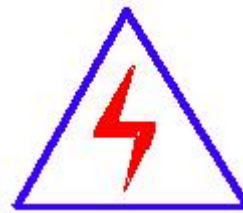


## 尊敬的顾客

感谢您购买本公司产品。在您初次使用该仪器前，请您详细地阅读本使用说明书，将可帮助您熟练地使用本仪器。



我们的宗旨是不断地改进和完善公司的产品，因此您所使用的仪器可能与使用说明书有少许的差别。若有改动，我们不一定能通知到您，敬请谅解！如有疑问，请与公司售后服务部联络，我们定会满足您的要求。



由于输入输出端子、测试柱等均有可能带电压，您在插拔测试线、电源插座时，会产生电火花，小心电击，避免触电危险，注意人身安全！

## ◆ 慎重保证

本公司生产的产品，在发货之日起三个月内，如产品出现缺陷，实行包换。一年（包括一年）内如产品出现缺陷，实行免费维修。一年以上如产品出现缺陷，实行有偿终身维修。

## ◆ 安全要求

请阅读下列安全注意事项，以免人身伤害，并防止本产品或与其相连接的任何其它产品受到损坏。为了避免可能发生的危险，本产品只可在规定的范围内使用。

*只有合格的技术人员才可执行维修。*

### —防止火灾或人身伤害

**使用适当的电源线。**只可使用本产品专用、并且符合本产品规格的电源线。

**正确地连接和断开。**当测试导线与带电端子连接时，请勿随意连接或断开测试导线。

**产品接地。**本产品除通过电源线接地导线接地外，产品外壳的接地柱必须接地。为了防止电击，接地导体必须与地面相连。在与本产品输入或输出终端连接前，应确保本产品已正确接地。

**注意所有终端的额定值。**为了防止火灾或电击危险，请注意本产品的所有额定值和标记。在对本产品进行连接之前，请阅读本产品使用说明书，以便进一步了解有关额定值的信息。

请勿在无仪器盖板时操作。如盖板或面板已卸下，请勿操作本产品。

使用适当的保险丝。只可使用符合本产品规定类型和额定值的保险丝。

避免接触裸露电路和带电金属。产品有电时，请勿触摸裸露的接点和部位。

在有可疑的故障时，请勿操作。如怀疑本产品有损坏，请本公司维修人员进行检查，切勿继续操作。

请勿在潮湿环境下操作。

请勿在易爆环境中操作。

保持产品表面清洁和干燥。

## 一安全术语

---

警告：警告字句指出可能造成人身伤亡的状况或做法。

---

---

小心：小心字句指出可能造成本产品或其它财产损坏的状况或做法。

---

# 目 录

<b>1. 概述</b> .....	<b>6</b>
<b>2. 参数规格</b> .....	<b>7</b>
2.1 常规参数 .....	7
2.2 模拟通道 .....	7
2.3 派生量 .....	8
2.4 开关量通道 .....	9
2.5 转速通道 .....	9
<b>3. 基本操作</b> .....	<b>10</b>
3.1 安全须知 .....	10
3.2 仪器外观及结构 .....	10
<b>4. 接线说明</b> .....	<b>11</b>
4.1 接线要求 .....	11
4.2 典型接线图 .....	12
<b>5. 软件简介</b> .....	<b>13</b>
5.1 功能 .....	13
5.2 界面 .....	14
<b>6. 参数设置</b> .....	<b>15</b>
6.1 参量设置 .....	15
6.2 采样频率 .....	20
6.3 试验地点 .....	20
6.4 功角初始角 .....	20
<b>7. 在线监测</b> .....	<b>21</b>
7.1 实时参量 .....	21
7.2 实时波形 .....	23
7.3 矢量图 .....	25
7.4 谐波 .....	27
7.5 打开文件 .....	28
<b>8. 故障录波</b> .....	<b>28</b>
8.1 手动启动 .....	29
8.2 故障设置 .....	30
8.3 实时记录 .....	34
8.4 历史记录 .....	34
8.5 故障数据分析 .....	34
<b>9. 电气试验</b> .....	<b>35</b>

1. 参量配置、建立本次试验用文件夹 .....	35
2. 确定试验项目、接线方案 .....	35
3. 检查试验模板 .....	36
4. 参量配置 .....	36
9.1 波形类试验 .....	36
9.2 曲线类试验 .....	41
9.3 波形类与曲线类试验的差异 .....	44
9.4 复合录波试验 .....	44
9.5 特性类试验 .....	45
9.6 频率特性试验 .....	50
9.7 进相试验 .....	51
9.8 同期试验 .....	54
9.9 交流阻抗 .....	57
9.10 铁心磁化 .....	59
9.11 打开文件 .....	61
<b>10. 长时记录 .....</b>	<b>61</b>
10.1 新记录 .....	61
10.2 记录列表 .....	63
10.3 打开记录 .....	65
<b>11. 输出控制 .....</b>	<b>65</b>
<b>12. 通讯 .....</b>	<b>66</b>
12.1 本地机 IP 设置 .....	66
12.2 远程机 IP 设置 .....	67
12.3 建立连接 .....	67
<b>附录 A 模拟通道模块种类表 .....</b>	<b>68</b>
<b>附录 B 模拟通道输入特性表 .....</b>	<b>69</b>
<b>附录 C 分析计算功能定义 .....</b>	<b>70</b>
<b>附录 D 发电机特性试验-试验参量 .....</b>	<b>76</b>

## 1. 概述

录波仪是集成了电气试验、故障录波、综合电力监测功能的便携式仪器，采用一体机结构，内置高性能的处理、采集、运算和通讯组件，实现了先进的数据处理能力，可用于电力系统各个环节的稳态测量和暂态记录分析。

录波仪配置了多种模拟通道，全部采用电气隔离技术，隔离耐压达 DC3000V；模拟通道类型包括交流电压、交流电流、直流电压、直流电流、转速信号等，覆盖了电力系统各个环节的电气信号类型。开关输入信号类型包括有源、无源两种。开关输出信号为继电器节点。

录波仪具备功能完备的集成软件，包括了录波、试验、监测、长时记录等功能。配套提供的远程机（上位机）软件可通过局域网与录波仪连接，实现设备的远程操作。

录波仪主要功能包括：

**实时监测：**录波仪接入了 16 路模拟量、16 路开关量。实时显示波形、谐波、矢量图，并实时计算模拟量有效值、派生量（频率、有功、无功、功角、零序、负序等）。

**发电机电气试验：**多种发电机特性测试试验项目，包括发电机空载试验、短路试验、频率特性、进相试验、甩负荷试验、转子交流阻抗、同期装置校验等，以及励磁调解器的各项试验，例如阶跃试验、灭磁试验、零起升压试验等。

**故障录波：**具备完整的故障录波器功能，按预定义的故障判据监测实时信号，在符合判据时启动波形录制。可在电力系统发生故障时，自动准确地记录故障前、后过程的各种电气量的变化过程。

**长时录波：**长时间连续记录模拟量的波形和有效值、开关量状态。最长可记录 31 天，最高可选采样频率为 10kHz。

## 2. 参数规格

### 2.1 常规参数

表 2.1 常规参数

硬件配置	
显示屏	15.6" LCD; 分辨率: 1366×768
存储	硬盘120GB, 内存4GB
通讯接口	网络: 1个10/100Mbps 802.3u接口、2个USB接口
通道数	
模拟量	16路
开关量	16路
派生量	24路
输入通道	
同步采样频率	10K/s, 20K/s, 50K/s, 100K/s可选
安全性	电气隔离耐压3000VDC
工作电源	
交流电源	额定电压: 单相220V, 50Hz, 允许偏差-15%~+15%
直流电源	额定电压: 220V, 允许偏差-15%~+15%
结构	
机箱尺寸 (mm)	407 (宽) ×150(高) ×370(深)
重量	10kg(含铝合金包装箱)
环境	
工作温度	室内使用, -5 ~ +45℃, 相对湿度5 ~ 95%
存储环境	室内保存: -5 ~ +45℃, 湿度95rh%以下 (不凝结)

### 2.2 模拟通道

录波仪装有8个模拟信号处理模块, 每个模块由2路模拟通道组成。

表2.2 模拟通道

技术指标	
A/D分辨率	16位
有效值准确度	0.2%

通道类型		
交流信号	用RMS（均方根）算法计算有效值	
直流信号	用平均值算法计算有效值	
转速信号	处理并提取过零点信息，计算转速、功角等参量	
4~20mA信号	用平均值算法计算有效值	
测量范围		
交流电压通道	AC150V~AC1000V	
交流电流通道	直接接入	AC10A
	电流钳	AC1A~AC200A
直流电压通道	DC±100mV、DC±2000V	
直流电流通道	直接接入	DC±200mA
	霍尔电流钳	DC±100A
转速通道	光电传感器或涡流传感器；1:1或1:60	

模块种类详见“附录A”，模拟通道输入特性详见“附录B”。

8个模块的通道类型、测量范围，可根据用户要求调整，或根据用户要求提供其他种类模块。

## 2.3 派生量

录波仪最多可设置24路派生量，各类型的准确度如表2.4所示。派生量的具体类型及设置参见“6.1 参量设置-派生量”。

表2.3 派生量

类型	准确度
频率	±0.02Hz
有功功率	0.5%， $\cos \phi$ 1.0~0.5 电压>50% 电流>10%
无功功率	0.5%， $\sin \phi$ 1.0~0.5 电压>50% 电流>10%
两矢量差，两矢量和，交流阻抗	0.5%
功率因数，正序，负序，零序，两相 负序，同期压差	1%
相角差，实测功角，线路功角	±0.3°
计算功角	±1.5°
标量和	由引用参量决定
标量差	由引用参量决定



一次函数	由引用参量决定
------	---------

## 2.4 开关量通道

录波仪最多可接入16路开关量（有源节点外部电压范围参见表2.4）。也可根据用户要求配置有源节点的电压范围。

表2.4 开关量通道

通道类型	技术参数
有源节点8路、无源节点8路组合	有源节点接入DC24~220V
无源节点8路、有源节点4路和开出量4路	有源节点接入DC24~220V 开出量空节点输出，AC220V/5A
无源节点16路	/

## 2.5 转速通道

转速信号通道板示意图如图 2.5.0 所示：

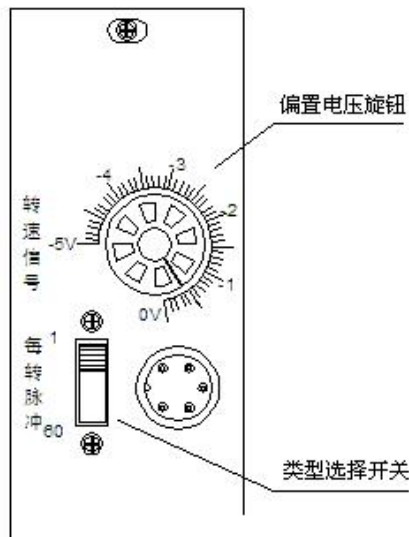


图 2.5.0

录波仪可以测量 3 种转速信号（可提供 DC-5~0V 的偏置电压）：

### ➤ 1:1 信号

即发电机转子每旋转一周发生一个脉冲信号。例如，在轴上刷一条反光漆，使用光电传感器输出的信号。

此时应将面板上的拨动开关拨至 1:1 处，并通过调节偏置旋钮，使得脉冲信号基本达到正负对称。传感器输出的脉冲信号可以使用示波器观察，也可以将其并联至录波仪的 DC

±300V，用“实时波形”功能观察。例如，观察到脉冲信号  $V_{pp}$  为 1~5V，则应将偏置旋钮调至-3~-2V 位置，使得脉冲信号产生有效的过零点。

➤ **1: 60 信号**

这种信号来自 60 齿的齿轮盘，发电机转子每旋转一周发出 60 个信号。对应的，使用的一般是铁磁类型的传感器，发生的是正弦电压信号。此时偏置旋钮应该置于 0 位。

➤ **脉冲数等于极对数**

转子上的测速齿轮盘的齿数与机组的极对数相同，这种情况一般出现在水轮机组上。此时应将面板上的拨动开关拨至 1: 1 处，并在参量配置中设置极对数，详见“6.1 参量设置-模拟量”。偏置旋钮应根据转速传感器的类型和信号的形态做具体的调节。

使用录波仪的“实时波形”功能观察到的转速通道的波形，不是转速传感器输出的原始信号，而是经过录波仪转速通道处理后得到的锯齿波。如果转速信号正常，且配置正确，应生成稳定的锯齿波，并且转速值、发电机功角值正常。转速信号的  $V_{pp}$  高于 1.0V，且有稳定的过零点，即可正常测量。

## 3. 基本操作

### 3.1 安全须知

操作仪器时，请严格遵照电气安全规范，并依照本说明书中关于操作规范的相关描述进行。否则，可能会产生意外，对使用者人身或者设备造成伤害。

为确保人员与设备安全，请注意以下安全条款：

- ◆ 仪器的壳体必须良好接地
- ◆ 切勿在爆炸性的气体附近使用仪器
- ◆ 使用前，仔细检查测试线缆是否有损坏的情况，如有请立即更换
- ◆ 接线前，检查仪器相应通道的输入电阻，应在合理范围
- ◆ 不要施加超出相应通道量程的输入电压\电流

### 3.2 仪器外观及结构

仪器外观如图3.2.0所示：



图3.2.0 整机外观图

通道面板外观如图3.2.1所示：

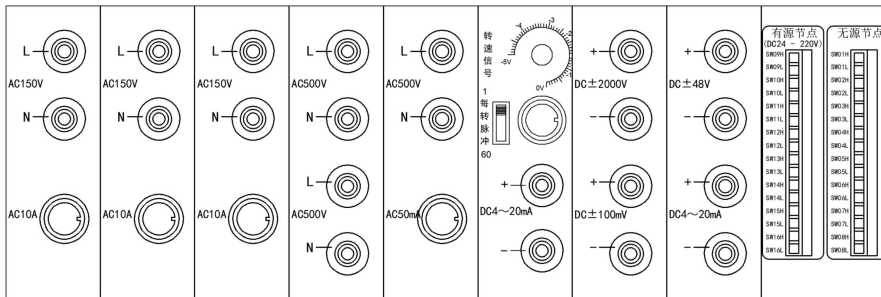


图3.2.1 通道面板外观图

## 4. 接线说明

### 4.1 接线要求

在仪器的通道面板有8个模拟量通道模块和1个开关量通道模块。

在接入被测信号时，应注意确认端子标记；接线错误可能损坏仪器。**接线前，应确认模拟通道的输入电阻，请特别注意：**

用万用表电阻档，检查每个输入通道内阻：

- ◆ 交流电流 (AC10A) 通道，内阻  $< 0.1 \Omega$
- ◆ 交流电压 (AC150V) 通道，内阻  $> 80k \Omega$
- ◆ 直流电压通道，内阻  $> 1M \Omega$  ( $\pm 2000V$ )；内阻  $> 400k \Omega$  ( $\pm 500V$ )

## 4.2 典型接线图

### 4.2.1 交流电压接线

录波仪的交流电压通道，是每路独立的，即通道内部没有连线。根据实际需求接成星形接线或三角形接线，如图 4.2 所示：

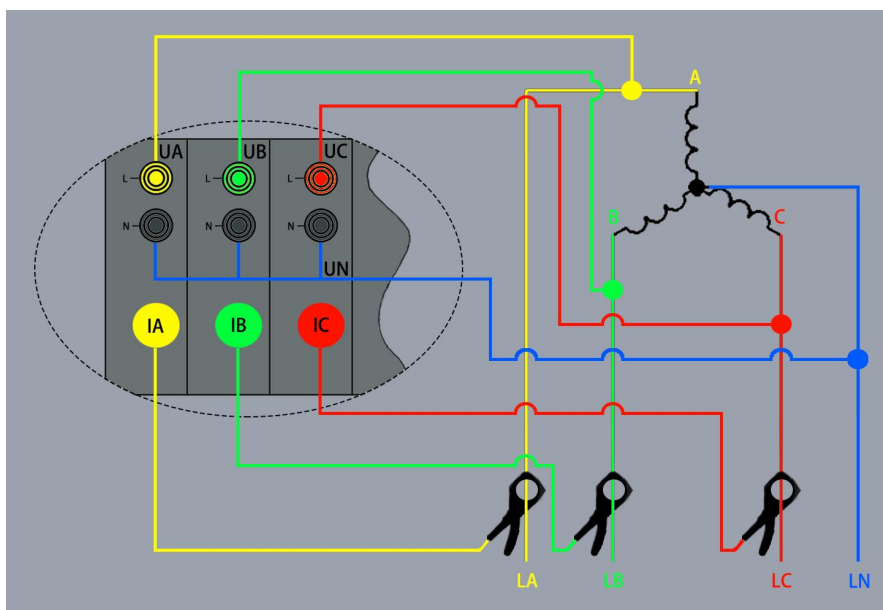


图 4.2.0 星形接线

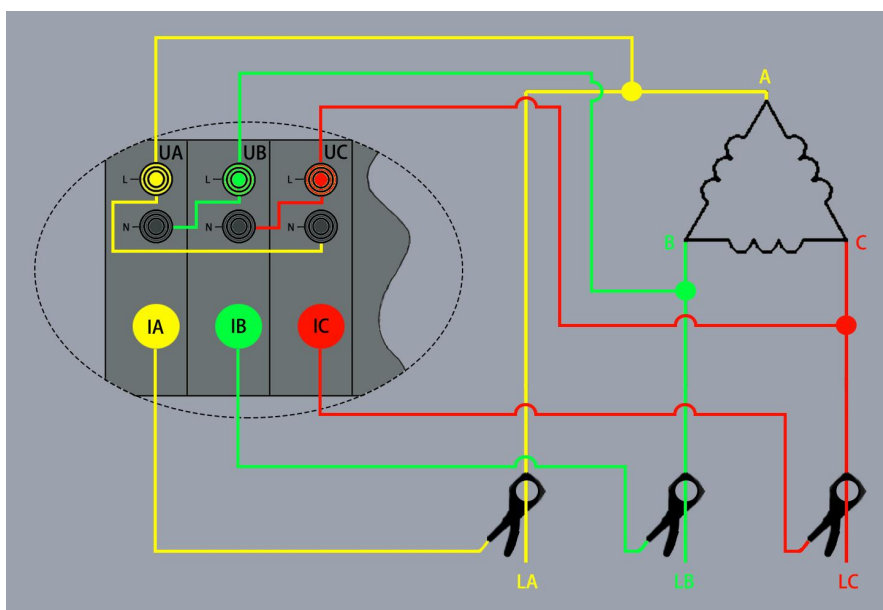


图 4.2.1 三角形接线

### 4.2.2 毫伏量通道

此类通道的量程为 DC±100mV，只能接入分流器输出的毫伏电压信号（0~75mV），如果接线错误，可能会导致该通道损坏。

分流器输出信号最好使用双绞线接入，至少要使用 2 芯屏蔽电缆。请勿使用分离的两根导线接入。

## 5. 软件简介

录波仪本机软件集成了监测、试验、录波、长时记录等功能。其中，监测功能包括实时波形、谐波、矢量图等；试验功能涵盖了发电机的各项启机试验，包括发电机空载试验、短路试验、频率特性、进相试验、甩负荷试验、转子交流阻抗、同期试验，以及励磁调解器的各项试验；录波功能基本等同于标准的故障录波装置，按预定义的故障判据监测实时信号，在符合判据时启动波形录制；长时记录功能是连续长时间记录模拟量波形和有效值、开关量状态。

配套的远程机（上位机）软件与本机软件具有基本相同的界面功能，可通过局域网与录波仪连接，实现设备的远程操作。

### 5.1 功能

其主要功能如表 5.1 所列：

表 5.1 主要功能

功能框	功能菜单	功能说明
在线监测	实时参量	显示实时模拟量有效值、开关量状态
	实时波形	显示模拟量实时波形、开关量状态
	矢量图	显示选定交流参量的有效值和相角
	谐波	显示选定交流参量各次谐波的含有率
	打开文件	打开保存的监测类文件
故障录波	手动启动	手动启动并自动保存一条故障记录
	故障设置	设置模拟量和开关量启动值，定时启动及录制格式
	实时记录	查看本次运行软件以来记录的故障数据
	历史记录	查看历史故障记录文件

电气试验	波形类试验	记录参量的瞬态波形，可配置有功功率等几种派生量
	曲线类试验	记录有效值、派生量的曲线，每 20ms 一点数据
	复合录波试验	混合记录参量的有效值、派生量（20ms 一点）和瞬态波形（系统采样频率）
	特性类试验	Y 随 X 变化关系的试验
	频率特性	记录参量与频率的相关性，例如幅频特性曲线
	进相试验	包含运行极限图和表格，及记录进相过程的曲线图
	同期试验	以同期表的形式记录并网时的相角、频差、压差等信息，用于检查同期回路接线
	交流阻抗	记录发电机转子不同转速下的交流阻抗值，可显示阻抗-转速、损耗-转速关系图
	定子铁心磁化	计算铁心轭部质量；替代分离表计完成铁损试验
	打开文件	打开电气试验数据文件
长时记录	新记录	设置长时记录的参数并启动记录
	记录列表	查询已记录的长时记录文件
输出控制	开关输出	手动控制开出量动作
参数设置	参数设置	对模拟通道、派生量、开关量进行全面设置
	采样频率	根据信号特性和试验要求选择采样频率，10~100kHz
	试验地点	设置当前试验地点、电站、机组名称等
	功角初始角	用于实测功角的初始角归零

## 5.2 界面

开机后，自动进入监控主界面；或双击桌面的“MR400L”快捷方式进入；或“开始-所有程序-PDM-04”进入监控主界面，如图 5.2.0 所示：

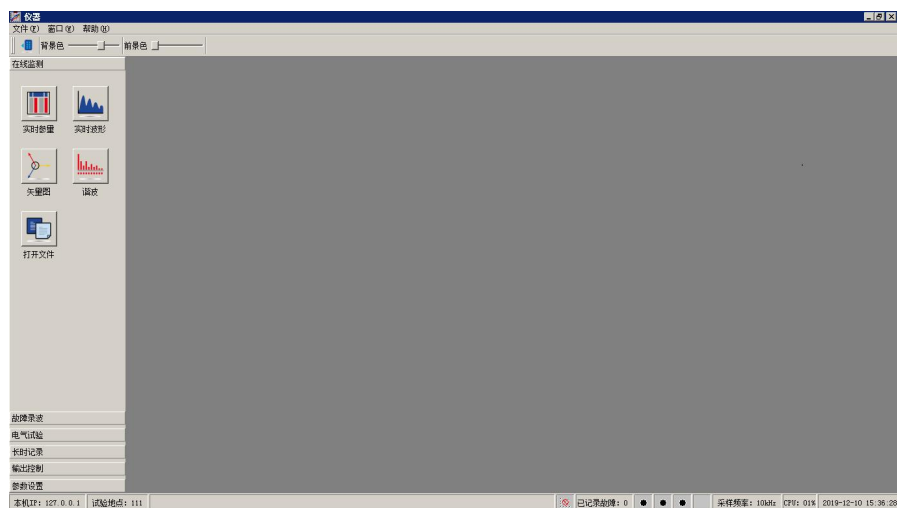


图 5.2.0 主界面

### 主界面说明：

➤ 主窗口工具条上有软件功能面板显示/隐藏按钮，及背景色和前景色调节滑块。

➤ 主窗口下方的状态条，如图所示：



状态条包括以下信息：

**本机 IP：**当前本机的 IP 地址。


**试验地点：**当前本机的试验地点（电站、机组名称等）。

**长时记录运行状态：**交替显示，正在进行长时记录的实时录制；  
长时记录未启动。


**已记录故障：**已存储到永久存储器的故障记录数量。

**故障记录区状态：**录波仪本地机共分配了3个故障记录区，记录区有3种状态，状态定义如下：

（黑）此记录区当前空闲。

（绿）此记录区正在录制故障记录。

（红）此记录区正在将录制完成的记录存储到永久存储器。

 **通讯状态：**显示数据包的传送，交替显示。

**采样频率：**当前所用的采样频率。

**CPU：**当前 CPU 的占用百分率。

**实时时钟：**实时显示录波仪的时钟。

## 6. 参数设置

参数设置选项包括：参量设置、采样频率、试验地点、功角初始角。

### 6.1 参量设置

录波仪配置的参量包括有模拟通道、派生量、开关输入量，开关输出量。用户可以根据实际情况对相关参量进行设置。点击“参量设置/参数设置”进入参数设置页面，如图6.1.0

所示：



图 6.1.0

在这个对话框里，对录波仪的模拟通道、派生量、开关量进行全面设置。

► 模拟通道设置如图6.1.0所示：

表格各栏的定义：

**通道：**模拟通道序号。单击图标切换模拟通道的运行、禁止。“√”表示投入，“□”表示退出。

**类型：**录波仪将模拟通道定义为4种类型，即交流信号、直流信号、转速、4~20mA信号。每个类型各有不同的计算方法。

**交流信号：**用RMS（均方根）算法计算有效值。当外接互感器（如PT、CT）时，变比一次/变比二次分别对应互感器的标称一次值/二次值，例如15kV/100V、12kA/5A。

**直流信号：**采用20ms平均值计算有效值。当外接互感器（分流器）时，变比一次/变比二次分别对应互感器的标称一次值/二次值，例如1500A/75mV。

**转速：**转速通道处理并提取转速信号的过零点信息，根据过零点计算转速、功角等参量。

**4~20mA信号：**与直流信号同样是采用20ms平均值计算有效值。当外接变送器时，4mA对应值、20mA对应值分别输入变送器4mA、20mA对应的一次值。例如频率变送器（4~20mA对应45~55Hz），则4mA对应值/20mA对应值分别输入45、55。

**名称：**最多18个汉字。

**代号：**最多7个字符。

**单位：**最多5个字符。

**额定值：**接入参量的额定值，不能为零。

**额定频率：**对于交流通道、转速通道，输入信号的额定频率；直流通道输入0。

**小数位数：**显示时取小数的位数，0~3可选，一般显示4位有效数字。

**变比一次：**对于交流信号、直流信号，外接互感器、分流器时，输入互感器（PT、CT）、分流器的一次值。



**变比二次：**对于交流信号、直流信号，外接互感器、分流器时，输入互感器（PT、CT）、分流器的二次值。

**4mA对应值：**对于4~20mA信号，外接变送器时，输入变送器4mA对应的一次值。

**20mA对应值：**对于4~20mA信号，外接变送器时，输入变送器20mA对应的一次值。

当不需要设置变比时，将“变比一次”、“变比二次”二栏清空。

对于转速信号，变比是极对数的含义。对于部分水轮机组，其转子上的测速齿轮盘的齿数与其极对数相同，此时应将极对数输入对应的设置项。

例如，某水轮机组的极对数为 28，额定转速为 107.1rpm，其安装于转子上的齿轮盘的齿数也是 28。此时，应将“变比一次”设为 1、“变比二次”设为 28，并将录波仪模块上的转速信号选择开关拨至 1:1 处。在运行时，仪表接收到的转速信号，是每分钟发生  $107.1 \times 28 = 3000$  个脉冲，仪表使用极对数（28）计算： $3000 / 28 = 107.1\text{rpm}$ ，得到了机组实际的转速。设置的极对数值，不影响发电机功角的计算。

对于额定转速为 3000rpm 的火电机组，应将“变比一次”、“变比二次”二栏清空。

此页面包含采样频率的选择。请根据信号特性选择采样频率。对于发电机总启动电气试验，录波仪的基本采样频率（10kHz）可充分满足准确度、响应时间的要求。

运行时，录波仪跳过被关闭的通道，不进行采样、计算、显示、记录。关闭不使用的模拟通道，可以：

- 1) 减小单个故障记录的容量，可以存储更多记录，并缩短记录上传时间。
- 2) 使显示画面简洁清晰。

➤ 派生量设置如图 6.1.1 所示：



图 6.1.1

**类型：**派生量类型，见下表

**名称：**最多18个汉字

**代号：**最多7个字符

**单位：**最多5个字符

**额定值：**派生量的额定值，不能为零

**小数位数：**显示时取小数的位数，0~3可选，一般显示4位有效数字。

**参量1~6：**参与计算的参量，见“派生量定义表”

**设置要求：**

- ◆ 模拟参量，含模拟通道和派生量，名称和代号必须唯一。
- ◆ 模拟参量额定值不能为零。
- ◆ 如果设置了模拟通道变比，则变比一次、变比二次都不能为零。
- ◆ 如果设置了4~20mA对应值，则其中一个不可以为空；两个对应值不可以相等；经过小数点拓展后，绝对值数值不能超过30000。
- ◆ 派生量的参量1~6，依据类型不同，需要正确选择。

录波仪 派生量定义表

类型	参量1	参量2	参量3	参量4	参量5	参量6
频率	交流量1	交流量2 (可选)	交流量(可 选)			
相角差	交流量1	交流量2	转角补偿*			
两表法三相有功	Uab	Ia	Ubc	Ic		
两表法三相无功	Uab	Ia	Ubc	Ic		
单相有功	U	I				
单相无功	U	I				
三相累加和有功	Ua	Ia	Ub	Ib	Uc	Ic
三相累加和无功	Ua	Ia	Ub	Ib	Uc	Ic
正序	Ia	Ib	Ic			
负序	Ia	Ib	Ic			
零序	Ia	Ib	Ic			
两矢量差	交流量A	交流量B				
两矢量和	交流量A	交流量B				
功率因数	有功	无功				
交流阻抗	测试电压	测试电流				
线路功角	系统电压	系统电流	线路电阻	线路感抗	初始角	
计算功角	有功	无功	定子电压 Ubc	Xq值		

同期压差	同期电压	系统电压	同期角差	系统电压 变比一次 值（可选）	同期电压 变比一次 值（可选）	
实测功角	转速信号	定子电压 Ubc				
两标量和	参量1	参量2				
三标量和	参量1	参量2	参量3			
标量差	参量1	参量2				
一次函数	参量1	系数	偏移			
两相负序	交流量A	交流量B				

注\*：参量1超前参量2为正，可选

➤ 开关输入设置如图6.1.2所示：



图 6.1.2

**通道：**通道序号。

**名称：**最多20个汉字

**代号：**最多8个字符

**接入逻辑：**如果外接的是开关的辅助节点，此处输入辅助节点的类型：常开或常闭，当选择“常闭”时，录波仪将实测的开关状态取反。

**注：**如果仪器配置有开关输出通道，则会在内部通过硬接线将开关输入的最后几路固定连接开关输出通道的辅助节点，作为反馈通道，这几路开入量反映的是开关输出通道的实时状态。反馈通道的名称、代号等均不可修改。

开出通道的输出控制，请参见第11章。

## 6.2 采样频率

点击“参数设置/采样频率”进入采样频率设置页面如图 6.2.0 所示：

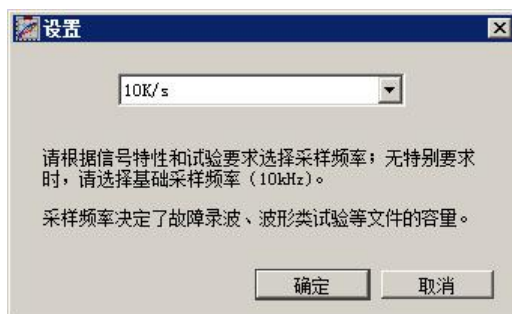


图 6.2.0

根据信号特性和试验要求选择采样频率，可选采样频率为 10kHz、20 kHz、50 kHz、100kHz；无特别要求时，请选择基础采样频率（10kHz）。采样频率决定了故障记录、波形类试验等文件的容量。

## 6.3 试验地点

点击“参数设置/试验地点”进入试验地点设置页面如图 6.3.0 所示：



图 6.3.0

在文本框中输入试验地点（电站、机组名称等）。

## 6.4 功角初始角

点击“参数设置/功角初始角”进入功角初始角设置页面如图 6.4.0 所示：

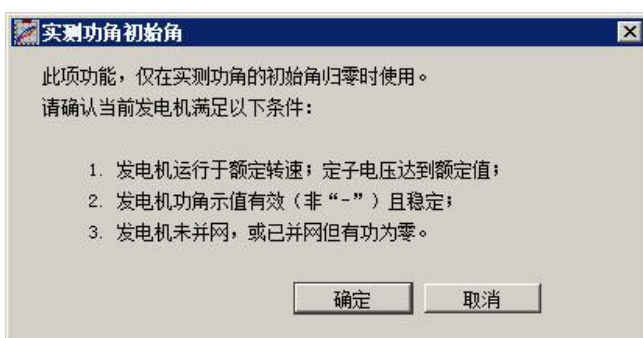


图 6.4.0

此项功能仅在实测功角的初始角归零时使用。需确认满足以下条件：

- 1) 发电机运行于额定转速；定子电压达到额定值；
- 2) 发电机功角示值有效（非“-”）且稳定；
- 3) 发电机未并网，或已并网但有功为零。

## 7. 在线监测

实现对波形和数据的实时监测功能，其中包括实时参量、实时波形、矢量图、谐波的实时监测。

### 7.1 实时参量

点击“在线监测/实时参量”进入实时列表页面，如图 7.1.0 所示：



图 7.1.0

此窗口中，显示参量的实时有效值及开关状态，每秒刷新一次。显示刷新可以进行“暂停/继续”的切换。

点击“实时参量/设置”，进入如图 7.1.1 所示的设置页面：

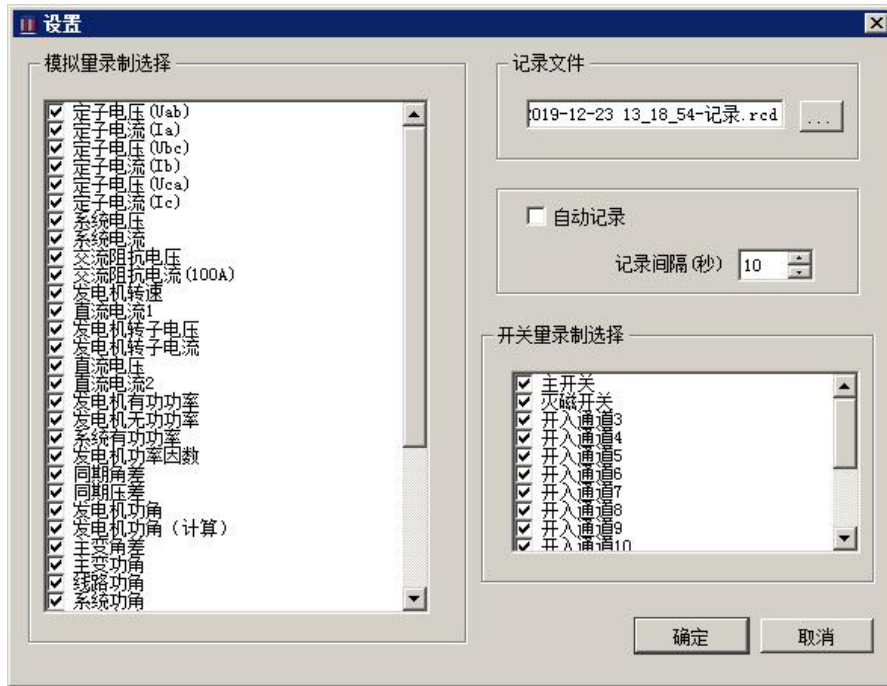


图 7.1.1

在设置页面中，可以选择窗口显示的参量（16路模拟量，24路派生量，16路开关量）。

- 在此页面下可以进行“模拟量录制选择”，“开关量录制选择”的勾选以及“记录间隔”的设置。
- 记录文件项可将记录文件存到指定的一个文本文件中，启动自动记录功能，程序按设定的记录间隔周期地记录参量值。
- 无论是否启动自动记录功能，点击“记录当前数据”按钮，用户都可以随时记录一点数。当前数据将被记录在记事本文件中，记录总点数显示在窗口上方的“已记录数据”的显示框内，此点数的记录只限本次“实时列表”页面的已记录数数据的点数，关闭当前页面“已记录数据”的数量将置零。
- 点击“打开记录文档”将显示记录参量值的数据内容，在记事本文件中可以对记录的数据进行保存/打印等操作。

## 7.2 实时波形

点击“在线监测/实时波形”进入“实时波形”页面，如图 7.2.0 所示：

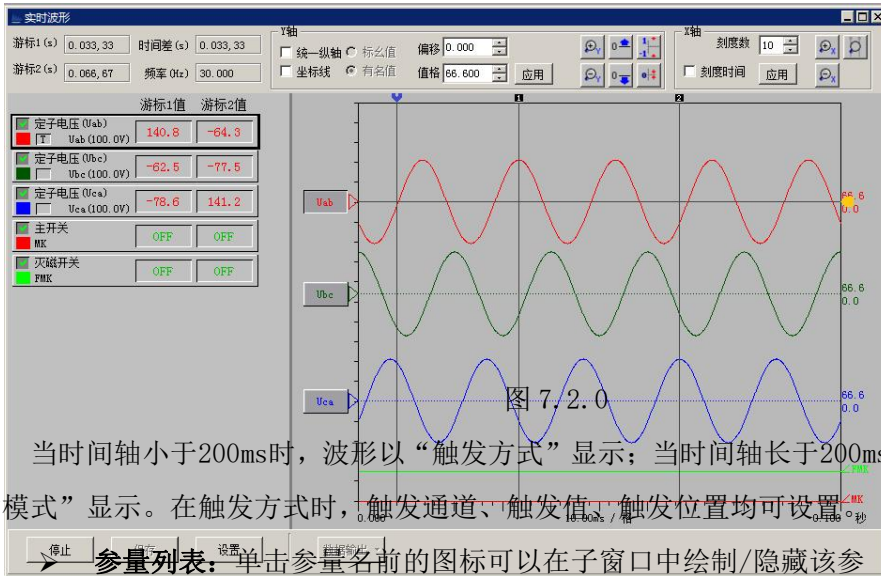


图 7.2.0

当时间轴小于200ms时，波形以“触发方式”显示；当时间轴长于200ms时，波形以“滚动模式”显示。在触发方式时，触发通道、触发值、触发位置均可设置。

**参量列表：**单击参量名前的图标可以在子窗口中绘制/隐藏该参量。

“T”表示本通道是触发通道，可以上下拖动选择该通道的触发值。

➤ **改变曲线颜色：**单击参量名称下方的颜色块，会弹出颜色选择菜单。

➤ **显示工具条：**

游标1 (s)	0.333, 33	时间差 (s)	0.333, 33
游标2 (s)	0.666, 67	频率 (Hz)	3.000

游标的相关信息在操作栏显示，其中“频率”值，即是时间差的倒数。

游标的移动方法为鼠标左键拖曳。

在游标线上双击可选择焦点游标。如果在操作栏上选择了“锁定游标”，则在横轴（时间轴）放大/缩小时，游标保持其原有时间点，此时游标可能被移出画面。如未选择“锁定游标”，则游标相对画面保持不动。

Y轴	
<input type="checkbox"/> 统一纵轴	<input type="radio"/> 标么值 偏移 0.000
<input type="checkbox"/> 坐标线	<input checked="" type="radio"/> 有名值 值格 100.000
应用	

在Y轴（纵轴）方面，曲线有两种显示方式：分轴、同轴。

分轴：每个参量有独立的基线、比例值，可以单独在画面上纵向移动，可以单独放大、缩小。基线在画面以点划线表示，与曲线颜色一致。

同轴：所有参量使用统一的纵轴坐标（标么值或有名值），零点、比例值是一致的。

在操作栏上，有纵轴的操作选项：

◆ **统一纵轴：**选择显示方式（分轴、同轴）



- ◆ 标么值、有名值：在同轴时有效
  - ◆ 值格：分轴时，焦点参量的比例，即纵轴每小格代表的参量值（有名值）
  - ◆ 偏移：分轴时，焦点参量的基线对应的参量值（有名值）
- 当显示方式选择同轴时，则有：
- ◆ 起点：纵轴起点，标么值
  - ◆ 终点：纵轴终点，标么值
- 在纵轴选择了“有名值”时需要特别注意，上述两项的内容依然是标么值。值格、偏移的内容更改后，需要点击“应用”按钮。



X轴（横轴），即是时间轴，时间单位是秒。可在工具栏的“X轴（秒）”区域调整横轴。内容更改后，需要点击“应用”按钮。



- 数据曲线X轴（时间轴）方向缩小
- 数据曲线X轴（时间轴）方向放大
- 数据曲线Y轴（幅值轴）方向缩小，同轴显示窗口有效，分轴显示只对焦点参量有效
- 数据曲线Y轴（幅值轴）方向放大，同轴显示窗口有效，分轴显示只对焦点参量有效
- 基线下移一格，曲线上移
- 基线上移一格，曲线下移
- 使基线对应值归零（分轴）或 Y轴（幅值轴）的零点居中(同轴)
- 使值/格取该参量的额定值（分轴），或使纵轴坐标取标么值的-1.0至+1.0(同轴)
- 使横轴坐标取二游标之间的时间段



- 可以随时进行“停止/开始”操作，实时波形停止录制后，可以进行保存/数据输出的操作。保存数据默认保存到实时波形（.wvf）的文件中，文件名称也可自行修改后保存。数据可输出为Excel表格/COMTRADE格式。
- 点击“设置”按钮，显示“实时波形参量设置”页面，如图 7.2.1 所示：



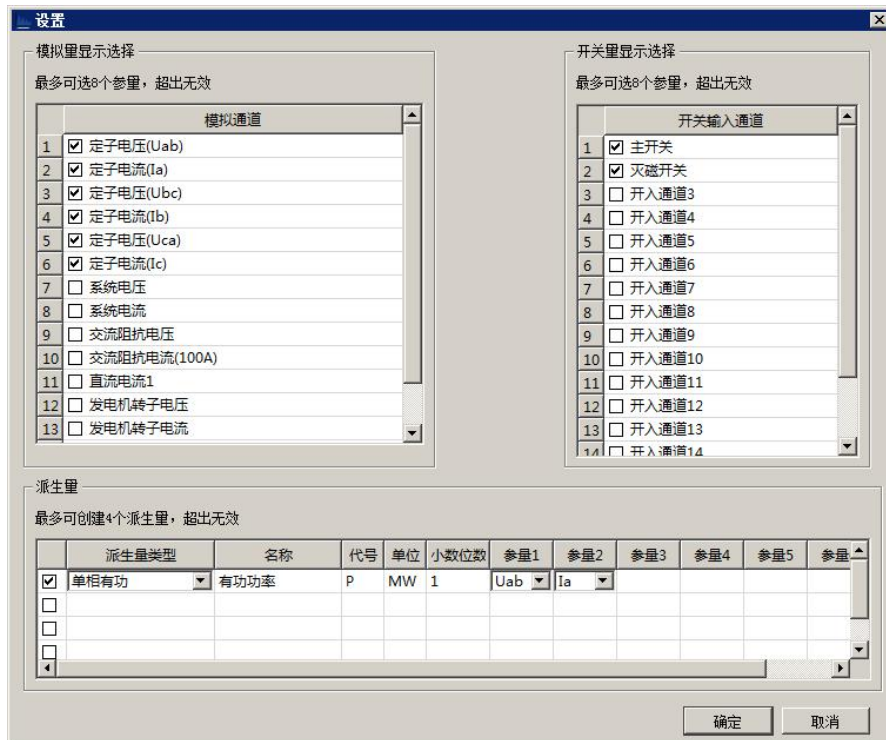


图 7.2.1

在此页面中设置模拟量，开关量及派生量的录制选择。

### 7.3 矢量图

点击“在线监测/矢量图”进入“矢量图”页面，实时矢量图页面如图7.3.0所示：

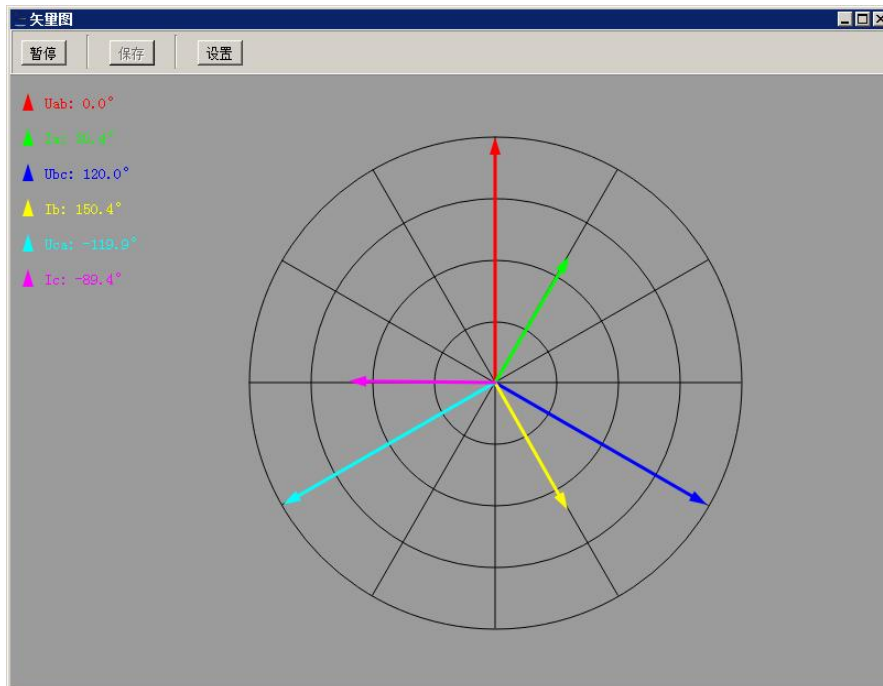


图 7.3.0

➤ 可以进行“暂停/运行”操作，矢量图执行暂停操作后，可以对矢量图进行保存操作，点击“保存”按钮，将进入“命名数据文件”另存页面，会显示默认文件名及保存类型，用户可以自行更改文件名。

矢量图页面，双击“矢量名称”，弹出“选择矢量颜色”对话框，可任意设置矢量颜色。

点击“矢量图/设置”，进入“矢量图设置”页面，最多可选择8个模拟量参量，超出设置无效，程序会默认显示前8个模拟量的矢量图。

矢量图需要选择一个“基准参量”，其在图上显示的角度固定为零，其它参量的角度都是相对基准参量的。

“矢量图设置”页面，如图7.3.1所示：



图 7.3.1

## 7.4 谐波

点击“在线监测/谐波”进入“谐波分析”页面如图7.4.0所示，谐波含有率 (harmonic ratio /HR)用百分数表示。基波固定为100%，而直流分量、高次谐波为该次谐波分量的方均根值与基波分量的方均根值之比。

实时谐波分析以连续两个上升过零点界定一个基波周波，如果高次谐波含有率过高，使得一个基波周期内出现多个上升过零点，则程序不能正确地识别基波，此时的谐波分析功能失效了。对于这种信号，请使用“波形类试验”录制一段波形数据，再使用该试验的谐波分析功能，手工界定基波进行谐波分析。详细介绍请参见“9.1 波形类试验”。

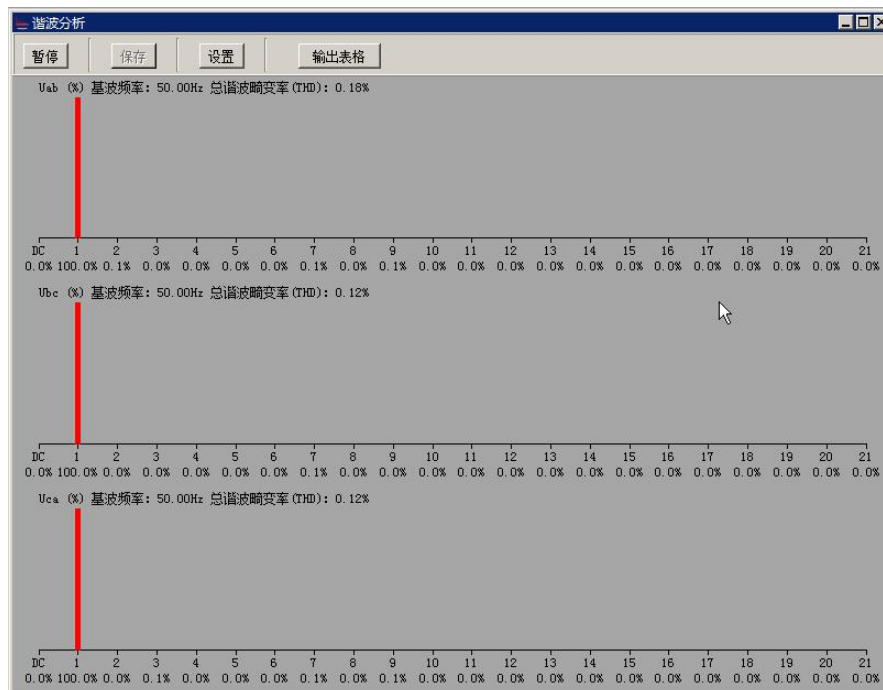


图 7.4.0

- 可以进行“暂停/运行”操作，“谐波分析”执行暂停操作后，可以对谐波分析的波形进行保存操作，点击“保存”按钮，将进入数据文件保存对话框。
- 点击“谐波/设置”，进入“谐波分析设置”页面，在线监测/谐波分析页面可以最多同时显示3个交流量最高到21次或者51次谐波。设置页面如图7.4.1所示：



图 7.4.1

➤ 点击“谐波/输出表格”，进入谐波分析-数据输出页面，另存为 Excel 表格。

## 7.5 打开文件

点击“在线监测/打开文件”进入“打开文件”页面，如图 7.5.0 所示：

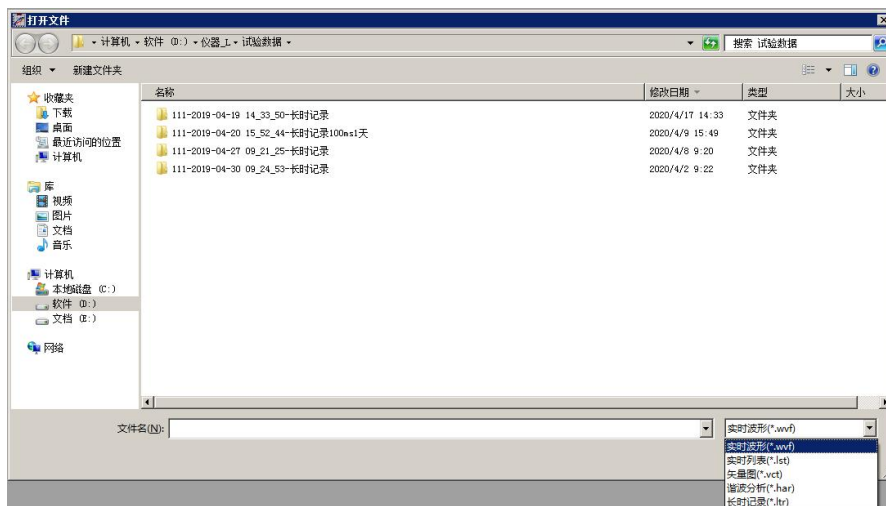


图 7.5.0

打开之前保存的所有监测类数据文件，文件格式包括：实时波形（.wvf）、实时列表（.lst）、矢量图（.vct）、谐波分析（.har）。

## 8. 故障录波

如果设置了故障判据，例如模拟量突变、开关量变位等，则在运行中仪器实时监测参量，

在符合判据时启动故障，并按照预定义的格式保留故障前波形并开始录制故障后波形。也可以通过手动启动、定时启动、远程机指令启动故障记录。

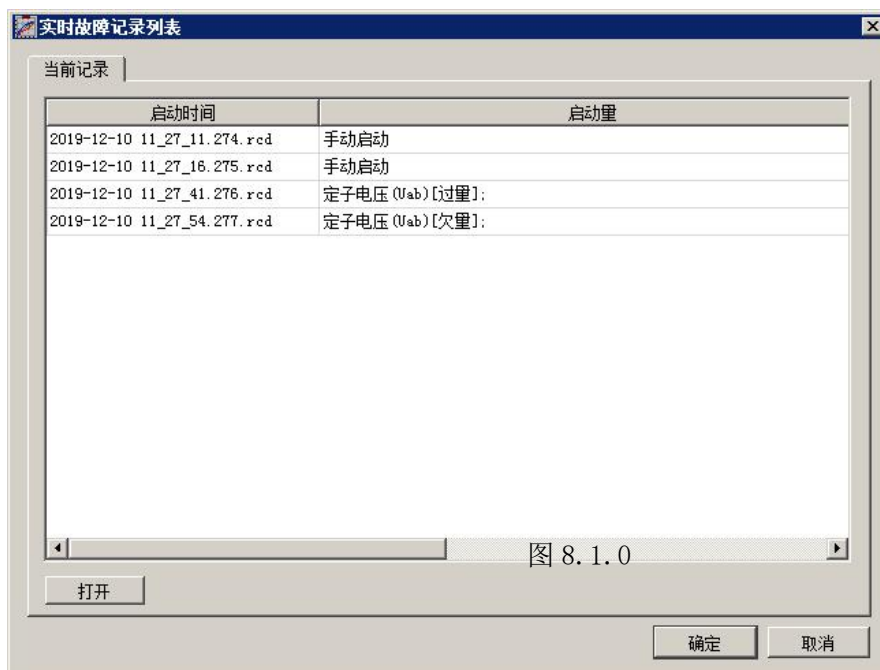
录波仪对故障录波数据进行自动维护管理，可保存 1000 个独立的故障数据文件，超过 1000 个数据文件后，自动覆盖最早记录的数据，如果磁盘容量不足，可能导致存储文件不足 1000 个。故障录波的常规参数如表 8.0 所示：

表 8.0

故障启动方式	
模拟量	突变、过量、欠量
开关量	变位（闭合、断开）
定时启动	每天、单次
手动启动	本地或远程
启动精度	
模拟量	越限量启动：优于2%；突变量启动：优于5%
开关量	≤0.1ms
数据存储	
存储方式	自动循环存储，达到记录存储容量后，循环覆盖

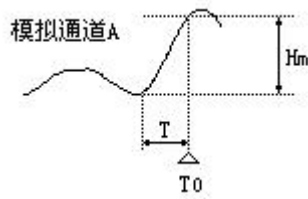
## 8.1 手动启动

点击“故障录波/手动启动”系统会自动启动一个故障，并自动弹出“实时故障记录列表”页面。如图 8.1.0 所示，可以查看实时故障记录文件及启动时间，启动量信息。可以选择故障记录文件并打开。



## 8.2 故障录波

点击“故障录波



设置”页面如图 8.2.0 所示：

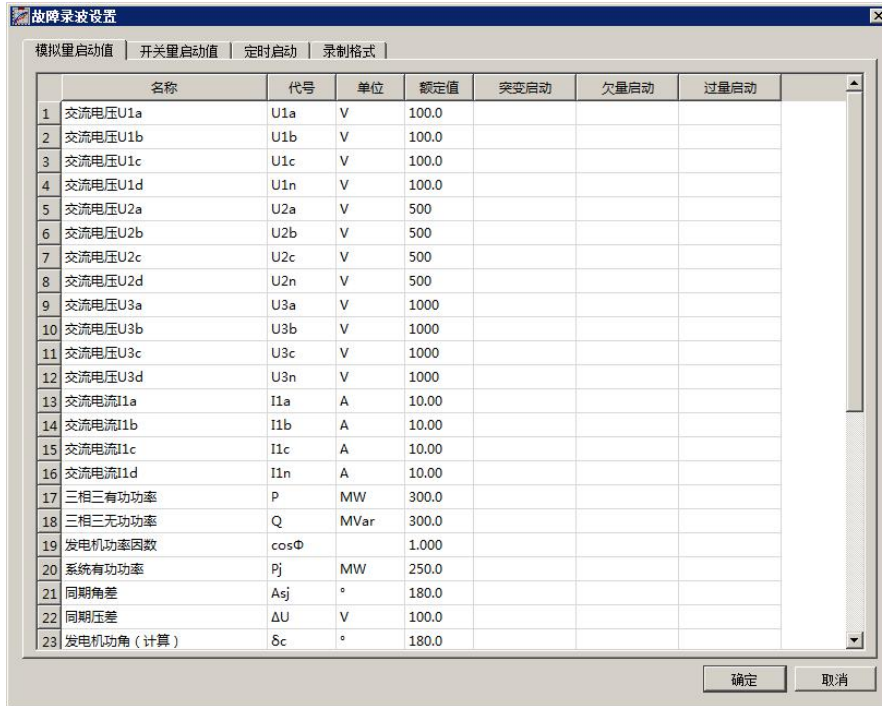


图 8.2.0

在此页面可以设置16路模拟量和24路派生量的模拟量启动值，16路开关量的开关量启动值、定时启动设置及故障录波的录制格式。

➤ 设置16路模拟量和24路派生量的模拟量启动值，图17的设置表格中，每个模拟量对应有“突变启动值”、“过量启动值”、“欠量启动值”。

注意：模拟量突变启动值应大于0；过量启动值应大于欠量启动值。

### 模拟量启动参数

运行中，录波仪监测模拟量（含派生量）的状态，模拟量的突变、过量、欠量，可以启动故障记录。设置表格中，每个模拟量对应有“突变启动值”、“过量启动值”、“欠量启动值”3栏，如果该栏为空，则禁止了该通道的该种启动方式。3种方式的写入值的含义如下：

#### 1) 突变启动值

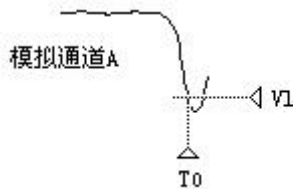
假设某通道模拟量的“突变启动值”一栏，写入了值 $H_m$ 。如上图，如果模拟量有效值有一个大于等于 $H_m$ 的阶跃（正或负），录波仪将启动故障记录，并把 $T_0$ 作为故障零点。其中阶跃时间 $T$ 必须小于等于60ms，即录波仪不把缓变的模拟量有效值变化认作突变。

## 2) 过量启动值



假设某模拟量的“过量启动值”一栏，写入了值 $V_u$ 。如上图，如果模拟量有效值大于 $V_u$ ，录波仪立即启动故障记录，并把 $T_0$ 作为故障零点。

## 3) 欠量启动值



假设某模拟量的“欠量启动值”一栏，写入了值 $V_l$ 。如上图，如果模拟量有效值小于 $V_l$ ，录波仪立即启动故障记录，并把 $T_0$ 作为故障零点。

**注意：**当录波仪因某通道过量（欠量）而启动故障数据录制后，为避免该通道保持过量（欠量）状态而持续启动故障录制，录波仪锁定该通道的过量（欠量）启动，直到该通道退出过量（欠量）状态。但是，处于锁定状态的通道，仍然可以以突变启动故障数据录制。

➤ 16路开关量启动值的设置如图8.2.1所示：

名称	代号	接入逻辑	闭合启动	断开启动
1 主开关	MK	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2 灭磁开关	FMK	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3 开入通道3	KG3	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4 开入通道4	KG4	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5 开入通道5	KG5	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6 开入通道6	KG6	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7 开入通道7	KG7	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8 开入通道8	KG8	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9 开入通道9	dCh_9	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10 开入通道10	dCh10	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11 开入通道11	dCh11	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12 开入通道12	dCh12	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13 开出通道1	DOFB1	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14 开出通道2	DOFB2	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15 开出通道3	DOFB3	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16 开出通道4	DOFB4	常开	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

图8.2.1

开关量的变位可以启动故障记录。图18的设置表格中，每个开关通道对应“闭合启动”、“断开启动”2栏。如果栏写入“√”，则允许该通道的该种启动方式，否则禁止。

➤ 定时启动的设置如图8.2.2所示：



图 8.2.2

定时启动设置类型有单次和每天，最多可设置32条定时启动故障记录。点击增加、插入和编辑操作，进入“定时启动-设置”页面，选择定时启动类型并设置启动时间。如图8.2.3所示：

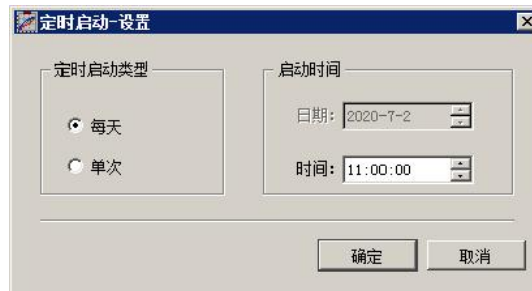


图 8.2.3



➤ 录制格式的设置如图8.2.4所示：

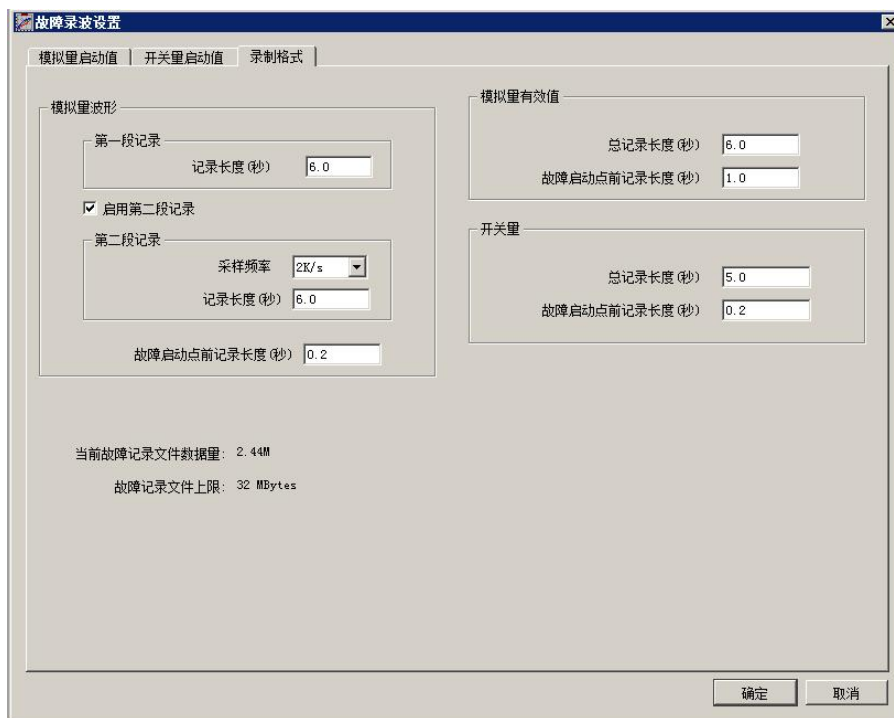
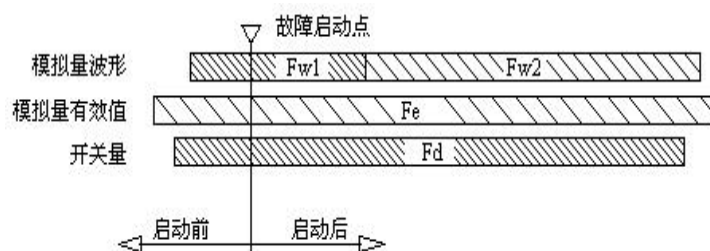


图 8.2.4

### 故障记录格式

当录波仪监测到接入参量的状态满足启动判据时，即开始按用户设定的记录格式记录模拟量波形、模拟量有效值、开关量状态。为了减小故障记录，模拟量波形可以采用分段记录。记录内容如下图：



故障记录的三种数据（模拟量波形、模拟量有效值、开关量状态）采用不同的记录格式（故障前、后记录长度，对于波形还有第一段、第二段的长度和第二段记录频率）。

Fw1：波形第一段记录频率，使用录波仪当前采样频率。

Fw2：波形第二段记录频率，用户设置。波形第二段为可选项。

Fe: 有效值（含派生量）记录频率，固定为1点/20ms。

Fd: 开关量记录频率，使用录波仪当前采样频率。

### 8.3 实时记录

点击“故障录波/实时记录”进入“实时故障记录列表”页面，如图 8.1.0 所示，列出本次软件运行以来的故障记录，包括故障启动时间、启动量信息。可以选择故障记录文件并打开。

### 8.4 历史记录

点击“故障录波/历史记录”进入“历史故障记录列表”页面，如图 8.4.0 所示。历史记录表格列出了指定文件夹中的所有故障记录。

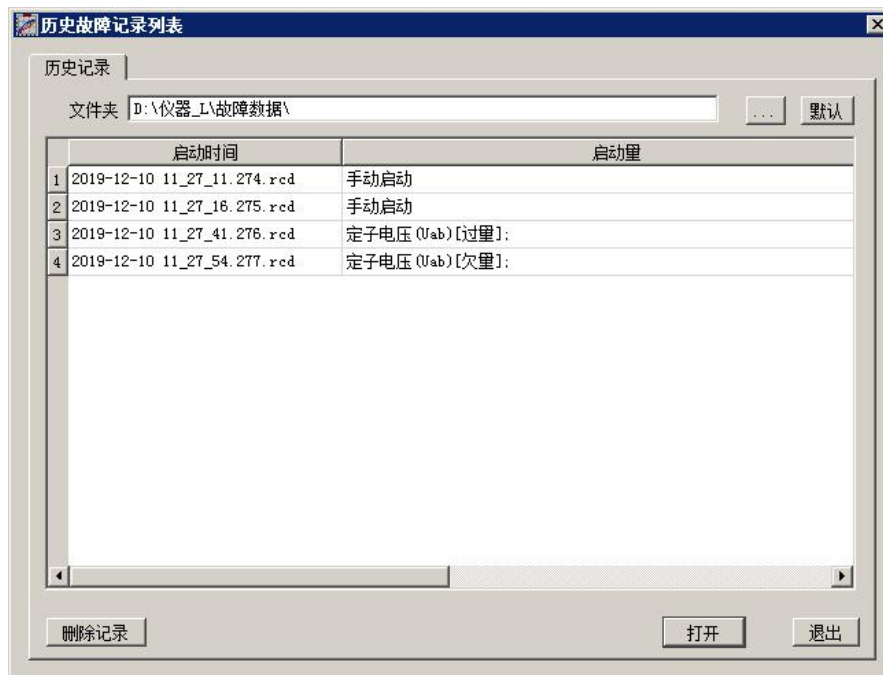


图 8.4.0

显示历史故障记录文件所在的文件夹，并查看文件夹内历史故障记录文件及启动时间，启动量信息。页面可以选中故障记录文件并打开查看。

### 8.5 故障数据分析

故障数据分析页面用于显示、分析故障记录数据。如图 8.5.0 所示：

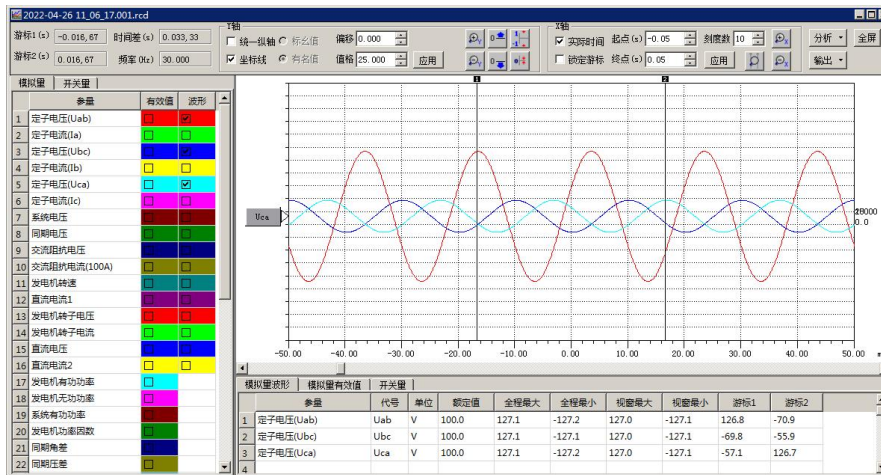


图 8.5.0

**参量列表：**分成模拟量、开关量2页，列出数据文件对应的参量列表，单击“模拟量”参量名后的“有效值/波形”选框和“开关量”名称后的选框，可以在子窗口中绘制/隐藏该参量。“√”表示选中，“□”表示隐藏。

**改变曲线颜色：**双击参量的颜色区，会弹出颜色选择对话框。

**统计窗口：**分成模拟量波形、模拟量有效值、开关量3页，列出当前最前的子窗口（数据窗口）的数据文件对应的参量信息。对于模拟量波形、模拟量有效值，显示的信息包括参量、代号、单位、额定值等，包括参量的最大值、最小值、游标1、2所在点对应的数值。对于开关量，除名称、代号外，显示开关量动作系列的前5次，以及游标1、2所在点的状态。

**分析：**提供谐波分析和矢量图计算功能。

**输出：**可输出Excel表格或COMTRADE格式。

## 9. 电气试验

录波仪具有多种发电机特性试验项目，包括发电机空载试验、短路试验、频率特性、进相试验、甩负荷试验、转子交流阻抗、同期装置校验等，以及励磁调解器的各项试验，例如阶跃试验、灭磁试验、零起升压试验等。

发电机总启动电气试验，可在录波仪本机上进行，也可以通过笔记本电脑进行试验。二者的功能是一致的。

**进行电气试验前，可参考以下步骤做试验准备：**

### 1. 参量配置、建立本次试验用文件夹

在试验程序中，选择“菜单→设置→参量配置”，加载试验机组的配置文件，或手工设置相关参数，如额定值、变比等。为正确表示被测参量值（一次值），变比、额定值、单位、小数点需要正确设置。

在“机组名称”处输入机组名称。在“安装目录→试验数据”下新建一个本次试验专用的文件夹，用于试验中保存试验文件。

### 2. 确定试验项目、接线方案

根据现场试验方案，确定要进行的试验项目；进而统计出要接入仪器的参量。

### 3. 检查试验模板

可模拟进入要做的试验项目，检查试验模板是否需要调整。必要时，根据试验要求创建新的模板。

特性类试验是按照试验模板内绑定的参量名称、代号，在参量配置中查找对应参量的，如果当前参量名称、代号与原有模板内绑定的名称不符，则程序会给出参量不存在的提示。

而其它如同期试验、进相试验等，也需要检查绑定的参量。

录波仪软件程序中包含常用的试验模板。如果用户修改了参量名称、代号等，这些模板应重新选择。

### 4. 参量配置

在试验前，应根据试验机组的参数正确配置参量的名称、代号、额定值、变比等。此对话框中，也可以输入机组名称。如“\*\*电厂\*\*机组”。使用这一套参量配置进行的所有电气试验，其试验数据文件的文件名都将包含此机组名。如：

\*\*电厂\*\*机组-零起升压试验

针对一个机组的参量配置，可以保存为参数文件（“另存…”按钮），供以后加载（“加载…”按钮）使用。

在试验进行中，例如曲线类试验正在录制数据时，可以进行参量配置，但此时部分设置项被禁止，包括：

- ◆ 打开\关闭通道
- ◆ 增加\删除派生量
- ◆ 更改模拟通道属性
- ◆ 更改派生量类型、引用参量

## 9.1 波形类试验

以当前的系统采样频率连续记录选定参量的波形，最长记录长度为60秒。可以配置几种类型的派生量。波形类试验用于要求记录暂态过程的应用场合，例如励磁调节器试验、PSS试验、同期试验等等。

### ➤ 试验设置

由“电气试验/波形类试验”，进入“启动波形类试验”设置页面，如图9.1.0所示：

$$\text{三相实时有效值} = \sqrt{(U_{ab}^2 + U_{bc}^2 + U_{ca}^2) / 3}$$

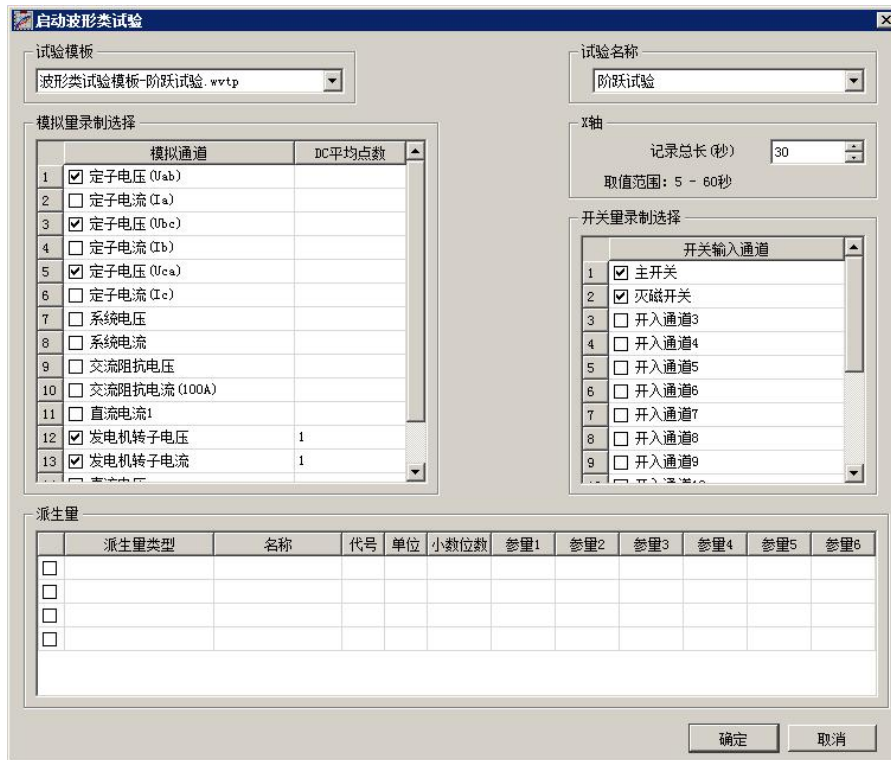


图 9.1.0

在设置对话框，用户再次选择模板，如果没有合适的模板，则选择“新建”，并选择要记录的模拟量、开关量和派生量。同时需选择或输入试验名称、确定记录总时长。

可配置以下类型的派生量：

派生量类型	参量1	参量2	参量3	参量4	参量5	参量6
单相有功	U	I				
三相累加和有功	Uab	Ia	Ubc	Ib	Uca	Ic
两表法三相有功	Uab	Ia	Ubc	Ic		
一次函数	参量1	系数	偏移			
二参量和	参量1	参量2				
三参量和	参量1	参量2	参量3			
二参量差	参量1	参量2				
三相实时有效值	参量1	参量2	参量3	计算窗口长度 1~50		

注：

计算窗口长度：表示采样点数，采样频率为当前系统的采样频率。

### ➤ 试验窗口

在“启动波形类试验”设置页面，按“确定”按钮后，即进入试验窗口，进入波形类试验页面，如图9.1.1所示：

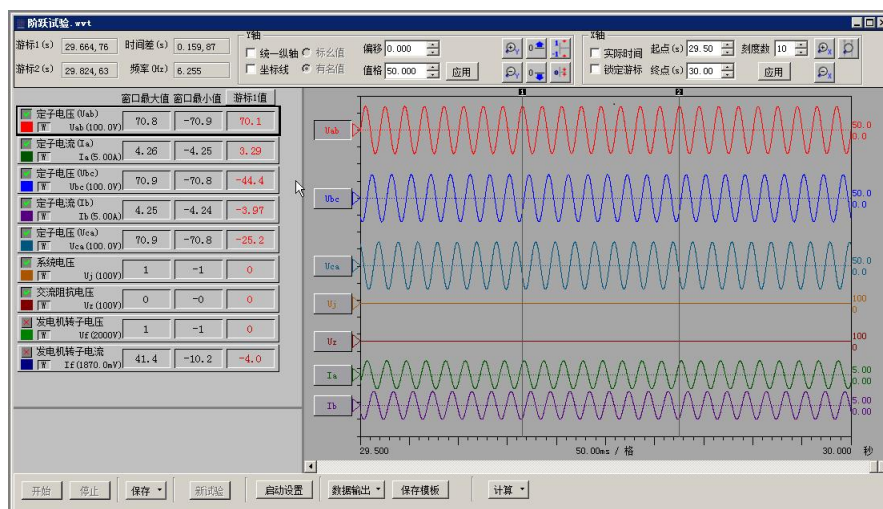


图 9.1.1

试验窗口分别显示参量值、波形窗口，上部有操作栏，操作栏的具体信息参照“7.2 实时波形”，E：表示有效值，W：表示波形。

左上区域显示参量值，在试验进行中，仅显示参量的实时值。试验结束后，显示参量的窗口最大值、窗口最小值、焦点游标值。在这个区域也可选择波形的颜色、显示\隐藏波形。游标在试验结束后出现。

**开始：**点击“开始”按钮后，参量开始持续记录、绘制，波形自右向左推移。

**停止：**点击“停止”按钮，记录停止，画面上出现游标，进入分析状态。

**保存：**点击“保存”按钮，保存数据。

**新试验：**停止后的试验窗口，可点击“新试验”重新进入试验状态，在此之前应保存数据。

在参量的动态过程之前，就应点击“开始”按钮，开始记录波形，以录制适当长度的前稳态。当动态过程录制完整，进入后稳态时，可随时停止，不一定要等待记录长度达到总时长。

参量的动态过程开始后，要保持观察，适时停止，以免有用的数据因超出记录总长而丢失。

**启动设置：**进入启动值设置页面如图10.1.2所示：



图 9.1.2

**模拟量启动量：**模拟量参量在100ms内，出现突变（正阶跃或负阶跃），突变值达到此启动值，则试验进入“已启动”状态。

**开关量变位启动：**开关量出现变位，则试验立即进入“已启动”状态。试验进入“已启动”状态，则出现倒计时对话框，在试验自动停止前，用户可以点击“取消启动”，退出“已启动”状态。

**自动启动：**可选的“自动启动”功能，即在参量出现用户设定的模拟量突变（100ms内）或开关量变位时，试验进入“已启动”状态，此时按“启动前保留”截取记录，作为已记录数据，此后继续录制，直至达到模板设定的记录总长度后，试验自动停止。

**启动前保留长度：**启用“自动启动”时有效。自动启动点前预记录的记录长度。

模拟量突变启动功能应在充分了解参量的动态特性的基础上谨慎使用，以免出现拒动（启动值过大）或误动（启动值过小）。

**数据输出：**可输出Excel表格或COMTRADE格式。

**保存模板：**点击“保存模板”按钮，将当前配置保存为模板，便于以后直接加载使用。模板文件必须保存于“安装目录/试验模板”文件夹中，且不能更改模板文件的扩展名(wvtp)。

模板保存后，下次开始试验时，可在设置对话框中选择该模板，即加载保存的设置内容。

**计算：**提供多种计算功能。计算功能需要指定参量，并用游标确定时间点，计算结果显示在窗口左下部，计算结果可以清除。

各项计算功能的详细定义，请参见“附录 C 分析计算功能定义”。

### 计算-谐波分析：

试验完成后，可用此项功能分析游标1所在位置波形的谐波，对当前画面内选择最多三路波形参量进行分析，如图9.1.3所示：

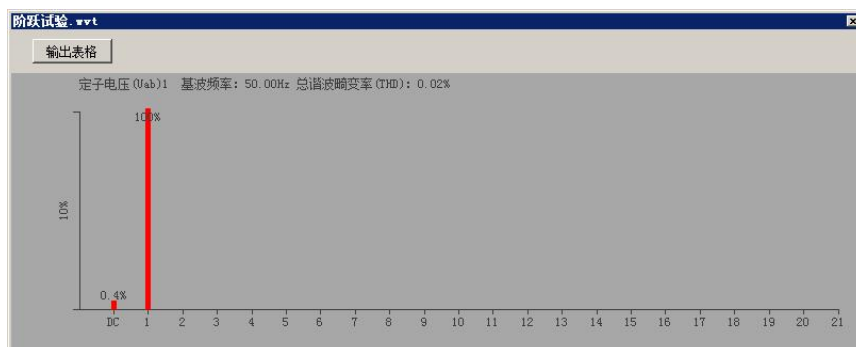




图9.1.3

**计算-矢量图：**

试验完成后，可用此项功能显示游标1所在位置波形的矢量图，画面内的波形参量将参与显示，以当前焦点参量为基准。如图9.1.4所示：

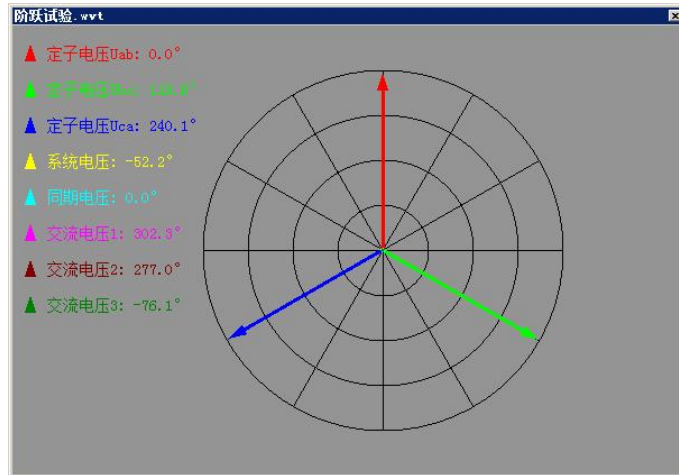


图 9.1.4



## 9.2 曲线类试验

以20ms为间隔连续记录选定参量有效值、派生量，最长记录长度为10分钟。可以选择系统配置的所有派生量。曲线类可用于记录信号的动态过程，例如励磁调节器系列试验、甩负荷试验等。

### ► 试验设置

针对一类特定的电气试验，需要选择特定的参量、记录时长、不同参量的比例值、偏移、颜色等等，这些设置内容可以保存为一个配置文件，即模板。以后做同类试验时，模板可以重复加载使用。录波仪本地机软件附带部分常用模板。

点击“电气试验/曲线类试验”，进入“启动曲线类试验”的设置页面，如图9.2.0所示



图 9.2.0

在设置对话框，用户再次选择模板，如果没有合适的模板，则选择“新建”，并选择要记录的模拟量、开关量。同时需选择或输入试验名称、确定记录总时长。

### ► 试验窗口

在“启动曲线类试验”设置页面，按“确定”按钮后，即进入试验窗口，如图9.2.1所示：

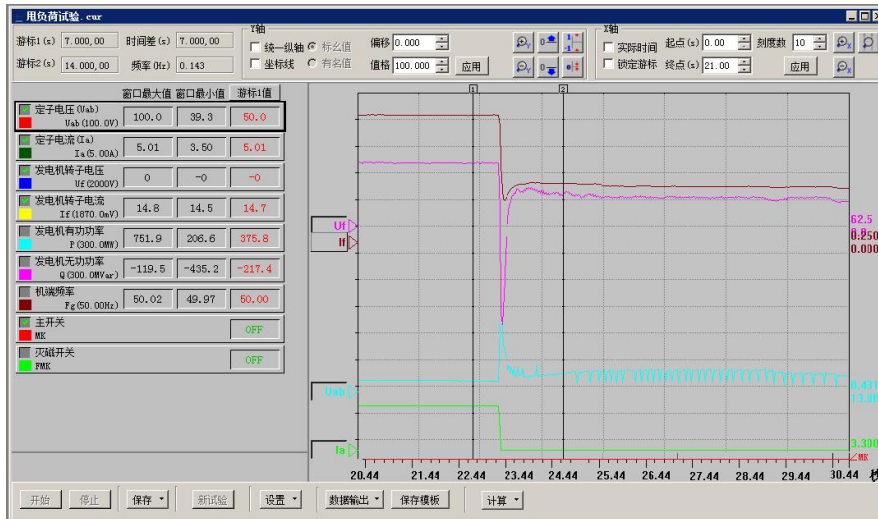


图 9.2.1

试验窗口分别显示参量值、曲线窗口，上部有操作栏，操作栏的具体信息参照“7.2 实时波形”。

左上区域显示参量值，在试验进行中，仅显示参量的实时值。试验结束后，显示参量的窗口最大值、窗口最小值、焦点游标值。在这个区域也可选择曲线的颜色、显示\隐藏曲线。游标在试验结束后出现。

**开始：**点击“开始”按钮后，参量开始持续记录、绘制，曲线自右向左推移。

**停止：**点击“停止”按钮，记录停止，画面上出现游标，进入分析状态。

**保存：**点击“保存”按钮，保存数据。

**新试验：**停止后的试验窗口，可点击“新试验”重新进入试验状态，在此之前应保存数据。

在参量的动态过程之前，就应点击“开始”按钮，开始记录曲线，以录制适当长度的前稳态。当动态过程录制完整，进入后稳态时，可随时停止，不一定要等待记录长度达到总时长。

参量的动态过程开始后，要保持观察，适时停止，以免有用的数据因超出记录总长而丢失。

**设置-自动启动：**自动启动功能设置，设置页面如图9.2.2所示：



图 9.2.2

**模拟量启动量：**模拟量参量在100ms内，出现突变（阶跃），突变值达到此启动值，则试验进入“已启动”状态。

**开关量变位启动：**开关量出现变位，则试验立即进入“已启动”状态。试验进入“已启动”状态，则出现倒计时对话框，在试验自动停止前，用户可以点击“取消启动”，退出“已启动”状态。

**自动启动：**可选的“自动启动”功能，即在参量出现用户设定的模拟量突变（100ms内）或开关量变位时，试验进入“已启动”状态，此时按“启动前保留”截取记录，作为已记录数据，此后继续录制，直至达到模板设定的记录总长度后，试验自动停止。

**启动前保留长度：**启用“自动启动”时有效。自动启动点前预记录的记录长度。

模拟量突变启动功能应在充分了解参量的动态特性的基础上谨慎使用，以免出现拒动（启动值过大）或误动（启动值过小）。

**设置-数据处理：**即对实时数值做平滑处理，当参量值有明显噪声时，可以启用平滑窗口进行处理。数据平滑窗口长度为有效值的点数（每20ms一点），长度取值范围为1~50，默认值为1，即不启用平滑处理。窗口长度（点数）应适当选择，取值偏小则可能滤波效果不佳，取值过大会导致动态过程的响应速度下降，实际操作中可以从较小的数值开始尝试，逐步加大，达到理想的滤波效果即可。理论上，理想的取值是“长度\*20ms = 干扰信号周期的整数倍”。

**数据输出：**可输出Excel表格或COMTRADE格式。

**保存模板：**点击“保存模板”按钮，将当前配置保存为模板，便于以后直接加载使用。模板文件必须保存于“安装目录/试验模板”文件夹中，且不能更改模板文件的扩展名(curp)。

模板保存后，下次开始试验时，可在设置对话框中选择该模板，即加载了其中的设置内容。

**计算：**提供多种计算功能。计算功能需要指定参量，并用游标确定时间点。计算结果显示在窗口左下部，计算结果可以清除。

各项计算功能的详细定义，请参见“附录 C 分析计算功能定义”。

#### **曲线画面刷新速率：**

试验开始后，程序按10帧/s的速率绘制曲线。如果在试验中，程序检测到计算机负荷过重，会逐级下调曲线刷新速率，以降低计算机负荷。最低的刷新速率为1帧/2s。无论当前的刷新速率是多少，参量数据都会被正确记录、绘制。导致刷新速率下调可能有以下原因：

- 1) 曲线类试验选择的参量多、记录时间长
- 2) 计算机系统有其它程序占用资源
- 3) 计算机性能不足

刷新速率下调之后，若程序检测到计算机负荷较低，会逐级恢复曲线刷新速率。

曲线类试验记录并绘制模拟量有效值、派生量及开关状态的曲线，记录时长最长可设置为10分钟。此功能可以完成励磁调节器、甩负荷、PSS等多项试验。

### 9.3 波形类与曲线类试验的差异

用户可以在熟悉曲线类试验的基础上，了解波形类试验与之的差异。二者的主要差异概况如下：

1) 曲线类试验记录的是模拟参量的有效值（交流量的RMS、直流量是20ms平均值），包括开关量的所有参量的数据点间隔是20ms。而波形类试验使用录波仪当前的采样频率（默认为10kHz），记录参量（含开关量）的实时波形。

2) 曲线类试验记录的有效值，按标准算法20ms生成一点，其准确度符合录波仪的技术规格。而波形类试验的有效值取定长的时间窗口按采样频率同步生成，在交流参量的频率偏离50Hz时，有效值的准确度下降。

3) 曲线类试验可以记录录波仪定义的所有派生量，派生量均按标准算法20ms生成一点，其准确度符合录波仪的声明。而波形类试验仅支持有限种类的派生量，派生量按采样频率同步生成，在交流参量的频率偏离50Hz时，派生量的准确度下降。

4) 波形类试验可对已记录的数据做静态谐波、矢量图分析。

5) 波形类试验数据文件不能从其它数据文件加入参量。

相对地，波形类试验具有更高的采样频率，更短的响应时间，可以更真实准确地记录暂态过程。

### 9.4 复合录波试验

复合录波试验同时录制模拟通道的波形和有效值。波形以系统采样频率（默认为10kHz）记录；有效值以50Hz（间隔20ms）记录。可选择的有效值包括所有模拟通道和派生量。开关量与模拟量波形同步录制。

#### ➤ 试验设置

由“电气试验/复合录波试验”，进入“复合录波试验”设置页面，如图9.4.0所示：



图 9.4.0

在设置对话框，用户在此选择模板，如果没有合适的模板，则选择“新建”，并选择要记录的模拟量、开关量和派生量。同时需选择或输入试验名称、确定记录总时长。

### ► 试验窗口

选择“电气试验/复合录波试验”，在打开的试验模板列表对话框中选择模板，并点击“开始”，进入复合录波试验页面，如图9.4.1所示：

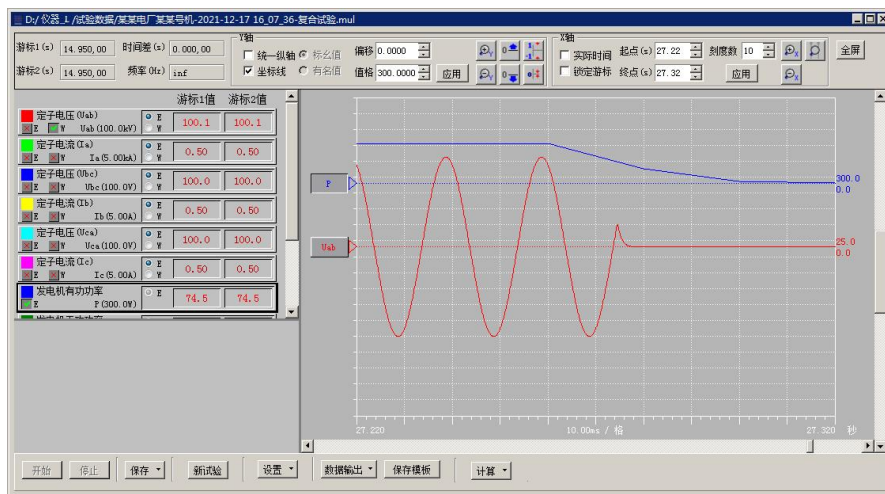


图 9.4.1

复合录波试验在界面、操作方面与曲线类试验类似，参照“9.2曲线类试验”。E：表示有效值，W：表示波形。

复合录波试验的“计算”功能与波形类试验类似，参照“9.1波形类试验”。

各项计算功能的详细定义，请参见“附录 C 分析计算功能定义”。

**注：**设置-数据处理，即对实时数值做平滑处理，当参量值有明显噪声时，可以启用平滑窗口进行处理。数据平滑窗口长度为有效值的点数（每20ms一点），长度取值范围为1~50，默认值为1，即不启用平滑处理。窗口长度（点数）应适当选择，取值偏小则可能滤波效果不佳，取值过大会导致动态过程的响应速度下降，实际操作中可以从较小的数值开始尝试，逐步加大，达到理想的滤波效果即可。理论上，理想的取值是“长度\*20ms = 干扰信号周期的整数倍”。

## 9.5 特性类试验

特性类试验，是指在标么值的X-Y坐标系中，记录两组参量的特性曲线。典型的特性类试验包括发电机空载、发电机短路等。试验过程可以记录上升、下降过程，也可以只记录上升过程。试验中可手动录制稳定点，并在试验结束后进行曲线拟合。

### ➤ 试验模板

进行试验前，特性类试验需要设置绑定的参量、坐标系等内容；这些基本的试验设置项称为“试验模板”。录波仪软件附带常用的特性类试验模板，用户也可以创建自己的模板。

由“电气试验/特性类试验”，进入“试验模板”页面，如图9.4.0所示：



图 9.5.0

### ➤ 试验设置

在打开的试验模板列表对话框中选择要编辑的模板，并点击“编辑”。会弹出“特性类试验”的设置页面，如图9.5.1所示：



图 9.5.1

在此页面中编辑模板。



试验名称：为此类试验命名，也就是模板名；

全部模拟量：列表中的参量来自录波仪的模拟量有效值，包括派生量，模板设置中的 **<<**、**>>** 为参量添加、删除退出按键。

X 轴：需选择X轴的绑定参量（最多选三个），并定义X轴的名称、刻度数以及最大值（标么值）。

Y 轴：需选择Y轴的绑定参量（最多选三个），并定义Y轴的名称、刻度数以及最大值（标么值）。

X 轴（横轴）、Y 轴（纵轴）均采用规一化值（标么值）。X 轴、Y 轴可分别绑定 1~3 个参量，由绑定的参量取平均值后绘制试验曲线。

试验过程：如果试验要进行上升、最高点、下降的过程，请选择“记录上升、下降过程”；如果只需记录上升过程类型的数据关系则选择“仅记录上升过程”。

同步记录参量：除了直接参与X-Y特性曲线绘制的参量外，试验程序还可以同时显示、记录其它参量的实时值。

### ► 试验窗口

选择“电气试验/特性类试验”，在打开的试验模板列表对话框中选择模板，并点击“开始”，进入特性类试验页面，如图9.5.2所示：

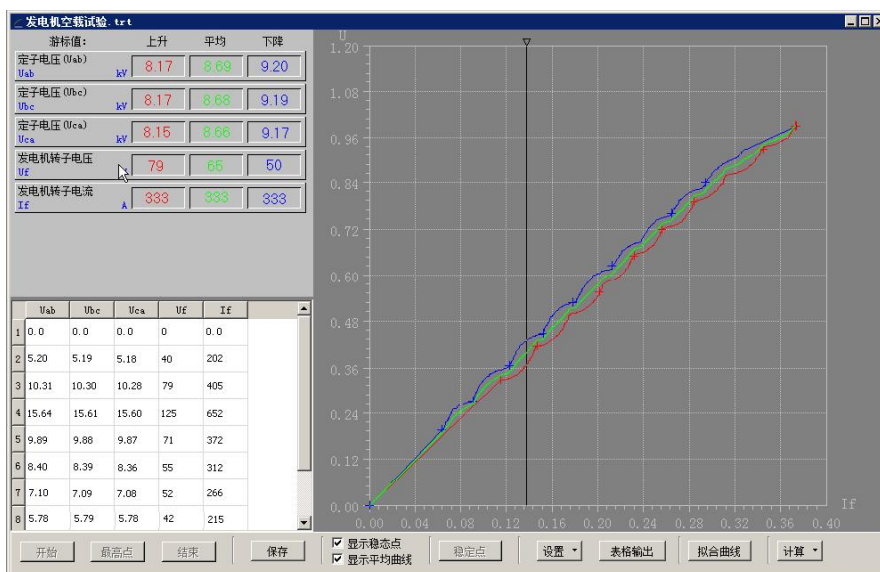


图 9.5.2

试验窗口分为3部分：曲线窗口、参量值窗口、稳定点窗口。

工具栏按钮的定义：

**开始**：开始试验，参量开始刷新，曲线开始绘制。

**最高点**：试验由上升阶段转为下降阶段。对于单向试验，此按钮禁止。

**结束**：结束试验，曲线窗口出现光标，参量窗口显示光标对应值。

**保存：**试验结束后有效，对拟合曲线/原始曲线的试验数据保存。

**稳定点：**在试验进行时，用于标定稳定点。

**设置-坐标系设置：**进入试验时，曲线坐标以模板设定为默认值，未开始试验时和试验分析时可用此功能修改曲线坐标，试验进行中时该按钮无效。坐标设置如图9.5.3所示：



图 9.5.3

**设置-数据处理：**即对实时数值做平滑处理，当参量值有明显噪声时，可以启用平滑窗口进行处理。数据平滑窗口长度为有效值的点数（每20ms一点），长度取值范围为1~50，默认值为1，即不启用平滑处理。窗口长度（点数）应适当选择，取值偏小则可能滤波效果不佳，取值过大会导致动态过程的响应速度下降，实际操作中可以从较小的数值开始尝试，逐步加大，达到理想的滤波效果即可。理论上，理想的取值是“长度\*20ms = 干扰信号周期的整数倍”。

**表格输出：**默认保存“试验名称-数据输出”到选定文件夹。

**拟合曲线/原始曲线：**选择显示拟合曲线或原始曲线

点击“开始”按钮，试验开始，参量值开始刷新，坐标系中出现实时值点（红色圆点），曲线开始按参量值绘制。曲线的绘制是单调的，例如上升过程中，X轴、Y轴参量出现下降，曲线并不跟随向下绘制。实时值点位置随参量值实时变化。

**包含上升、下降过程的试验：**

A. 试验开始后，随着X、Y轴参量的增加，曲线单调上升（红线）。当参量处于调节间隔的稳定状态时，点击“稳定点”按钮，把当前参量值记录为一点稳定点。稳定点显示于窗口左下，同时在坐标系中该点处绘制一个+标记。

B. 当参量增加到了最高点，需要用户手动按“最高点”按钮，程序记录当前值为稳定点的同时在曲线处绘制一个+后，试验进入下降阶段，将只记录下降的数据，所以在试验时一定要确认上升阶段结束时才能按“最高点”按钮。

C. 下降阶段，曲线（蓝色）单调下降，此阶段同样应记录稳定点。当参量降至最低点时（通常不能完全归零），点击“结束”按钮，试验结束，此时程序自动绘制处特性曲线的平均曲线（绿色）。

**仅单调上升过程的试验：**

对于单向特性试验，只有上升一个阶段，试验步骤与单调上升、下降类特性类试验的试验步骤中的A阶段一样，当曲线达到最高点，即可按“结束”按钮结束试验。

对于发电机空载、短路试验，应注意：



1. 建议在灭磁开关合闸后再点击“开始”按钮，以避免合闸冲击。如果此前想观察参量值，可以打开实时参量列表。

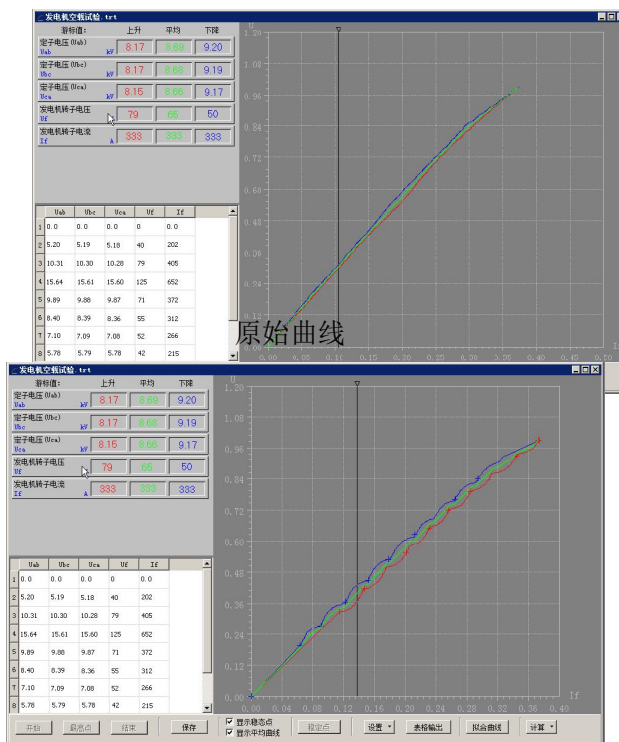
2. 应在试验前规划好要记录的稳定点。在试验中，程序操作者应与励磁操作者全程配合，在稳定点做充分停顿，以记录准确的稳态值。

3. 在试验的最高点，程序操作者应与励磁操作者应相互确认，以免错过。

### ► 拟合曲线

在试验结束后，点击拟合曲线/原始曲线按钮，程序用记录于稳定点表格中的稳定点数据绘制拟合曲线；一般而言，上升和下降（如果有）阶段各自标定的稳定点数应达到 10 个，但不应超过 20 个，超出 20 个后，对于绘制光顺的拟合曲线并没有帮助。

拟合曲线



**计算：**使用指定的发电机空载、发电机短路试验数据，进行发电机短路比、Xd计算。按提示选择发电机短路试验文件和发电机空载试验数据文件，如图9.5.4所示：

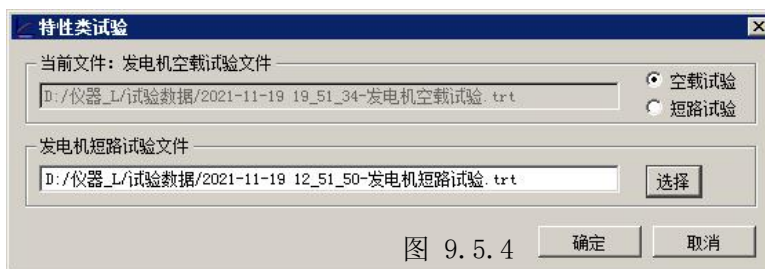


图 9.5.4

“确定”进入“短路比计算”页面，如图9.5.5所示：

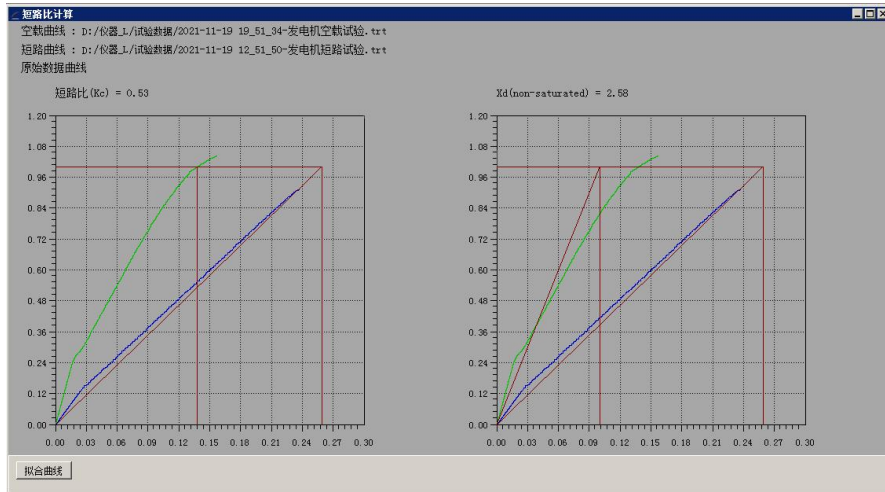


图 9.5.5

计算窗口给出了机组的短路比、Xd值此项功能要求发电机空载数据达到机端电压的1.0倍以上。

## 9.6 频率特性试验

由用户选择横轴及纵轴参量，此试验可绘制选定参量的信号值与频率的关系曲线。点击试验“开始”，试验开始绘制曲线，直至手动点击“停止”，试验则停止绘制曲线。

### ► 试验设置

由“电气试验/频率特性”进入试验，弹出“启动频率特性试验”设置页面，如图9.6.0所示：



图 9.6.0

在设置对话框，用户选择要记录的“幅值”参量、“频率”参量。同时需设定横轴的“起点”“终点”。试验设置完成后，点击“确定”即进入试验画面。

注意：

1. “幅值”参量选择：纵轴最多可选择6个模拟量参量。
2. 设定横轴的“起点”“终点”时，起点应小于终点。

### ➤ 试验窗口

频率特性试验页面，如图9.6.1所示：

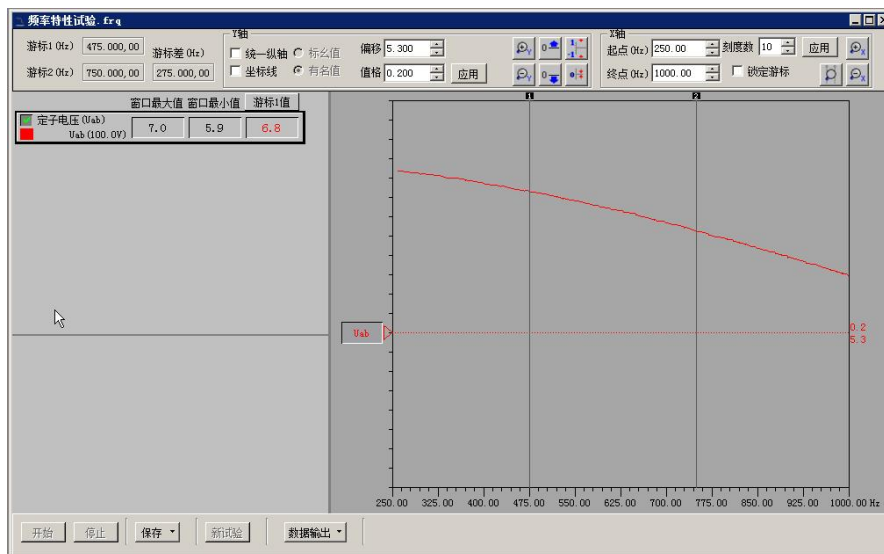


图 9.6.1

试验窗口分别显示参量值、曲线窗口，上部有操作栏，操作栏的具体信息参照“7.2 实时波形”。

左上区域显示参量值，在试验进行中，仅显示参量的实时值。试验结束后，显示参量的窗口最大值、窗口最小值、焦点游标值。在这个区域也可选择曲线的颜色、显示\隐藏曲线。

**开始：**点击“开始”按钮后，参量开始持续记录、绘制，曲线自右向左推移。

**停止：**点击“停止”按钮，记录停止。

**保存：**点击“保存”按钮，保存数据。

**新试验：**停止后的试验窗口，可点击“新试验”重新进入试验状态，在此之前应保存数据。

**数据输出：**可将实验数据以Excel表格形式输出。

## 9.7 进相试验

进相试验显示运行容量图，并同时记录数据、绘制曲线。数据点间隔为1~3秒，试验总时长最长可设定为3天。

试验之前，应确认录波仪已正确配置了以下参量：

名称	类型	参量1	参量2	参量3	参量4	参量5
计算功角	计算功角	发电机有功	发电机无功	定子电压 Ubc	Xq 值	
实测功角	实测功角	发电机转速信号	定子电压 Ubc			
主变角差	相角差	发电机机端电压	主变高压侧 电压	转角补偿 *		
主变功角	标量和	发电机功角	主变角差			
线路功角	线路功角	系统电压	系统电流	线路电阻	线路感抗	初始角
系统功角	标量和	主变功角	线路功角			
系统功率	一次函数	系统单相功率	3 (乘数)	0 (偏移)		

注\*: 参量1超前参量2为正, 可选

备注:

1. 计算功角作为备用, 如果现场转速信号不良, 可以用计算功角代替实测功角。
2. Xq值: 发电机的饱和电抗值。如果没有Xq值, 可查电机手册中的不饱和Xd\*值, 按  $X_d = X_d^* \times Z_b = X_d^* \times U(\text{线额定}) / I(\text{线额定})$ ,  $X_q = 0.85 \times 0.9 \times X_d$ , 0.85相当于饱和系数, 0.9相当于Xq与Xd的系数。
3. 线路功角中的初始角: 用于修正系统电压与电流的初始角度, **系统电压超前系统电流时输入负角度补偿。**
4. 线路电阻: 线路电阻值。
5. 线路电抗: 线路电抗值。
6. 线路功角中用到的系统电压、系统电流回路一般不需要修正硬件测量角差, 如要修正则在**通道修正**中修正二者的角差, 消除测量回路硬件本身的误差。
7. 系统电压为相电压, 系统电流为同相电流;

### ➤ 试验设置

由“电气试验/进相试验”进入试验, 弹出“运行极限图设置”页面, 如图9.7.0所示:

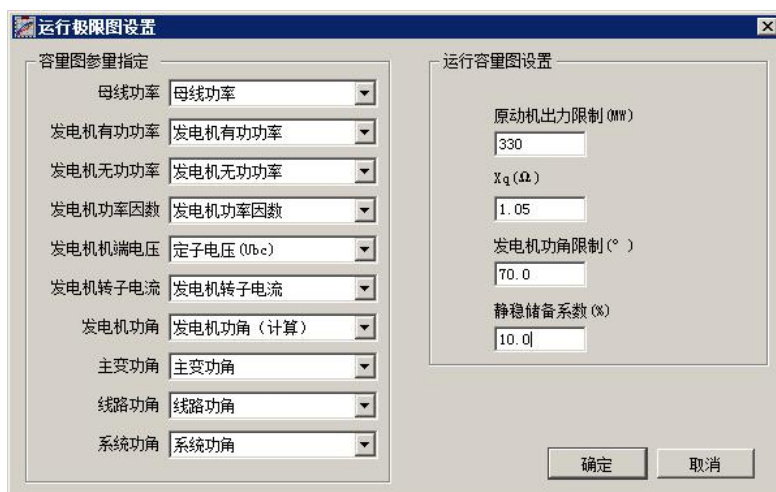


图 9.7.0

容量图参量指定：为正确显示运行容量图，在此指定所需的参量；

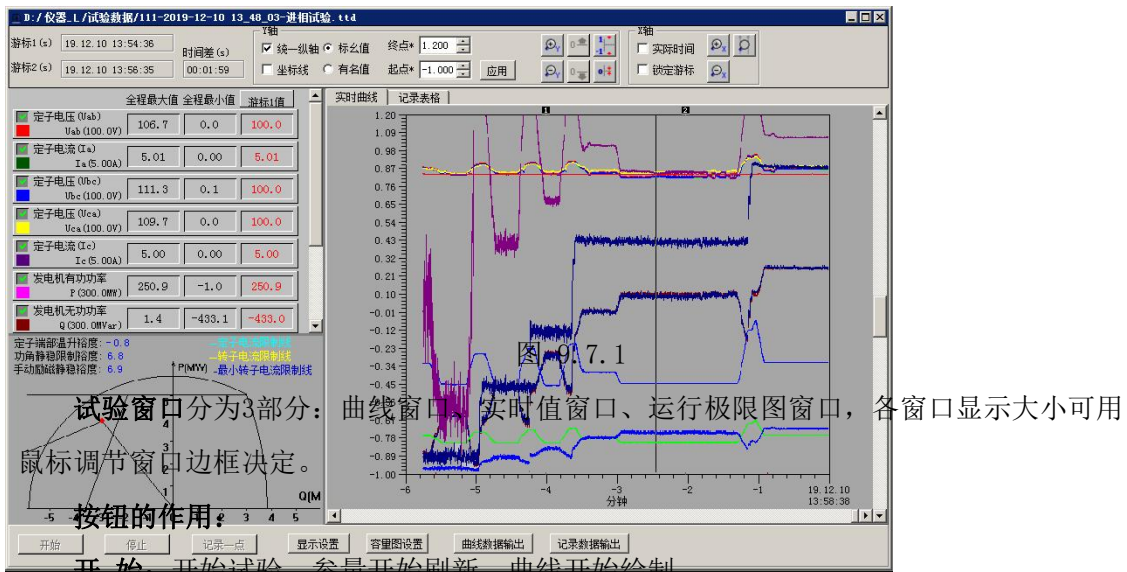
运行容量图设置：输入绘制容量图中所需的机组参数；

进相试验将记录所有模拟量及开关量数据，在试验画面中显示的参量另有设置对话框选择。

试验设置完成后确认即进入试验画面。

### ➤ 试验窗口

进入试验画面后系统将提示进相试验需先给出一个文件名，以便程序自动将所有参量数据自动存盘。另存进相试验文件后，进入试验画面。如图9.7.1所示：



**开始：**开始试验，参量开始刷新，曲线开始绘制。

**停止：**结束试验。

**显示设置：**从参量中选择试验记录显示的模拟量和开关量。

**容量图设置：**指定容量图参数，输入绘制容量图中所需的机组参数。

**曲线数据输出：**对游标1、游标2界定要输出的数据段进行数据输出。

**记录数据输出：**将试验数据以Excel文件输出。

在主窗口上部，有曲线操作工具栏。各按钮作用参照“6.2 实时波形”。

### ➤ 试验操作

进入程序画面后首先进行**显示设置**，从全部记录的参量中选择本次试验需在曲线显示窗口显示的模拟量和开关量，并且设定合适的Y轴的标么值的起始点及刻度数；此项功能也

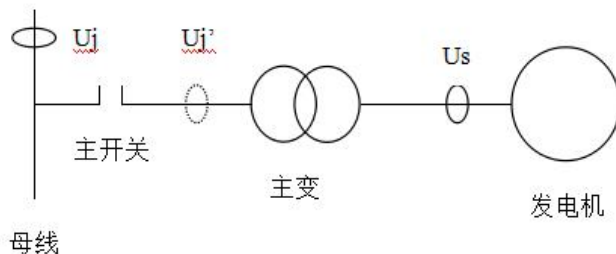
可在试验进行中完成、更改。

点击**开始**按钮，趋势图窗口开始自右向左绘制参量曲线，实时值窗口显示参量值，容量图窗口实时绘制发电机容量图及限制曲线；试验记录过程中可通过选择趋势图、极限图来切换右侧大窗口的显示内容。试验记录过程中可通过放大和缩小坐标轴来改变曲线的显示状态。

如果试验过程结束，可随时点击**停止**按钮来停止参量的录制，程序将以当前时刻为终点保存试验画面中的参量数据。

## 9.8 同期试验

### ➤ 试验所需参量



同期试验示意图

同期试验用于记录并网时刻  $U_j$ 、 $U_j'$  的相角差、电压差；试验中，通常取  $U_s$ 、 $U_j$ ，而软件要显示、记录  $U_j$ 、 $U_j'$  在主开关动作前后的状态，所以，推荐的信号接线是：

- ◆ 接入的主开关信号（合闸信号）取并网主开关的辅助无源节点
- ◆  $U_s$  取自机端，是在并网后与  $U_j$  同相的一个电压
- ◆  $U_j$ 、 $U_s$  的 PT 二次值都是 100V
- ◆  $U_j$ 、 $U_s$  都不设置变比值，额定值设为 100V； $\Delta U$  的额定值设为 100V，

也可以设为 200V。

试验之前，应确认已正确配置了以下派生量：

名称	类型	代号	参量 1	参量 2	参量 3
系统电压频率	频率	$F_j$	$U_j$ （系统电压）		
同期电压频率	频率	$F_s$	$U_s$ （同期电压）		
同期角差	相角差	$A_{sj}$	$U_s$	$U_j$	转角补偿*（可选）



同期压差	同期压差	$\Delta U$	$U_s$	$U_j$	$A_{sj}$
------	------	------------	-------	-------	----------

注\*：参量1超前参量2为正，可选

同期过程可以用同期试验（同期表）、同期动态过程（波形类或曲线类试验）来记录，前者可直观表现同期时刻的角差、压差、频差，后者除以上信息，还可记录并网过程的调节过程、功率震荡，但对角差、压差、频差的表达不如前者直观。

同期脉冲、主开关，应接入无源节点（开关量通道对外提供 24V）；有时，同期脉冲只能提供直流电压，这个电压可以接入直流电压通道来录制，建议将该通道的名称，改为类似“同期脉冲”之类的名字。

当接入的  $U_s$  不能满足上述要求时，应按以下进行设置；否则，下面的内容可以跳过。

#### ◆ 当 $U_j$ 、 $U_s$ 的 PT 二次值，不都是 100V 时

使用“参数设置”功能，设置 PT 二次值不是 100V 的电压的变比，变比一次设为 100，变比二次设为 PT 的二次值。

例如接入的  $U_j$  的 PT 二次值是 57.735V，这时，将它的变比设为：

变比一次 = 100，变比二次 = 57.735

注意，该电压的额定值仍然设为 100V

#### ◆ 当 $U_s$ 在并网后，与 $U_j$ 不同相时

这里定义：

**转角补偿** = 并网后  $U_j$  与  $U_s$  的夹角， $U_j$  超前取正号，滞后取负号

应该为派生量“同期角差”设置正确的转角补偿值，即在参量配置对话框中的派生量“同期角差”的“参量 3”中写入该值。

#### ➤ 试验设置

点击“同期试验”，弹出“启动同期试验”设置页面，如图9.8.0所示：

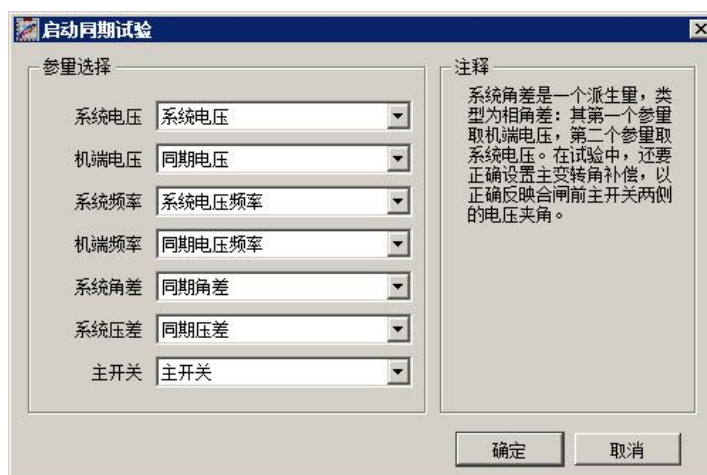


图 9.8.0

**系统电压：**从模拟量列表中，指定选择系统电压；

**机端电压：**从模拟量列表中，指定同期电压；

**系统频率：**从模拟量列表中，指定选择系统频率；

**机端频率：**从模拟量列表中，指定同期电压频率；

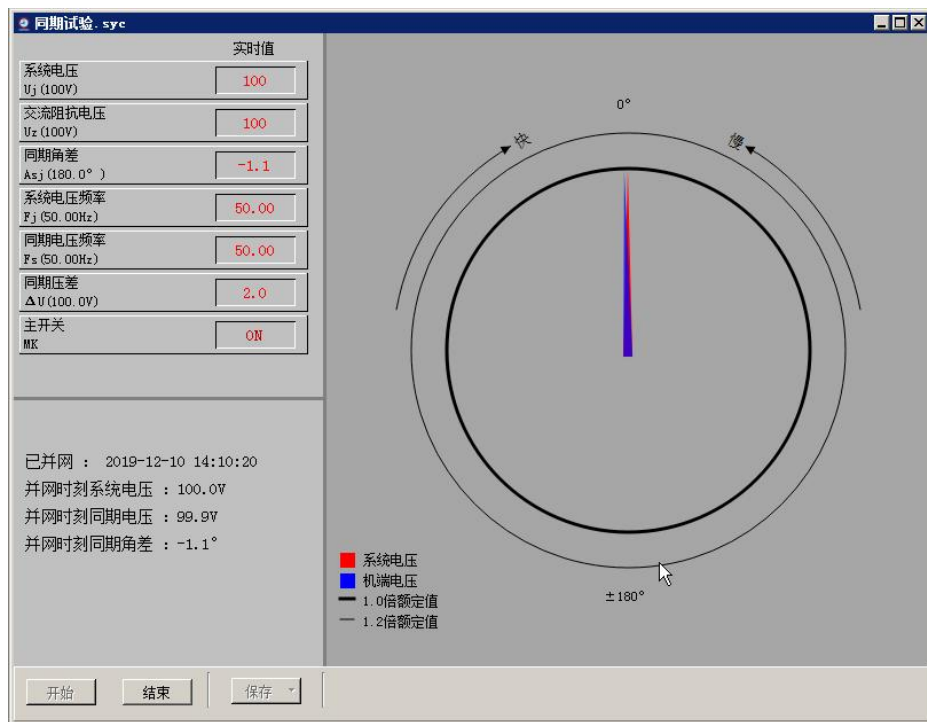
**系统角差：**从模拟量列表中，指定同期角差；系统角差是一个派生量，配置方法见前述。

**系统压差：**即同期压差；

**主开关：**从开关量列表中，指定主开关所接开关量；

### ➤ 试验窗口

“启动同期试验”页面，设置绑定参量，按“确定”按钮，进入“同期试验”的页面，如图9.8.1所示：



画面，按“开电压，蓝色表针代表机端电压。红色圈是额定值所在位置。红色表针不动，只是长度变化，反映系统电压值的变化。蓝色表针除了反映机端电压值，还反映了机端电压与系统电压的夹角同时自右开始绘制参量曲线，此时“结束”按钮失效。

当主开关变位时，红蓝表针的大小、夹角不再刷新，停止在并网时刻，试验结束，同时在信息窗口显示本次同期试验的信息。如果是假同期，实际的机端电压与系统电压继续各自变化，但同期表也不再刷新。



试验结束后，按“保存”按钮，保存文件。

## 9.9 交流阻抗

发电机转子交流阻抗试验需要使用阻抗电压通道(AC500V)、阻抗电流通道(AC100A电流钳)。基于阻抗电压、阻抗电流，录波仪配置了有功功率、无功功率、交流阻抗三个派生量。

### ► 试验设置

点击“电气试验/交流阻抗”，进入“启动转子交流阻抗试验”的设置页面，如图9.9.0所示：



图 9.9.0

**参量选择：**按实际接线选择阻抗电压、电流通道的，以及有功、无功、交流阻抗。

**数据记录方式：**手动记录和自动记录两种可选方式。自动试验是以电压为基准值自动记录数据，可以选择是否记录电压下降过程。

**转速关系曲线取值点：**每个转速分组取一点数值绘制阻抗-转速关系曲线；在此处设置选择数值点的基准电压值。

**自动记录-按电压步长等距取值：**输入步长和最大值，在基准参量上升（或下降）过程中，程序自动录制数据点。

**自动记录-按表格取值：**在基准参量上升（或下降）过程中，按表格数值捕捉、录制数据点。

### ► 试验窗口

“启动转子交流阻抗试验”页面，试验设置完成，点击“确定”按钮，进入“转子交流

阻抗试验-记录表格”页面，如图9.9.1所示：



图 9.9.1

试验画面分为3部分：记录表格窗口、参量值窗口、阶段显示窗口。

按钮的定义如下：

**新分组：**输入当前试验的阶段的转速，转子静态时输入“0”。

**开始：**开始试验，参量开始刷新，表格开始录制。

**结束：**结束试验。

**数据-保存文件：**试验结束后，保存文件。

**数据-输出Excel文件：**试验结束后将数据表格转换为Excel表格。

**数据-删除分组：**可删除当前分组。

➤ **自动录制的试验步骤**

进入试验画面，点击“**新分组**”，在对话框中输入当前的发电机转速，确定后，分组（转速）信息显示在**阶段显示窗口**。

点击“**开始**”按钮，试验开始，参量开始刷新。

电压从0开始匀速上升至最大值，提示框显示“升压阶段已完成”，如果设置了记录下降过程，则确认后进入“记录电压下降过程”。记录完毕后，提示框显示“本组试验数据已全部获得”，点击“**结束**”按钮，当前分组试验结束。

所有分组试验完成后，进入“转子交流阻抗试验-转速关系曲线”分析页面，如图9.9.2所示：

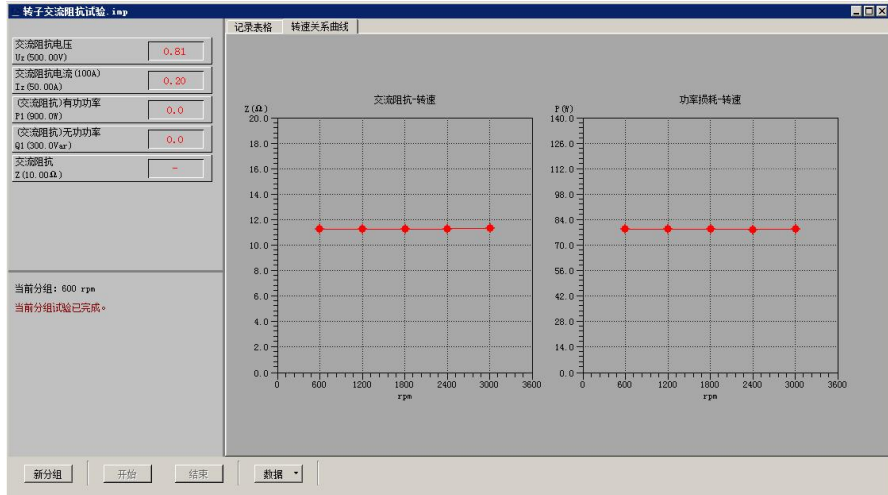


图 9.9.2

## 9.10 铁心磁化

发电机定子铁心磁化试验包含铁心轭部质量的算法，使用录波仪替代电压表、电流表、瓦特表，测量励磁电压、励磁电流、有功功率等参量，并同步地生成定子铁心比损耗、铁心轭部磁通密度。

### ➤ 设置

点击“电气试验/铁心磁化”，进入“启动试验”的设置页面，如图9.10.0所示：



图 9.10.0

需要指定试验参量、选择发电机类型、指定线圈匝数和温度测点数。在录波仪的默认配置中，本试验的励磁线圈电压、励磁线圈电流等5个参量，是复用自其它参量的。对于特定的用户，如果视此实验为常用功能，则可在订货时声明，在出厂时配置专用参量。

### ➤ 计算铁心轭部质量

在“启动试验”的设置页面，输入相关参数，点击“确定”按钮，可将输入的参数保存为文件，以备以后加载使用。保存后弹出“试验参数”页面如图9.10.1所示：



图 9.10.1

此处计算定子铁心轭部质量，在进入试验画面后，试验开始之前，可以重复进行，修正之前的计算结果。

### ➤ 试验窗口

在“试验参数”页面，点击“确定”按钮，进入“定子铁心磁化试验”页面，如图9.10.2所示：

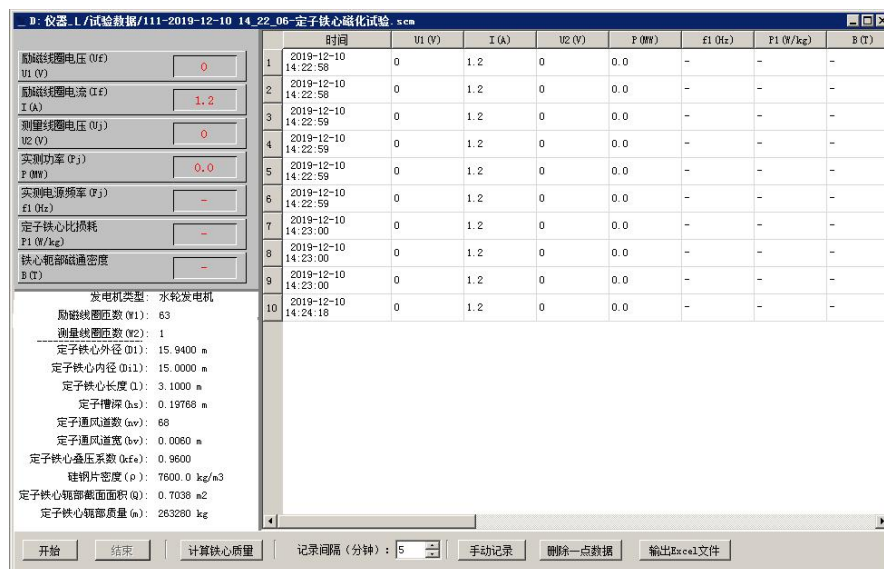


图 9.10.2

在试验画面中，用户可以指定记录数据的时间间隔。

点击“开始”后，程序显示实时值，并在时间间隔到时，记录一点数据填入表格。也可以点击“手动记录”，不受记录间隔限制，直接记录一点。

温度值，需要用户从温度表计读出后，手工写入表格，程序将保存用户的输入。

一旦开始试验，计算铁心轭部质量的功能就被禁止了，所以请在试验前确认计算结果。试验结束后可将数据表格转换为Excel表格。

## 9.11 打开文件

点击“电气试验/打开文件”，先选择试验类型，打开选定路径下所有此类试验数据文件。

## 10. 长时记录

长时记录能够连续不间断地对所有通道进行稳态记录，模拟有效值记录间隔 20ms~1s，模拟量波形的记录频率 1~10kHz，开关量通道的状态可录制。

记录所有模拟通道的模拟量有效值和所有开关量通道的状态值，带有绝对时标。该记录功能可以投入或退出。启动长时记录及长时记录列表的设置和查询功能。

### 10.1 新记录

点击“长时记录/新记录”进入启动长时记录页面，如图 10.1.0 所示：



图 10.1.0

➤ 可以设置长时记录录制参量的具体参数：

模拟量录制：勾选记录的模拟量有效值，模拟量波形和派生量有效值的录制选择；

开关量录制：勾选开关量输入通道的录制选择；

记录总长：可设置长时记录的总天数（1~31 天），受限于记录文件所在磁盘的容量；

波形记录频率：可设置长时记录模拟量波形的记录频率（1~10kHz），此记录频率设置不得大于当前录波仪的采样频率值。

模拟量有效值：可设置长时记录模拟量有效值的记录间隔，记录间隔 20ms~1s 可任意设置。

记录文件信息：显示此长时记录所有记录文件的总容量。

其中设置“记录频率”和“记录总天数”有限制要求：

记录频率设置为 10kHz 时，记录总天数最长可记录 3 天；

记录频率设置为 5kHz 时，记录总天数最长可记录 7 天；

记录频率设置为 2kHz 时，记录总天数最长可记录 15 天；

记录频率设置为 1kHz 时，记录总天数最长可记录 31 天。

➤ 单击确定按钮，弹出“命名记录文件”对话框，对话框内显示默认的文件名及保存类型，用户可以自行更改文件名。

➤ 单击“保存”按钮，启动此次长时记录任务。弹出“长时记录实时状态”页面，如图 10.1.1 所示：



图 10.1.1

此页面显示当前长时记录的实时状态，显示内容包括模拟量记录，开关量记录的具体设



置信息，以及当前长时记录的相关信息。

页面下面有三个按钮，中止记录、打开记录，隐藏。

单击“中止记录”按钮，会弹出是否结束此次长时记录任务的提示，选择是否中止此次任务。

单击“打开记录”按钮，会进入“长时记录列表”页面，此页面同“9.2 记录列表”。

单击“隐藏”按钮，将隐藏“长时记录实时状态”页面，单击长时记录运行状态图标，即显示“长时记录实时状态”页面。

- 仪器正在运行长时记录时，不允许再启动新的长时记录。
- 长时记录正在运行期间，不能进行参数设置。

## 10.2 记录列表

长时记录列表：单击长时记录/记录列表，显示装置所记录的所有长时记录数据，如图 10.2.0 所示：

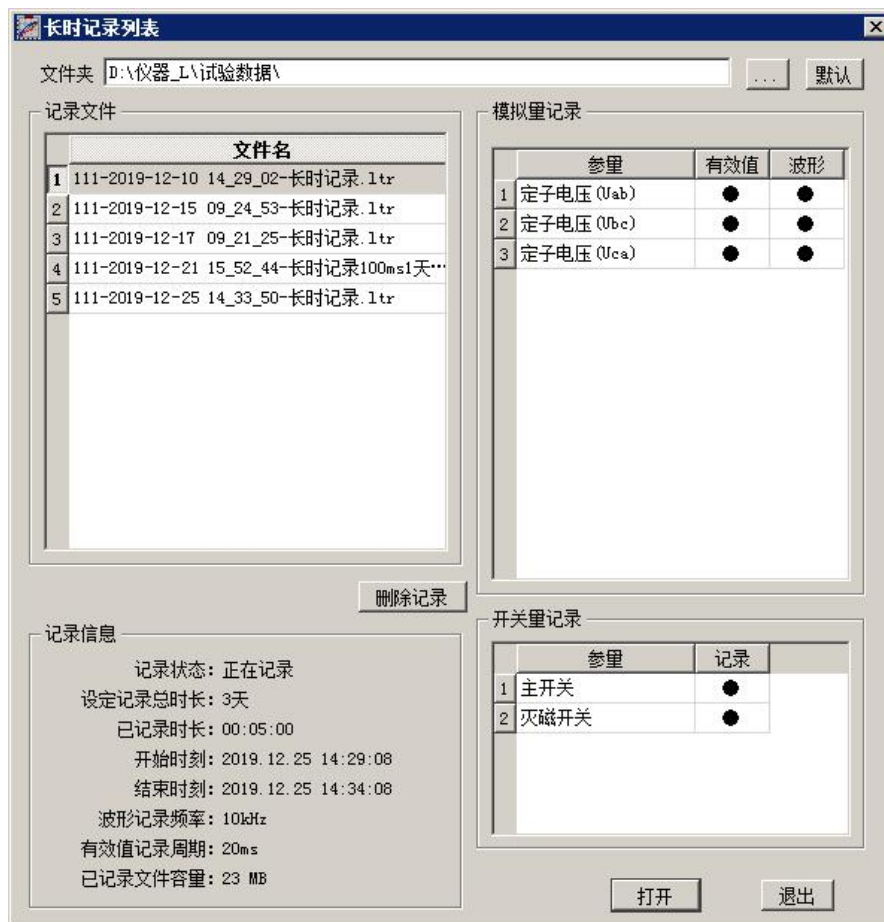


图 10.2.0

长时记录以 5 分钟为单位进行记录,即每 5 分钟形成一个长时记录的数据文件并保存于磁盘,当终止记录时,不足 5 分钟的记录数据也会被记录,列表中就是按照起始时间(年、月、日、时)进行显示的长时记录文件夹,每条代表一个长时记录数据文件夹。每选择一条长时记录文件,页面将显示此条长时记录文件的记录信息及模拟量和开关量的记录参量情况。



## 10.3 打开记录

用户可根据文件名，选中要打开的记录文件，单击“打开”即可，进入“打开长时记录”页面，如图 10.3.0 所示：

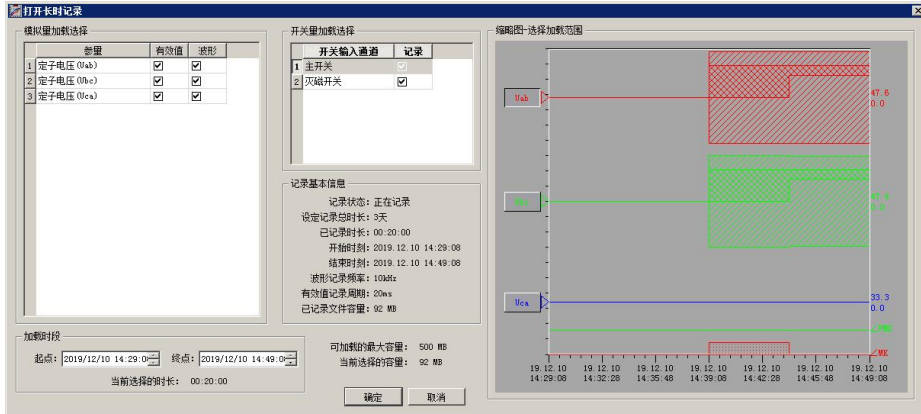


图 10.3.0

在此页面可以勾选需加载的模拟量有效值、波形及开关量通道，以及加载时段，每次可加载的最大容量为 500MB。

用户可以根据此页面右侧显示的缩略图，选择加载范围，单击“确定”键后，自动将起止时间范围内的长时记录数据调入内存并显示。

打开长时记录页面与打开故障分析界面风格和功能基本一致，仅有微小的差别，显示了长过程录波数据分析上的突出特点。如图 10.3.1 所示：

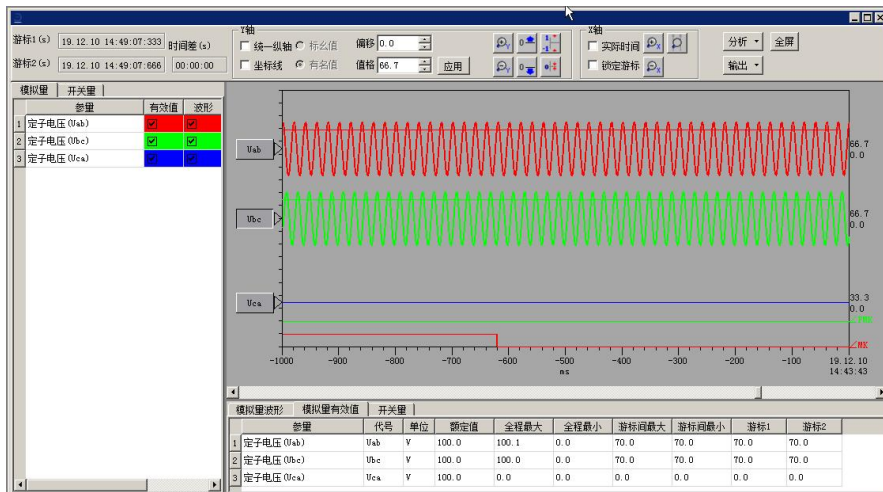


图 10.3.1

在操作栏上的操作选项及工具条说明参见“7.2 实时波形”。“分析”提供谐波分析和矢量图计算功能。

## 11. 输出控制

开关量输出的输出面板：手动控制各个开出量的通断状态。如图

11.1.0 所示：

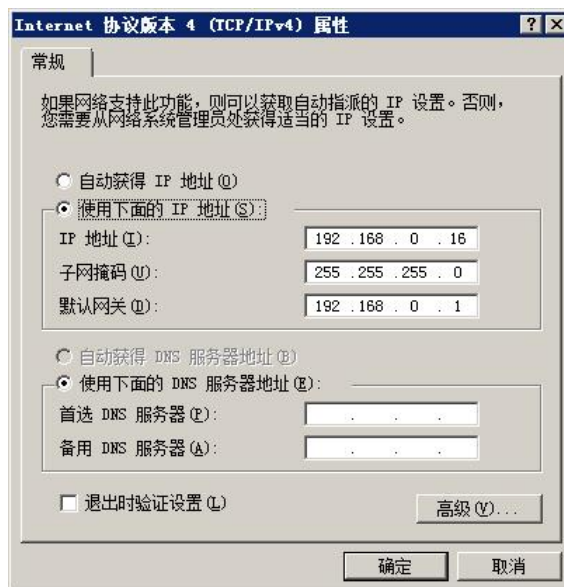


图 11.1.0

## 12. 通讯

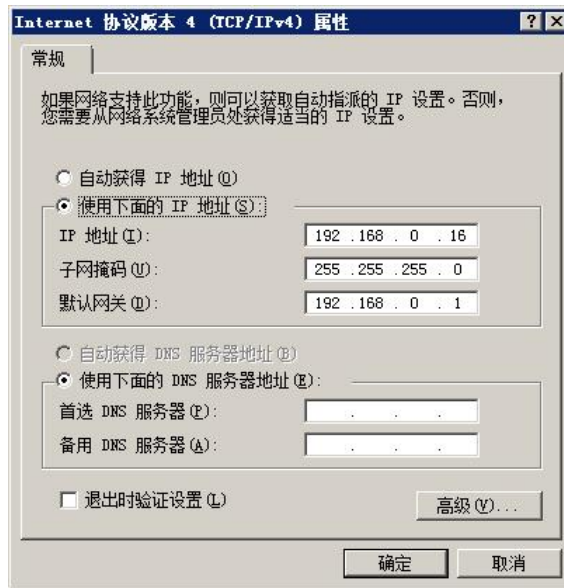
录波仪配有一个10/100Mbps局域网接口，可以与安装于Windows平台的上位机软件通讯。当建立通讯时，录波仪称为本地机，上位机称为远程机。远程机软件包的功能与本地机基本一致，提供实时监控、参数设置、数据分析、发电机总启动电气试验等功能，方便远程进行操作。远程机软件运行前，需要配置远程机与录波仪本地机的通讯选择项。

### 12.1 本地机IP设置



出厂时，录波仪的IP地址已经配置好，一般不需改动，用户配置远程机（笔记本电脑的）的IP地址即可。

## 12.2 远程机IP设置



远程机应设置为使用固定的IP地址。上图是配置远程机的网络端口的IP地址的范例。“IP地址”的最后一位可以根据需要进行更改，但不能与录波仪本地机IP地址相同。TCP/IP协议需要根据接入的局域网的具体要求设置。

## 12.3 建立连接

建立远程机与录波仪本地机的网络连接，远程机软件界面/参数设置-下位机IP地址：



在此页输入录波仪本地机的IP地址。

建议使用随机附带的交叉网线连接远程机和录波仪本地机；如果是跨地域联网，应基于对网络充分了解做出正确的设置，并应确认所使用的网络线、交换机等设备处于良好的运行状态。

随机附带的交叉网络线的接线图，如图12.3.0所示：

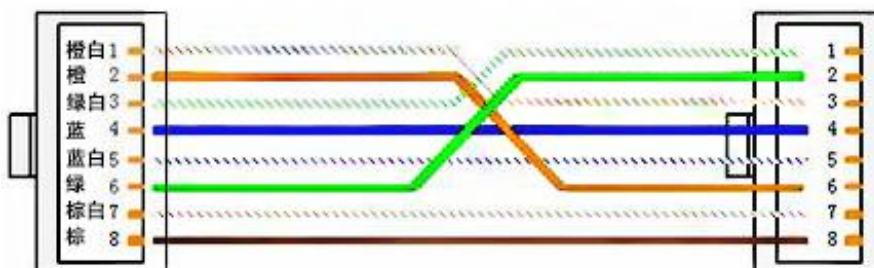


图12.3.0

## 附录 A 模拟通道模块种类表

型号	第1通道	第2通道
PDMM101	AC150V	AC10A电流钳
PDMM102	AC500V	AC10A
PDMM103	AC500V	AC100A电流钳
PDMM104	AC1000V	AC100A电流钳
PDMM105	AC200V	AC10A电流钳
PDMM106	AC500V	AC500V
PDMM107	AC500V	AC10A电流钳
PDMM108	AC150V	AC150V
PDMM109	AC150V	AC10A
PDMM111	DC±2000V	DC±100mV
PDMM112	DC±32V	DC4~20mA
PDMM113	DC±48V	DC4~20mA
PDMM114	DC±48V	DC±20mA
PDMM115	DC±1000V	DC±10V
PDMM116	DC0~200mA	DC4~20mA
PDMM117	DC±1000V	DC±100mV
PDMM118	DC±5V	DC±20mA
PDMM119	DC4~20mA	DC4~20mA
PDMM120	DC±250V	DC±100mV
PDMM121	DC±16V	DC±16V
PDMM122	DC0~20mA	DC0~20mA
PDMM123	AC400V	AC400V
PDMM124	AC150V	AC1A
PDMM125	AC500V	AC1A
PDMM126	DC±250V	DC±250V
PDMM127	DC±1000V	DC±200mV
PDMM128	DC±1000V	DC0~20mA
PDMM129	DC±200V	DC±20V
PDMM130	AC180V	AC10A 电流钳

PDMM131	DC±500V	DC4~20mA
PDMM132	AC180V	AC200A 电流钳
PDMM133	AC/DC±600V	AC/DC±100mA
PDMM134	AC/DC±600V	AC/DC±300mV
PDMM135	AC/DC±100A	AC/DC±100A
PDMM136	AC150V	AC20A 电流钳
PDMM211	转速信号(1:1/1:60)	DC4~20mA

## 附录 B 模拟通道输入特性表

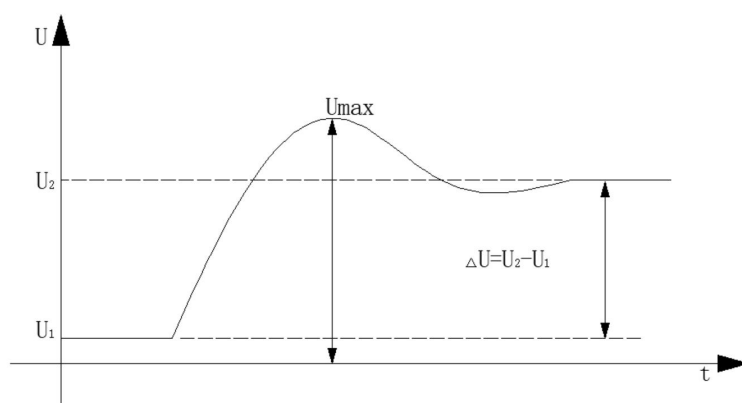
信号类型	输入阻抗
AC150V	> 80k $\Omega$
AC180V, AC200V	> 100k $\Omega$
AC400V, AC500V	> 300k $\Omega$
AC/DC600V	> 1M $\Omega$
AC1000V	> 500k $\Omega$
AC1A, AC10A, AC20A, AC100A, AC200A	< 0.1 $\Omega$

DC±2000V	> 2.0MΩ
DC±1000V	> 1MΩ
DC±500V	> 500kΩ
DC±250V	> 250kΩ
DC±200V	> 200kΩ
DC±100V	> 100kΩ
DC±48V	> 50kΩ
DC±32V	> 30kΩ
DC±20V, DC±16V	> 20kΩ
DC±10V	> 15kΩ
DC±5V	> 7kΩ
AC/DC300mV, DC±200mV, DC±100mV	> 8kΩ
转速信号(1:1/1:60)	> 300kΩ (50Hz)
DC0~200mA	12Ω
AC/DC100mA	< 1Ω
DC±20mA, DC4~20mA, DC0~20mA	120Ω

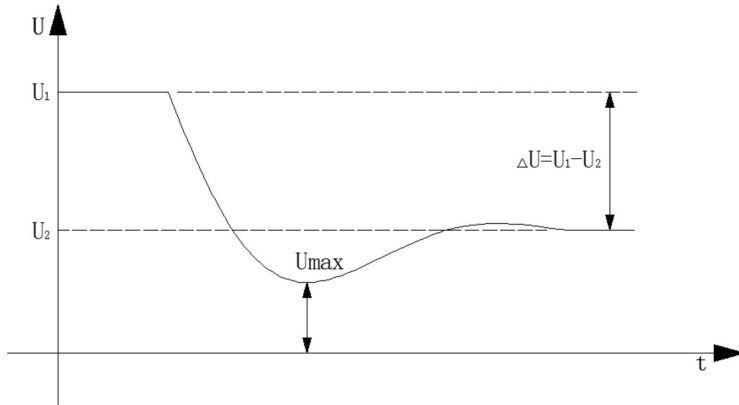
## 附录 C 分析计算功能定义

### 1. 超调量（正、负阶越）

（阶跃量的最大值-后稳态值）/前后稳态值之差。



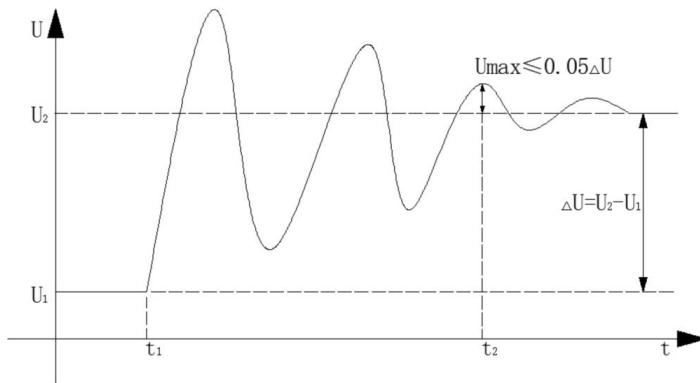
$$\text{正超调量} = \frac{U_{max} - U_2}{\Delta U} \times 100\% = \frac{U_{max} - U_2}{U_2 - U_1} \times 100\%$$



$$\text{负超调量} = \frac{U_1 - U_{max}}{\Delta U} \times 100\% = \frac{U_1 - U_{max}}{U_1 - U_2} \times 100\%$$

## 2. 调节时间

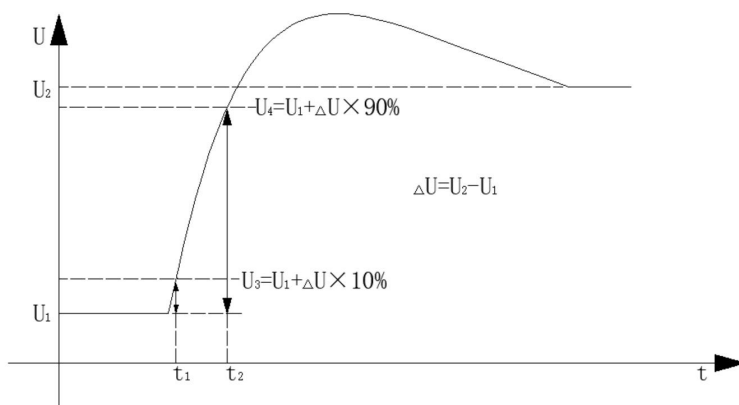
阶跃信号变化中从阶跃信号开始到与后稳态的差值与前后稳态值之差之比不再超过 5% 时，这段时间为调节时间。



$$\text{调节时间} = t_2 - t_1$$

## 3. 上升时间

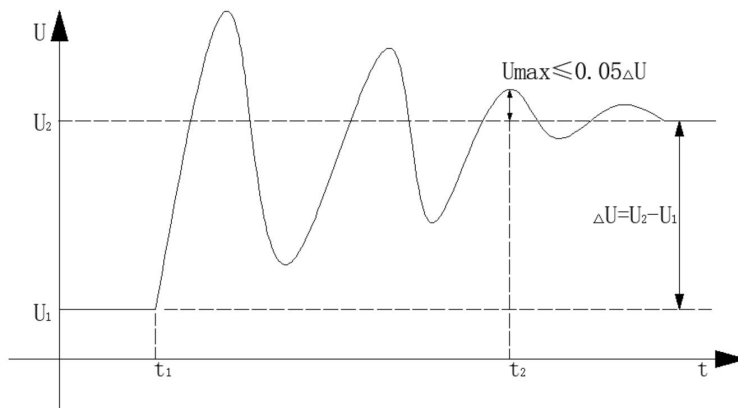
阶跃扰动中，被控量从 10% 到 90% 阶跃量的时间。



$$\text{上升时间} = t_2 - t_1$$

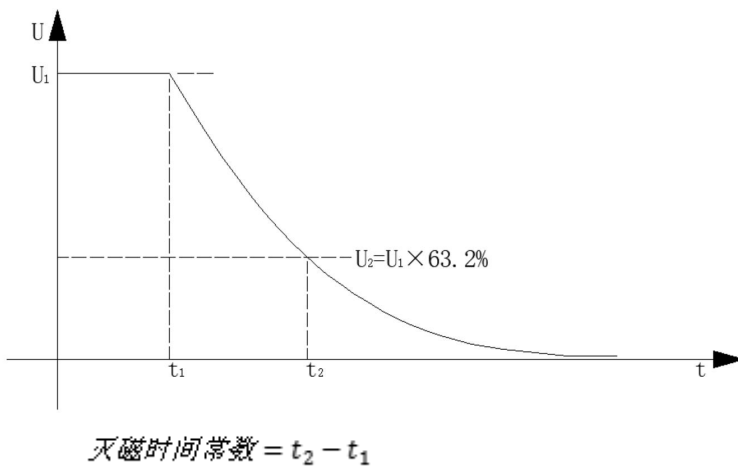
#### 4. 振荡次数

被控量第一次达到最终稳态值时起，到被控量达到与最终稳态值之差的绝对值不超过5%稳态改变量时，被控量波动的次数。



#### 5. 灭磁时间常数

灭磁过程中，发电机电压下降到初始值的 0.368（变化了 0.632）的时间。

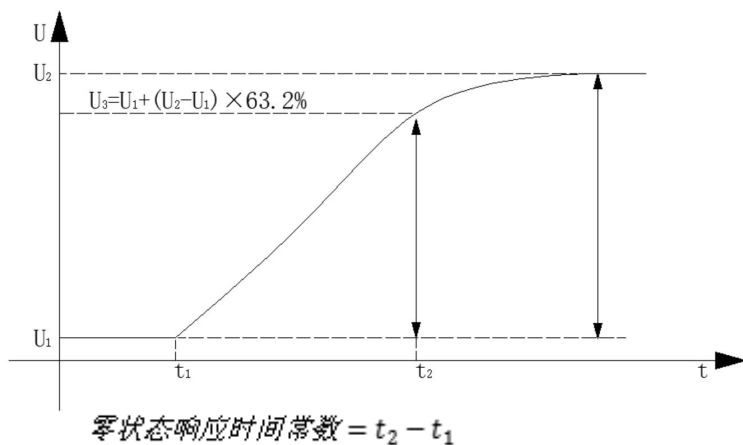


$$\text{灭磁时间常数} = t_2 - t_1$$



## 6. 零状态响应时间常数

发电机电压从前稳态变化开始点上升到后稳态值的变化量的 0.632 的时间。

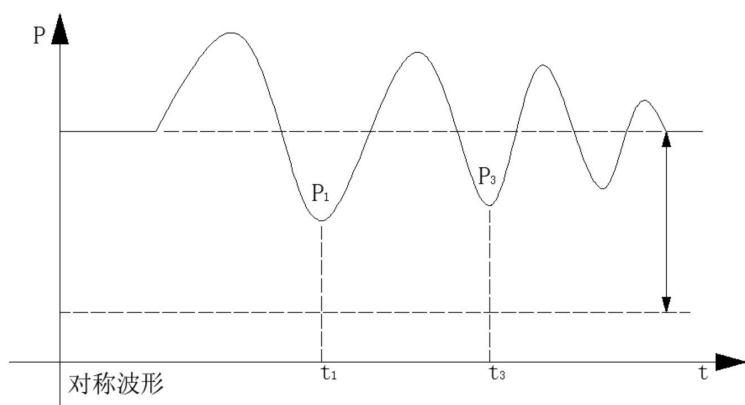


## 7. 阻尼比

PSS 试验时，对有功功率和频率进行阶越试验时，取有功功率扰动后的第二个峰点 ( $P_1$ ) 为  $t_1$  和第四个峰点 ( $P_3$ ) 为  $t_3$  的时间差，算出：

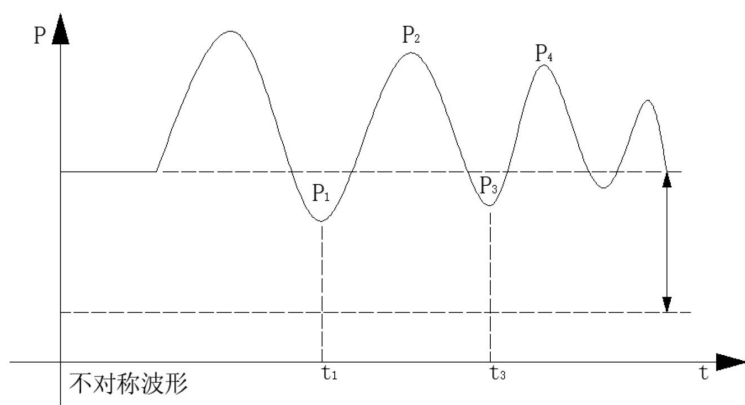
$$\text{振荡频率} = \frac{1}{t_3 - t_1}$$

对于有功功率阶越曲线为对称波动时，阻尼比  $D = \frac{1}{2} \pi \ln \frac{P_1}{P_3}$



$$\text{阻尼比} D = \frac{1}{2} \pi \ln \frac{P_1}{P_3}$$

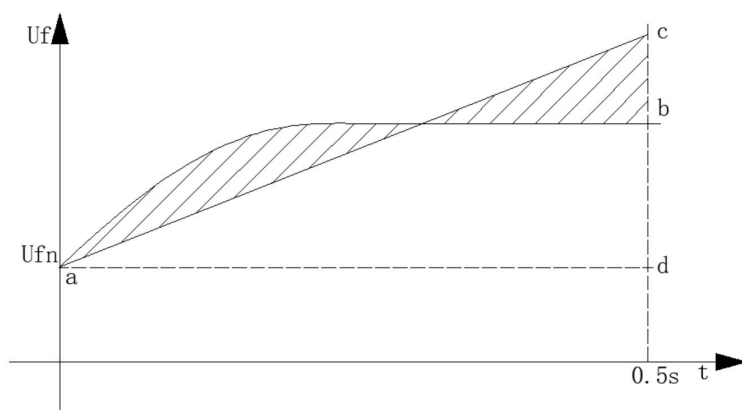
对于有功功率阶越曲线为不对称波动时，阻尼比  $D = \frac{1}{2} \pi \ln \frac{P_1 - P_2}{P_3 - P_4}$



$$\text{阻尼比} D = \frac{1}{2} \pi \ln \frac{P_2 - P_1}{P_4 - P_3}$$

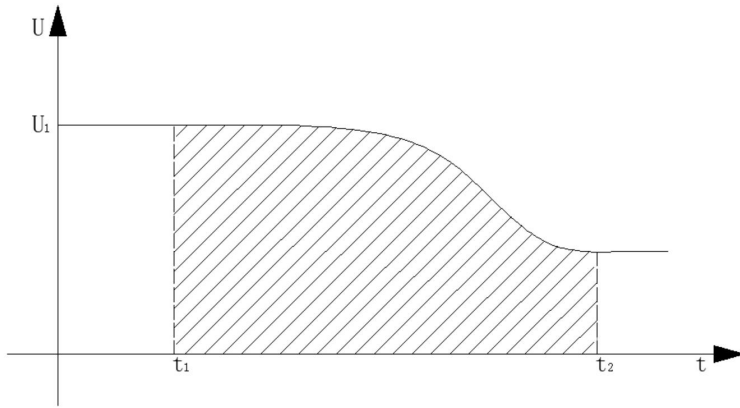
## 8. 励磁系统响应比

强励时，录制完励磁电压从开始上升点 ( $U_{fn}$ ) a 到到达上升量的时间变化曲线，在 0.5 秒处垂直时间轴的直线 cb，与励磁电压相交于 b 点，调整 c 点，使得直线 ac 与曲线 ab 上下围成的面积相等。励磁系统响应比 =  $cd / 0.5 \times U_{fn}$ 。



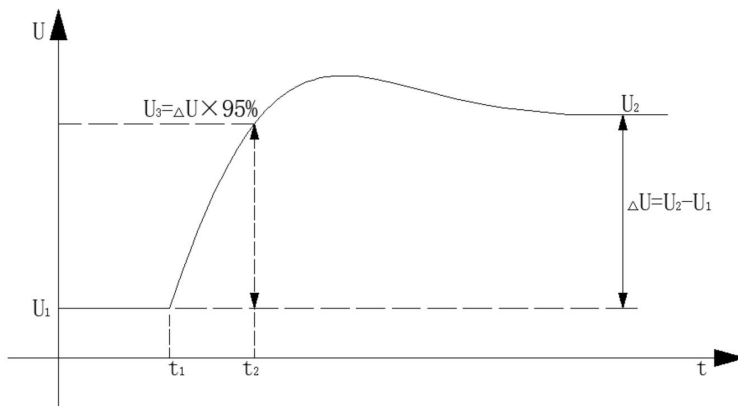
## 9. 积分

两游标和曲线、横轴围成的面积。



## 10. 95%响应时间

从前稳态开始变化时刻到第一次达到前后稳态值之差的 95%时刻的时间差。



$$95\% \text{ 响应时间} = t_2 - t_1$$

## 附录 D 发电机特性试验-试验参量

### 1、试验类型：特性类试验

试验名称：发电机空载试验、发电机短路试验

发电机空载试验参量：

通道	通道名称	类型
1	定子电压 (Uab)	X轴
2	定子电压 (Ubc)	
3	定子电压 (Uca)	
4	发电机转子电压	同步记录参量
5	发电机转子电流	Y轴

发电机短路试验参量：

通道	通道名称	类型
1	定子电流 (Ia)	Y 轴
2	定子电流 (Ib)	
3	定子电流 (Ic)	
4	发电机转子电压	同步记录参量
5	发电机转子电流	X轴

### 2、试验类型：励磁系统波形类试验或曲线类试验

试验名称：灭磁时间常数试验、零起升压试验、阶跃响应试验、励磁调节器通道切换、灭磁试验等

励磁系统空载试验参量：

通道	通道名称	类型
1	定子电压 (Uab)	交流通道
2	定子电压 (Ubc)	交流通道
3	定子电压 (Uca)	交流通道
4	发电机转子电压	直流通道
5	发电机转子电流	直流通道

励磁系统负载试验参量：

通道	通道名称	类型
1	定子电压 (Uab)	交流通道
2	定子电流 (Ia)	交流通道
3	定子电压 (Ubc)	交流通道
4	定子电流 (Ib)	交流通道
5	定子电压 (Uca)	交流通道
6	定子电流 (Ic)	交流通道
7	发电机有功功率	两表法三相有功
8	发电机无功功率	两表法三相无功

励磁系统 PSS 试验：

通道	通道名称	类型
1	定子电压 (Uab)	交流通道
2	定子电流 (Ia)	交流通道
3	定子电压 (Ubc)	交流通道
4	定子电流 (Ib)	交流通道
5	定子电压 (Uca)	交流通道
6	定子电流 (Ic)	交流通道
7	发电机有功功率	两表法三相有功
8	发电机无功功率	两表法三相无功

3、同期、假同期试验：

通道序号	通道名称	参量类型
1	系统电压	系统电压
2	同期电压	同期电压
3	系统频率	系统频率
4	机端频率	机端频率
5	同期角差	系统角差
6	同期压差	系统压差
7	主开关或同期合闸指令开关	主开关

4、交流阻抗试验：

通道序号	通道名称	参量类型
1	交流阻抗电压	阻抗电压

2	交流阻抗电流 (100A)	阻抗电流
3	(交流阻抗) 有功功率	有功功率
4	(交流阻抗) 无功功率	无功功率
5	交流阻抗	交流阻抗