系。
2. 讨论分析电力系统各种无功电源和无功负荷的关系及其原理。

2.2、 电力系统电压调整实验

2.2.1 实验目的

1. 了解电力系统中枢点电压调节的方法和原理

2.2.2 原理和说明

2.2.2.1 电力系统电压调整的意义

- (1) 电压偏移要求:

35kV 及以上: 正、负偏移之绝对值和 $\leq 10\%V_N$

10kV 及以下: $\leq \pm 10\%V_N$

380V/220V 单相: $-10\% \sim +7\% V_N$

- (2) 电压调整目的:

保证各负荷点电压偏移在允许范围内

2.2.2.2 中枢点的电压管理

- (1) 电压中枢点及其选择

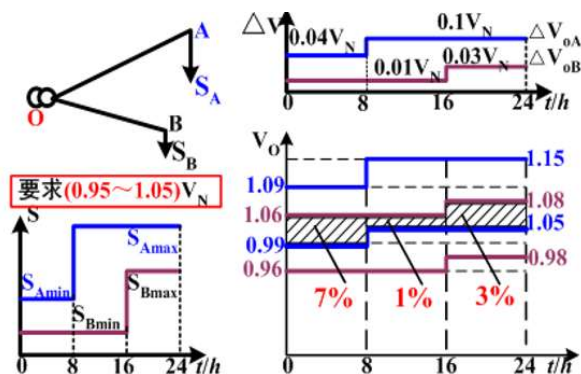
① 电压中枢点: 对供电区域各负荷点电压有显著调控作用节点

② 中枢点选择: 区域性电厂高压母线; 枢纽变二次母线; 有大量直馈负荷的 G 母线

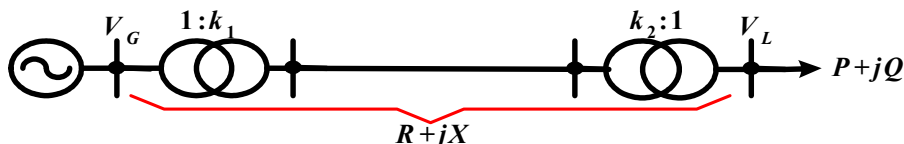
- (2) 中枢点电压允许变化范围的确定

- I) 方法与步骤:

- ① 由各负荷点 $S(t)$ 计算
中枢点 $\rightarrow$ 负荷点的 $\Delta V(t)$
- ② 由各负荷点允许偏移
 $\rightarrow$ 中枢点要求范围
- ③ 确定同时满足各负荷点
要求的中枢点允许范围



2.2.2.3 电压调整基本原理与措施



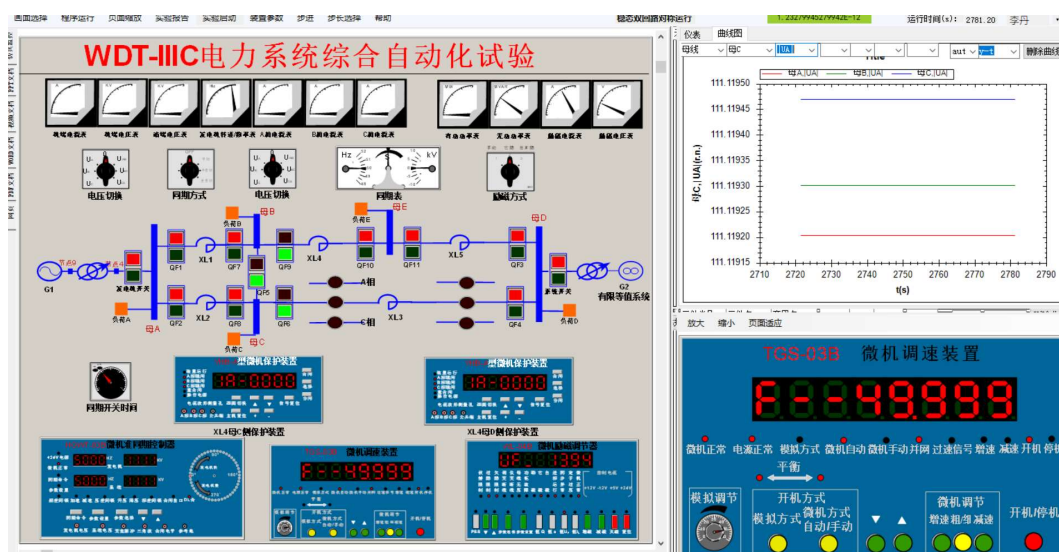
$$V_L \approx (V_G k_1 - \Delta V) / k_2 = \left(V_G k_1 - \frac{PR + QX}{V} \right) / k_2$$

调整负荷电压 V_L 的措施：

- (1) 改变 V_G (AVR调节 I_f)
- (2) 合理选择 k_1 、 k_2
- (3) 改变线路参数(R、X)，如串补
- (4) 改变无功分布 (如 Q_C 补偿)

2.2.3 实验项目和方法

2.2.3.1 实验准备

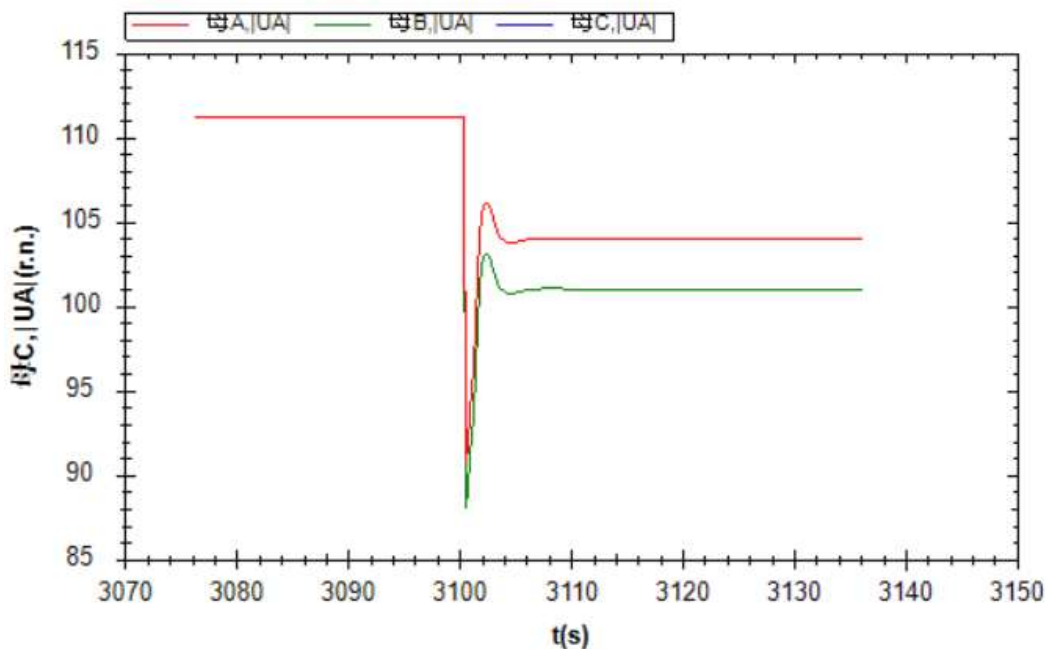


1. 分断 QF5, QF6, QF9。形成中枢点母线 A 供电的辐射型线路 1 和线路 2。
2. 检查并调整负荷 A，负荷 B，负荷 C 为 0。
3. 将变压器的档位调整为 0 档

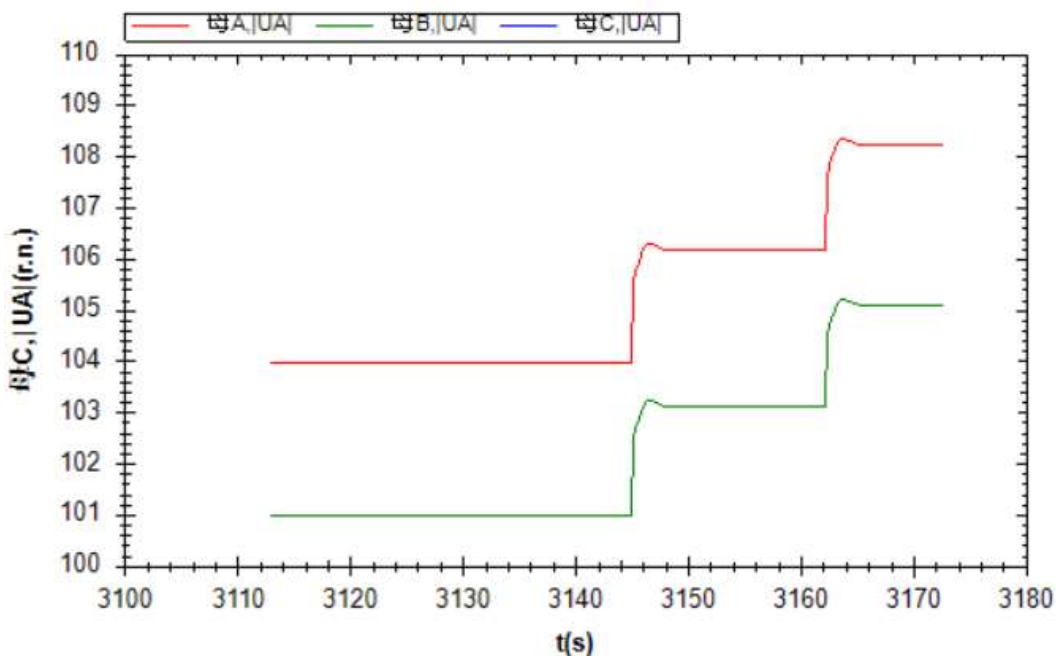
2.2.3.2 实验步骤

1. 记录母线 A，母线 B，母线 C 的电压幅值 (约 111.12kv)。
2. 将负荷 B 调整为 20+j60MVA，观察母线 A，母线 B，母线 C 的电压幅值。

电力系统稳态分析仿真实验指导书

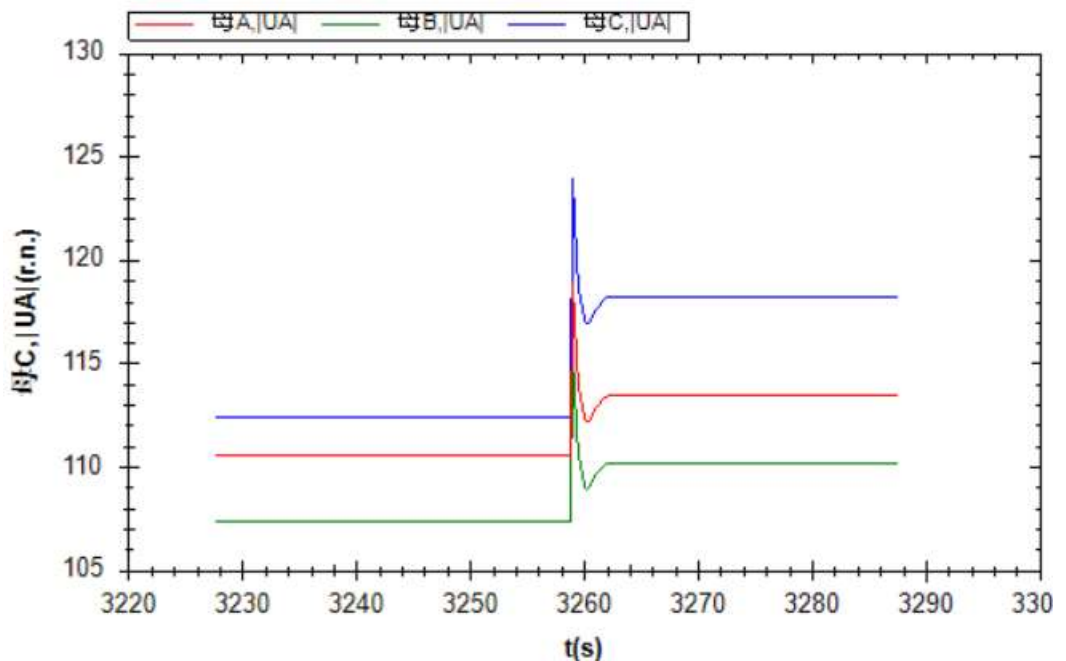


3. 观察到母线 B 的电压过低不合格，采用升高中枢点变压器档位的方式升高中枢点电压（从 0 档调至 2 档，电压合格）。



3. 将负荷 C 调整为 20-j40MVA，观察母线 C 电压过高。

电力系统稳态分析仿真实验指导书



5.观察到母线 C 的电压过高不合格，采用降低中枢点变压器档位的方式降低中枢点电压（从 2 档调至 0 档，电压合格）。

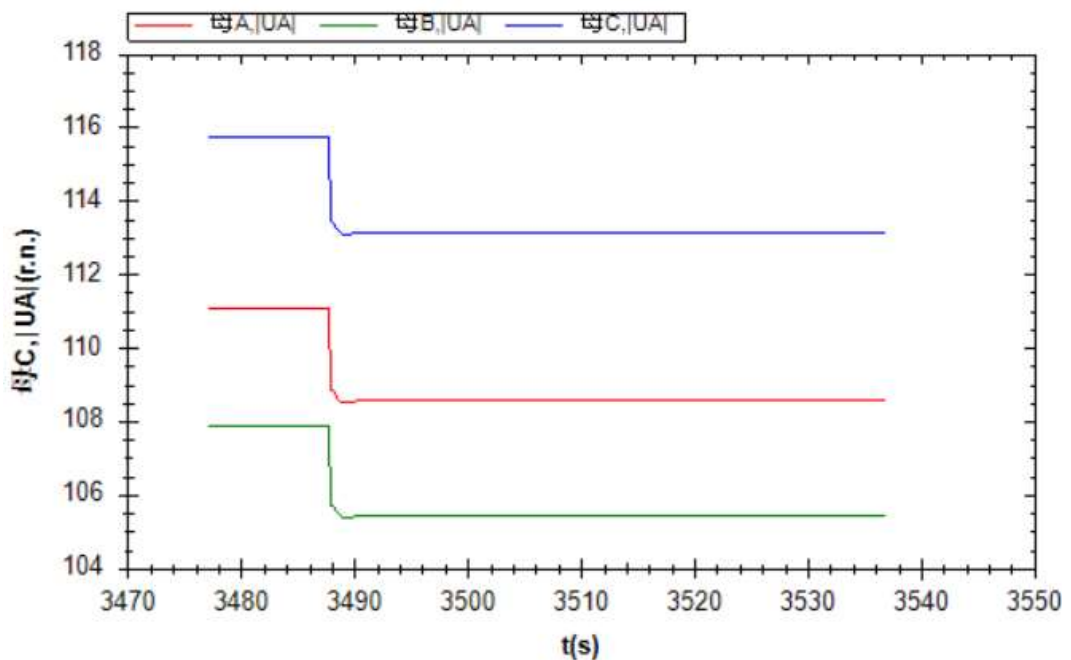


表 2-2

分数: {llscore} 时间: {lltime}

电力系统稳态分析仿真实验指导书

	负荷 A=0 负荷 B=0 负荷 C=0	负荷 A=0 负荷 B=20+j60MVA 负荷 C=0	负荷 A=0 负荷 B=20+j60MVA 负荷 C=20-j40MVA
母 A 电压幅值 (kv)	{1110}	{1111}	{1112}
母 B 电压幅值 (kv)	{1116}	{1117}	{1118}
母 C 电压幅值 (kv)	{1122}	{1123}	{1124}
中枢纽点变压器 档位			

注:。

2.2.4、实验分析及结论

1. 分析说明电力系统有哪些调压手段保证各种负荷情况下电网各节点电压合格。
2. 讨论分析实现电网各节点电压合格的最优调压方案及最小成本。

目 录

前 言.....	1
第一章 简单电力网络运行和分析仿真实验	2
第二章 电力系统无功功率平衡和电压调整 错误!未定义书签。	

电力系统稳态分析 仿真实验报告

学 院：{学院 zhujg}

学 号：{班级 zhujg}

学生姓名：{姓名 zhujg}

报告时间：{时间 zhujg}