

参照资料 I

ETAP 电力及电气系统综合剖析计算软件

应用培训例题使用手册

欧特艾远东（南京）计算机技术有限公司

2010 年 9 月

本文件是企业内部资料，为 OTIFAR-EAST 企业所有。没有得到 OTIFAR-EAST 企业的书面许可，本文件内容不能被翻印、复制、流传，或许泄露给其他任何人。版权所有?2010OTIFAR-EAST。

目录

第一章系统建模 1

第一节成立工程

.....	
.....	1

第二节成立单线

图 3

第三节输入元件参数

.....5

第二章潮流分析 12

第一节潮流分析

.....12

第二节潮流剖析中变压器 LTC 的应用 18

第三节变压器容量估计 19

第四节电缆尺寸选择

.....20

第五节不同负荷种类与发电种类用于潮流计算.....22

第三章短路分析 25

第一节增添短路剖析需要的数据

.....25

第二节设定故障位置与设置短路剖析参数

.....25

原创力文档
max.book118.com
预览与源文档一致,下载高清无水印

第三节三相短路计 算	
.....	26
第四节断路器的选择和电缆热稳定校 验	26
第五节不对称故障分 析	28
第六节暂态短路电流计算 （IEC363）	
.....	30
第七节不同的数据版本用于设置系统短路计算的最大与最小运行方 式	32
第四章电机起动分 析	34
第一节静态电机起动分 析	34
第二节动向起动分 析	
.....	38
第五章暂态稳定分 析	43
第一节增添暂态稳定剖析需要的数 据	
.....	43
第二节暂态剖析案 例	
.....	44

第六章继电保护配合	
合	52
第一节增添保护配合需要的数据	52
第二节案例分析	57
第七章谐波分析	60
第一节给静态负荷 LOAD1 增添谐波电流源数据	60
第二节在设置谐波源后，对系统进行谐波分析	60
第三节滤波器设计	61
第四节在投入滤波器之后的谐波分析	65
第五节频次扫描	66
第八章接地网系统	67
第一节接地网系统的设计	67

第二节 接地网系统的优化 71

第三节 IEEE 方法接地网工程计算 73

第四节 有限元法接地网工程计算 77

结束语

82

第一章 系统建模

ETAP 软件中，是以工程来管理工作的。同时，在 ETAP 软件中，想要实现潮流剖析、短路剖析、继电保护配合、暂态稳定剖析、电机起动剖析、谐波剖析、可靠性评估、优化潮流等工作，都是以单线图为基础的。本章介绍怎样成立工程和单线图的基本内容，以及元件参数怎样录入的问题。

第一节 成立工程

1、单击桌面上的“中文”图标，翻开中文版软件，如图 1-1 所示。

图 1-1ETAP 界面

2、翻开“文件”下拉菜单，点击“新建工程”，如图 1-2

原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致 下载高清无水印

所示。

图 1-2

“工程视图”、“单线图”、

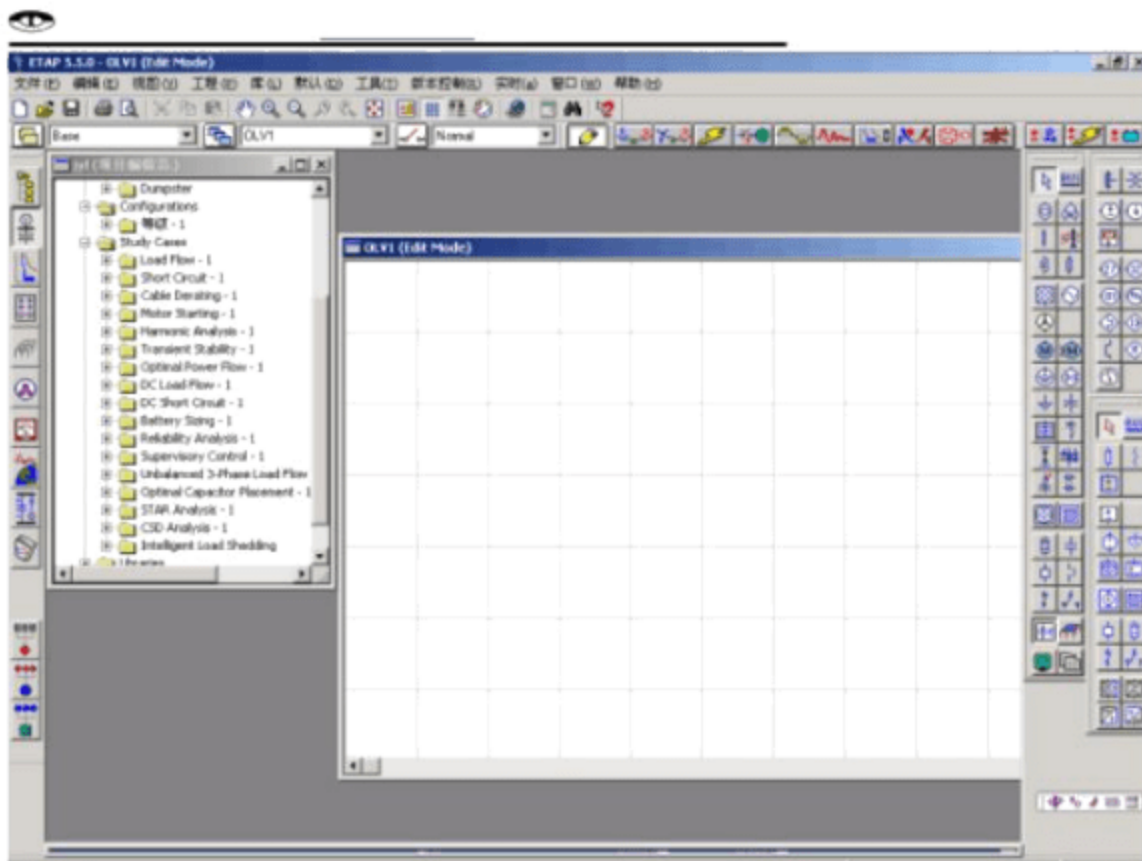
一、新建工程界面

3、输入文件名，如：“培训例题 1”，选择“米制”，选择文件保留的路径。
(这里也能够设置数据库或许工程管理的密码)，如图 1-3 所示。

图 1-3 输入工程文件名的界面

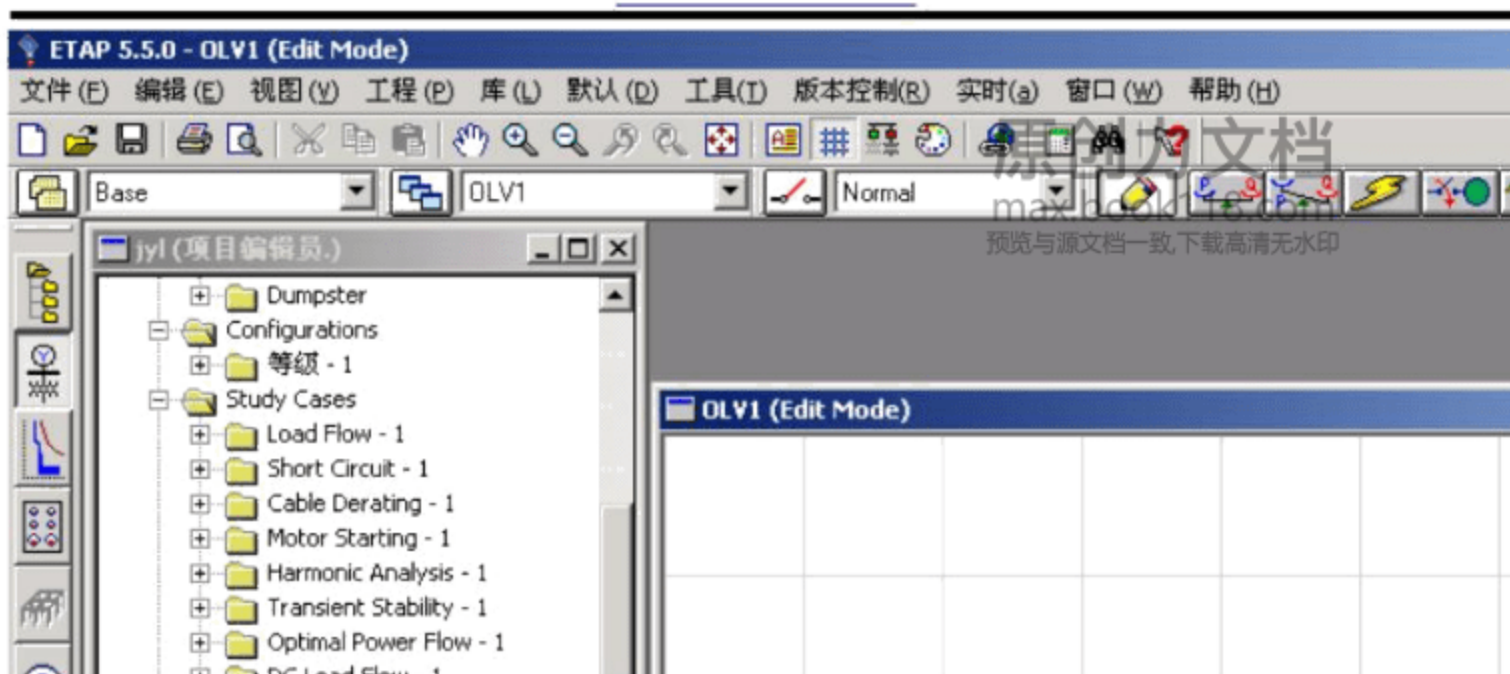
4、点击“确定”，翻开了 ETAP 软件的编写模式，如图 1-4 所示。

图中自上而下，依次为：标题栏、菜单栏、工具栏、ETAP 软件模块栏、帮助栏；右侧为电力及电气系统元件栏，包括沟通元件、直流元件和仪表及继电器栏；左侧是系统工具栏和项目管理器，其中项目管理器包括



“回收站”等。

图 1-4ETAP



软件的编写模式

第二节成立单线图

1、鼠标左键单击元件栏中的沟通元件，拖曳到图纸 OLV1(编写模式上，如图 1-5 所示。这些元件分别是：等效电网、变压器、传输线、电缆、等效负荷、母线等。

图 1-5 在单线图上增添电力系统元件

2、鼠标左键单击元件的连结端子（呈红色），拖曳到另一个元件的连结端子，呈现红色表示能够连线。依次连线，成立的单线图如图 1-6 所示。

图 1-6

成立的系统单线图

图 1-7 放大的系统单线图图 1-8 复合网络 Network1

的单线图

第三节输入元件参数

针对不同的剖析计算，所需要录入的参数不同。用户只要录入您将要履行的分析所需要的数据。双击单线图的元件图标，翻开元件编写器，即可录入元件的有关参数。同时，ETAP 软件还此外提供了一些迅速录入数据的便捷方式，如：（1）采用元件数据库，迅速录入元件参数；（2）非独立参数可选择不同录入参数，ETAP 可自动变换为系统内部参数。

原创力文档
max.book118.com
预览与源文档一致,下载高清无水印

1、录入等效电网 U1 参数

双击元件“等效电网 U1”，输入参数：额定电压 110kV，三相短路容量=2500MVA，单相短路容量=2000MVA，X/R 皆取 30。

图 1-9 等效电网编写器的额定值属性页

2、录入变压器参数

双击“变压器 T1”，翻开变压器编写器输入相应参数，如图 1-10 和 1-11 所示。
以同样的方式录入变压器 T2、T3 的参数值，详细参数值见表 1-1。

表 1-1 变压器元件参数表

图 1-10 双绕组变压器 T1 编写器的“额定值”属性页
图 1-11 双绕组变压器 T1 编写器的“接地”属性页

3、录入等效负荷参数

双击元件“等效负荷 Lump1”，翻开等效负荷编写器—“铭牌”属性页，录入相应的参数：额定容量=18MVA，功率因数(PF=95%。随后 ETAP 自动生成 17.1MW、5.62Mvar、1039A。负荷模型选定：恒容量 kVA=100%，ETAP 自动生成恒阻抗=0%。负荷种类-Design=100%、负荷种类-Normal=90%。如图 1-12

所示：

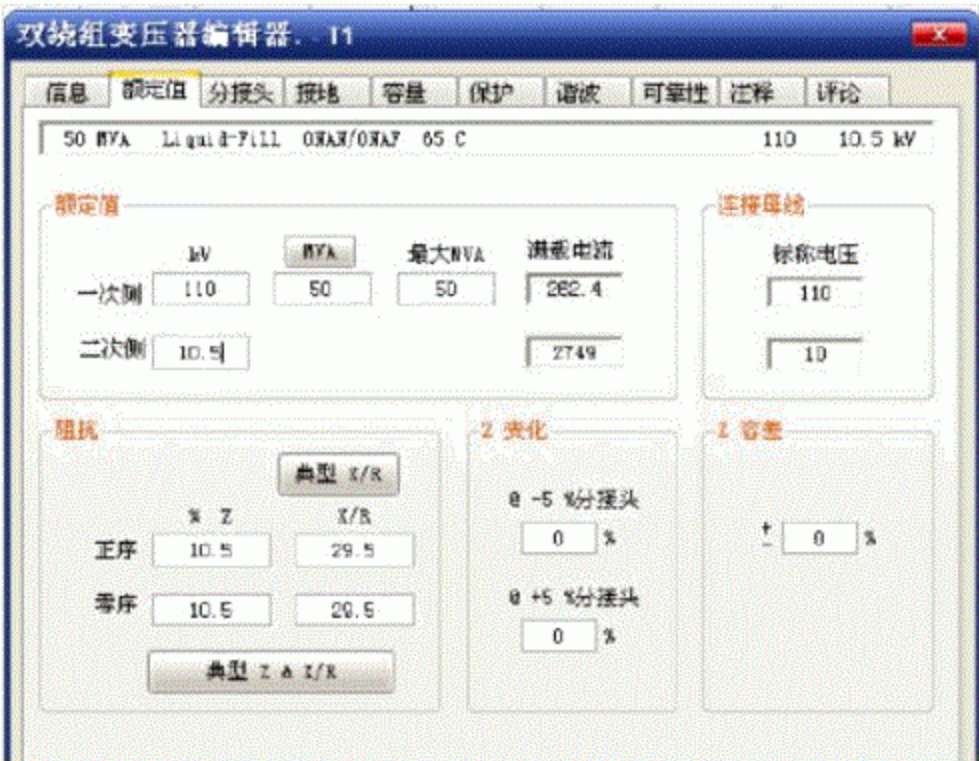


图 1-12 等效负荷 Load1 编写器的“铭牌”属性页

以同样的方式录入其他等效负荷的参数，详细参数值见表 1-2。

等效负荷名称	额定容量 (MVA)	功率因数 %PF	负荷类型	
			Design	Normal
Lump1	18	95	100%	90%
Lump2	4	90	100%	100%
Lump3	26	95	100%	100%
Lump4	0.3	90	100%	100%
Lump5	0.6	90	100%	100%
Lump6	1.2	90	100%	100%

原创力文档
max.book118.com
预览与源文档一致, 下载高清无水印

4、录入静态负荷参数

在静态负荷 Load1 的“负荷”属性页输入：额定容量=8MVA；功率因数(PF=85%。ETAP 自动生成 6.8MW、4.214Mvar、461.9A 等数据；负荷种类-Design=100%、负荷种类-Normal=80%。如图 1-13 所示。

图 1-13 静态负荷编写器的“负荷”属性页

5、录入电动机参数

电动机 Mtr1：输入额定功率 2000kW、额定电压 10kV 后自动生成视在功率、满载电流、100%75%50%负载下的功率因数及效率、滑差、转速，如图 1-14

所示。

图 1-14 感觉电动机 Mtr1 编写器的“铭牌”属性页

以同样的方式录入其他 5 台发动机的参数。系统所有电动机的主要参数见表 1-3。其中电动机 Mtr4、Mtr5、Mtr6 共同组成复合电机 Cmtrl。

表 1-3 系统所有电动机的主要参数

电动机名称	额定功率 kW	额定电压 kV	负荷类型	
			Design	Normal
Mtr1	2000	10	100%	90%
Mtr2	100	0.38	100%	90%
Mtr3	1000	10	100%	90%
Mtr4	50	0.38	100%	90%
Mtr5	75	0.38	100%	90%
Mtr6	25	0.38	100%	90%





原创力文档

max.book118.com

预览与源文档一致 下载高清无水印

6、录入发电机 Gen1 参数

控制方式为无功控制；额定有功功率=25MW；额定电压=10.5kV；功率因数=80%；发电种类=Design，有功功率=25MW，无功功率=15.5Mvar，

Qmax=18.75Mvar, Qmin=-8Mvar; 发电种类=Normal, 有功功率=20MW, 无功功率=12.4Mvar, Qmax=15Mvar, Qmin=-6.5Mvar, 如图 1-15 所示。图 1-15 同步发电机编写器的“额定值”属性页

7、录入电缆参数

Cable1: 长度=200m。从 ETAP 数据库中选择 BS6622XLPE 电缆, 选定标称面积=

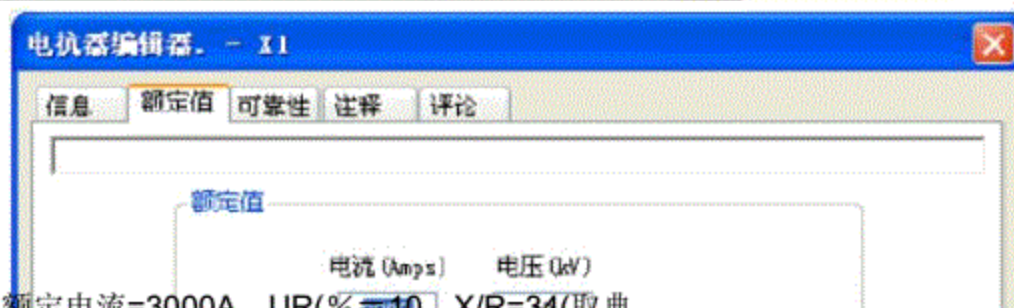
50mm²。电缆 Cable1 的“信息”属性页如图 1-16-1 所示。ETAP 自动生成单位长度的电阻、电抗和电纳的数值。电缆 Cable1 的“阻抗”属性页如图 1-16-2 所示。系统所有电缆的主要参数见表 1-4。

图 1-16-1 电缆 Cable1 编写器的“信息”属性页
图 1-16-2 电缆 Cable1 编写器的“阻抗”属性页

表 1-4 系统所有电缆的主要参数

电缆名称	电缆型号	截面积(mm ²)	长度(m)
Cable1	BS6622 XLPE	50	200
Cable2	BS6622 EPR	400	30
Cable4	BS6622 EPR	400	500
Cable5	BS6622 EPR	400	500





8、录入电抗器参数

电抗器 x1：额定电压=10kV、额定电流=3000A、UR(%=10、X/R=34(取典型值。输入阻抗有名值：正序阻抗 =0.1924 Ω，零序阻抗=0.1924 Ω。阻抗的计算过程如下

$$Z = 10\% \times 10 \times 103 / (1.732 \times 3000) = 0.1924 \Omega。$$

图 1-17 电抗 x1 编写器的“额定值”属性页

9、母线标称电压取系统标称电压。

10、断路器额定电压取 ETAP 设施数据库的有关断路器的额定电压。11、其他数据：略

第二章潮流剖析

ETAP 软件不单能够实现潮流剖析功能，同时还能辅助电力系统规划设计工作。如：（1）优化系统运行状态（2）在规划设计中辅助用户从头选择设施规格。

第一节潮流剖析

1、编写好单线图并录入参数后，点击“模式”工具栏的“潮流剖析”按钮切换到潮流剖析模式，弹出“剖析案例”工具栏，窗体右侧的切换为“潮流”工具栏。

2、在“潮流剖析案例”工具栏上，经过“剖析案例”下拉菜单项选择择想要编写的剖析案例名称，如 LF，切换到剖析案例 LF。（这里也能够新建一个潮流剖析案例）

3、在“潮流剖析案例”工具栏上，点击“编写剖析案例”按钮，翻开“潮流剖析案例”编写器，编写该潮流剖析案例。该编写器有四个属性页中，详细设置如下：

（1）信息页

①有关设置项的说明：在此能够对潮流计算方法（牛顿—拉夫逊法、迅速解耦法等）、最大迭代次数等进行设置，如图 2-1 所示。其中：(a 选定“更新”—“变压器 LTC”复选框表示在潮流计算过程中考虑更新变压器有载调节分接头（LTC）的位置；(b 选定“方法—应用变压器相移”复选框表示潮流计算结果—母线电压的相角是考虑了变压器相移的。

图 2-1



潮流剖析案例编写器的“信息”属性页

②本算例的设置：详细设置情况也如图 2-1 所示。

（2）负荷属性页

①有关设置项的说明

、发电种类

ETAP 软件有 10 个发电种类能够选择，它们分别经过发电机额定功率的百分数来指定发电机送出的功率，如图 2-2 所示。

图 2-2 潮流剖析案例编写器的“负荷”属性页—发电种类

图 2-3



发电种类名称编写器



10个发电种类的名称分别为：Design、Normal、Shutdown、Emergency、Standby、Startup、Accident、SummerLoad、WinterLoad、GenCat10，如图 2-3 所示，也能够在此图 2-3 所示的编写器改正 ETAP 给出的名称。

b、负荷种类：有 10 个能够选择，它们分别经过负荷额定容量的百分数来指定负荷消耗的有功和无功功率，如图 2-4 所示。

图 2-4 潮流剖析案例编写器的“负荷”属性页—负荷种类图 2-5 负荷种类名称编写器

10个负荷种类的名称分别为：Design、Normal、Brake、WinterLoad、SummerLoad、FLReject、Emergency、Shutdown、Accident、Backup，如图 2-5



所示，也能够在此图





2-5

所示的编写器改正 ETAP 给出的名称。ETAP 软件的负荷包括：感觉电动机、同步电动机、等效负荷、静态负荷等。

图 2-6 潮流剖析案例编写器的“负荷”属性页—负荷调整系数图 2-7 母线 Bus4 编写器的“信息”属性页—负荷调整系数

c、如图 2-6 所示，负荷调整系数的意义：

(a 复选框“无”表示：负荷取值=负荷额定容量 × 负荷种类（即额定容量的百分数）



潮流分析案例

信息 负荷 调整 报警

负荷类型

Design

☐ 运行 P, Q

充电类型

Design

☐ 运行 P, Q, V

负荷调整系数

☐ 无

☐ 母线最小

☐ 母线最大

☒ 全部

恒容量kVA 恒阻抗Z 恒电流I 通用

125 100 100 100

充电器负荷

☒ 负荷类型

☐ 运行负荷



(b 复选框“母线最小”表示：负荷取值=负荷额定容量 × 负荷种类 × 母线的负荷调整系数的最小百分数；

(c 复选框“母线最大”表示：负荷取值=负荷额定容量 × 负荷种类 × 母线的负荷调整系数的最大百分数；

(d 复选框“全部”表示：负荷取值=负荷额定容量 × 负荷种类 × 指定的各类负荷的百分数，比如下列图设置即取全部恒容量负荷的 125%；

说明：在母线编写器的“信息”属性页指定母线的负荷调整系数(%，默认最小值=80%，默认最大值=125%，如图 2-7 所示。

②本算例的设置：将负荷种类、发电种类均设置为“Design，”负荷调整系数选择“无”复选框，详细设置如图 2-8 所示：

图 2-8 潮流剖析案例编写器的“负荷”属性页设置

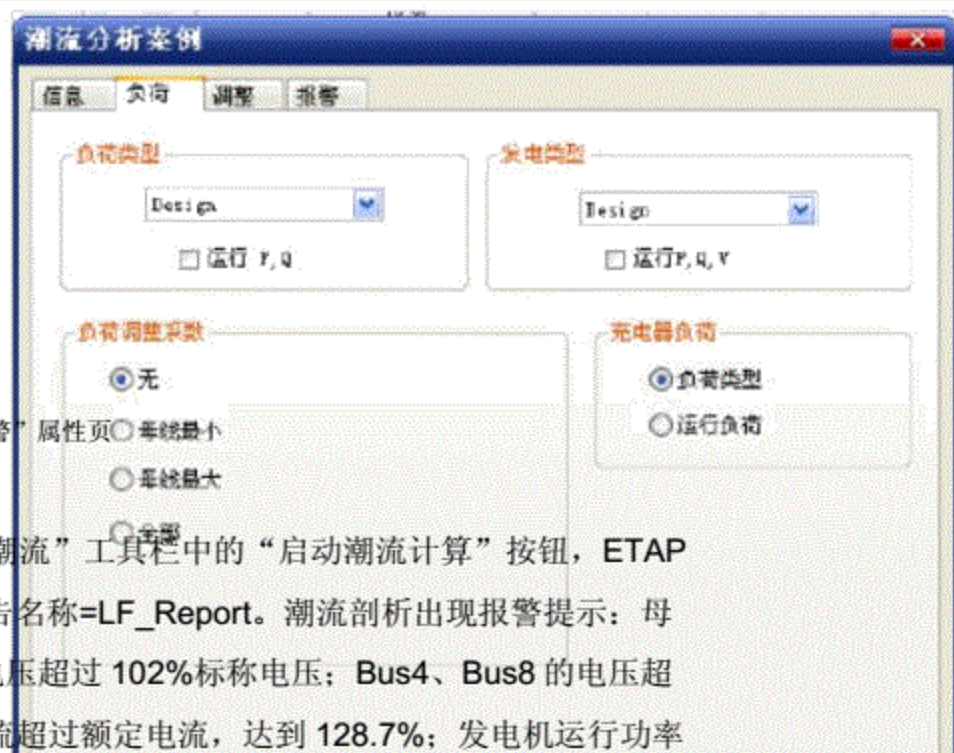
3) 调整属性页：取默认设置值。

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。此处取默认设置值。潮流剖析案例的“报警”属性页如图 2-9



所示。

图 2-9 潮流剖析案例编写器的“报警”属性页



4、编写好潮流剖析案例后，点击“潮流”工具栏中的“启动潮流计算”按钮，ETAP 运行潮流剖析案例 LF，选用输出报告名称=LF_Report。潮流剖析出现报警提示：母线 Bus10、Bus2、Bus5、Bus6 的电压超过 102%标称电压；Bus4、Bus8 的电压超过 105%标称电压；电缆 Cable1 电流超过额定电流，达到 128.7%；发电机运行功率等于额定功率，即达到 100%；变压器 T2 的负荷已经超过 95%额定容量。报警窗口如图 2-10 所示。

图 2-10



潮流分析案例

信息 负荷 潮流 报警

负荷

设备	边界	边界
母线	100	95 %
电缆	100	100 %
传输线	100	95 %
电抗器	100	99 %
变压器	100	95 %
配电柜	100	95 %
保护设备	100	95 %
发电机	100	100 %

母线电压

设备	边界	边界
电压高于	105	102 %
电压低于	95	90 %

发电机/等效电动机励磁

设备	边界	边界
过励磁	100	95 % Qmax
☒ 欠励磁	100	% Qmin

自动显示

在线复制 报告

在线复制 报告

潮流分析模块的报警窗口



潮流分析案例

信息 负荷 潮流 报警

负荷

设备	边界	边界
母线	100	95 %
电缆	100	100 %
传输线	100	95 %
电抗器	100	99 %
变压器	100	95 %
配电柜	100	95 %
保护设备	100	95 %
发电机	100	100 %

母线电压

设备	边界	边界
电压高于	105	102 %
电压低于	95	90 %

发电机/等效电动机励磁

设备	边界	边界
过励磁	100	95 % Qmax
☒ 欠励磁	100	% Qmin

自动显示

在线复制 报告

在线复制 报告

第二节潮流剖析中变压器 LTC 的应用

1、投入双绕组变压器 T1 高压侧的 LTC，即选定一次侧 LTC 的 AVR，“√”表示选定，如图 2-11 所示。单击“LTC”按钮，出现“负荷分接头调节器”编写器，在计算过程中自动调节分接头，使得母线 Bus2 的电压达到 100% 母线标称电压，如图 2-12 所示。关于双绕组变压器 T4，也投入负荷分接头调节器（LTC）。

图 2-11 双绕组变压器 T1 编写器的“分接头”属性页 - LTC/电压调节器图 2-12 双绕组编写器 T2 编写器—“分接头”—“负荷分接头调节器(LTC)





2、从头运行潮流剖析案例 LF，母线电压超过临界和边界的报警除去，电缆 Cable1 过负荷状况仍旧存在，发动机 Gen1 发电功率达到 100%额定功率，变压器

T2 的负荷已经超过 95%额定容量，如图 2-13 所示。

图 2-13 投入 LTC 之后的潮流剖析的报警视窗第三节变压器容量估计

潮流计算结果显示变压器 T2 容量不够，需要从头选择容量。详细操作如下：

1、翻开变压器 T2 编写器的“容量”属性页，如图 2-14 所示。指定负荷增长因子为 110%，海拔高度为 500 米，环境温度为 30 摄氏度。单击“连结”按钮，选择“较大容量”的数值，单击“确定”按钮。从头选择了 800kVA 变压器。

图 2-14 双绕组变压器 T2



Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LF_Report						
分析案例: LF			数据修订: Base			
配置: Normal			日期: 26-05-200			
临界						
设备 ID	类型	状态	额定/限制	运行	运行百分数	相
Cable1	电缆	过负荷	161 Amp	212.768	132.2	3-F
Gen1	发电机	过负荷	25 Mw	25	100	3-F
边界						

的“容量”属性页



Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LF_Report						
分析案例: LF			数据修订: Base			
配置: Normal			日期: 26-05-200			
临界						
设备 ID	类型	状态	额定/限制	运行	运行百分数	相
Cable1	电缆	过负荷	161 Amp	212.768	132.2	3-P
Gen1	发电机	过负荷	25 MW	25	100	3-P
边界						
设备 ID	类型	状态	额定/限制	运行	运行百分数	相
T2	变压器	过负荷	0.63 MVA	0.614	97.4	3-P

双绕组变压器编辑器: T2

信息

额定值

分接头

接地

容量

保护

谐波

可靠性

注释

评论

630 kVA Liquid-Fill ONAN/ONAF 65 C 10 0.4 kV

变压器负载

kVA

kW

kvar

阻抗

2、再次运行潮流剖析案例 LF，则变压器 T2 过负荷报警提示除去。潮流剖析的报警窗口如图 2-15 所示。

图 2-15 在投入 LTC 和重选变压器容量之后，潮流剖析报警窗口第四节电缆尺寸选择

以电缆 Cable1 为例，它的“载流量”属性页如图 2-16 所示。电缆 Cable1：50mm²、铜质、11kV、BS6622、XLPE、3/C（三芯）。数据版本=Base，电缆 Cable1 的编写器—“载流量”属性页：安装种类是“架空电缆桥架”，应用于“Medium Voltage Motors(中压电动机)”；运行温度 Ta=35oC，Tc=90oC；托架：NEC，上部覆盖；载流量基准值是 220A，整定值(校正当是 192.3A。

图 2-16 电缆 Cable1



编写器的“载流量”属性页

Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LF_Report					
分析案例: LF			数据修订: Bas		
配置: Normal			日期: 26-4		
临界					
设备 ID	类型	状态	额定/限制	运行	运行百分数
Cable1	电缆	过负荷	161 Amp	212.768	132.2



Load Flow Analysis Alert View - Output Report: LF_Report						
分析案例: LF			数据修订: Base			
配置: Normal			日期: 26-05-2007			
临界						
设备 ID	类型	状态	额定/限制	运行	运行百分数	相类型
Cable1	电缆	过负荷	161 Amp	212.768	132.2	3-Phase
Gen1	发电机	过负荷	25 MW	25	100	3-Phase

电缆编辑器 - Cable1

可靠性		注释		讨论	
信息	限制	物理	保护	路径	负载
IS0622	Mag.	尺寸			
3LPS	100 %	11 kV	3/C	CU	50 mm ²
安装					
类型					
运行电流					
电缆应用					
运行					
过负荷量					

潮流计算结果报警显示：电缆 Cable1 过载，电缆载流量的校正当是 102.3A，电缆运行电流值是 212.768A。需要从头选择电缆尺寸，操作步骤如下：

1、如图 2-17 所示，在电缆编写器的“尺寸”属性页——“电缆负载”框中，选中“用户自定义”复选框，指定电缆负载电流为 220A。然后在“结果”框中，点击“选择”按钮，选定 70mm² 电缆，点击“确定”按钮。计算电缆尺寸的结果见表 2-1。

图 2-17 电缆编写器的“尺寸”属性

页表 2-1 计算电缆尺寸的结果

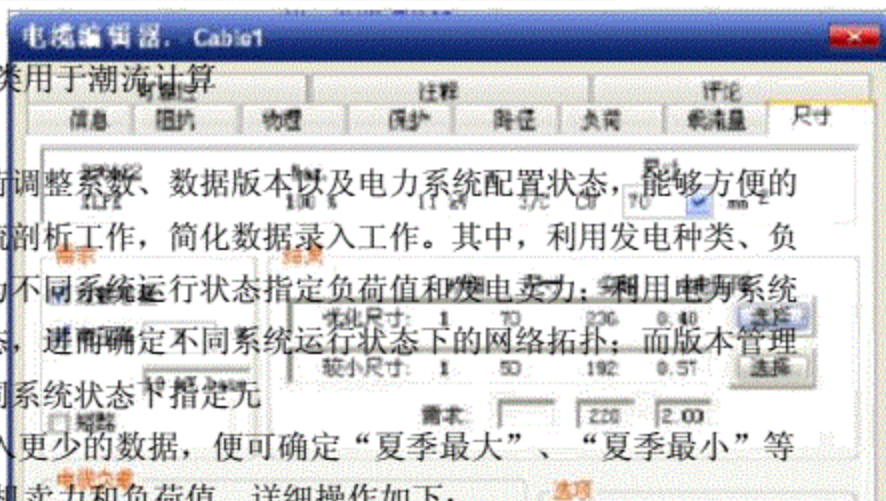
电缆负载	数值	导体数/相	电缆尺寸	载流量	电压降
以用户自定义电流为准	优化值	1	70	236	0.40
	最小值	1	50	192	0.57
	要求值			220	小于 2.00



2、从头运行潮流剖析，电缆 Cable1 过载报警除去。

第五节不同负荷种类与发电种类用于潮流计算

利用发电种类、负荷种类、负荷调整系数、数据版本以及电力系统配置状态，能够方便的实现不同系统运行状态下的潮流剖析工作，简化数据录入工作。其中，利用发电种类、负荷种类、负荷调整系数，能够为不同系统运行状态指定负荷值和发电卖力；利用电力系统配置状态，指定开关设施的状态，进而确定不同系统运行状态下的网络拓扑；而版本管理功能，可更大程度的实现为不同系统状态下指定无件参数。比如，ETAP 能够录入更少的数据，便可确定“夏季最大”、“夏季最小”等运行方式下的网络构造、发电机卖力和负荷值。详细操作如下：



1、点击“系统配置”工具栏上的“配置管理器”按钮，翻开“配置管理器”，点击“新建”按钮，新建二个配置，取名为“夏季最大”、“夏季最小”，分别对应于“夏季最大”与“夏季最小”运行方式。

2、在“配置状态”下拉列表中选择“夏季最小”，编写“夏季最小”系统配置：翻开“CB6”元件编写器，在“信息”页—“配置”栏—“状态”项上选中“翻开”复选框；以同样的方式封闭断路器“CB12”；翻开“Mtr5”元件编写器，在“信息”页—“配置”栏—“状态”下拉列表中选择“后备”复选框；同样，Mtr6 也做同样操作。

3、“夏季最大”系统配置不作更改。

4、假定所有负荷在“夏季最大”运行方式下，负荷大小对应于负荷种类 **Design**；在“夏季最小”运行方式下，负荷大小对应于负荷种类 **Normal**。

5、假定所有发电机在“夏季最大”运行方式下，发电出力对应于发电种类 **Design**；在“夏季最小”运行方式下，发电出力对应于发电种类 **Normal**。

6、新建潮流剖析案例“夏季最大潮流”和“夏季最小潮流”，分别对应于“夏季最大”、“夏季最小”运行方式；在“潮流剖析案例”编写器的“负荷”属性页，分别设定“夏季最大潮流”和“夏季最小潮流”的负荷种类、发电种类，具体如下：

夏季最大潮流：负荷分类 **Design**、发电分类 **Design**；

夏季最小潮流：负荷分类 **Normal**、发电分类 **Normal**。

7、对“夏季最大”运行方式进行潮流剖析：在“系统配置”下拉列表中，选择“夏季最大”系统配置状态；在“潮流剖析案例”下拉列表中，选择“夏季最大潮流”；在“输出报告”下拉列表中，选择“夏季最大潮流报告”；单击“潮流剖析”工具栏中的“启动潮流计算”按钮。ETAP 软件输出报告的默认格式是水晶报告格式，潮流剖析输出水晶报

告如图

2-18 所示。ETAP 软件输出报告能够很方便地变换成

PDF 格式，如图

2-19 所示。

图 2-18 潮流剖析输出报告默认格式——水晶报告格式图 2-19 潮流剖析输出报告变换为 PDF



格式



8、对“夏季最小”运行方式进行潮流剖析：在“系统配置”下拉列表中，选择“夏季最小”系统配置状态；在“潮流剖析案例”下拉列表中，选择“夏季最小潮流”；在“输出报告”下拉列表中，选择“夏季最小潮流报告”；单击“潮流剖析”工具栏中的“启动潮流计算”按钮。

第三章短路剖析

点击“模式”工具栏中的“短路剖析”按钮，切换到短路案例剖析模式。此时，右侧的工具栏变换为“短路剖析工具栏”。

第一节增添短路剖析需要的数据

由于发电机 Gen1 的直轴次暂态电抗 X_d' 和直轴电抗 X_d 为零，不能做短路计算。在单线图上双击 Gen1，翻开 Gen1 编写器“阻抗/模型”属性页，同步发电机编写器的“阻抗/模型”属性页如图 3-1 所示。选中“动向模型”框中“暂态”复选框，再点击“典型数据”按钮，赋值于这两个参数，即可做短路计算了。

图 3-1 同步发电机编写器的阻抗/模型属性页第二节设定故障位置与设置短路剖析参数

- 1、设定故障位置为 Bus4：单击母线 Bus4，选定母线 Bus4；单击鼠标右键，弹出快捷菜单，选择“故障”。
- 2、在“剖析案例”工具栏中，点击“编写剖析案例”按钮，翻开“短路剖析案例”



同步发电机编辑器 - Gen1

保护	电力系统稳定器(PSS)	阻抗	可靠性	燃料成本	注释	评论
信息	额定值	容量	阻抗/模型	接地	质量	励磁器

10.5 kV 25 MW Nvsc

阻抗

X_d'' 12 X_d' 27 X_2 12 X_2' 12 X_0 12 R_s 40

电机类型

发电机类型: 汽轮发电机 转子类型: 隐极 IEC 励磁器类型: 汽轮 130% TG: 1.5

动态模型

☐ 等效 ☐ 暂态 ☒ 次暂态

X_d 110 X_q 100 T_d' 5.5 T_{break} 0.5 H 14.43

X_L 11 X_q' 15 T_{d0} 0.002 $S100$ 1.07 阻尼 5

X_q'' 12 T_{q0} 3.7 $S120$ 1.16

T_{q0} 0.002

编写器，在此能够更改短路剖析的参数与设置。本算例对默认的参数不作更改。

第三节三相短路计算

- 1、单击右侧剖析工具栏的“启动三相短路电流计算（IEC909）”，履行三相短路剖析。

2、点击剖析工具栏的“显示选项按钮”，翻开“显示选项—短路编写器”，在“结果”页—“三相故障”框中，选择显示“对称初始值”或许“峰值”。

第四节断路器的选择和电缆热稳定校验

1、断路器的选择

(1) 翻开断路器 CB3 的编写，选择“库”中的 Siemens12-3AF-63；在开断电流下拉列表中选择，将沟通开断电流指定为 50kA。详细如下列图 3-2 所示：

图 3-2 高压断路器 CB3 编写器的额定值属性页

(2) 仍设定 Bus4 三相短路，运行三相短路计算 (Duty) 后出现断路器报警窗口：单击右侧“短路”工具栏中的“报警视窗”按钮，翻开“短路剖析报警视窗”，能够看到详尽的报警信息如图 3-3 所示。





图 3-3 母线 Bus4 故障，三相短路剖析报警信息

(3) 从头选择断路器 CB3 的参数：在单线图上双击 CB3，翻开“高压断路器编写器”，将开断电流设为 63kA，额定动稳定电流设为 163kA，如图 3-4 所示。

图 3-4 从头选择参数后的高压断路器CB3 编写器

(4) 再点击右侧“短路”工具栏中的“启动三相短路电流计算（IEC909）”按钮，从头履行三相短路剖析，运行后则报警消失。

2、电缆热稳定校验

(1) 在电缆编写器—“尺寸”属性页—“需求”对话框，选定“短路”。在电缆编写器—“短路”对话框填写：最大短路电流=27.24kA，时间=0.6 秒。短路前电缆的工作温度 $T_c=90^{\circ}\text{C}$ ，能够在电缆编写器的“载流量”属性页改正此值。ETAP 软件自动给出：电缆优化尺寸=150mm²，最小尺寸=120mm²，选定优化尺寸，如图 3-

5



所示。

图 3-5 电缆编写器的“尺寸”属性页——根据短路选定尺寸第五节不对称故障剖析

- 1、采用上述相同的方法，设置母线 Bus10 故障；
- 2、点击短路剖析工具条的“IEC909 按”钮，进行不对称短路计算。
- 3、显示选项编写器图 3-6 所示，点击“显示选项”按钮，能够在单线图上显示不同种类短路（L-G、L-L、L-L-G）的序分量、相分量以及 A



相电压和零序电流。

图 3-6 短路剖析模块的显示选项

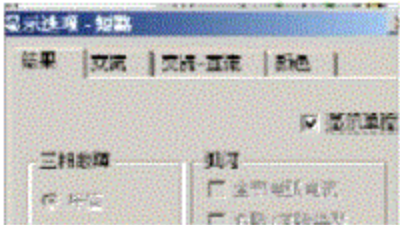
4、点击“报告管理器”按钮，翻开的“IECUnbalancedSC 报告管理器”，
如图 3-
所示。

图 3-7IEC 不平衡短路报告管理器表

3-1 母线 Bus10 不对称短路电流

电流名称	3 相短路	单相接地	两相短路	两相短路接地
初始对称电流(kA, rms)	30.127	0	26.080	26.080
峰值电流(kA)	67.229	0	58.198	58.198
开断电流(kA, rms, symm)		0	26.080	26.080
稳态电流(kA, rms)	21.270	0	26.080	26.080







从报告中能够看出：1) 母线 Bus10 总的三相短路电流=30.1kA，来自母线 Bus2、

Mtr1 和 Lump6 三个方向的短路电流分别是 28.66kA、0.980kA 和 0.495kA；
2) 对应 4 种不同的短路种类一组短路电流值见下表 3-1；等等。

短路剖析报告根据
图
所示。

IEC60909 标准给出全面的信息，其中短路结果报告如
3-

图 3-8 短路剖析—结果报告

第六节暂态短路电流计算（IEC363）

除了与开关设施选型有关的开断电流（容量）等计算之外，ETAP 也根据 IEC 标准 63163-1 提供了暂态短路电流计算。暂态短路电流计算用时间函数的形式表示了故障电流的波形，其中考虑到一系列故障后不同时间内影响短路电流的因素。这些因素包括同步电机次暂态阻抗、暂态阻抗、阻抗、次暂态时间常数、暂态时间常数、和直流时间常数。也包括感觉电动机反应电流的衰减。

这种详尽的计算模型，为孤立电力系统——比如船舶和海上采油平台——的保护设施选型和继电器配合，提供了精准的短路电流估算。该计算方法也可用于带一个或多个电压源的辐射型系统和环形系统。

ETAP 的计算结果是短路电流是以 0.001 为步长直到



短路电流的 1 周波的函数，以 0.1 周波为步长。除了瞬时电流值，ETAP 还计算沟通分量、直流分量和电流波形的顶部包络线。点击“总结报告”属性页，输出的总结报告给出每条母线的初始、暂态和稳态的故障电流。

下面以母线 Bus2 故障为例，详细操作步骤如下：

1、在进行此项计算之前，必须给发电机 Gen1 的次暂态直轴开路时间常数 Tdo”和暂态直轴开路时间常数 Tdo 赋值。翻开发电机编写器，点击“阻抗/模型”属性页，同步发电机的“阻抗/模型”属性页如图 3-9 所示。点击“动向模型”的“次暂态”复选框，再点击“典型数据”按钮，点击“确定”按钮。在 ETAP 软件成立了同步发电机的次暂态与暂态计算模型之后，就能够做鉴于 IEC61363

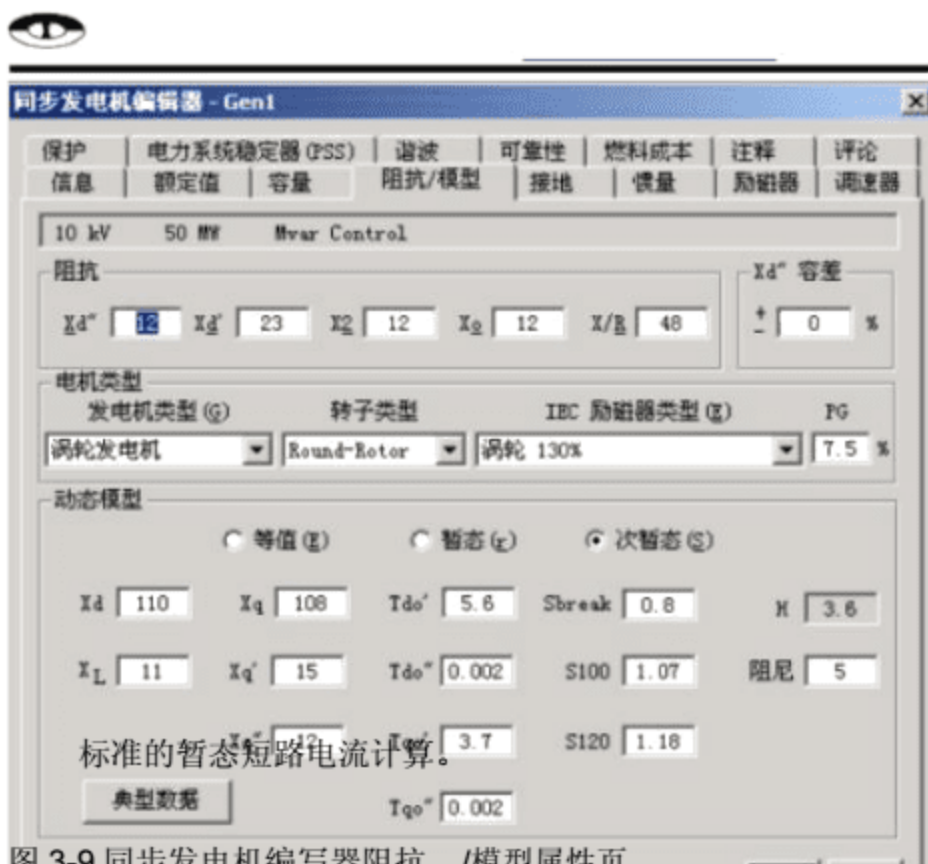


图 3-9 同步发电机编写器阻抗 / 模型属性页

2、设置母线 Bus2 为故障母线，点击剖析工具栏的“暂态短路电流计算 IEC363”按钮，达成暂态短路电流计算。

3、单击剖析工具栏的“IEC363 短路计算绘图”按钮，翻开 IEC363 绘图选择对话框如图 3-10 所示：

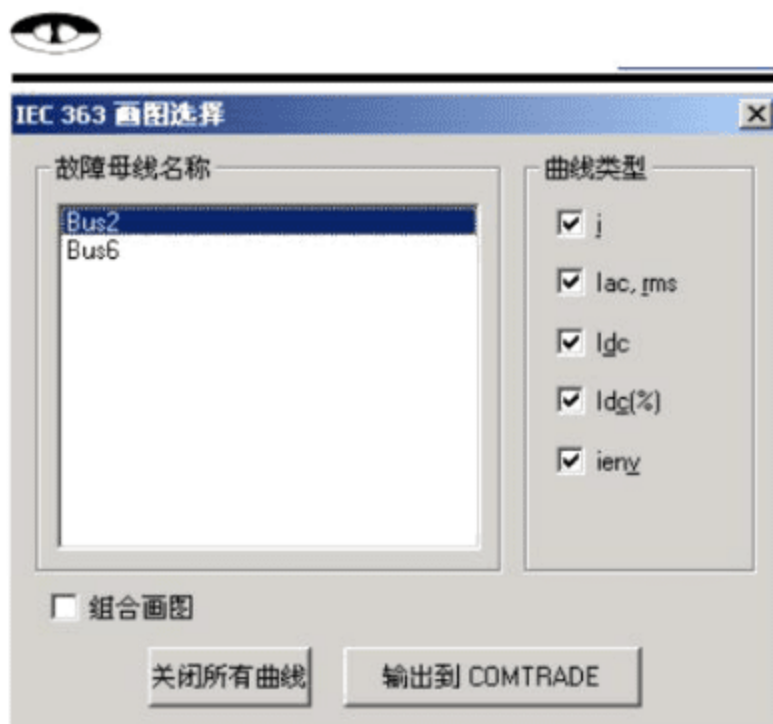
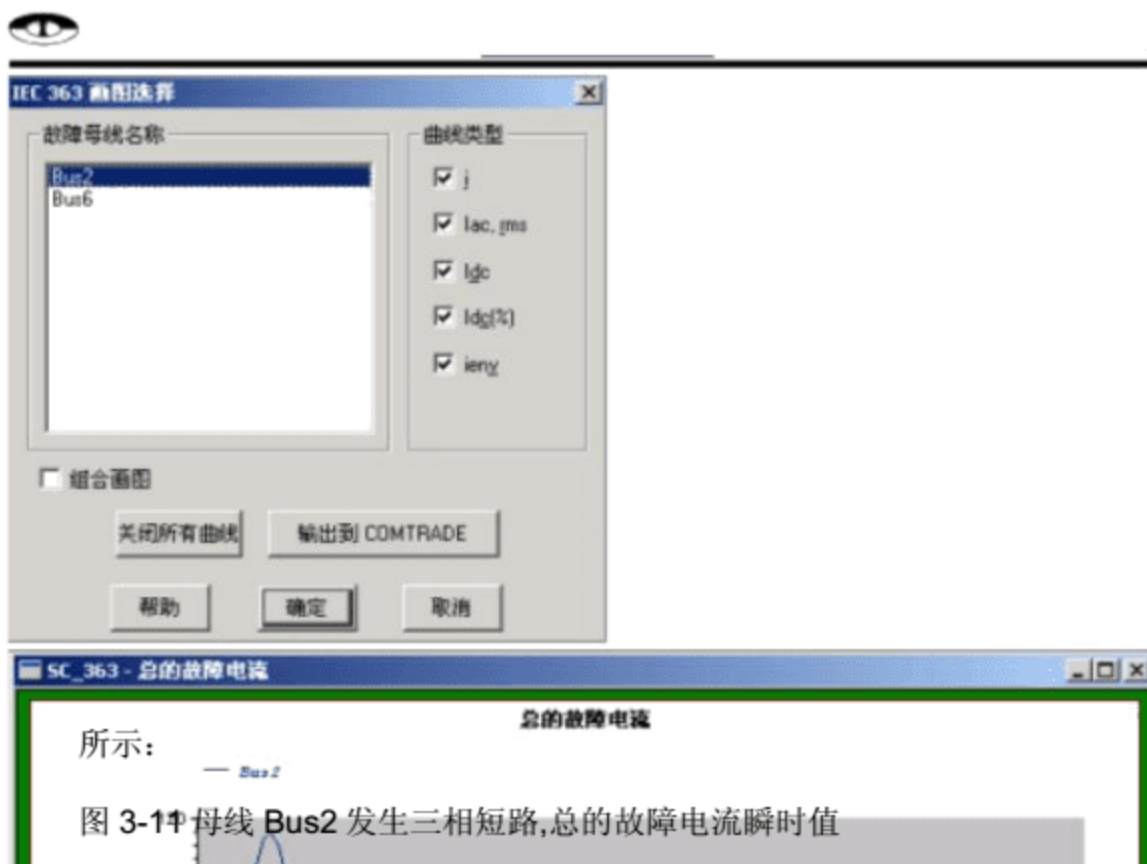


图 3-10 IEC363 绘图选择对话框

在此可选择需要输出的曲线，它们包括：

1) 瞬时电流 i ；	2) 沟通电流有效值；
3) 直流电流（有名值）；	4) 直流电流（百分数）；
5) 包络线。比如，母线 Bus2 发生三相短路，总的故障电流瞬时值 i 的曲线如图 3-11	



所示：

图 3-14 母线 Bus2 发生三相短路,总的故障电流瞬时值

第七节不同的数据版本用于设置系统短路计算的最大与最小运行方式

1、数据版本取名“最大运行方式”

等效电网 U1:

最大运行方式：三相短路容量： 2500MVA, $X/R=30$

单相短路容量： 2000MVA, $X/R=30$

2、数据版本取名“最小运行方式”。

等效电网 U1:

最小运行方式：三相短路容量： 2000MVA, $X/R=30$

单相短路容量：1600MVA，X/R=30

第四章电动机起动剖析

数据版本是 **Base**，系统配置是 **Normal**，单线图名称是 **StudyView**。

第一节静态电机起动剖析

静态电动机起动方法假定电动机总是都能够起动的。在“电动机编写器”中设定电动机在空载和满载情况下的加速时间，程序在这两个值的基础上根据负荷改写加速时间。在加速过程中，用堵转转阻表示电动机，它能够从系统中获得最大电流，对系统中其余运行负荷的影响也最大。一旦加速过程结束，电机就是一个恒定功率负荷。**ETAP**根据在电动机编写器中设定的起动和最终负荷来模拟负荷的斜坡增长过程。更多信息参见电动机编写器中的电动机起动种类属性页。

- 1、点击“模式工具栏”中的“电动机加速剖析”按钮，切换到电动机起动案例剖析模式。右侧的工具栏变换为“电动机起动工具栏”。
- 2、点击剖析案例工具栏的“新的剖析案例”按钮，新建电动机起动剖析案例，名称：静态起动 1。
- 3、编写电动机起动事件：点击“剖析案例”工具栏中的“编写剖析案例”按钮，翻开“电动机起动剖析案例”编写器，在“事件”页中设置事件，起动事件设置如下表 4-1。详细操作步骤如下：

表 4-1 静态起动 1 的事件设置

事件名称	时间(s)	动作	起动负荷	起动类型	额定功率	额定电压
事件1	1.0	Start	Mtr1	Normal	2000kW	10kV



(1) 单击“事件”框中的“增添”按钮，翻开“事件”编写器，输入事件名称，如：“事件1”并,设定事件开始的时间 1.0s，如图 4-1 所示：

图 4-1 电动机起动剖析的事件编写器

(2) 如图 4-2 所示，单击“按设施动作”框中的“增添”按钮，翻开“经过设施添加动作”对话框，按下列图设置各项，并单击“确定”。

图 4-2 电动机起动剖析——“经过设施增添动作”对话框

4、增添设施参数：

(1) 在感觉电动机 Mtr1 编写器——“负载模型”属性页，设置加速时间：空载 2s，满载=12s，如下列图 4-3 所示：

图 4-3 感觉电动机 Mtr1 编写器——“负载模型”属性页

(2) 在感觉电动机 Mtr1 编写器的起动种类页，选定起动种类= Normal，起动负荷%=20，最终负荷%=100，负荷开始改变时间=2s，负荷结束改变时间=6s，如下列图 4-4 所



通过设备编辑动作

设备类型

☒ 电机

☐ 静态负荷

☐ 电动机驱动阀门(MOV)

☐ 发电机/等效电

动作

☒ 启动

☐ 停止

电机, 负荷, MOV, 发电机

名称: Mtr1

启动类型: Normal

示:



通过设备编辑动作

设备类型

☒ 电机

☐ 静态负荷

☐ 电动机驱动阀门(MOV)

☐ 发电机/等效电

动作

☒ 启动

☐ 停止

电机, 负荷, MOV, 发电机

名称: Mtr1

启动类型: Normal

帮助

确定

取消

图 4-4 感觉电动机 Mtr1 编写器的负荷种类页

5、点击剖析工具栏的“启动静态电机剖析”按钮，达成电动机静态启动剖析。

感应电机编辑器 - Mtr1

启动类型	电缆/电压降	电缆载流量	可靠性	注释	评论
信息	铭牌	模型	设置	保护	负载模型
1	2000 kW	10 kW	没有提供电缆信息		

负载转矩

6、点击剖析工具栏的“电动机起动绘图”按钮，“电动机起动绘图选择”对话框如图 4-5 所示。选用电动机 Mtr1 的起动电流、机端电压和有功需求曲线，分别如图 4-6、4-7 和 4-8 所示。图 4-5



感应电机编辑器 - Mtr1

信息 铭牌 模型 供量 保护 负载模型 启动设备

启动类型 电缆/电压降 电缆载流量 可靠性 注释 评论

1 2000 kW 10 kV 没有提供电缆信息

启动负荷和时间

启动类型	% 负荷		负荷变化时间	
	启动	最终	开始	结束
1 ☒ Normal	20	100	2	6
2 ☐ Backup	100	100	0	0
3 ☐ Mod. Backup	100	100	0	0
4 ☐ Large Backup	100	100	0	0
5 ☐ Fl. Reject	100	100	0	0
6 ☐ Accident	100	100	0	0
7 ☐ Emergency	100	100	0	0
8 ☐ Shutdown	100	100	0	0
9 ☐ NS Cat 9	100	100	0	0
10 ☐ NS Cat 10	100	100	0	0

电动机起动绘图选择对话框



感应电机编辑器 - Mtr1

信息	铭牌	模型	容量	保护	负载模型	启动设备
启动类型	电缆/电压降	电缆载流量	可靠性	注释	评论	

1 2000 kW 10 kV 没有提供电缆信息

启动负荷和时间

启动类型	% 负荷		负荷变化时间	
	启动	最终	开始	结束
1 ☒ Normal	20	100	2	6
2 ☐ Backup	100	100	0	0
3 ☐ Mod. Backup	100	100	0	0
4 ☐ Large Backup	100	100	0	0
5 ☐ Fl. Rejant	100	100	0	0
6 ☐ Accident	100	100	0	0
7 ☐ Emergency	100	100	0	0
8 ☐ Shutdown	100	100	0	0
9 ☐ NS Cut 0	100	100	0	0
10 ☐ NS Cut 10	100	100	0	0

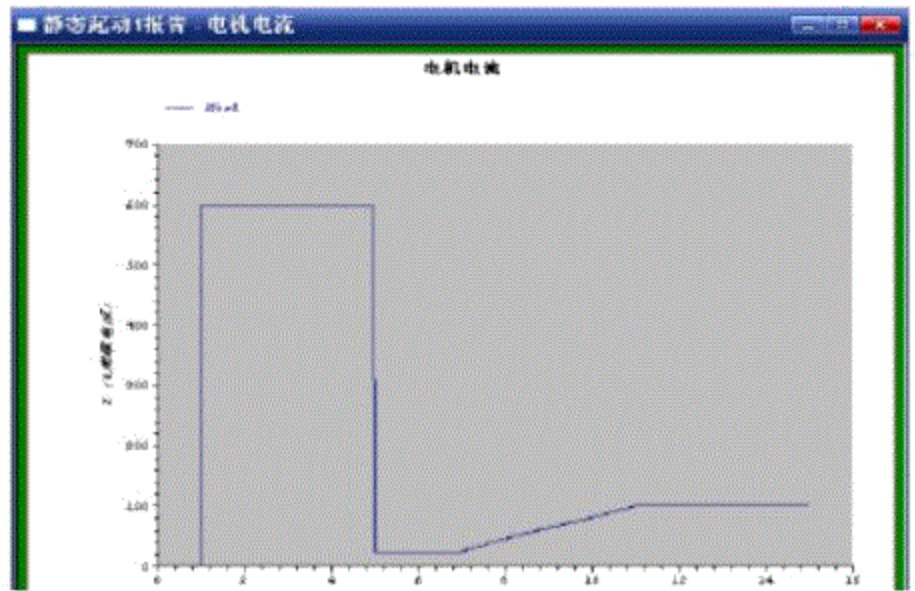
图 4-6 电动机 Mtr1 的启动电流曲线

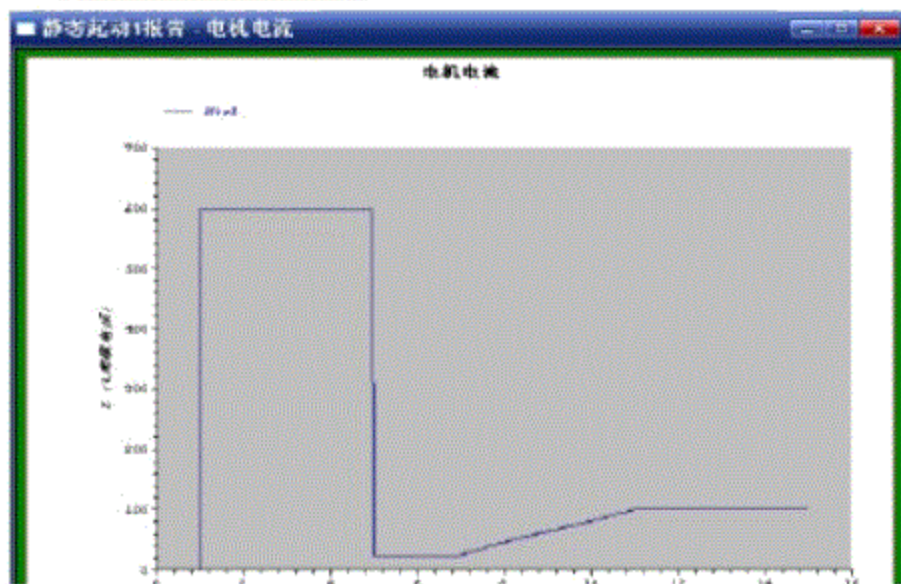
图 4-7 电动机 Mtr1 的母线电压曲线

图 4-8 电动机 Mtr1



的有功功率需求曲线

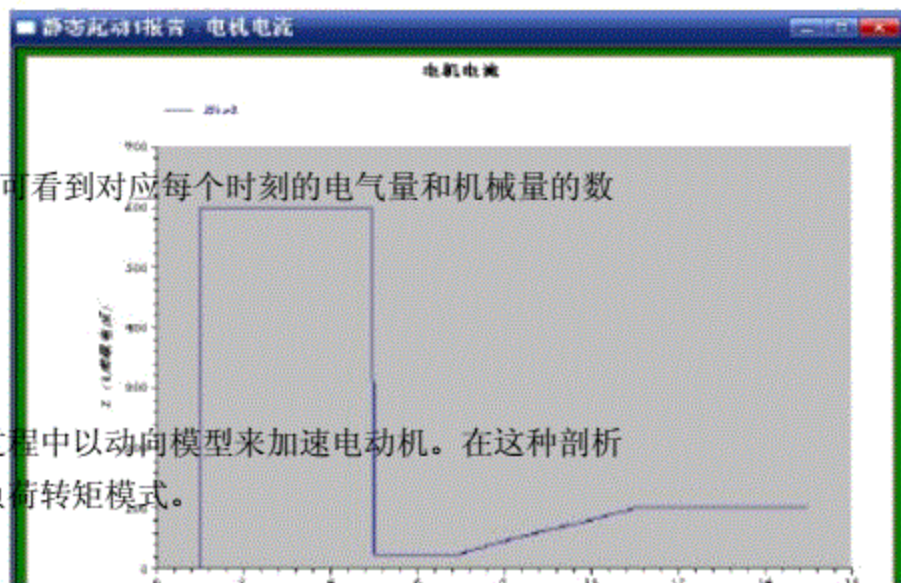




7、翻开此剖析案例的剖析报告，可看到对应每个时刻的电气量和机械量的数值大小。

第二节动向加速剖析

在动向电机加速算法中，在整个模拟过程中以动向模型来加速电动机。在这种剖析中，应当为电动机所带动的负荷定义负荷转矩模式。



在感觉电动机的“模型”属性页或许同步电动机“LR 模型”属性页，为从五种不同形式中选择一个作为电机动向模型。

- 1) Single1 - 有恒定的转子电阻和电抗的等值电路模型；
- 2) Single2 - 有深槽效应的，转子阻抗和电抗随着转速变化的电路模型；
- 3) DBL1 - 有集成转子笼的双笼回路模型；
- 4) DBL2 - 有独立转子笼的双笼回路模型；
- 5) TSC - 转矩转差特性曲线模型。

其中 Single1、Single2、DBL1 和 DBL2 模型都是建立在电动机等值电路的基础上的，在 TSC 模型下能够从制造商特性曲线中直接设定电动机起动模式。在“电动机库”中能够选择已有的模型也可创建自己的电动机模型。

ETAP 也允许您为每台电动机设定负荷转矩曲线。能够从“电动机负荷库”中选择已有的模型也可创建自己的电动机模型。

因为电动机起动方式的差别，如果您很在乎电动机起动对系统中其余运行负荷的影响或无法得到起动电动机的动向模型信息，能够进行静态电动机起动剖析。相反，如果您关心的是实际起动时间或是电动机是否能够成功起动，则进行动向电动机加速剖析。

1、新建动向剖析案例，剖析案例名称：动向起动 1，并设置起动事件，起动事件设置见表 4-2。（设置方法与静态剖析相同）

表 4-2 动向起动 1 的事件设置

事件名称	时间(s)	动作	起动负荷	起动类型	额定功率	额定电压
事件 1	0.5	Start	Mtr1	Normal	2000kW	10kV

点击“启动动向电动机剖析”按钮，不能达成启动剖析。原因是缺少：1) 电动机模型；2) 负载模型；3) 缺少参数 H。

2、增添需要的数据

(1) 翻开 Mtr1 的编写器—模型选中 CKT，点击 Lib 按钮，最终选定的等值电路模型如图 4-7。

图 4-9 电动机编写器的模型属性页

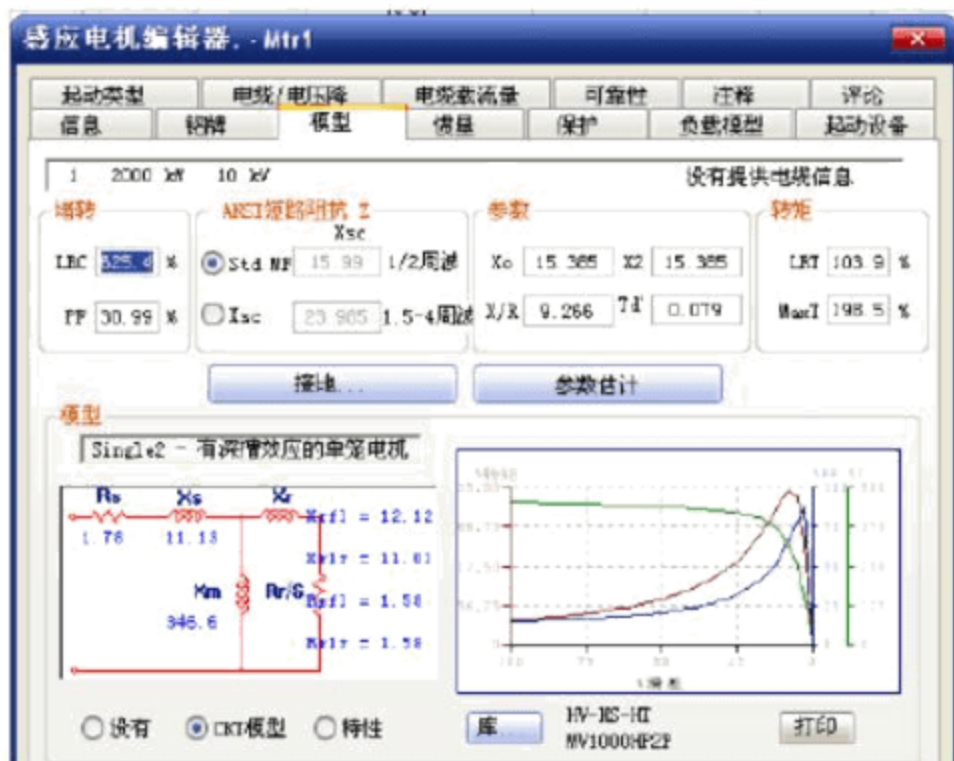
(2) 翻开“电动机”编写器—“负载模型”属性页-选定“多项式”，点击“负载模型库”按钮，选择 Pump 负载模型如图 4-10 所示。

图 4-10 电动机编写器的负荷模型属性页

(3) 翻开电动机编写器——“惯量”属性页，设置参数如图 4-11



所示。



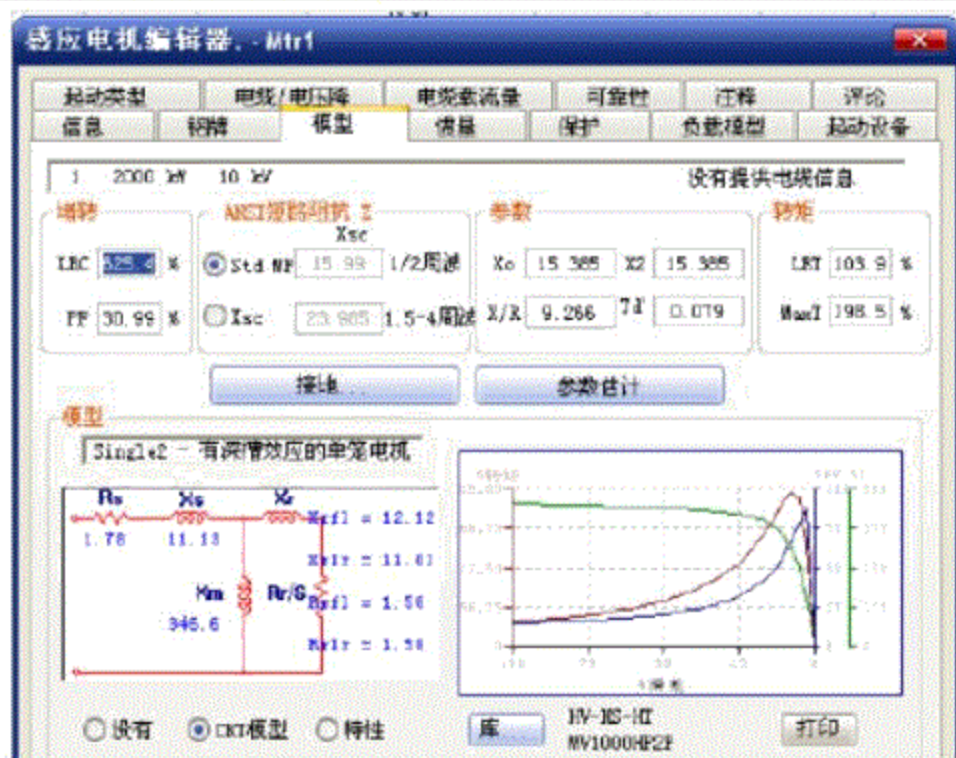


图 4-11 电动机编写器的惯量属性页

3、电动机动向起动剖析：单击“电动机起动工具栏”中的“启动动向电动机剖析”按钮，达成电动机起动剖析。

4、点击剖析工具栏的“电动机起动绘图”按钮，获得如下电动起动曲线：1) 电动机有功功率输出曲线，如图 4-12 所示；2) 电动机转矩曲线，如图 4-11 所示；3) 负载转矩曲线，如图 4-12 所示；4) 母线电压曲线，如图 4-13 所示；5) 电动机的电流曲线，如图 4-14 所示。

图 4-12 电动机 Mtr1



的有功功率输出曲线



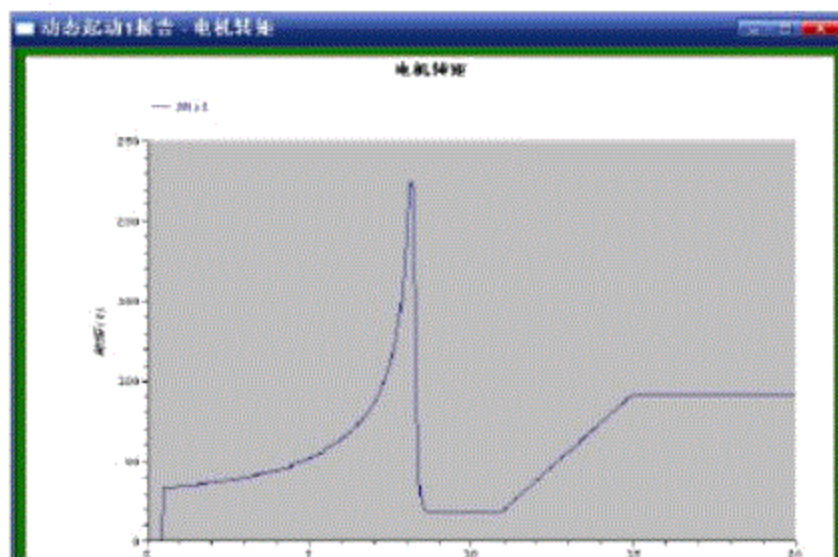
图 4-13 电动机 Mtr1 的转矩曲线

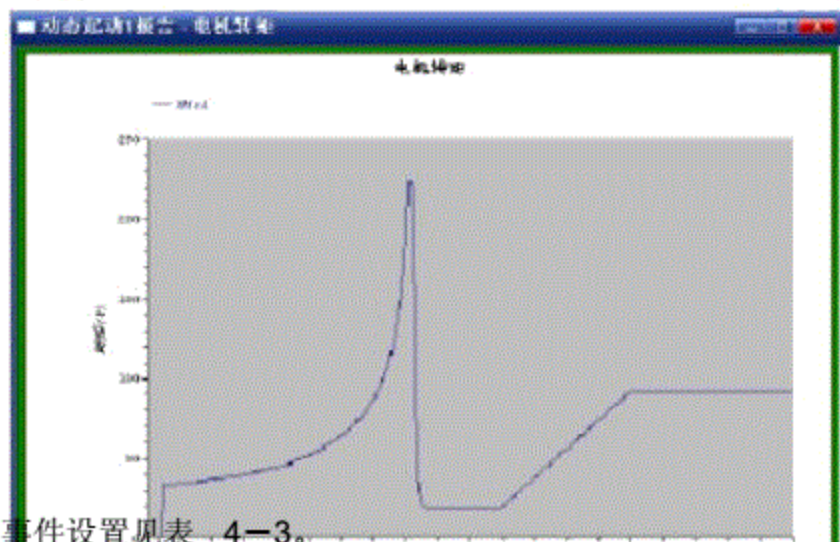
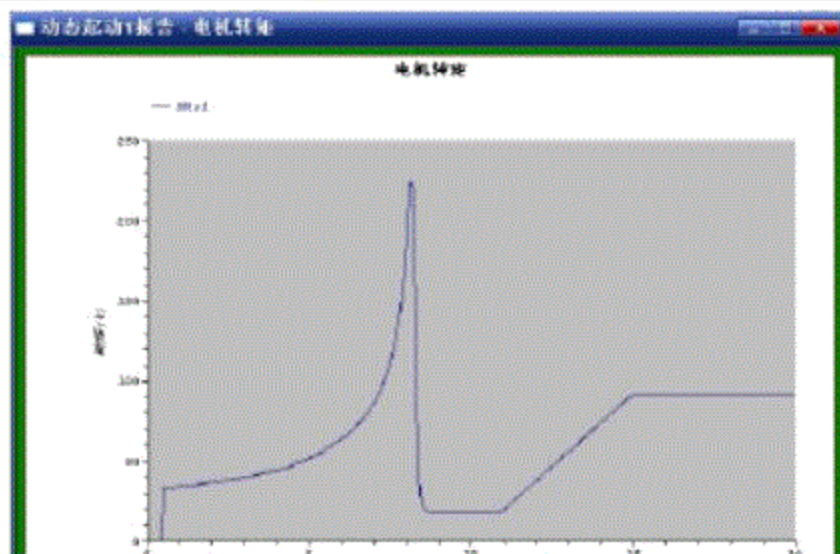


图 4-14 电动机 Mtr1 的负载转矩曲线图 4-15 电动机 Mtr1



的母线电压曲线





4-16 电动机 Mtr1 的起动电流曲线

第三节电动机成批动向起动剖析

剖析案例名称：动向起动 2，起动事件设置见表 4-3。

表 4-3 动向起动 2 的事件设置

事件名称	时间(s)	动作	起动负荷(电动机)名称	起动类型	额定功率	额定电压
事件 1	0.5	Start	Mtr1	Normal	2000kW	10kV
事件 2	2.0	Start	Mtr4,Mtr5,Mtr6	Normal	50kW, 75kW, 25kW	0.38kV
事件 3	4.0	Start	Mtr3	Normal	1000kW	10kV







报警窗口输出如图 4-17 所示。其余输出曲线在此省略。

图 4-17 报警窗口输出图

第五章暂态稳定剖析

第一节增添暂态稳定剖析需要的数据

1、双击同步发电机 Gen1，翻开编写器—阻抗/模型页—动向模型，选定次暂态模型。

图 5-1 同步发电机编写器——阻抗/模型属性页

2、翻开“惯量”属性页—惯量计算器，填入原动机 $H=1.5$ ，联轴器 $H=0.2$ ，发电机 $H=1.5$ 。

图 5-2



同步发电机编辑器 Gen1

保护	电力系统稳定器 (PSS)	谐波	可靠性	燃料成本	注释	评论
信息	额定值	容量	阻抗/模型	参数	惯量	励磁器

10.5 kV 25 MW Bvar

阻抗

X_d'' 12 X_d' 23 X_2 12 X_2' 12 X/Ω 48 X_d' 容差 0 %

电机类型

发电机类型 转子类型 IFC 励磁器类型 PG

汽轮发电机 永磁 汽轮 130% 7.5 %

动态模型

☐ 等值 ☐ 暂态 ☒ 次暂态

X_d 110 X_q 108 T_{d0}' 5.0 Sbreak 0.0 K 14.49

X_1 11 X_q' 15 T_{d0}'' 0.002 S100 1.07 阻尼 5

X_d'' 12 T_{q0}' 3.7 S120 1.18

T_{q0}'' 0.002

典型数据

同步发电机编写器——惯量属性页



第二节暂态剖析案例

点击“模式工具栏”中的“暂态稳定剖析”按钮，切换到暂态稳定案例剖析模式。

一、剖析案例 1

1、剖析案例新建暂态稳定剖析案例，名称：剖析案例 1：点击“剖析案例”工具栏的“新的剖析案例”按钮，在“复制剖析案例”对话框中指定剖析案例的名称为“剖析案例 1”，如图 5-3 所示。

图 5-3 复制“新的剖析案例”对话框

2、翻开“暂态剖析案例”编写器的“事件”属性页，编写剖析案例 1 的事件，事件设置如下表 5-1。

表 5—1 剖析案例 1 的事件设置



事 件	时间 (S)	元件	动作/故障
事件 1	0.5	Bus1	3 相故障
事件 2	0.7	Bus1	清除故障





3、点击剖析工具栏的“运行暂态稳定”按钮，达成暂态稳定剖析。

4、点击剖析工具栏的“暂态稳定绘图”按钮，查察暂态稳定的有关图形。其中 Gen1 的波形分别如图 5-4、5-5 和 5-6 所示，感觉电动机 Mtr1 的特性曲线如图 5-7、5-8 所示。



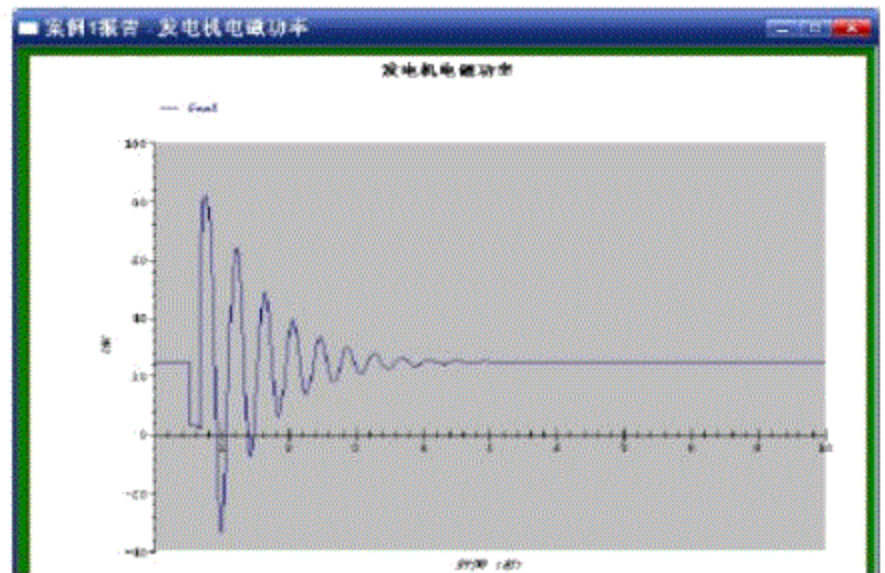
图 5-4 发电机 Gen1 的转速曲线



图 5-5 发电机 Gen1 的电磁功率曲线

图 5-6 发电机 Gen1 的功角曲线

图 5-7 电动机 Mtr1



联结母线电压

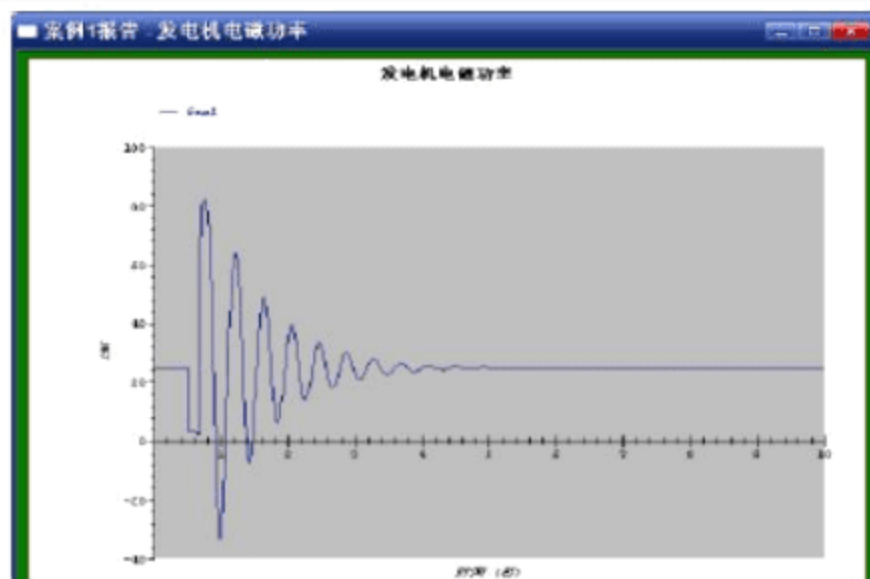
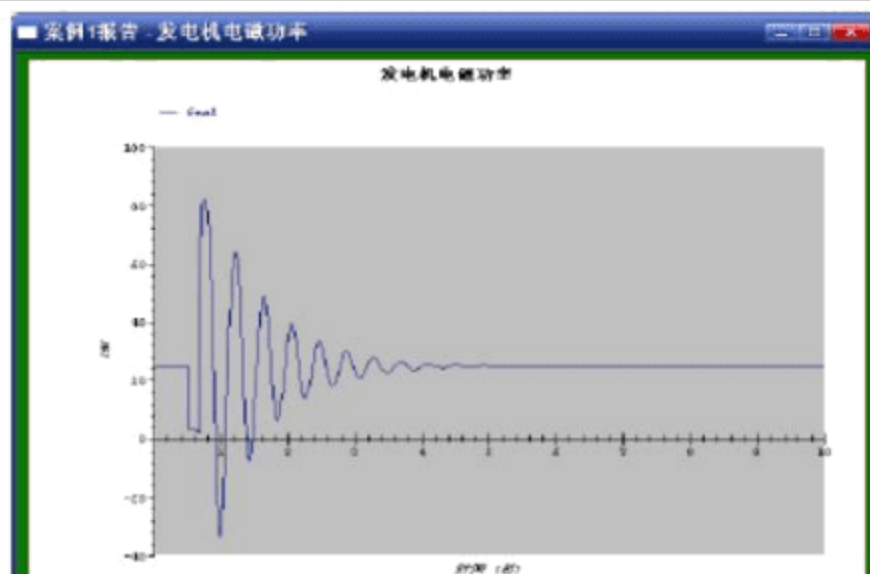


图 5-8 电动机 Mtr1 的滑差二、剖析案例 2

1、剖析案例新建暂态稳定剖析案例，名称：剖析案例 22、编写剖析案例 2 的事件，详细设置见表 5-2。

表 5-2 剖析案例 2 的事件设置

事件	时间 (S)	设备类型	设备 ID	动作/故障	动作设置
事件 1	0.50	母线	Bus1	3 相故障	分析案例编辑器
事件 2	0.60	断路器	CB1、CB7	打开	分析案例编辑器
事件 3	0.65	发电机	Gen1	无差调节	分析案例编辑器
		断路器	Tie CB	关闭	
		等效负荷	Lump3	删除	
Freq. Relay	6.423	断路器	CB4	打开	Freq. Relay



3、点击剖析工具栏的“运行暂态稳定”按钮，达成暂态稳定剖析。

4、查察暂态稳定的有关图形。

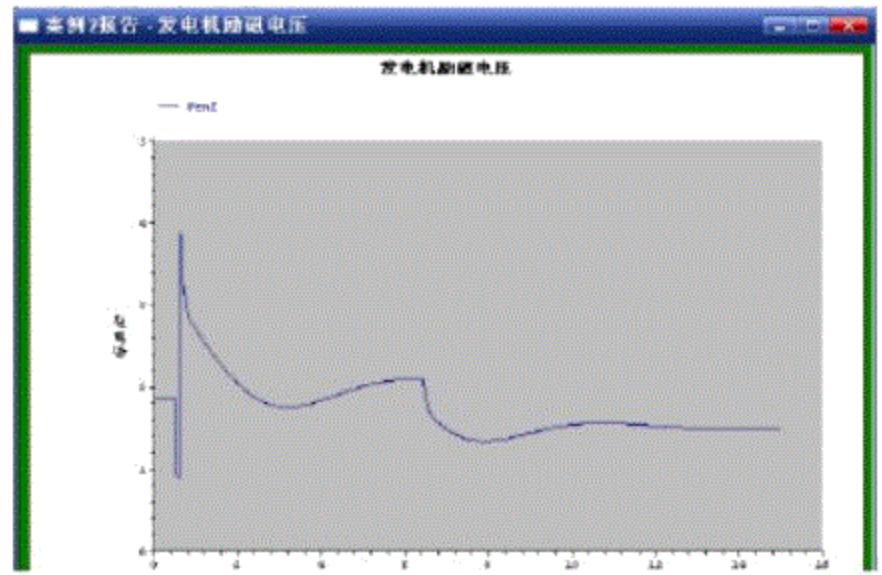
其中， Gen1 有关变量的变化曲线见图 5-9 至 5-

12，感觉电动机 Mtr1 的特性曲线如下列图 5-13 至 5-14。

图 5-9 发电机 Gen1 的励磁电压

图 5-10 发电机 Gen1 的电磁功率

图 5-11 发电机 Gen1



的机械功率

