

第 19 章

潮流分析 (Load Flow Analysis)

ETAP 潮流分析程序计算母线电压，支路功率因数，电流，和整个电力系统的潮流。该程序中允许进行调节平衡节点电压，不调节多个电源与等效电网和发电机的连接。它适用于辐射型系统和环形系统。为获得较好的精确度有不同的方法可供选择。

本章为有些名词作了定义并解释了运行潮流分析时可能用到的工具。并说明了不同潮流计算方法的理论背景。

潮流工具条部分解释了如何启动一个潮流计算，如何打开并查看输出报告，如何选择显示选项。潮流分析案例编辑器部分解释了如何创建一个新的分析案例，设定分析案例时需要哪些数据，如何设定它们。显示选项部分解释了显示一些主要系统参数和在单线图中输出报告时的选项，以及如何设定这些参数。潮流计算方法部分列出了不同潮流计算方法的公式。这部分还将进行比较收敛率，在不同系统参数和配置的情况下提高收敛率，还提供了一些选择相应计算方法的技巧。计算需求数据部分描述了进行潮流计算所必需的数据以及在什么地方输入这些数据。最后，潮流分析输出报告部分说明并解释了输出报告和他们的格式。

19.1 潮流工具条(Load Flow Toolbar)

输入潮流分析模式时，潮流工具条就会出现在屏幕上。



运行潮流计算(Run Load Flow Studies)

从**分析案例编辑器**中选择一个分析案例。然后点击 **运行潮流计算按钮**进行潮流分析。如果输出文件名设为 Prompt（提示的），则出现一个对话框，设定输出报告的名称。分析结果显示在单线图和输出报告上。

更新电缆负荷电流(Update Cable Load Current)

选择更新电缆负荷电流图标，将从正在运行的潮流分析中传送电缆负荷电流数据到与潮流分析相关的每条电缆的电缆编辑器的运行负荷电流中。

潮流显示选项(Load Flow Display Options)

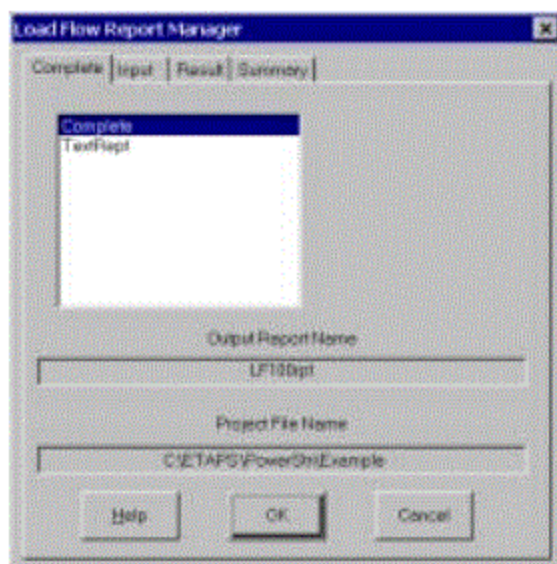
潮流分析的结果将显示在单线图中。点击潮流显示选项图标可进行编辑，更多信息参见**潮流显示选项部分**。

报警(Alert View)

在潮流分析之后，点击该按钮打开报警栏，栏中列出了已经不在边缘限制或临界限制的分析案例设定之内的设备。

潮流报告管理器(Load Flow Report Manager)

潮流输出报告有两种形式：ASCII 文本文件和 Crystal™报告。报告管理器为两种形式都提供了四种查看输出报告不同部分的选择：完整、输入、结果和总结。Crystal™ 报告的可用的格式显示在潮流分析报告管理器的每页上。



在报告管理器中选择任何非文本格式会激活 Crystal™ 报告。可根据选择的格式打开整个潮流输出报告或某个部分。格式名称和对应的输出报告部分如下：

- | | |
|-------------|-------------------|
| • 阻抗 | 提供系统中阻抗设备的详细信息 |
| • 支路 | 支路输入数据 |
| • 母线 | 母线输入数据 |
| • 电缆 | 电缆输入数据 |
| • 完整 | 完整的输出报告包括所有的输入和输出 |
| • 概述 | 输出报告的题头页 |
| • 设备电缆 | 设备电缆输入数据 |
| • 潮流报告 | 潮流计算结果 |
| • 损耗 | 支路损耗结果 |
| • 总结 | 潮流计算总结 |
| • 变压器 | 变压器输入数据 |
| • 电抗器 | 电抗器输入数据 |
| • 支路负荷 | 支路负荷结果 |
| • Undr/Over | 欠压/过压报告 |
| • 母线负荷 | 显示过载母线信息 |
| • 报警—完整 | 提供完整的系统报警报告 |
| • 报警—边缘 | 只提供边缘报警的总结 |
| • 报警—临界 | 只提供临界报警的总结 |

也可通过点击分析案例工具条中的查看输出报告按钮来查看输出报告。所有所选程序地址中的输出文件都用于潮流计算。查看任何一个输出报告。点击输出报告名，然后点击查看输出报告按钮。



潮流文本输出报告的扩展名为 **.lfr**，可通过任何一种文字处理器进行查看，如记事本、写字板和 Word。通常输出报告的默认设定为记事本。可在 ETAPS.INI 文件中改变默认设定。

文本输出报告有 132 字幅宽，每页 66 行。想要改变输出报告的格式和分页，必须在您所用的文字处理器上改变默认设定。在“打印和图形”部分中对记事本、写字板和 Word 的格式应用作了推荐。

中断当前计算(Halt Current Calculation)

通常情况下停止图标是锁定的。当启动潮流计算时，该键激活并显红色。点击该键来中断当前计算。

获取在线数据(Get Online Data)

装有 ETAP 在线能量管理系统，当系统监控在线时，点击该按键可采集实时数据。您会注意到运行负荷，母线电压和编辑器都被在线数据更新了。

获取存档数据(Get Archived Data)

装有 ETAPS 存档回放的系统，所有的图形显示都是回放形式，点击该按钮可以将这些数据传到您的图形显示中去并运行潮流分析。您会注意到：运行负荷，母线电压和编辑器都被存档数据更新了。

19.2 分析案例编辑器(Study Case Editor)

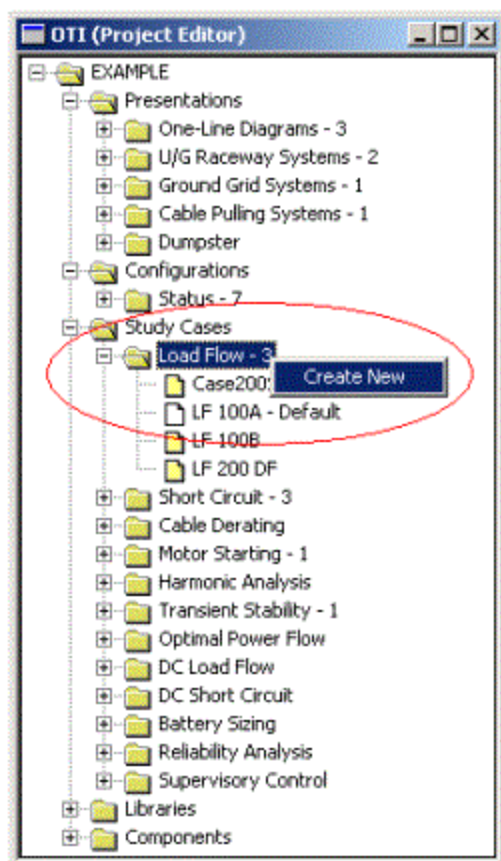
潮流分析案例编辑器包括精度控制变量、负荷条件、不同的输出报告选项等。在 ETAP 中可以创建无穷多个分析案例。“短路计算”根据工具条所选的分析案例的设定来计算并输出报告。在不同的分析案例之间可轻松切换无需每次重新设定选项。该功能可大大节省您的时间。

作为 ETAP 三维数据库概念的一部分，分析案例可用于三个主要系统组成部分的任意组合，也就是适用于任何配置参数，单线图图形显示和基本/修正版本数据。

处于潮流分析时，在潮流分析案例工具条中点击“分析案例”就可以访问潮流分析案例编辑器了。也可以从项目视图中点击潮流 分析案例文件夹来访问该编辑器。



创建一个新的分析案例：进入项目视图，右击潮流分析案例文件夹，选择“新建”按钮。所创建的分析案例文件夹添加到潮流分析案例文件夹中，是默认分析案例文件的复制件。



19.2.7 信息属性页(Info Page)

The screenshot shows the 'Load Flow Study Case' dialog box with the 'Info' tab selected. The dialog is organized into several sections:

- Study Case ID:** A text box containing 'LF 100A'.
- Method:** Radio buttons for 'Newton-Raphson' (selected), 'Fast-decoupled', and 'Accelerated Gauss-Seidel'. A checkbox for 'Apply XFMR Phase-Shift' is also present. To the right, 'Max Iteration' is set to 99 and 'Precision' is set to 0.0001.
- Loading:** A 'Loading Category' dropdown menu set to 'Design'. A checkbox for 'Operating Load' is unchecked.
- Charger Loading:** Radio buttons for 'Loading Category' (selected) and 'Operating Load'.
- Load Diversity Factor:** Radio buttons for 'None' (selected), 'Bus Minimum', 'Bus Maximum', and 'Global'.
- Initial Condition:** Radio buttons for 'Use Bus Voltages' (selected) and 'Use Fixed Value'.
- Report:** A checkbox for 'Equipment Cable Losses and Vd' is checked. Below it, 'Bus Voltage' is set to 'Percent'.
- Update:** Four checkboxes: 'Initial Bus Voltages', 'Operating Load & V', 'Inverter Operating Load', and 'Transformer LTCs', all of which are unchecked.
- Remarks 2nd line:** A text box containing the text 'Second line of remarks for "LF 100A" study case.'

At the bottom, there is a navigation bar with left and right arrow buttons, a dropdown menu showing 'LF 100A', and buttons for 'Help', 'OK', and 'Cancel'.

分析案例文件夹标识(Study Case ID)

分析案例文件夹标识显示在输入区。删除旧的标识，输入新的就可以改变分析案例文件夹的名字了。分析案例文件夹标识 不超过 12 个字母，使用编辑器底部的浏览器，可以从一个案例切换到另一个案例。

方法(Method)

在本部分中选择一个潮流分析案例文件夹。有三种方法可选：**牛顿-拉夫逊**、**快速解耦法**和**加速高斯—塞德尔法**

注意：对于牛顿-拉夫逊方法，首先要进行一个牛顿-拉夫逊迭代来确定母线电压的初始值（因为牛顿-拉夫逊方法的收敛是建立在初始母线电压的基础上的）。

最大迭代次数(Maximum Iteration)

输入迭代次数的最大值。如果在达到设定的迭代次数后，精度仍无法收敛，则程序停止运行并通知用户。对于高斯-塞德尔方法推荐值是 2000，对于牛顿-拉夫逊法和快速解耦方法推荐值是 5。

精度(Precision)

输入参数的精度值，用于检验该精度的收敛度。该值决定了您想要最终结果精确到什么程度。对于高斯-塞德尔方法，精度用于在每次迭代之后检查母线电压之间的差距。对于牛顿-拉夫逊和快速解耦方法，精度用于比较不同迭代之间每条母线的功率差。如果迭代之间的差小于或等于输入的精度值，则要求的精度就达到了。

如果求解是收敛的，但失谐值过大，要减小精度值来使您的结果更精确，然后再运行一遍程序。注意：精度值越小，失谐值也越小，精确度就越高，运行时间会越长。对于高斯-塞德尔方法，默认值为 0.000001（电压标幺值），对于牛顿-拉夫逊和快速解耦算法默认值为 .001（功率标幺值）。

加速因数(Acceleration Factor)

如果使用加速高斯-塞德尔方法，显示该区域。输入迭代间的收敛加速因数。典型值在 1.2 和 1.7 之间，默认值为 1.45。

应用变压器相移(Apply XFMR Phase-Shift)

选中该复选框在潮流计算中考虑到变压器的相移。可在变压器编辑器中找到变压器的相移。

计算配电板系统(Calc. Panel Systems)

点击这个选项，则系统在进行潮流计算的时候，会包含配电板系统的计算。配电板系统可以定义为放射型的子系统，通过主配电板或者移相适配器联接到三相系统中。电力系统可以包含多个配电板系统，每一个配电板系统或者是三相配电板，或者是通过移相适配器相联接。

选择这个选项，在潮流计算中将计算配电板系统的母线电压和支路潮流，并且计算的结果将显示在单线图 and 报告中。如果不选这个选项，在分析中每一个配电板系统的负荷将考虑为主配电板的整体负荷，负荷总和基于系统的额定电压，不考虑任何支路损耗。主配电板作为系统中的一个独立负荷。

配电板系统可以是一个放射型的系统，ETAP® ETAP 在进行潮流计算时，在配电板系统中检查是否是环型配置，如果是，则停止潮流计算，并给出相关信息。

负荷>Loading

在潮流分析案例文件夹编辑器的负荷部分，可以通过选择负荷类型和变化因数（可变的或固定的）来定义运行负荷。

负荷类型>Loading Category

在 10 种负荷类型中为电流潮流分析选择负荷类型。根据所选的类型，ETAP 使用单个电机规定的百分比负荷。注意：可在感应电机编辑器和同步电机编辑器的铭牌值属性页中和其它负荷设备编辑器的负荷/额定值页中分配负荷。

运行负荷(Operating Load)

如果 ETAP®有在线功能，当该复选框被选中时，用在线数据或以前数据更新的运行负荷将用到潮流分析中去。

负荷调整系数(Load Diversity Factor)

在该部分中可定义负荷调整系数应用到负荷类型负荷计算中。当选择运行负荷时，不考虑调整系数。

没有(None)

选择没有单选框，用在所选负荷类型中输入的每条负荷的百分数。

母线最大(Bus Maximum)

当选择最大负荷选项时，所有电动机和其它直接与每条母线相连的负荷将乘以母线最大调整系数。利用该选项，您可以用不同的最大调整系数对母线进行模拟潮流分析。

当考虑到将来电力系统负荷和每条母线有不同的最大负荷时，该选项有很大作用。

母线最小(Bus Minimum)

当选择最小负荷选项时，所有电动机和其它直接与每条母线相连的负荷将乘以母线最小调整系数。利用该选项，您可以用不同的最小调整系数对母线进行模拟潮流分析。

最小母线负荷选项可用于在最小负荷条件下，查看变压器和电容器对系统电压的作用。

整个负荷调整系数(Global Diversity Factor)

输入适用于所有恒定电源和恒定负荷的调整系数。选择该选项时，ETAP 将把所选负荷类型中所有的电机和静态负荷乘以输入的电机和静态负荷调整系数。

注意：电动机负荷调整系数是 125%说明所有母线的电动机负荷增了 25%的额定值。该值可大于也可小于 100%。

充电器负荷(Charger Loading)

对于充电器，我可以选择负荷类型或是运行负荷类型。注意：充电器的运行负荷只能用直流潮流分析来更新。

初始条件(Initial Condition)

在这部分中定义用于潮流计算的所有母线电压和相角的初始条件。

使用母线电压(Use Bus Voltages)

选择该选项，使用在母线编辑器的信息属性页中输入的母线电压和相角。利用该选项，您可以模拟不同初始母线电压条件的潮流分析。

使用固定值(Use Fixed Values)

该选项用固定的母线电压和相角对所有母线进行潮流分析。选择固定初始条件时，必须输入一个母线额定电压的百分数作为初始电压。默认值是母线电压幅值的 100%和 0 相角。

初始母线电压相角的确定(Determination of Initial Bus Voltage Angle)

在潮流计算中考虑到变压器相移时，初始母线电压相角也应考虑在内。另外，不良的母线电压相角会影响到潮流收敛率。为解决这个问题，ETAP®潮流程序在变压器相移的基础上计算母线电压相角，并与用户选择的初始电压相角相比较。如果二者之间的差值比设定的最大初始相角差值大的话，ETAP®使用计算值作为初始母线电压相角，ETAP.INI 文件的最大初始相角差值的默认值为 10。根据初始母线电压选项和应用变压器相移部分，有四种方法：

- 选择“使用固定值”和“应用变压器相移”时，在计算中使用初始母线电压相角的计算值。
- 选择“使用母线电压值”和“应用变压器相移”时，母线编辑器中的初始母线电压相角与母线电压相角的计算值进行比较。如果差值小于 MaxIniAngDiff（最大初始相角差值），则在潮流计算中使用母线编辑器中的初始母线电压相角；否则使用计算值。
- 当选择“使用固定值”而不选“应用变压器相移”时，在计算中使用潮流分析案例文件夹中输入的初始电压相角，在这种情况下，所有母线都有相同的初始电压相角。
- 当选择“使用母线电压”而不选“应用变压器相移”时，在潮流计算中使用母线编辑器中的初始母线电压。

在系统负荷中定义了运行负荷时，运行电压相角用作初始值。在这种情况下，如果不选择“应用 XFMR 相移”相，运行电压相角将与母线电压相角进行比较。如果差值小于最大初始相角差值—MaxIniAngDiff，则在潮流计算中使用运行电压相角，否则使用计算值。

报告(Report)

设备导线损耗和压降(Equipment Cable Losses and Vd)

选择该项在输出报告中报告与设备电缆相关的损耗和压降。

母线电压(Bus Voltage)

输出报告中母线电压的计算值可表示成电压 KV 的形式也可表示为母线额定电压的百分数。点击百分数或电压进行选择。显示母线电压的图形参见潮流显示选项部分。

更新(Update)

在这部分中，可以更新母线的初始条件或将变压器的分接头设定为变压器带载调压分接头计算值。在后来的潮流运行中所选部分将被更新。

初始母线电压(Initial Bus Voltage)

选择该选项用潮流运行结果来更新母线电压的幅值。因为更新后初始母线电压更接近最终结果，所以，母线电压更新会导致以后潮流运行更快的收敛。

逆变器运行负荷(Inverter Operating Load)

在交流潮流分析中，逆变器代表一个连续电源。选择该选项时，逆变器所带负荷将更新为逆变器设备，在直流潮流分析中可用作直流负荷。

运行负荷 P、Q & V(Operating Load & V)

只有在 ETAP®有在线功能时，该选项才可使用。选中该复选框后，计算结果就会更新电源，负荷，母线的数据，在以后的分析中可用为输入数据。这些值也显示在设备编辑器中。如果

ETAP®安全锁没有在线功能，只能在设备编辑器中看到运行 P，Q，和 V，而在以后的分析中不可使用。

变压器带载调压分接头(Transformer LTCs)

选择该选项更新变压器分接头参数，反映变压器带载调压分接头设定。也就是说变压器的分接头设定由变压器带载调压分接头潮流精度决定。在短路计算中考虑变压器带载调压分接头阻抗时这项功能很有用。

两行注释(Remarks 2nd Line)

在该注释框中输入不超过 120 个字的信息。这些信息将打印在每页输出报告页眉的第二行，为每个分析案例文件夹提供信息。注意：页眉的第一行是对所有分析案例文件夹都适用的信息，在程序信息编辑器中输入。

19.2.7 报警属性页(Alert Page)

潮流分析案例文件夹编辑器中的报警属性页用于设定模拟报警装置，它根据预设定允许值和系统拓扑结构来确定非正常负荷条件，通知用户。在保护设备、母线、变压器、电缆、电抗器、发电机等有过载现象发生时，该系统报警。有不同的报警形式：以图形显示在单线图中或显示在报警框中。

	Critical	Marginal
Loading		
Bus	100 %	95 %
Cable	100 %	95 %
Reactor	100 %	95 %
Generator	100 %	95 %
Transformer	100 %	95 %
Protective Device	100 %	95 %
Bus Voltage		
OverVoltage	105 %	101 %
UnderVoltage	95 %	98 %
Generator Excitation		
OverExcited (Omax)	100 %	95 %
UnderExcited (Omin)	100 %	105 %

☒ Auto Display Copy Online Alarms Copy Online Warnings

Previous LF 100A Next Help OK Cancel

临界和边缘报警(Critical and Marginal Alerts)

这是潮流分析后的两种报警类型。临界报警和边缘报警之间的区别在于使用不同的值决定是否报警。临界报警时，在报警窗口中显示报警信号，过载设备在单线图中变为红色。对于边缘报警也一样，只是设备显示为紫红色。另外如果用户想显示边缘报警，则必须选中边缘报警框。如果一个设备既达到了临界报警参数又达到了边缘报警参数，则只显示临界报警。应该说明的是，为了让 ETAP[®] ETAP 为每种设备类型提供报警，在该属性页中输入的设备额定值和百分值都不能是 0。以下部分给出了报警将要检验的设备额定值。

负荷>Loading

用户在该区域中输入的值用于确定根据潮流计算的负荷条件是否应该报警。潮流负荷报警是过载报警。

母线报警(Bus Alerts)

在百分数值输入区内输入的数据决定了母线负荷报警。监控参数是流经母线的额定连续电流的百分数。如果潮流计算所得的连续电流比设定值大，程序报警。

变压器报警(Transformer Alerts)

在潮流计算后，如果变压器的最大视在功率 MVA 额定值超过了设定值，则变压器模拟报警系统产生一个临界或边缘报警。计算所得的视在功率 MVA 值比临界或边缘报警区规定的值大产生过载报警。该功能用于二或三绕组变压器。

电缆(Cable)

电缆模拟报警系统监控额定负荷极限，其中可允许载流量是在电缆编辑器中的载流量属性页中输入的。如果潮流计算所得流经电缆的电流比在临界或边缘报警区中的设定大，则过载报警。

电抗器(Reactor)

如果潮流计算结果超过了程序设定的额定连续电流的百分值，则产生过载报警。

发电机/等效电源(Generator/Utility)

发电机负荷模拟报警系统监控额定功率。如果潮流计算结果超过了设定的百分值，则产生过载报警。

保护设备(Protective Devices)

当超过一些预设定参数值时，保护设备模拟报警系统报警。下表是报警程序用于决定何时报警的条件。潮流计算结果与以下参数进行比较。

保护设备	监控参数（百分数）	报告条件
低压电路断路器	额定连续电流	过载
高压电路断路器	额定连续电流	过载
熔断器	额定电流	过载
接触器	额定连续电流	过载
双向/单向 开关	额定连续电流	过载

只有在监控参数额定值大于 0 的情况下，才可产生保护设备报警。

母线电压报警(Bus Voltage Alerts)

如果潮流计算结果中母线电压值比设定的额定值的百分数大或小的话，母线电压模拟报警就会生成报警。母线电压报警包括过压报警和欠压报警

发电机/等效电源励磁报警(Generator/Utility Excitation Alerts)

发电机励磁报警系统监控励磁极限。如果潮流计算结果超过发电机励磁极限的上限时，则是过励报警。如果低于下限时，即为欠励报警。