



高等学校电子与电气工程  
及自动化专业“十三五”规划教材

# 电力系统ETAP软件 仿真技术与实验

主 编 朱 慧

副主编 孟祥忠 汤红诚

*E. & E. E. & E.*



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

高等学校电子与电气工程及其自动化专业“十三五”规划教材

# 电力系统 ETAP 软件仿真技术与实验

主 编 朱 慧

副主编 孟祥忠 汤红诚

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书内容涵盖电子与电气工程及自动化专业实验课程的各个方面,包括“电力系统稳态分析”、“电力系统暂态分析”、“电力系统继电保护”、“电力系统自动化”等课程的主要实验项目。本书既有电力系统的仿真实验,也有电力系统的物理模拟实验。

本书可作为高等院校电子与电气工程及自动化专业以及相关专业的实验教材,也可作为电力系统工程技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

电力系统 ETAP 软件仿真技术与实验/朱慧主编.

—西安:西安电子科技大学出版社,2015.8

高等学校电子与电气工程及自动化专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-3810-2

I. ①电… II. ①朱… III. ①电力系统—系统仿真—高等学校—教材

IV. ①TM7

### 中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 203152 号

策 划 毛红兵

责任编辑 阎 彬 王 静

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfxb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 虎彩印艺股份有限公司

版 次 2015年8月第1版 2015年8月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 8.25

字 数 192千字

印 数 1~1000册

定 价 15.00元

ISBN 978-7-5606-3810-2/TM

**XDUP 4102001-1**

\*\*\* 如有印装问题可调换 \*\*\*

## 前 言

实验教学是高等学校工科专业教学的重要组成部分，它对于提高学生的实际动手能力、科学研究能力和知识创新能力起着至关重要的作用。本书是根据加强实践教学环节、拓宽专业知识面的教学改革需要而编写的专业综合实验教材。

全书涉及电子与电气工程及自动化专业的各个方面，既有电力系统的仿真实验，也有电力系统的物理模拟实验。全书共分为四章，第一章是基于 ETAP 软件的电力系统仿真实验；第二章是电力系统分析实验；第三章是电力系统继电保护实验；第四章是电力系统自动化实验。

本书先讲解实验设备的理论基础，然后讲解实验设备的使用方法和实验步骤，力求深入浅出，理论联系实际，注重实际应用。

青岛科技大学朱慧担任本书主编并负责全书的统稿工作，孟祥忠、汤红诚担任副主编。朱慧编写了第一、三章及附录；汤红诚编写了第二、四章。青岛科技大学的乔峰老师为本书编写做了许多辅助工作，青岛科技大学的刘喜梅教授、刘慧明教授、孟祥忠教授、逢海萍教授在本书的编写过程中提出了许多宝贵的建议，在此一并表示衷心的感谢。

由于水平有限，书中不妥之处在所难免，恳请各位读者提出意见。

编 者  
2015 年 5 月

# 目 录

第一章 基于 ETAP 软件的电力系统仿真实验 .....	1
实验一 ETAP 软件仿真模型的建立 .....	1
实验二 ETAP 软件潮流仿真模块的使用 .....	9
实验三 电力系统功率分布及仿真分析实验 .....	12
实验四 电力系统短路故障仿真分析 .....	15
实验五 电力系统暂态稳定性仿真分析 .....	18
实验六 电力系统继电保护仿真分析 .....	23
第二章 电力系统分析实验 .....	28
实验一 单机-无穷大系统稳态运行方式实验 .....	28
实验二 单机带负荷实验 .....	30
实验三 电力系统功率特性和功率极限实验 .....	33
实验四 提高电力系统静态稳定性的措施实验 .....	37
实验五 提高电力系统暂态稳定性的措施实验 .....	40
实验六 复杂电力系统运行方式实验 .....	43
第三章 电力系统继电保护实验 .....	47
实验一 电磁型继电器的特性与测试实验 .....	47
实验二 单端供电网络相间短路的电流保护实验 .....	53
实验三 功率方向继电器实验 .....	56
实验四 两端电源网络相间短路的方向性电流保护实验 .....	61
实验五 方向阻抗继电器实验 .....	65
实验六 输电线路的距离保护实验 .....	72
实验七 差动继电器实验 .....	75
实验八 三相一次重合闸装置实验 .....	79
第四章 电力系统自动化实验 .....	87
实验一 同步发电机准同期并列实验 .....	87
实验二 同步发电机励磁控制实验 .....	91
实验三 电力系统调度自动化实验 .....	101
实验四 电力系统频率调整和电压调节实验 .....	107
附录 .....	112
附录一 WDT-ⅢC 型电力系统综合自动化实验装置简介 .....	112
附录二 PS-5G 型电力系统微机监控实验系统简介 .....	120
附录三 功率角指示器原理说明 .....	121
附录四 EPL-I 电力系统继电特性及继电保护实验装置 .....	122
参考文献 .....	126

# 第一章 基于 ETAP 软件的电力系统仿真实验

ETAP 仿真软件是美国 OTI 公司于 1996 年发行的功能全面的综合型电力及电气分析计算软件,能为发电、输配电和工业电力电气系统的规划、设计、分析、计算、运行、模拟提供全面的分析平台和解决方案。

经过多年的开发与完善,ETAP 仿真软件具有潮流计算、不平衡潮流计算、优化潮流、短路计算、保护整定、电机加速分析、暂态稳定、电机起动分析、接地网设计和低压配电系统设计等功能,确立了电力系统设计和分析软件的标准。ETAP 仿真软件可以提供全图形的用户界面,通过用户界面的编辑工具条,可以很方便地对系统进行建模,以最简洁的方式建立单线图、阻抗图、继电保护图、分析计算图等多种图形。ETAP 软件还具有虚拟现实操作的特点,其下的程序操作与实际的电气系统相似。利用 ETAP 软件进行仿真分析时,只需点击相应的功能模块按钮,并进行合理的参数设置,即可获得分析结果,分析结果可以以直接显示、文本报告、曲线等多种形式直观地输出。ETAP 仿真软件以良好的人机界面、强大的计算分析和设计功能、丰富的控制系统模型、直观简单的电气操作等优点在电力系统行业中得到广泛应用,已成为电力科研工作者和工程技术人员进行电力系统有关问题的仿真分析和辅助设计的理想工具。

本章首先讲述了运用 ETAP 软件进行系统建模,接着通过实验讲述了软件中几个典型模块(如潮流分析模块、短路分析模块、暂态稳定性分析模块和保护设备配合模块)的使用,并与课堂理论教学密切联系。通过这些仿真实验,学生能加深理解课堂理论知识,并能熟练掌握和应用 ETAP 仿真软件。

## 实验一 ETAP 软件仿真模型的建立

### 一、实验目的

- (1) 通过本实验学会用 ETAP 软件建立仿真模型;
- (2) 通过仿真模型建立过程中参数的录入,加深对系统元件参数的理解。

### 二、实验原理

运用 ETAP 软件对系统进行仿真分析时,必须先建立系统的仿真模型,即在 ETAP 软件编辑界面中画出系统的单线图。ETAP 软件中单线图的建立,需经过系统元件的选取、元件连线和参数录入三个步骤。下面以典型的三机九节点系统为例介绍 ETAP 软件仿真模型建立的过程。系统图如图 1-1 所示。

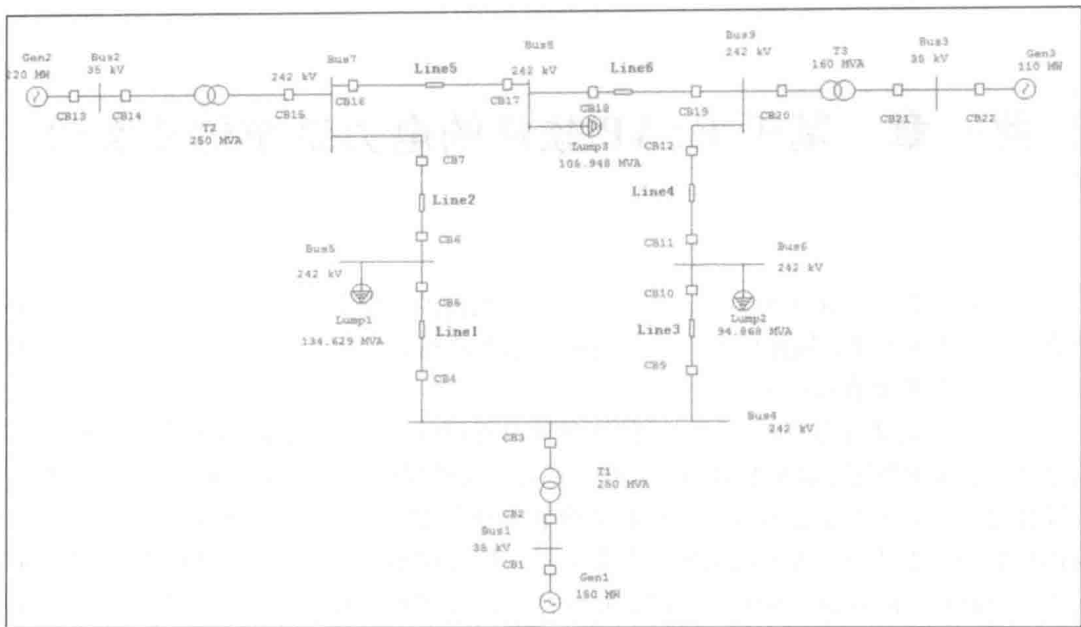


图 1-1 典型三机九节点系统图

系统中各元件参数如下：

Gen1:

$P_{GN}=150 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $U_{GN}=35 \text{ kV}$ ,  $\cos\varphi_N=0.85$ ,  $\eta_N=95\%$ ,  $n_N=176 \text{ r/min}$ ,  $x_d=0.99$ ,  $x'_d=0.35$ ,  $x''_d=0.25$ ,  $x_q=0.66$ ,  $x''_q=0.33$ ,  $x_l=0.15$ ,  $x_{(2)}=0.18$ ,  $x_{(0)}=0.07$ ,  $R_a=0.01$ ,  $T'_{d0}=5.25 \text{ s}$ ,  $T''_{d0}=0.03 \text{ s}$ ,  $T''_{q0}=0.05 \text{ s}$ ,  $H=2.3 \text{ s}$ ,  $D=0$ , 水轮发电机, 凸极式发电机。

Gen2:

$P_{GN}=220 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $U_{GN}=35 \text{ kV}$ ,  $\cos\varphi_N=0.85$ ,  $\eta_N=95\%$ ,  $n_N=3000 \text{ r/min}$ ,  $x_d=0.99$ ,  $x'_d=0.35$ ,  $x''_d=0.25$ ,  $x_q=0.66$ ,  $x''_q=0.33$ ,  $x_l=0.15$ ,  $x_{(2)}=0.18$ ,  $x_{(0)}=0.07$ ,  $R_a=0.01$ ,  $T'_{d0}=5.25 \text{ s}$ ,  $T''_{d0}=0.03 \text{ s}$ ,  $T''_{q0}=0.05 \text{ s}$ ,  $H=6.4 \text{ s}$ ,  $D=0$ , 水轮发电机, 凸极式发电机。

Gen3:

$P_{GN}=110 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $U_{GN}=35 \text{ kV}$ ,  $\cos\varphi_N=0.85$ ,  $\eta_N=95\%$ ,  $n_N=3000 \text{ r/min}$ ,  $x_d=1.55$ ,  $x'_d=0.28$ ,  $x''_d=0.19$ ,  $x_q=0.625$ ,  $x''_q=0.19$ ,  $x_l=0.15$ ,  $x_{(2)}=0.18$ ,  $x_{(0)}=0.07$ ,  $R_a=0.01$ ,  $T'_{d0}=6.5 \text{ s}$ ,  $T''_{d0}=0.035 \text{ s}$ ,  $T''_{q0}=0.035 \text{ s}$ ,  $H=3.01 \text{ s}$ ,  $D=0$ , 水轮发电机, 凸极式发电机。

变压器参数如下：

T1: 35/242 kV,  $S_{NT}=250 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $Z_T=0.105$ ,  $X_T/R_T=50$ , Y- $\Delta$ ;

T2: 35/242 kV,  $S_{NT}=250 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $Z_T=0.105$ ,  $X_T/R_T=50$ , Y- $\Delta$ ;

T3: 35/242 kV,  $S_{NT}=160 \text{ MV} \cdot \text{A}$ ,  $Z_T=0.105$ ,  $X_T/R_T=85$ , Y- $\Delta$ 。

线路参数如下：

Line1 长度 10 km, Line2 长度 10 km, Line3 长度 25 km, Line4 长度 16 km, Line5 长度 10 km, Line6 长度 15 km。各线路单位长度阻抗参数相同, 分别为  $r_{(1)}=r_{(2)}=0.185 \Omega/\text{km}$ ,  $r_{(0)}=0.573 \Omega/\text{km}$ ,  $x_{(1)}=x_{(2)}=0.436 \Omega/\text{km}$ ,  $x_{(0)}=2.582 \Omega/\text{km}$ ,  $Y_{(1)}=Y_{(2)}=7 \times 10^{-3} \text{ S/km}$ ,

$Y_{(0)} = 3.057 \times 10^{-3} \text{ S/km}$ 。

等效负荷参数如下：

Lump1:  $125 + j50 \text{ MV} \cdot \text{A}$ , 恒容量负荷 100%；Lump2:  $90 + j30 \text{ MV} \cdot \text{A}$ , 恒容量负荷 80%；Lump3:  $100 + j35 \text{ MV} \cdot \text{A}$ , 恒容量负荷 80%。

将发电机 Gen1 设为系统的平衡节点, 设置电压幅值为 1.04pu, 电压参考相角为  $0^\circ$ ；将 Gen2 设为 PV 节点, 设置电压幅值为 1.025pu, 有功输出 0.91pu, 将 Gen3 设为 PQ 节点, 设置有功、无功出力分别为 0.82pu 和 0.82pu。

### 三、实验内容及步骤

(1) 双击桌面上的“ETAP 7.5.2CH”图标, 进入如图 1-2 所示的界面。

(2) 点击图 1-2 界面中的“文件”菜单, 出现如图 1-3 所示的下拉菜单。

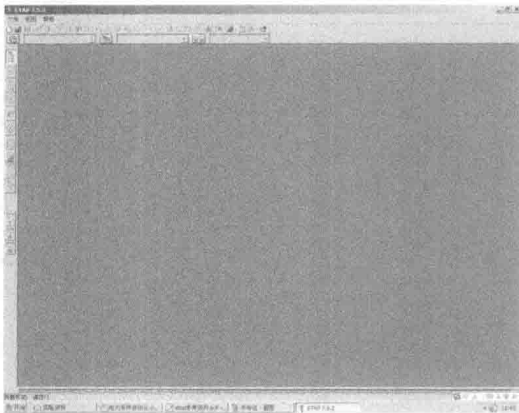


图 1-2 ETAP 7.5.2CH 界面



图 1-3 ETAP 7.5.2CH 新建工程界面

(3) 点击下拉菜单中的“新建工程”, 进入如图 1-4 所示的界面, 在此输入新建工程文件名、文件保存路径, 选择是否需要设置密码和单位系统。ETAP 软件中单位系统有英制和米制两种, 若选择英制, 则所建系统频率为 60 Hz, 系统中元件符号采用欧美标准; 若选择米制, 系统频率为 50 Hz, 元件符号采用中国标准。

(4) 对该界面设置完成后, 点击“确定”, 进入如图 1-5 所示的界面, 在此界面中输入用户信息。

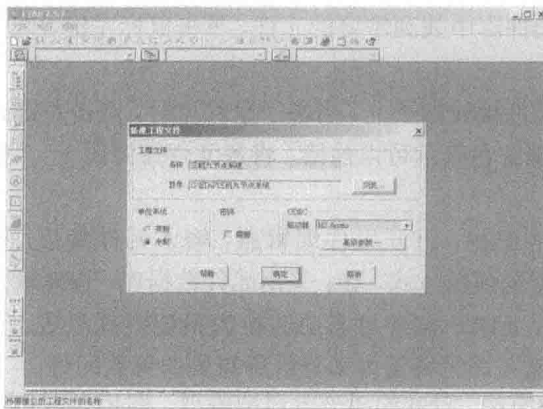


图 1-4 输入工程文件名的界面

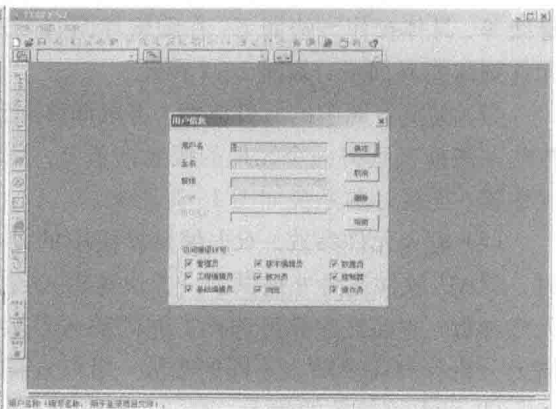


图 1-5 用户信息界面



(5) 点击“确定”，进入如图 1-6 所示的单线图编辑界面。图中自上而下依次为标题栏、菜单栏、工具栏、ETAP 软件模块栏，其中 ETAP 软件模块栏包括“编辑”模块、“潮流分析”模块、“不平衡潮流分析模式”模块、“短路分析”模块、“谐波分析”模块、“暂态稳定性分析”模块、“保护设备配合”模块等。界面的右侧为电力及电气系统元件库，左侧为系统工具栏及项目管理器，其中项目管理器包括“工程视图”、“单线图”、“star 系统”等。

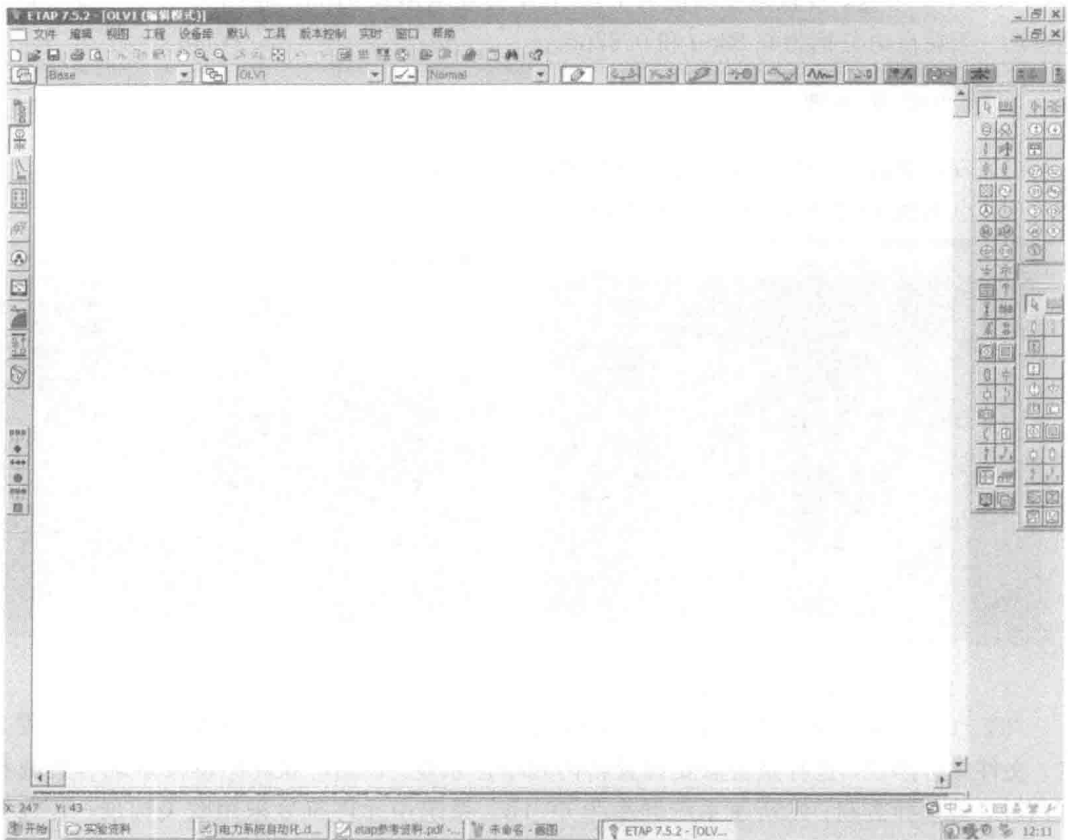


图 1-6 ETAP 软件单线图编辑界面

(6) 在编辑界面上添加系统元件，这些元件分别是发电机、变压器、传输线、等效负荷、母线等。具体操作方法如下：在编辑界面右侧元件库中找到需要的元件，单击鼠标左键，拖曳元件到编辑界面中，如图 1-7 所示。

(7) 编辑界面中的元件连线。将鼠标移到元件接线端子上，当端子呈红色时，点击左键并按住左键拖曳到另一个元件的接线端子上，呈现红色表示可以连接。将各元件按照图 1-1 依次连接，连接好的系统如图 1-8 所示。

(8) 输入元件参数。双击编辑界面中的元件图标，打开元件编辑器，输入元件参数。同时，ETAP 软件还另外提供了一些快速输入数据的便捷方式，如：采用元件数据库，快速输入元件参数；非独立参数可选择不同的输入参数，ETAP 软件可自动转换为系统内部参数。不同的分析计算需要输入不同的参数，用户只需输入满足特定仿真分析所需要的参数即可。

① 发电机参数的输入。双击发电机“Gen1”图标，打开同步发电机编辑器，同步发电机编辑器有多个属性页，每个属性页都有相应的参数需要输入，不同属性页之间可以相互切换。

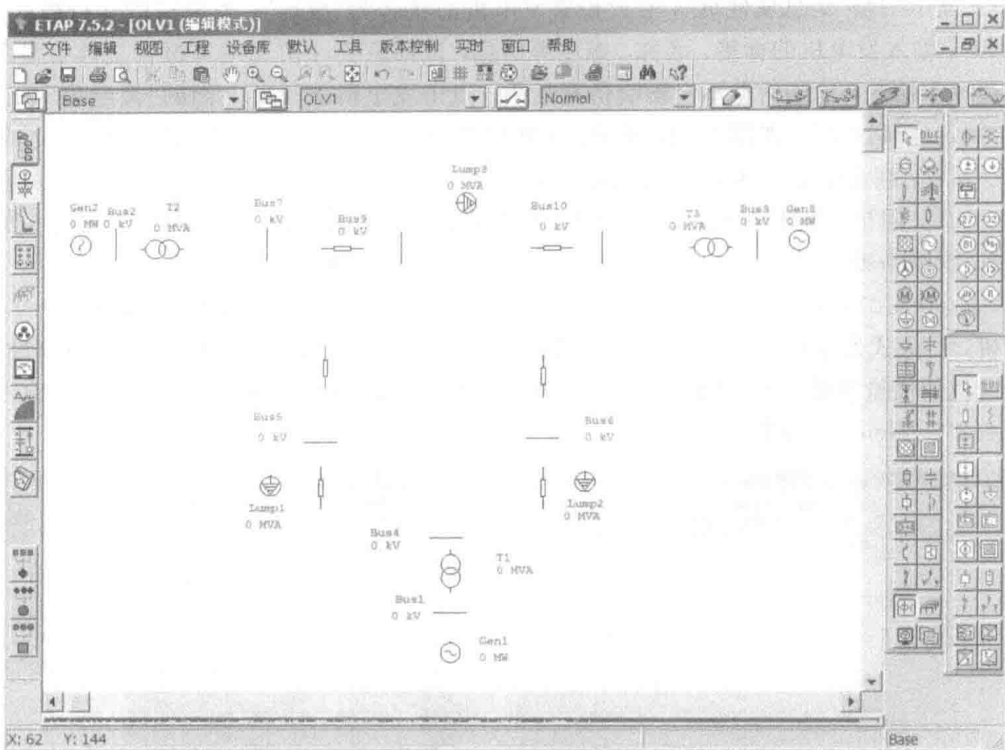


图 1-7 在编辑界面上添加元件

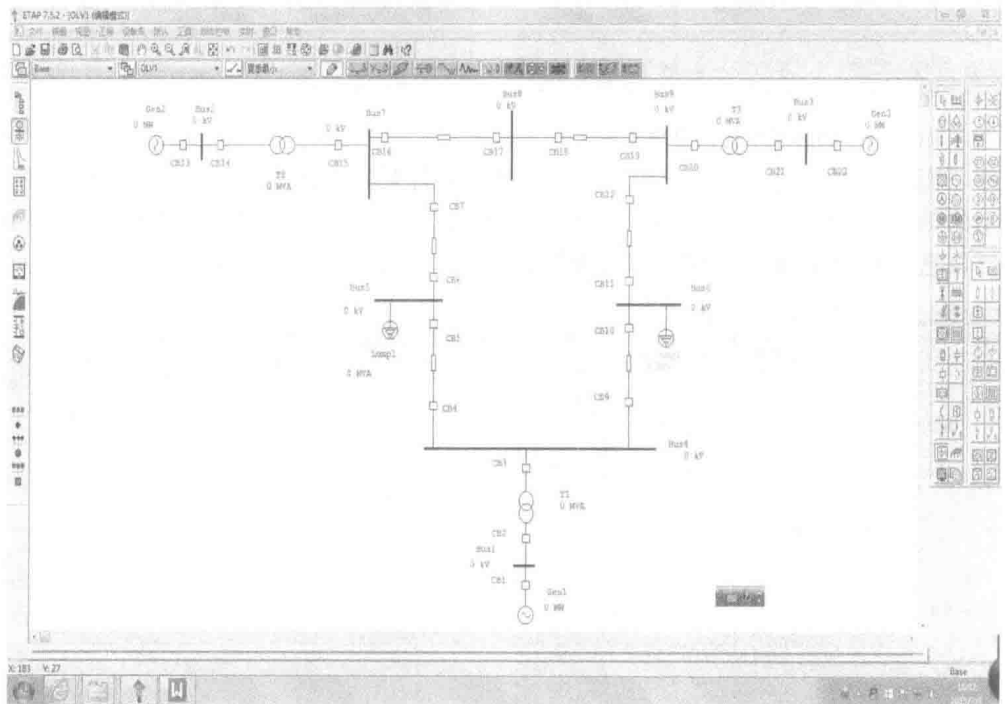


图 1-8 在编辑界面中进行元件连线

图 1-9 显示的是“信息属性页”，在此设置发电机的状态为“投运”，发电机的运行模式为“平衡节点”，输入发电机的标签、名称、描述等信息，该信息会在仿真结果报告文件中显示，也可以选择输入，这些信息不会影响仿真结果。点击发电机编辑器上面的“额定值”按钮，切换到“额定值属性页”，如图 1-10 所示。在此属性页中输入发电机的额定参数：额定有功功率 150 MW，额定电压 35 kV，额定功率因数 85%，额定效率 95%，极对数 34。点击发电机编辑器上面的“阻抗/模型”按钮，进入“阻抗/模型属性页”，如图 1-11 所示，在此输入发电机的阻抗/模型参数： $x_d=0.99$ ， $x'_d=0.35$ ， $x''_d=0.25$ ， $x_q=0.66$ ， $x''_q=0.33$ ， $x_{(1)}=0.15$ ， $x_{(2)}=0.18$ ， $x_{(0)}=0.07$ ， $R_a=0.01$ ， $T'_{d0}=5.25$  s， $T''_{d0}=0.03$  s， $T'_{q0}=0.05$  s， $H=2.3$  s， $D=0$ ，水轮发电机，凸极式发电机。在“接地属性页”输入发电机的接线方式为“Y”接。在“惯量属性页”输入发电机的惯量参数，在“励磁器属性页”输入发电机励磁器的参数。用同样的方法输入发电机“Gen2”、“Gen3”的参数。

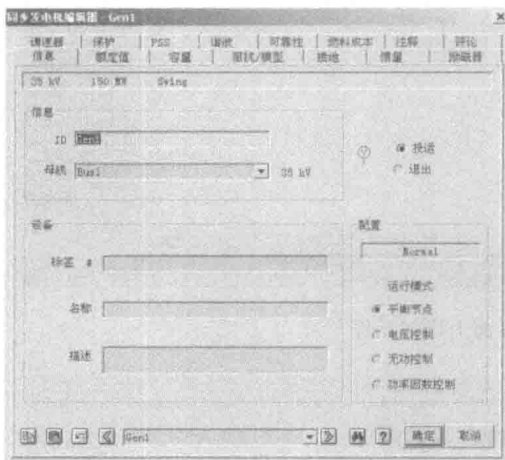


图 1-9 同步发电机信息属性页

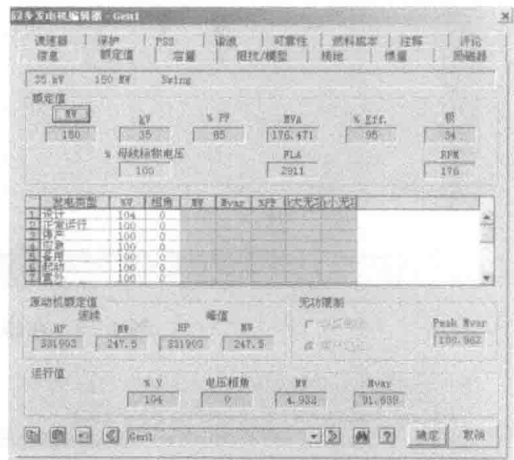


图 1-10 额定值属性页

② 变压器参数的输入。双击变压器“T1”图标，打开变压器编辑器，如图 1-12 所示，当前显示的是“信息属性页”，在此输入变压器的标签、名称、描述、类型/等级，选择变压器的状态等信息。点击编辑器上面的“额定值”按钮，进入如图 1-13 所示的“额定值属性页”，在



图 1-11 阻抗/模型属性页

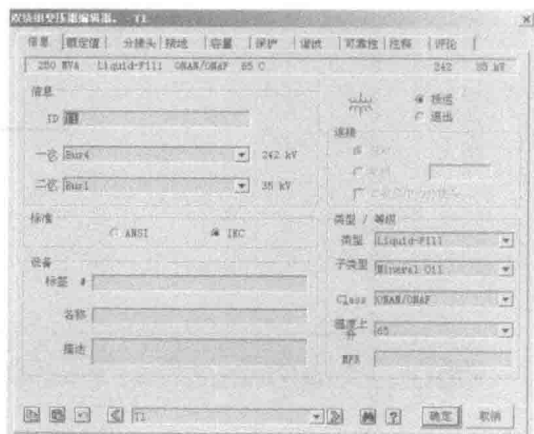


图 1-12 变压器信息属性页

此输入变压器的额定参数：额定电压  $U_{1N}=242\text{ kV}$ 、 $U_{2N}=35\text{ kV}$ ，额定容量  $S_N=250\text{ MVA}$ ，正序和零序阻抗百分数为  $10.5\%$ ，正序、零序电抗与电阻比值为  $50$ 。点击编辑器上面的“接地”按钮，进入如图 1-14 所示的“接地属性页”，在此选择变压器绕组的接线方式，T1 一次侧为“Y”接，二次侧为“ $\Delta$ ”接。用同样的方法输入变压器 T2、T3 的参数。

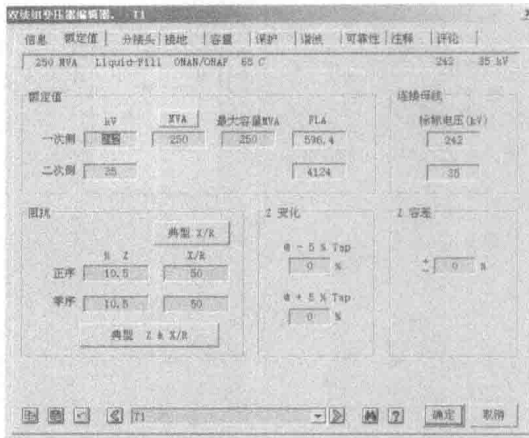


图 1-13 变压器额定值属性页

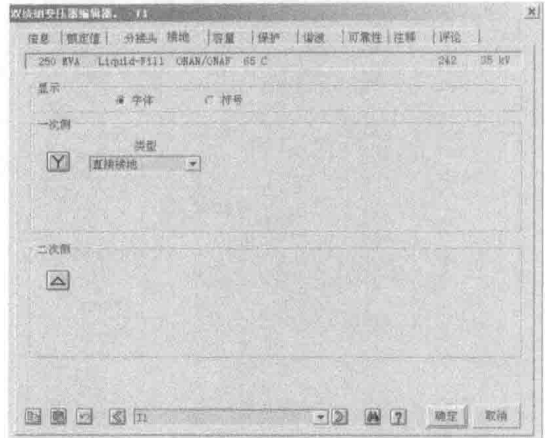


图 1-14 变压器接地属性页

③ 传输线参数的输入。双击线路“Line1”，打开线路编辑器，如图 1-15 所示，当前显示的是“信息属性页”。此属性页中输入线路的标签、名称、描述、长度，选择线路的状态等信息，输入线路长度“Line1”的长度为  $10\text{ km}$ 。点击编辑器上面的“阻抗”按钮，进入如图 1-16 所示的“阻抗属性页”，在此输入传输线的如下阻抗参数： $r_{(1)}=r_{(2)}=0.185\ \Omega/\text{km}$ ， $r_{(0)}=0.573\ \Omega/\text{km}$ ， $x_{(1)}=x_{(2)}=0.436\ \Omega/\text{km}$ ， $x_{(0)}=2.582\ \Omega/\text{km}$ ， $y_{(0)}=3.057\times 10^{-3}\text{ S}/\text{km}$ ， $y_{(1)}=y_{(2)}=7\times 10^{-3}\text{ S}/\text{km}$ 。若给定传输线的型号和布置方式，则点击传输线编辑器中的“参数”按钮，进入“参数属性页”，如图 1-17 所示，在导体设备库中选择给定型号的传输线，在接地线设备库中选择给定型号的接地线。点击编辑器上面的“配置”按钮，进入如图 1-18 所示的“配置属性页”，在此输入传输线的布置方式，则 ETAP 软件就会自动算出传输线的阻抗参数，并在“阻抗属性页”中生成。用同样的录入方法输入 Line2~Line6 线路的参数。



图 1-15 传输线信息属性页



图 1-16 传输线阻抗属性页



图 1-17 传输线参数属性页

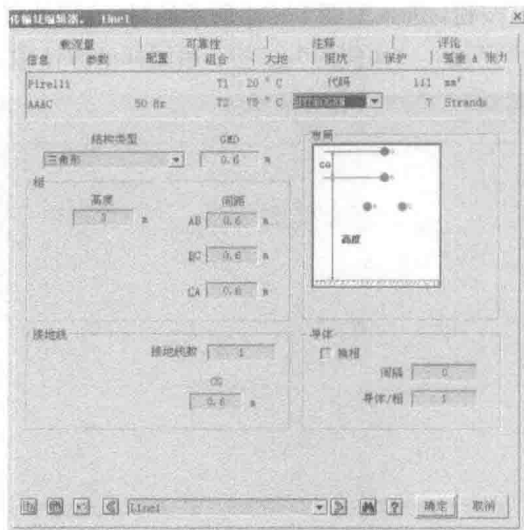


图 1-18 传输线配置属性页

④ 等效负荷参数的输入。双击等效负荷“Lump1”，打开负荷编辑器，如图 1-19 所示。在当前的“信息属性页”中选择负荷的正常运行状态、接法，输入负荷的需求因子等信息。点击负荷编辑器上方的“铭牌”按钮，进入如图 1-20 所示的“铭牌属性页”，在此输入等效负荷的额定参数： $P_N=125\text{ MW}$ ， $Q_N=50\text{ MVar}$ ， $\cos\varphi_N=0.9285$ ，等效负荷中各类负荷的比例可通过滑动属性页中的滑条来设置，将恒容量负荷设置成 100%。用同样的方法输入 Lump2、Lump3 的参数。



图 1-19 等效负荷信息属性页



图 1-20 等效负荷铭牌属性页

输入元件参数后，就完成了该系统的建模，如图 1-21 所示。

(9) 点击菜单栏中的“文件”按钮，在下拉菜单中选择“保存工程”，将所建系统模型保存。

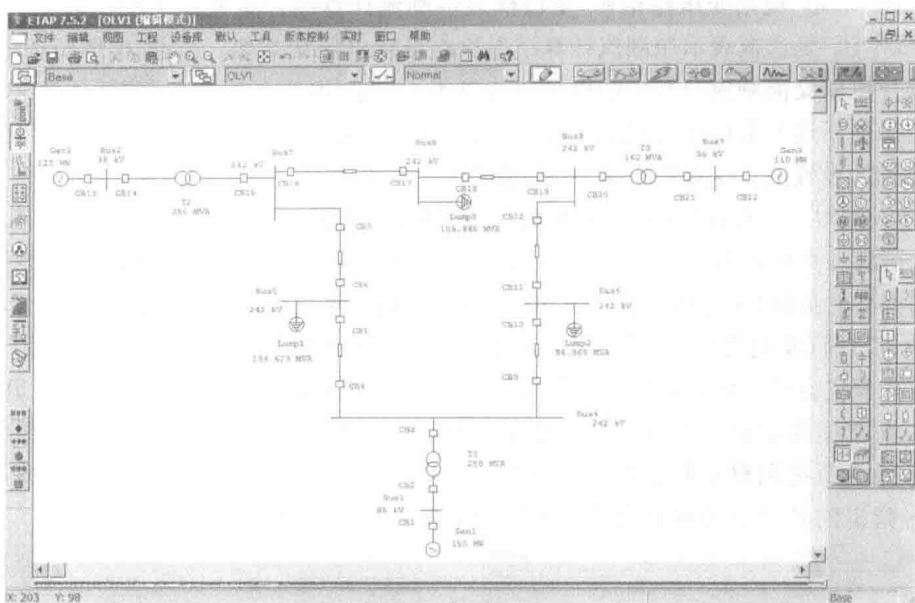


图 1-21 ETAP 软件系统建模图

#### 四、实验报告要求

- (1) 画出三机九节点系统接线图。
- (2) 写出用 ETAP 软件对三机九节点系统进行建模的步骤。

## 实验二 ETAP 软件潮流仿真模块的使用

### 一、实验目的

- (1) 学会使用 ETAP 软件潮流分析模块；
- (2) 学会用多种方式输出潮流仿真结果。

### 二、实验原理

本实验采用的是 ETAP 仿真软件中的“潮流分析”模块，对前面所建模的三机九节点系统进行潮流仿真分析。通过本实验，学会用 ETAP 仿真软件进行潮流仿真分析。

### 三、实验内容及步骤

- (1) 启动 ETAP 7.5.2，打开三机九节点系统模型。
- (2) 点击“模式”工具栏的“潮流分析”按钮切换到潮流分析模式，弹出“潮流分析案例”工具栏，窗体的右侧切换为“潮流”工具栏。
- (3) 在“潮流分析案例”工具栏上，点击“编辑分析案例”按钮，打开“潮流分析案例”编辑器。该编辑器有四个属性页，具体设置如下：

① 信息属性页。在信息页可以对潮流计算方法、最大迭代次数、精度等进行设置，如图

1-22 所示。选定“应用变压器相移”复选框表示潮流计算结果是考虑了变压器相移的；选定“初始母线电压”复选框表示用潮流计算结果更新母线电压初始值；选定“电缆负荷电流”复选框表示选择更新交流潮流分析中的电缆负荷电流；选定“逆变器运行负荷”复选框表示根据潮流计算结果更新逆变器的运行值；选定“变压器 LTCs”复选框表示用潮流计算结果更新 LTC 分接头位置的设置值。本实验的属性设置如图 1-22 所示。

② 负荷属性页。点击“潮流分析案例”上的“负荷”按钮，进入负荷属性页，如图 1-23 所示。在负荷属性页可以对发电种类和负荷种类进行设置，其中负荷类型和发电类型均有 10 个。不同类型的负荷(发电机)消耗(发出)的功率不同，分别通过负荷(发电机)额定容量的百分数来设置负荷(发电机)消耗(发出)的功率。负荷调整系数有 4 种选择，选择“无”表示负荷取值=负荷额定容量×负荷类型；选择“母线最大”表示负荷取值=负荷额定容量×负荷类型×母线的负荷调整系数的最大百分数；选择“母线最小”表示负荷取值=负荷额定容量×负荷类型×母线的负荷调整系数的最小百分数。选择“全部”表示负荷取值=负荷额定容量×负荷类型×指定的各类负荷的百分数。本实验中的属性设置如图 1-23 所示。



图 1-22 信息属性页



图 1-23 负荷属性页

③ 调整属性页。调整属性页如图 1-24 所示，本实验使用默认值。

④ 报警属性页。设置临界和边界报警的范围，临界呈红色，边界呈粉红色。本实验报警属性页的设置如图 1-25 所示。



图 1-24 调整属性页



图 1-25 报警属性页

(4) 编辑好潮流分析案例后, 点击潮流右侧工具栏的“运行潮流”按钮, ETAP 仿真软件则进行潮流计算, 计算结果在系统建模图上直接显示, 如图 1-26 所示。点击右侧工具栏的显示选项按钮, 则弹出如图 1-27 所示的“显示选项”属性页, 在此选择需要显示的内容以及显示内容的方式。点击右侧工具栏的“报警视图”按钮, 则弹出报警窗口, 如图 1-28 所示。若母线、负荷、发电机、变压器的运行状态异常, 则在此窗口中给出报警信息。

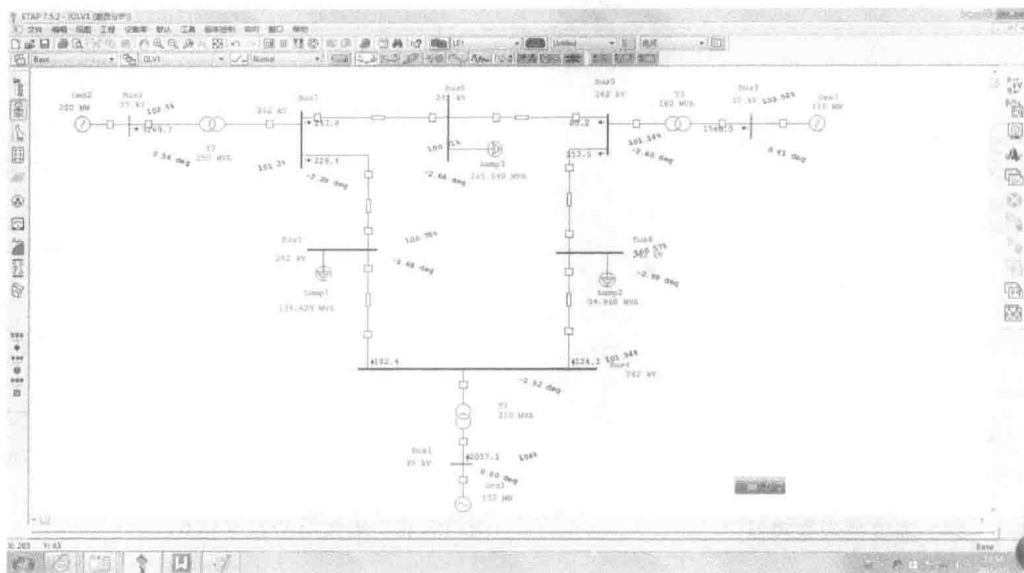


图 1-26 潮流仿真结果图

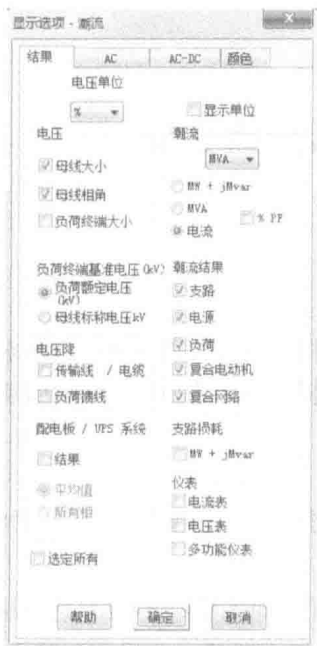


图 1-27 显示选项属性页

临界						
设备ID	类型	状态	额定限制	运行	运行百分数	相类型
CB1	高压断路器	过负荷	2000 Amp	2057.103	102.9	
CB2	高压断路器	过负荷	2000 Amp	2057.103	102.9	

边界						
设备ID	类型	状态	额定限制	运行	运行百分数	相类型
Bus1	母线	过电压	35 kV	36.4	104	3-Phase
Bus2	母线	过电压	35 kV	35.875	102.5	3-Phase
Bus3	母线	过电压	35 kV	36.253	103.6	3-Phase

图 1-28 报警窗口



(5) 潮流分析结果若以报告的形式输出,需点击工具右侧的“报告管理器”,弹出如图 1-29 所示的界面,点击界面中的“结果”按钮,在界面中再选择“潮流报告”,右侧可以选择潮流报告输出的格式。按图 1-29 进行选择后,点击“确定”按钮,输出潮流报告,如图 1-30 所示。



图 1-29 潮流报告管理器



图 1-30 潮流分析结果报告

#### 四、实验报告要求

- (1) 画出三机九节点系统图;
- (2) 写出潮流仿真的步骤。

## 实验三 电力系统功率分布及仿真分析实验

### 一、实验目的

- (1) 进一步熟悉 ETAP 软件中潮流分析模块的使用;
- (2) 通过实验仿真了解系统潮流中有功功率分布的特点,并分析影响有功功率分布的因素;
- (3) 通过实验仿真了解系统潮流中无功功率分布的特点,并分析影响无功功率分布的因素。

### 二、实验原理

通过对前面所建模的三机九节点系统进行潮流仿真分析,进一步熟悉 ETAP 软件潮流分析模块的使用。根据仿真结果,得出影响功率分布的因素。

如图 1-31 所示为一条线路的等值电路图。线路上流过的有功和无功功率为  $P_{ij}$  和  $Q_{ij}$ , 两端节点的电压分别为  $\dot{U}_i$ ,  $\dot{U}_j$ , 其他参数如图所示, 则有

$$\tilde{S}_{ij} = P_{ij} + jQ_{ij} = \dot{U}_i I_{ij}^* = \dot{U}_i [(\dot{U}_i^* - \dot{U}_j^*) Y_{ij}] \quad (1-1)$$

将式(1-1)整理得