

TMU-1000 合并单元测试仪使用说明书

目 录

| | |
|-----------------------------------|-----------|
| 1.简介 | 2 |
| 1.1 概述 | 2 |
| 1.2 主要功能 | 2 |
| 2.硬件视图 | 4 |
| 3.软件使用说明 | 9 |
| 3.1 PC 软件和硬件设备的通信连接 | 9 |
| 3.2 系统配置 | 10 |
| 3.3 精度测试 | 18 |
| 3.4 报文监视 | 40 |
| 3.5 报文分析软件 | 43 |
| 3.6 动作时间 | 47 |
| 附件一 输出到 MU 前端的数字协议标准 | 51 |
| 附录二 精度测试合格与否误差评定条件 | 57 |
| A. 测量用电流通道误差评定条件 | 57 |
| B. 保护用电流通道误差评定条件 | 57 |
| C. 测量用电压通道误差评定条件 | 58 |
| D. 保护用电压通道误差评定条件 | 59 |

1.简介

1.1 概述

国家对智能电网的投入力度越来越大，做为智能电网的重要组成部分，数字变电站的规模也越来越大，大规模的数字变电站的建设和运营就涉及到很多数字智能设备的运维检修。合并单元（MU）作为数字变电站的重要设备，它承载着电力系统二次设备前端数据采集、合并、转换的重要功能，故对合并单元（MU）的功能及性能的有效测试，成为了智能站测试工作的一个重要环节。TMU-1000就是针对这种客观需求而进行研发的，它让智能变电站的建设和维护变得更加的简便、稳定、可靠。

1.2 主要功能

1. 精度测试

完成 MU 输出的所有电压、电流通道的幅值误差、相位误差、频率误差的测试。

2. 采样延迟测试

测试采样报文的绝对延迟和额定延迟时间。

3. 采样值、GOOSE 报文异常分析及统计

可对采样值丢包、错序、重复、失步、采样序号错、品质异常等情况进行实时分析及统计。可对 GOOSE 变位次数、TEST 变位次数、Sq 丢失、Sq 重复、St 丢失、St 重复、进行实时分析及统计。

4. 对采样报文的离散度进行分析统计

可以将每个报文打上高准确度的时间戳，对每个报文的绝对时间和报文与报文之间的相对时间进行分析。

5. 对时性能测试

可以和 MU 一起同时接收外部时钟对时测试 MU 的对时精度和守时精度，也可以当主时钟给 MU 授时测试 MU 的对时精度和守时精度。

6. 电压并列、切换功能测试

可通过 GOOSE 报文或硬接点发送刀闸位置，完成合并单元的电压并列、电压切换功能的测试。

7. 采样值报文波形实时显示

对采样值报文可绘制成实时波形，用于分析电流、电压的幅值、相位等。

8. 采样值报文、GOOSE 报文离线解析

对合并单元输出的采样值报文、GOOSE 报文进行解析，可以统计报文的离散度，是否有丢点等相关信息，支持标准 PCAP 格式的报文文件。

2.硬件视图

放大器输出端口



1. 本设备放大器输出为：4V+3I，具体参数如下：

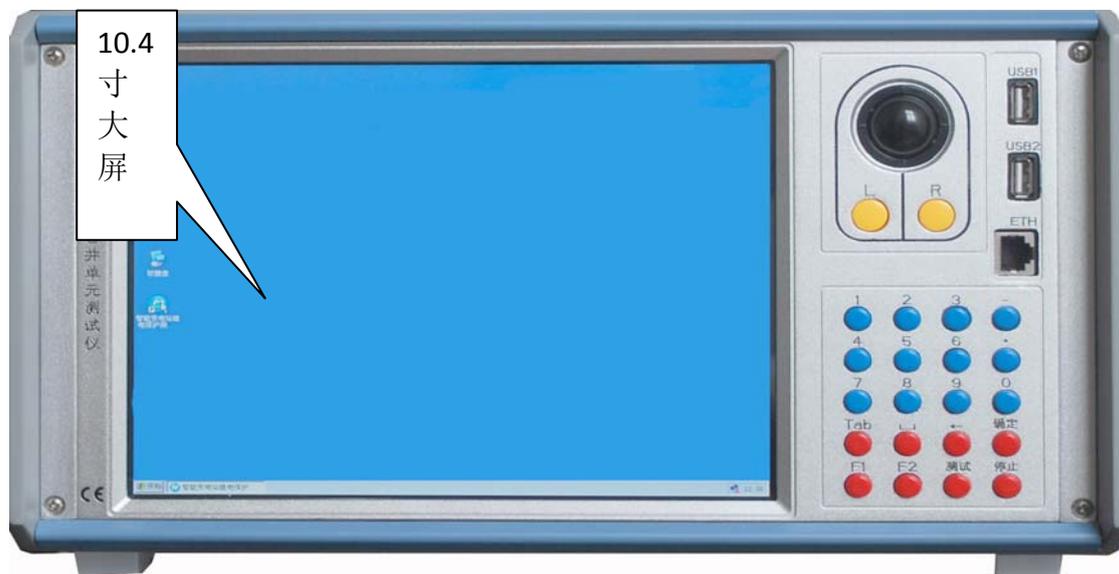
| 电压放大器 | |
|----------------|--------------------------------|
| 设置 | 各相输出电压幅值，频率和相位独立可调 |
| 幅值 | 4×125V/相 |
| 准确度 | ±0.05%（4V~125V），±2mV(0.5V~4V) |
| 分辨力 | 1 mV（0.2V~10V），10 mV（10V~125V） |
| 最大输出功率 Pmax | ≥60VA/相，4×125V/相时 |
| 电压上升下降时间 | <100μs |
| THD% | ≤0.05% (10V~125V) |

| | |
|-----------|--------------|
| 频率 | 1Hz~1kHz |
| 输出时间 | 额定条件下，连续输出 |
| 组件安全 | 过载、短路自动检测并告警 |
| 电流、电压同步误差 | ≤10μs |

| 电流放大器 | |
|----------------|----------------------------------------|
| 设置 | 各相输出电流幅值，频率和相位独立可调 |
| 幅值 | 3×30A/相 |
| 准确度 | ±0.05% (0.2A~30A) , ±0.1mA(0.05A~0.2A) |
| 分辨力 | 1mA |
| 最大输出功率 Pmax | 3×30A/相时，≥300VA/相 |
| 电流上升下降时间 | <100μs |
| THD% | ≤0.05%(0.2A~30A) |
| 频率 | 1Hz ~1kHz |
| 输出时间 | <10A/相，连续输出；10A~15A/相，>100s；30A，>20S |
| 异常工况报警 | 过载、开路自动检测并告警 |

2. 本设备提供一组辅助直流输出独立接口，输出范围：DC 0—250V。

正面视图：操作按键、显示屏



1. 正面为合并单元测试仪的用户输入键盘、轨迹球鼠标、工控机 USB 接口以及工控机的网口。
2. 键盘提供了数字键和基本的功能键，为非全功能键盘，当用户需要全功能键盘输入时可以使用软件界面提供的软键盘输入。
3. 轨迹球鼠标可以全部模拟传统鼠标的左右键、点击、滚动等功能，用户也可以通过 USB 接口连接传统鼠标对仪器进行控制。
4. USB 接口为标准为 2.0 接口，可以连接 USB 相关操作设备和存储设备。

背面视图：数字输入输出端口



1. 背面风扇的用途为：给电流放大器和电压放大器散热，当放大器为输出状态时风扇转速会增加，风扇的声音也会随之增加。

2. ST1—ST8 为测试仪 FT3 报文输出接口，包括国网公司 22 通道协议、12 通道标准 FT3 协议、单项互感器协议、三项电流互感器协议、三项电压互感器协议和三项电流电压互感器协议。
3. SR 接口为 FT3 接收接口，可以接收国网 22 通道协议、12 通道标准 FT3 协议。
4. ETH1—ETH8 位 9-1、9-2、GOOSE 的收发接口，这 8 个接口遵循 100M 以太网接口标准，输入和输出可以随意配置在 ETH1—ETH8 的任意接口。
5. B 码/PPS 接口：输出为 B 码输出接口，可以输出标准 IRIG-B 协议；输入则可以接收 B 码/PPS 输入，用来为本设备对时。
6. SMA 射频接口为 GPS 天线接口，用来为本设备内置 GPS 对时。

侧面视图：小信号、开关量输入输出端口



1. 小信号输出接口提供 12 路小信号输出，输出方式为电压输出，具体参数如下：

| 小信号输出 | |
|--------|---------------------------------------------|
| 输出通道 | 12 路 |
| 设置范围 | AC:0~7Vrms (有效值) |
| 最大输出电流 | 10mA |
| 准确度 | <0.1mV (0.01~0.2Vrms) <0.1% (0.2~7 Vrms) |
| 分辨力 | 250μV |

2. 本设备提供 8 组硬接点开关量输出，全部为空节点方式开出，其中 1—4 为普通开出，5—8 为快速开出。
3. 本设备提供 10 组硬接点开入，可以承受 0—250V DC 开入，其中 1—8 组为不分极性开入节点，9—10 组为有极性开入节点。
4. 本设备提供 PPS 输入输出硬接点接口，为用户提供除光 PPS 外的另外一种选择。

3.软件使用说明

3.1 PC 软件和硬件设备的通信连接

PC 软件对硬件设备的控制有两种方式：第一是通过背板上的联机网口外接电脑控制，第二是使用仪器本身的工控机来控制。两种方式是互斥关系，只能同时使用其中一种方式，当联机网口插上网线时，工控机不能控制，当联机网口没有插网线时，则工控机可以控制。外接电脑联机时，需通过“网上邻居”等方式设置电脑的 IP 地址为 192.168.3.188。工控机联机时，出厂时会将工控机 IP 地址设置为 192.168.3.188，使用中如不慎修改为错误的 IP 地址，则可能会联机失败，需要设回正确的 IP 地址。

启动主界面如果系统通信正常，下面会有相应的测试仪序列号，如下：



如果系统通信不正常，则测试仪序列号处显示未联机，此时可以关闭主界面，重新启动尝试联机，如下：



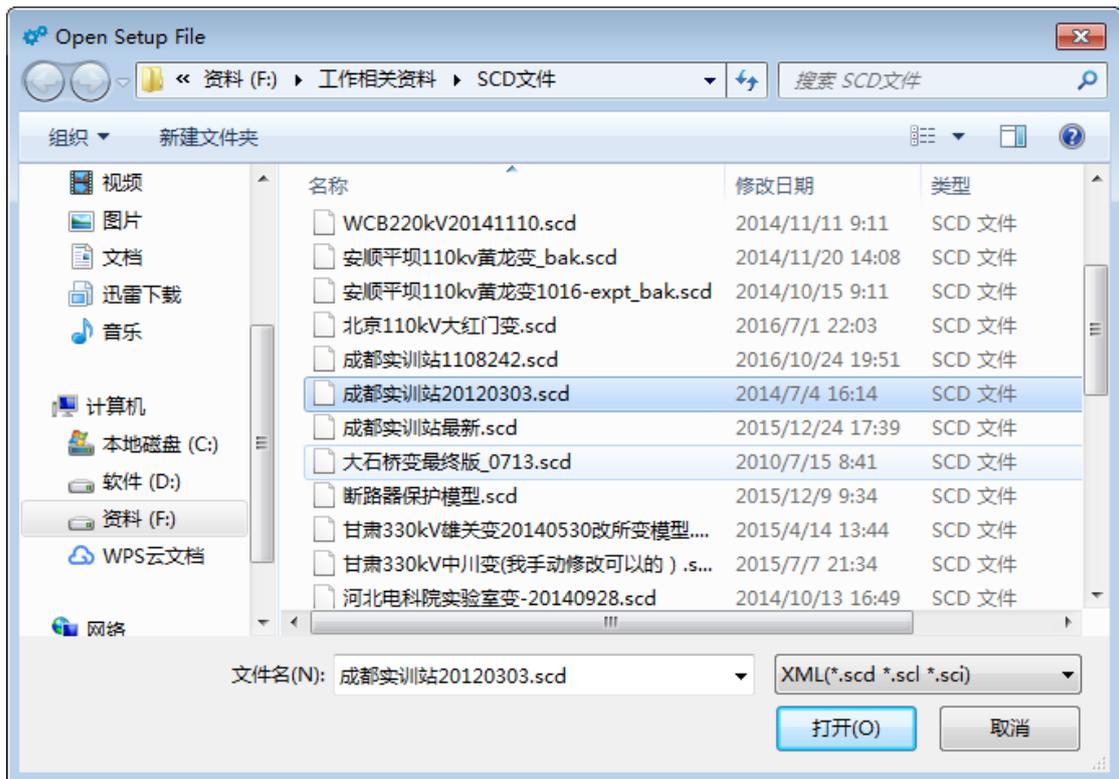
3.2 系统配置

系统配置模块主要功能有：SCD 文件导入、系统参数配置、IEC61850-9-2 报文配置、IEC60044-7/8 报文配置、goose 订阅配置、goose 发布配置等功能，主界面如下图。点击左上角的“文件”按钮，可将本次配置的参数作为文件保存下来，以备下次使用。也可通过该按钮打开上次保存的文件。



3.2.1 SCD 文件导入

SCD 软件导入：点击“系统配置”模块界面左上角的“SCD”字样图标后，弹出 SCD 文件选择窗口，选择需要打开的 SCD 文件后，点击“打开”按钮即可打开对应的 SCD 文件，如下图：



打开 SCD 文件后，可以选择要导入的控制块。以导入 SMV 为例，GOOSE 的导入与其类似。步骤：点击 IED（如 PL1140）后，点击“SMV 输入”。在待选控制块区域勾选要导入的控制块。勾选后，在已选控制块区内，可以看到哪些控制块已选。点击相关控制块可以看到控制块数据集信息与连接关系。最后点击“确定”即可到导入到“系统配置”的主界面内。



3.2.2 系统参数配置

9-2 输出变比设置：9-2 报文为一次值。当测试软件界面使用二次值时，软件利用设置的二次值与变比运算后，输出 9-2 报文（一次值）。与被测设备变比一致即可。

小信号变比设置：当测试软件界面使用一次值时，小信号按照该变比输出（可理解为二次值）。与被测设备一致即可。

注意：所有参数设置完成后，应先点击右下角的“保存”按钮，再点击“确定”按钮。



3.2.3 IEC61850-9-2 报文

以 APPID 为 0160 的控制块为例。该控制块可通过 SCD 文件导入，无 SCD 文件时也可通过手动配置。多个控制块存在时，可以勾选部分控制块输出，未勾选的不输出。每个控制块的报文按照“系统参数设置”处设置的变比输出，通常先配置好 9-2 报文后再进行系统参数的设置。

SCD 文件导入后，通常只需要选择输出光口和映射输出通道。如需测试品质因数，可点击对应通道的品质因数一栏进行设置。其余信息一般不做修改。手动配置，在 IEC61850-9-2 报文处点击鼠标右键，弹出“新增”按钮后点击即可手动添加控制块。点击右下角的“打开键盘”或者外接键盘输出相应的控制块信息即可。

映射输出通道，点击“输出选择”下的栏目后，弹出“通道列表浮窗”。点击“通道列表浮窗”内相应的通道，则该通道名显示到“输出选择”下对应的栏目中，则通道映射成功。

注意：所有参数设置完成后，应先点击右下角的“保存”按钮，再点击“确定”按钮。



3.2.4 IEC60044-7/8 报文

IEC60044-7/8 报文与 IEC61850-9-2 报文，基本类似，可参考 IEC61850-9-2 报文来配置。

注意：所有参数设置完成后，应先点击右下角的“保存”按钮，再点击“确定”按钮。

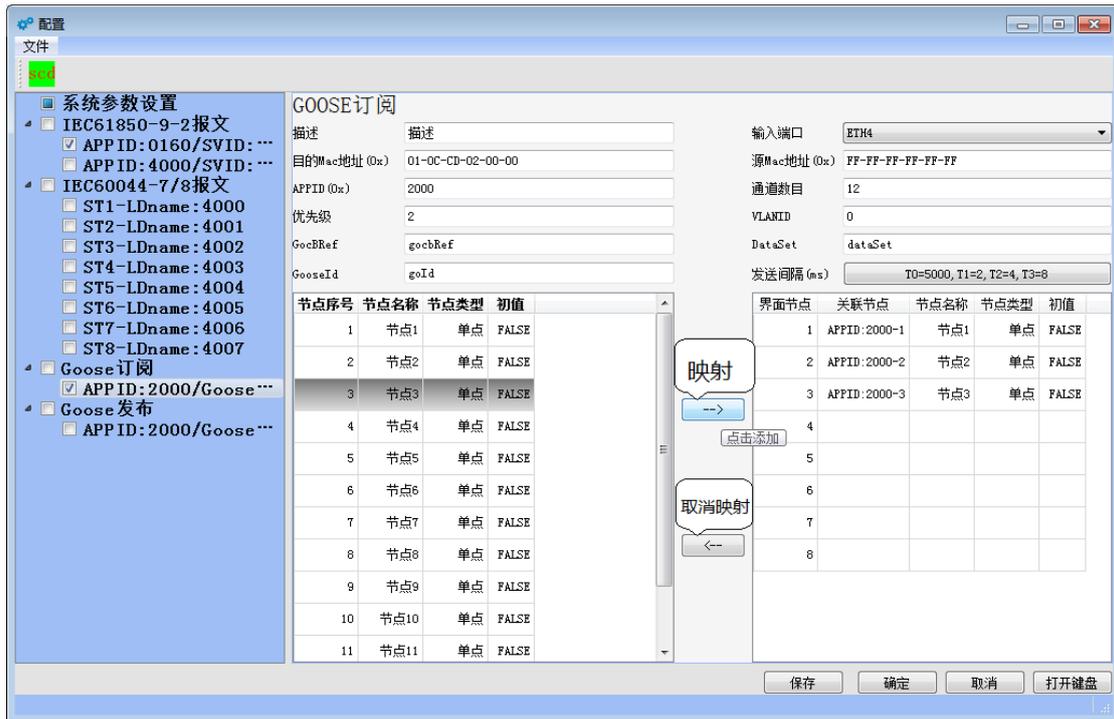


3.2.5 gose 订阅

Goose 控制块可从 SCD 文件导入，也可手动添加。方式与 9-2 报文一样。导入或手动添加后，一般只需要选择输出光口和映射通道。

映射节点，点击下图左边列表中的相应节点后，再点击向右的箭头，可看到右边列表中出现该节点的相关信息，即映射成功（也可以双击节点编号自动映射到右边）。如需取消，点击下图右边列表中的相应节点，再点击向左的箭头，该列表中的节点信息消失则取消该节点映射。（也可以双击左边界面的节点名称取消映射）右边列表中的“界面节点”序号对应测试软件模块内的开入序号。

注意：所有参数设置完成后，应先点击右下角的“保存”按钮，再点击“确定”按钮。



3.2.6 goose 发布

Goose 发布与 goose 订阅配置方式基本一样，唯一不同的是 goose 发布对应的是测试模块界面的开出。

注意：所有参数设置完成后，应先点击右下角的“保存”按钮，再点击“确定”按钮。



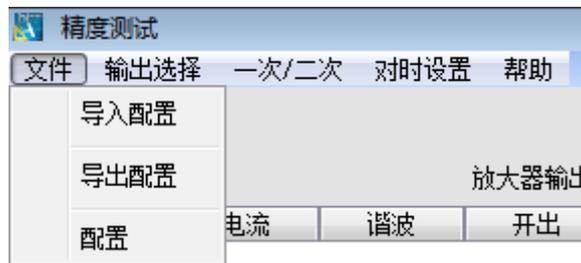
3.3 精度测试

精度测试模块主要功能有：采样精度测试、时钟同步测试、采样延时测试和谐波含量测试。测试完成后可生成相应的测试报告。模块主界面如下图。

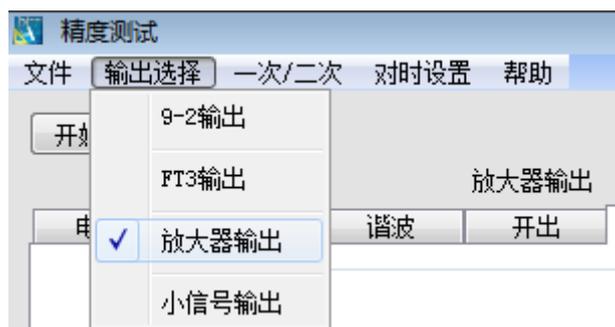


3.3.1 通用概念

文件：可将本次界面的相关参数保存下来，以备下次使用。也可打开以前保存的相关文件。另外，可从此处直接进入“系统配置”模块。



输出选择：可选择 9-2 输出、FT3 输出、放大器输出、小信号输出。除放大器输出外，9-2 输出、FT3 输出、小信号输出与“系统配置”信息有关系。如输出不对应仔细检查“系统配置”是否正确。



一次/二次：选择界面电压、电流显示方式。9-2 输出、小信号输出可选择界面为一次值或二次值显示。应注意它们与变比的换算。FT3 输出、放大器输出与则默认为二次值（不可选）。



对时设置：可选择手动输出、同步输出，后者又包括本机作为主时钟和本机作为从时钟两种方式。手动输出，无对时要求，点击“开始输出”后，直接就输出。本机作为主时钟，测试仪作为主时钟给被测设备对时，同时测试仪按照自身时钟在下一整秒开始输出。本机作为从时钟，外部时钟装置给测试仪与被测设备分别对时，同时测试仪按照外部时钟信号在下一整秒开始输出。



时间显示：显示当前时钟时间，以及触发时间。



开入状态：显示开入量状态，如断开状态为黑色，闭合状态为绿色。



同步状态与联机状态：本机作为从时钟时，显示是否已经同步。未同步为黑色，同步为绿色。联机状态，显示模块是否联机成功。



开出：显示 goose 发布的映射关系，并控制开关量输出（包括硬接点开出和 GOOSE 发布）。

| 电压 | 电流 | 谐波 | 开出 | 开入 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| 开出1 描述 (APPID:2000)-1 (节点1) <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出2 描述 (APPID:2000)-2 (节点2) <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出3 描述 (APPID:2000)-3 (节点3) <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出4 未设置 <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出5 未设置 <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出6 未设置 <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出7 未设置 <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |
| 开出8 未设置 <input type="radio"/> True <input checked="" type="radio"/> False | | | | |

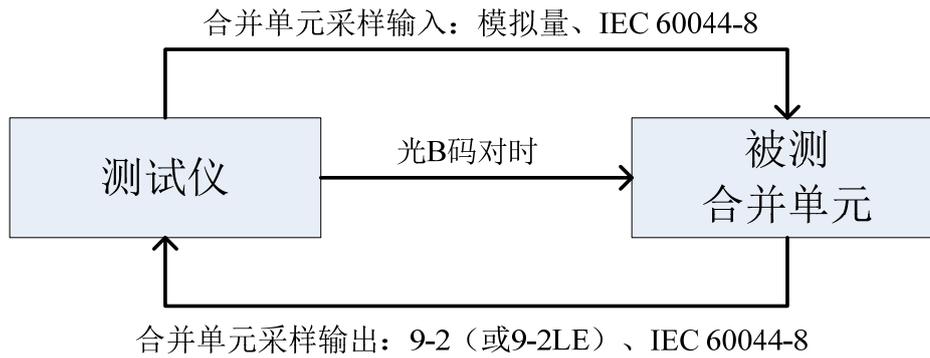
开入：显示 goose 订阅的映射关系。

| 电压 | 电流 | 谐波 | 开出 | 开入 |
|----|----|----|----|-----------------------------------------|
| | | | | 开入1 描述 (APPID:2000)-1 (节点1) TRUE |
| | | | | 开入2 描述 (APPID:2000)-2 (节点2) FALSE |
| | | | | 开入3 描述 (APPID:2000)-3 (节点3) FALSE |
| | | | | 开入4 未设置 FALSE |
| | | | | 开入5 未设置 FALSE |
| | | | | 开入6 未设置 FALSE |
| | | | | 开入7 未设置 FALSE |
| | | | | 开入8 未设置 FALSE |

3.3.2 采样精度测试

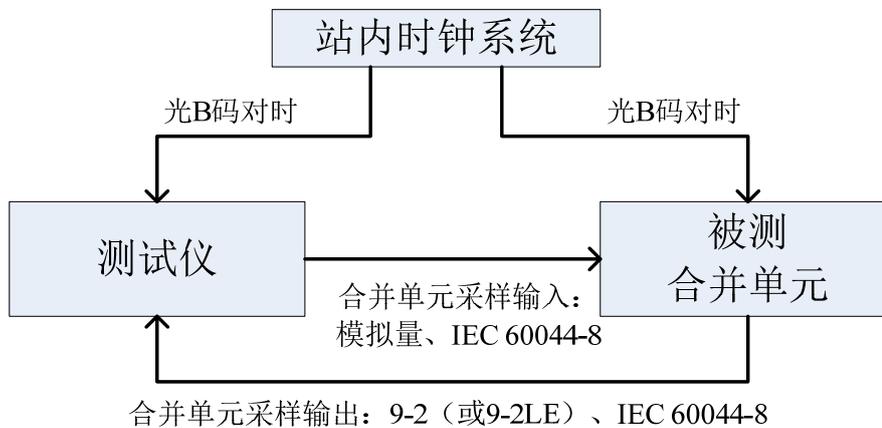
试验举例：为了更加贴近实际操作，现以实际试验为例进行讲解。被测合并单元为放大器信号输入（传统模拟量），数字信号输出（9-2 信号）。对时方式选择本机作为主时钟。

第一步：将放大器信号（模拟量）接入合并单元的输入端，将合并单元 9-2 信号输出光口连接到测试仪的光口（如光口 1），将测试仪 B 码输出口接入合并单元 B 码输入口，将合并单元的 PPS 输出口接入测试仪的 PPS 输入口。如下图：



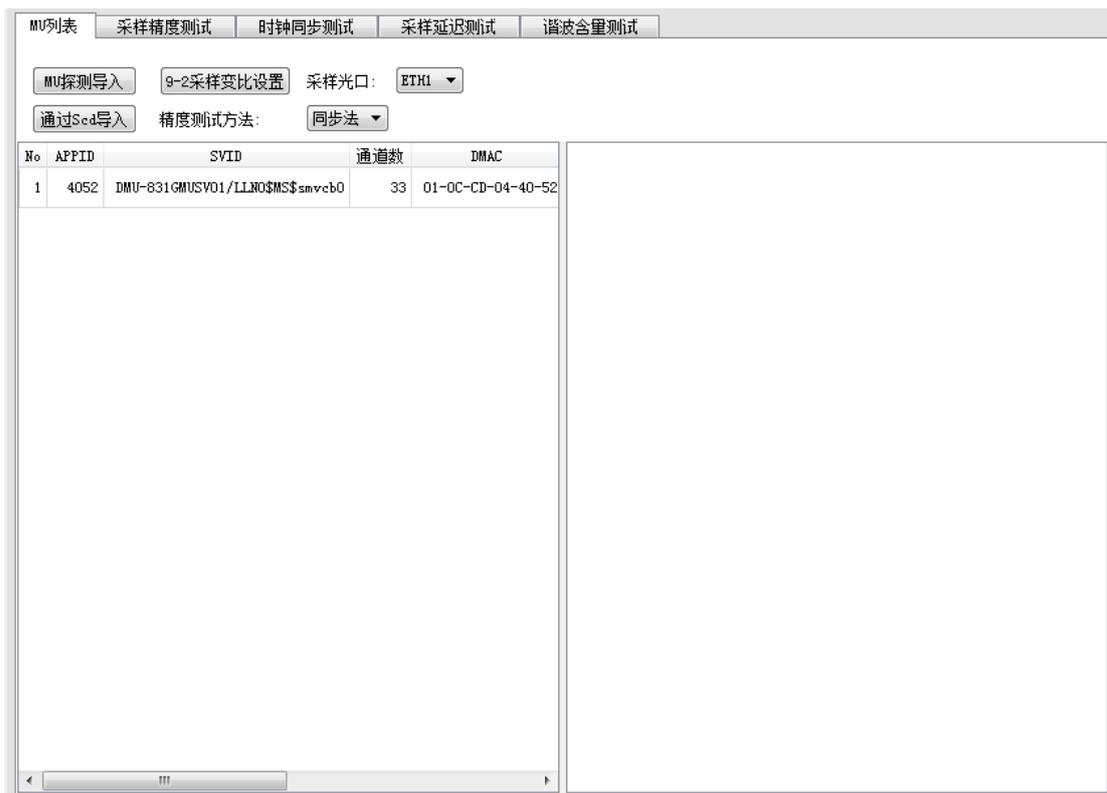
本机作为主时钟

如对时方式选择本机作为从时钟，则将外部时钟装置的 B 码输出口分别接入合并单元与测试仪的 B 码输入口，其余内容一样，故后面不再详述。如下图：

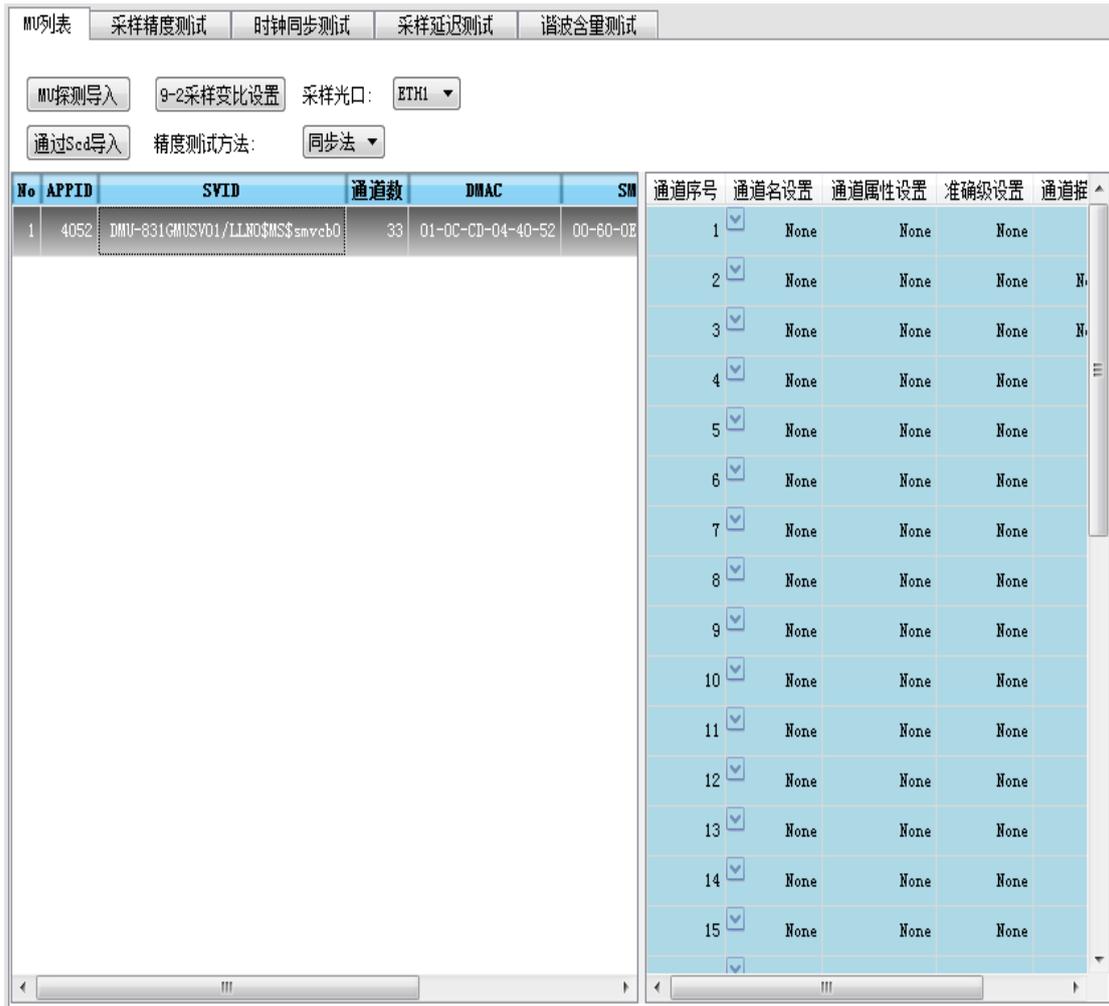


本机作为从时钟

第二步：进入精度测试模块后，先选择接入测试仪的 9-2 采样光口，点击“MU 列表”下的“MU 探测导入”按钮，探测出该合并单元输出到测试仪光口的 9-2 报文信息（如下图的 APPID 为 4052 的控制块）。如输入到本测试仪的接口协议为 FT3 方法类似，只是探测前应该将输入端口选择为 SR 口。如有 Scd 文件，也可通过 Scd 文件导入该控制块。点击“通过 Scd 导入”按钮即可，方法与“系统配置”内的 SCD 文件导入一样。应注意采样光口与实际接入光口同样应一致。建议使用探测的方式来获取控制块信息。



第三步：通道匹配。点击探测或导入的控制块（如点击 4052），软件右下角会显示该控制块的通道列表。通过探测方式得到的控制块，各个通道输出为电压还是电流是未知的，故通道列表内的内容全为 None，后期需要通过抓报文（报文监视）的方式来确定其通道对应为电压还是电流。通过 SCD 文件导入控制块，可通过通道名等信息来判断其各个通道到底对应电压还是电流，通道匹配相对简单，但要确保该 SCD 文件相关信息准确、相关名称通用性强，否则可能仍为 None。

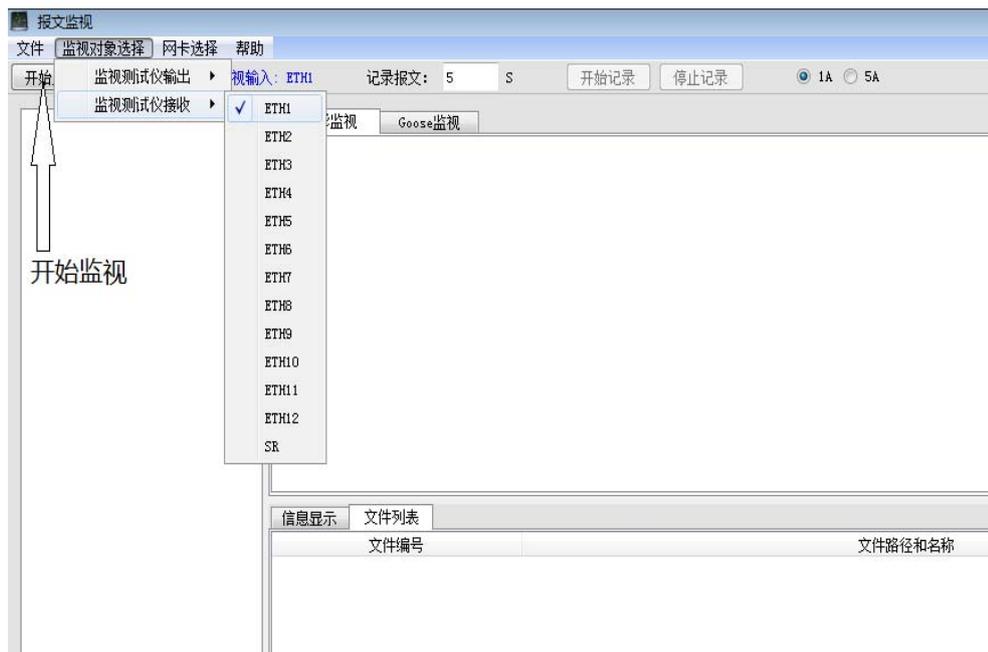


一、探测方式通道匹配：

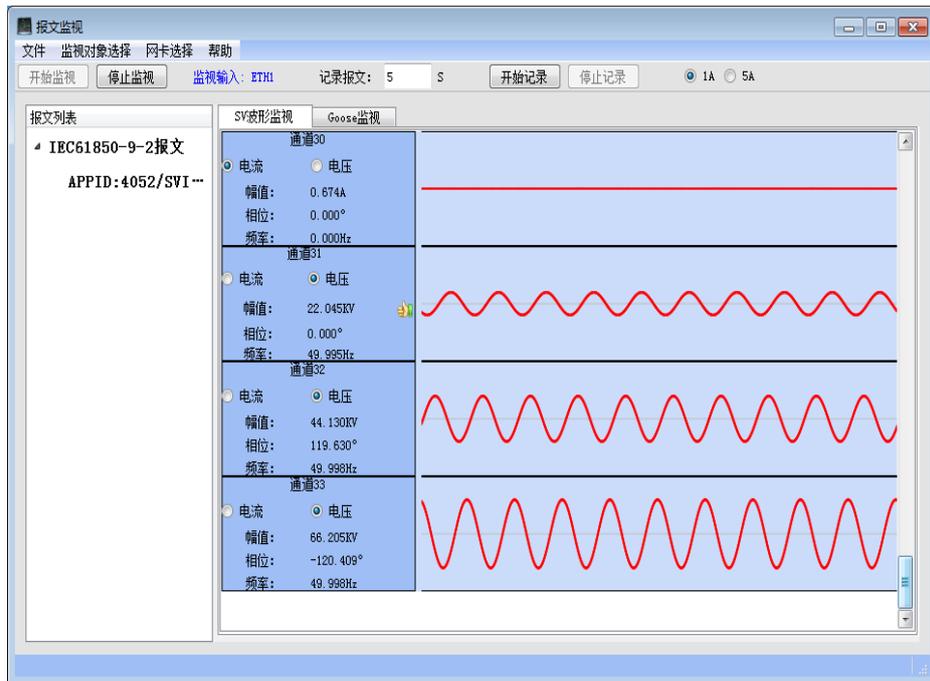
1. 将放大器信号（模拟量）接入合并单元输入端，并输出模拟量信号。如电压 A、B、C 三相分别输出 10V、20V、30V。



2. 打开软件主界面的“报文监视”模块，选择“监视测试仪接收”，并选择 ETH1（采样光口接入为光口 1），并点击“开始监视”按钮。



3. 通过报文监视模块可以看到只有通道 31、32、33 有波形，且大致 10: 20: 30 的比例。则可判断 31、32、33 通道为电压通道。电流通道的判断使用一样的方式即可。给定一定规律，也可将电压、电流一次性全部判断出来。通过一样的方法，确定被测合并单元第 2 到 7 同道均为电流。



4. 通道匹配。点击“通道名设置”下对应的 None，弹出通道窗口。然后点击通道窗口对应的通道，则该通道被匹配到该“通道名设置”栏中。如点击序号 2 对应的“通道名设置”处的 None 后，再点击 Ia1，则序号 2 通道被匹配成 Ia1。如下图所示为匹配好的示例。通道属性设置、准确级设置则需要根据该合并单元的具体情况来设置，其不影响测试精度的测试过程，也不影响测试结果中定量部分（数值部分），但影响测试结果定性部分（合格或不合格判断）。

5. 注意：通道窗口内的通道为测试仪实际对应的输出通道。如该测试仪放大器只有 3 个电流，则只能对应 Ia1, Ib1, Ic1, 其余的则不能使用。如该合并单元为 FT3 输入，则所有的通道则都能使用。



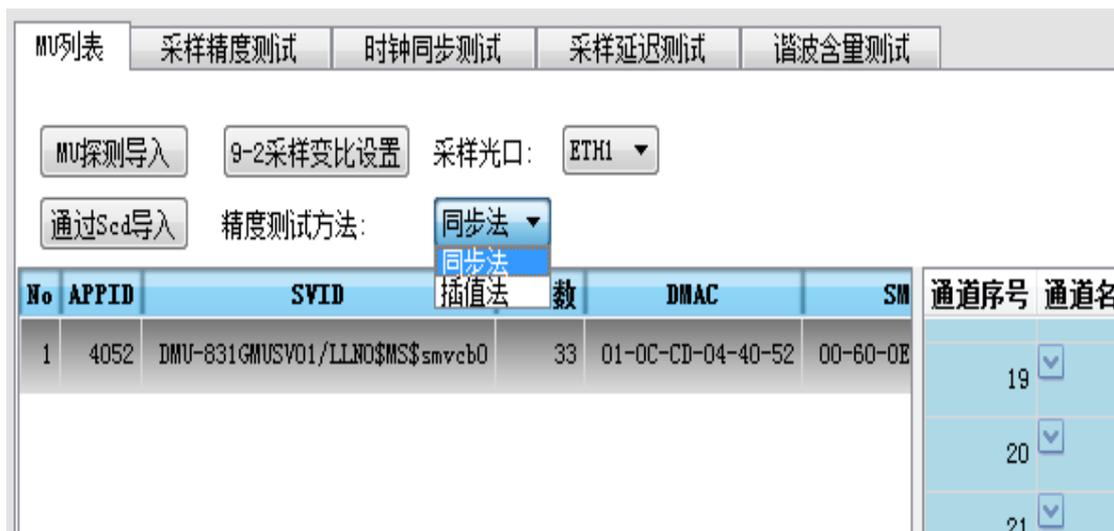
二、SCD 文件导入：可根据导入后的字面信息来匹配通道，如 SCD 文件信息不全，不能准确匹配，同样可使用抓报文的方式来匹配。

第四步：采样变比设置。应根据合并单元的实际变比设置。如该合并单元 PT 变比为 220KV/100V，CT 变比为 3KA/1A。

注意：变比组别应与通道匹配所匹配的通道一致。否则测试结果会错误。



第五步、选择测试方法。分为同步法与查值法。无论选择哪种方式，“对时设置”都要设置为“同步输出”。



第六步、在电压、电流界面设置相应的电压、电流后，点击“开始输出”按钮，测试仪开始输出放大器信号（模拟量）。



第六步、点击“采样精度测试”项目下的“测试”按钮，即可测试出相应的比差、角差及复合误差。测试结果包括测试总结与第N次测试结果。最终测试报告为测试总结。通过“导出报告”按钮可以导出测试报告，测试报告可为RTF格式（推荐，速度快且极好的支持WORD）或者DOC格式。整个精度测试完成。

| 通道 | 通道名 | 输出幅值 | 比差最大值(%) | 比差最小值(%) | 比差平均值(%) | 比差评定 | 角差最大值(°) | 角差最小值(°) | 角差平均值(°) | 角差评定 |
|----|------------|-------|----------|----------|----------|------|----------|----------|----------|------|
| 1 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 2 | Ia1 (保护电流) | 1.000 | 0.074 | 0.074 | 0.074 | 合格 | -9.420 | -9.420 | -9.420 | 合格 |
| 3 | Ia1 (保护电流) | 1.000 | 0.123 | 0.123 | 0.123 | 合格 | -10.560 | -10.560 | -10.560 | 合格 |
| 4 | Ib1 (保护电流) | 2.000 | 0.403 | 0.403 | 0.403 | 合格 | -25.620 | -25.620 | -25.620 | 合格 |
| 5 | Ib1 (保护电流) | 2.000 | 0.382 | 0.382 | 0.382 | 合格 | -26.400 | -26.400 | -26.400 | 合格 |
| 6 | Ic1 (保护电流) | 3.000 | 0.324 | 0.324 | 0.324 | 合格 | -27.240 | -27.240 | -27.240 | 合格 |
| 7 | Ic1 (保护电流) | 3.000 | 0.286 | 0.286 | 0.286 | 合格 | -26.940 | -26.940 | -26.940 | 合格 |
| 8 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 9 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 10 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 11 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 12 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 13 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 14 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |
| 15 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | |

APPID: 4052 测试次数: 1

测试 清除结果 导入报告 导出报告

第1次测试结果 测试总结

| 角差最大值(°) | 角差最小值(°) | 角差平均值(°) | 角差评定 | 复合误差最大值(%) | 复合误差最小值(%) | 复合误差平均值(%) | 复合误差评定(%) | 频率(Hz) |
|----------|----------|----------|------|------------|------------|------------|-----------|--------|
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| -9.420 | -9.420 | -9.420 | 合格 | 2.363 | 2.363 | 2.363 | 合格 | 49.960 |
| -10.560 | -10.560 | -10.560 | 合格 | 2.346 | 2.346 | 2.346 | 合格 | 49.896 |
| -25.620 | -25.620 | -25.620 | 合格 | 1.918 | 1.918 | 1.918 | 合格 | 49.978 |
| -26.400 | -26.400 | -26.400 | 合格 | 1.913 | 1.913 | 1.913 | 合格 | 50.011 |
| -27.240 | -27.240 | -27.240 | 合格 | 1.849 | 1.849 | 1.849 | 合格 | 49.977 |
| -26.940 | -26.940 | -26.940 | 合格 | 1.848 | 1.848 | 1.848 | 合格 | 50.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |
| 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | 0.000 |

APPID: 4052 测试次数: 1

测试 清除结果 导入报告 导出报告

第1次测试结果 测试总结

| 通道 | 通道名 | 幅值 (V/A) | 角差 (°) | 频率 (Hz) | 差值 (V/A) | 比差 (%) | 复合误差 (%) |
|----|------------|----------|---------|---------|----------|--------|----------|
| 1 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 2 | Ia1 (保护电流) | 1.001 | -9.420 | 49.960 | 0.001 | 0.074 | 2.363 |
| 3 | Ia1 (保护电流) | 1.001 | -10.560 | 49.896 | 0.001 | 0.123 | 2.346 |
| 4 | Ib1 (保护电流) | 2.008 | -25.620 | 49.978 | 0.008 | 0.403 | 1.918 |
| 5 | Ib1 (保护电流) | 2.008 | -26.400 | 50.011 | 0.008 | 0.382 | 1.913 |
| 6 | Ic1 (保护电流) | 3.010 | -27.240 | 49.977 | 0.010 | 0.324 | 1.849 |
| 7 | Ic1 (保护电流) | 3.009 | -26.940 | 50.000 | 0.009 | 0.286 | 1.848 |
| 8 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 9 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 10 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 11 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 12 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 13 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 14 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |
| 15 | None | 0.000 | 0.000 | 0.000 | | | |

如果合并单元输入端为 FT3，输出端为 9-2 报文，则通过“系统配置”配置相应的 ST 口输出 FT3。“精度测试”模块输出选择“FT3 输出”，其余的与前面所述基本一样。如果合并单元输入端为为放大器信号，输出端为 FT3，则采样光口需选择 SR 口，报文监视时，测试仪监视 FT3 输入也必须选择 SR 口。

3.3.3 时钟同步测试

测试接线：本机作为主时钟时，将测试仪 B 码输出，接入合并单元 B 码输入。将合并单元 PPS 输出接入测试仪的 PPS 输入。PPS 分为光 PPS 与电 PPS，具体根据合并单元使用哪种来选择。本机作为从时钟，将外部时钟装置的 B 码输出分别接入合并单元与测试仪。将合并单元 PPS 输出接入测试仪的 PPS 输入。PPS 分为光 PPS 与电 PPS，具体根据合并单元使用哪种来选择。

测试对时精度时直接点击“测试”，自动生成并保存报告；时钟同步测试时首先测试一次对时精度，然后断开被测设备 B 码对时，过一段时间后再测试一次对时精度，比较前后两次的差即可知道守时精度。

MU列表
采样精度测试
时钟同步测试
采样延迟测试
谐波含量测试

测试次数:

接收PPS:
光PPS

导入报告
导出报告

测试

| 测试项目 | | |
|-----------|-------|---------|
| 对时及守时精度测试 | 用时: | 1.561 s |
| | 最大误差: | 280 ns |
| | 最小误差: | 280 ns |
| | 平均误差: | 280 ns |

```

graph LR
    A[测试仪] -- "光B码对时" --> B[被测MU]
    B -- "光PPS/电PPS" --> A
    
```

3.3.4 采样延迟测试

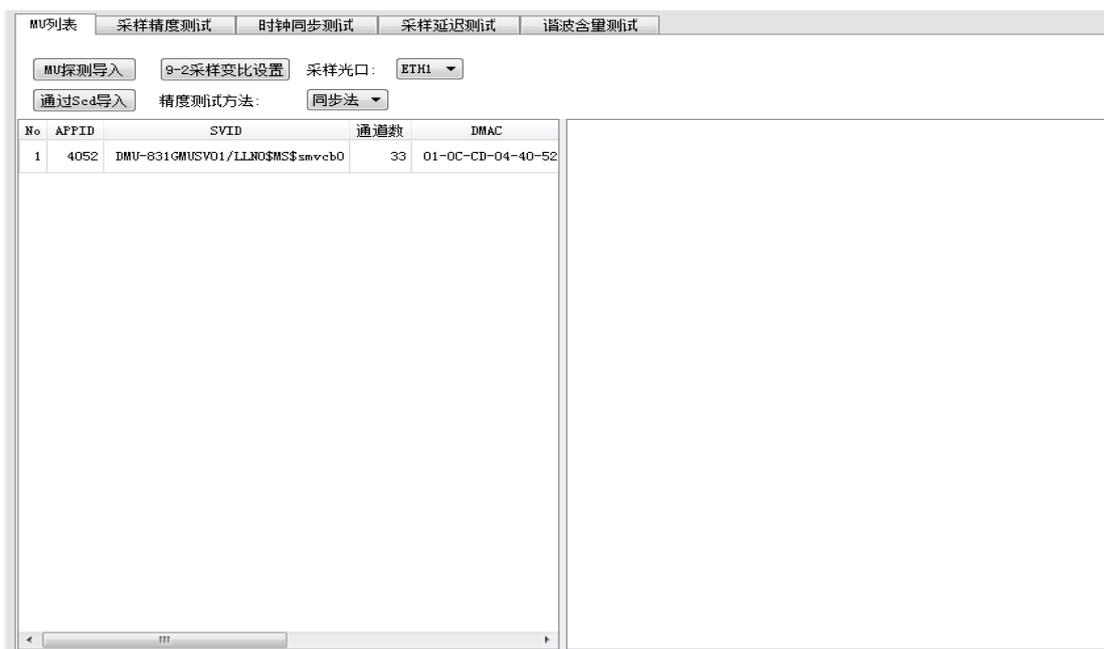
采样延迟测试测试有两个指标，一个是额定延迟时间，另一个是实际延迟时间。可在完成“采样精度测试”后再一起测试。如单独测试则按照以下步骤测试。

第一步：将放大器信号（合并单元为模拟量输入）或 FT3 信号（合并单元为 FT3 输入）接入合并单元的输入端，将合并单元 9-2 信号输出光口连接到测试仪的光口（如光口 1）或 SR 口（合并单元输出为 FT3）。

对时方式选择本机作为主时钟时：将测试仪 B 码输出口接入合并单元 B 码输入口，将合并单元的 PPS 输出口接入测试仪的 PPS 输入口。PPS 分为光 PPS 与电 PPS，具体根据合并单元使用哪种来选择。

对时方式选择本机作为从时钟：则将外部时钟装置的 B 码输出口分别接入合并单元与测试仪的 B 码输入口，将合并单元的 PPS 输出口接入测试仪的 PPS 输入口。PPS 分为光 PPS 与电 PPS，具体根据合并单元使用哪种来选择。

第二步：进入精度测试模块后，点击“MU 列表”下的“MU 探测导入”按钮，探测出该合并单元输出到测试仪光口的 9-2 报文信息（如下图的 APPID 为 4052 的控制块）。如输出为 FT3 方法类似。如有 Scd 文件，也可通过 Scd 文件导入该控制块。点击“通过 Scd 导入”按钮即可，方法与“系统配置”内的 SCD 文件导入一样。应注意采样光口与实际接入光口同样应一致。注意 FT3 采样光口为 SR 口。



第三步：直接点击“开始输出”，放大器信号（合并单元输入端为模拟量）或 FT3 信号（合并单元输入端为模拟量）输入合并单元输入端。然后点击“采样延时测试”项目下的“测试”按钮，即可测试。与“采样精度测试”不同的是，不需要通道匹配、不需要设置 9-2 采样变比。

MU列表 采样精度测试 时钟同步测试 采样延迟测试 谐波含量测试

APPID: 4052 测试次数: 1

测试 导入报告 导出报告

| 测试项目 | | |
|--------|-------|-------------|
| 采样延迟时间 | 用时: | 2.313s |
| | 最大误差: | 1751.562 us |
| | 最小误差: | 1751.562 us |
| | 平均误差: | 1751.562 us |
| 额定延迟时间 | | 1750.000 us |

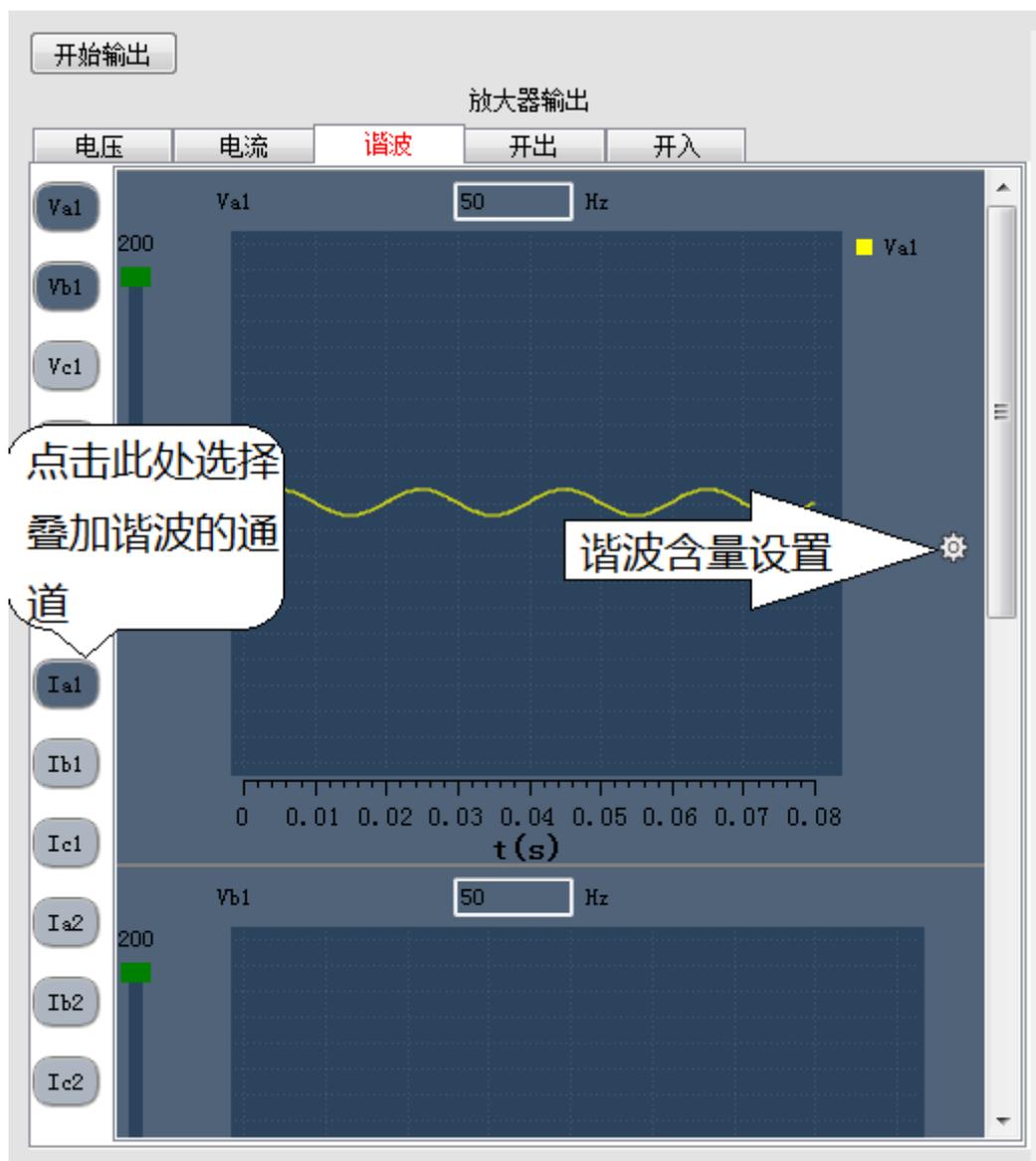
3.3.5 谐波含量测试

谐波含量测试，所有步骤与“采样精度测试”一致，唯一不同在于在测试过程中叠加有谐波分量。具体步骤详见“采样精度测试”所述。下面只介绍如何将谐波叠加到各个通道中去。

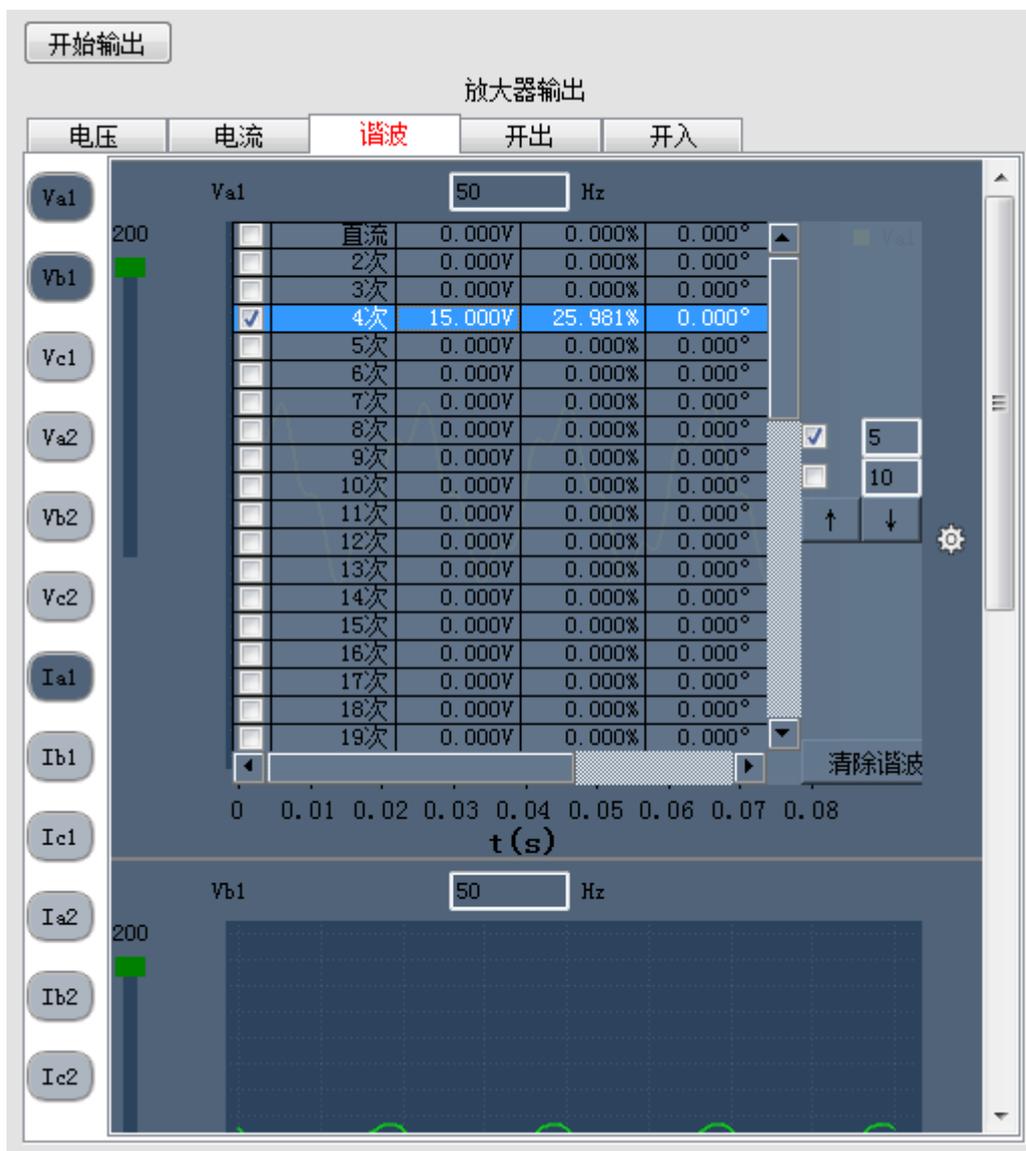
第一步：在“开始测试”之前点击“谐波”页面。如要在某个通道叠加谐波，则点击该通道名称（如下图的 Va1、Vb1、Ia1），点击后变成深色，说明该通道被选中叠加谐波。

注意：点选某通道出谐波后，“谐波”二字变成红色。提示当前设置有谐波叠加，如要进行“采样精度测试”，必须关闭所有谐波通道。谐波会影响采样精度测试的准确性。

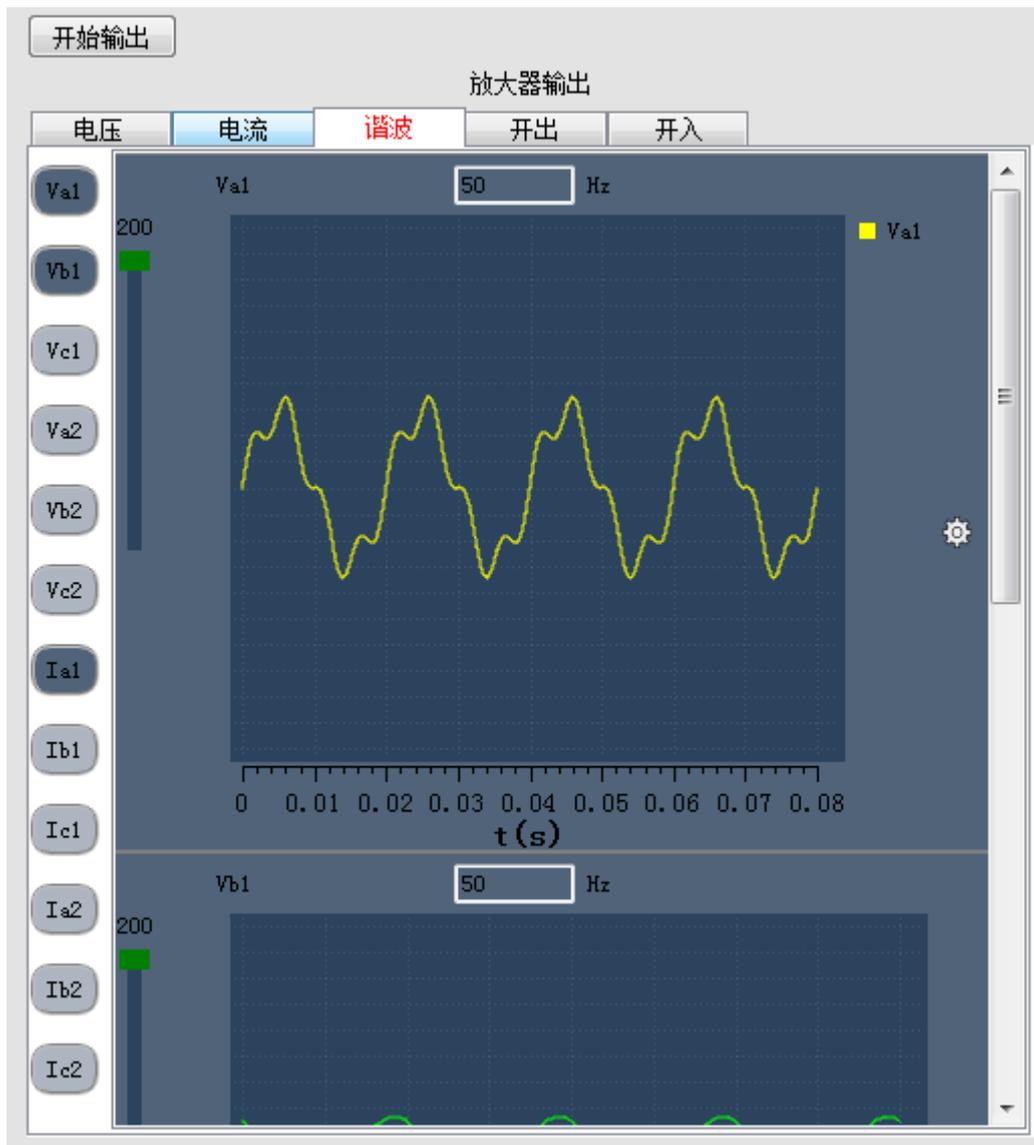
第二步：点击“谐波含量设置”图标，可打开谐波含量设置界面。



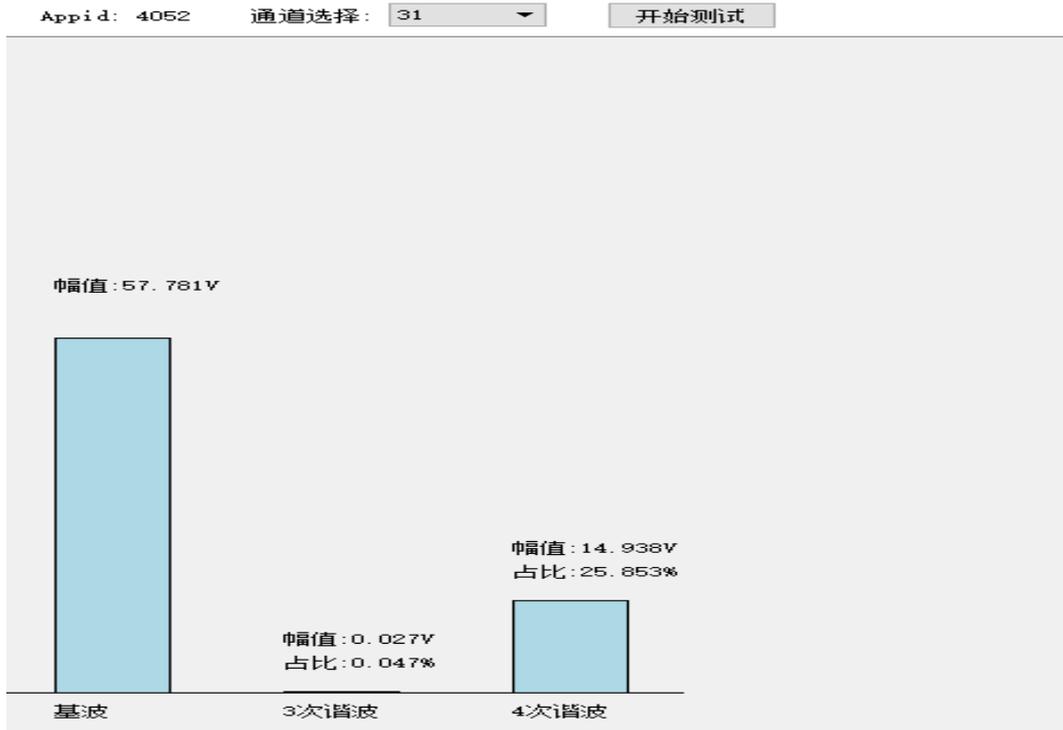
第三步：谐波含量设置。勾选需要叠加的谐波次数。谐波幅值、百分数、谐波初始角均可手动输入。可点击向上、向下箭头，按照步长改变谐波幅值大小、相角大小。如图设置 Va1 基波幅值为 57.735 叠加 15V 的 4 次谐波



再点击“谐波含量设置”图标, 可看到叠加谐波后的理论图像。



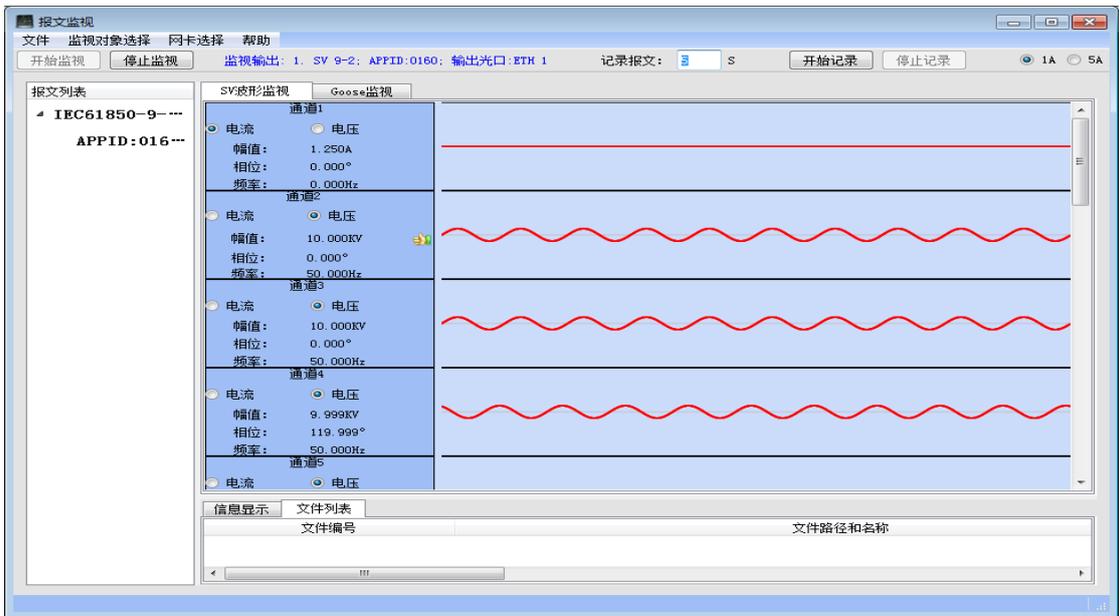
第四步：点击“精度测试”模块主界面的“开始输出”按钮，即可输出基波与谐波。最后点击“谐波含量测试”界面的“测试”即可测试谐波含量。



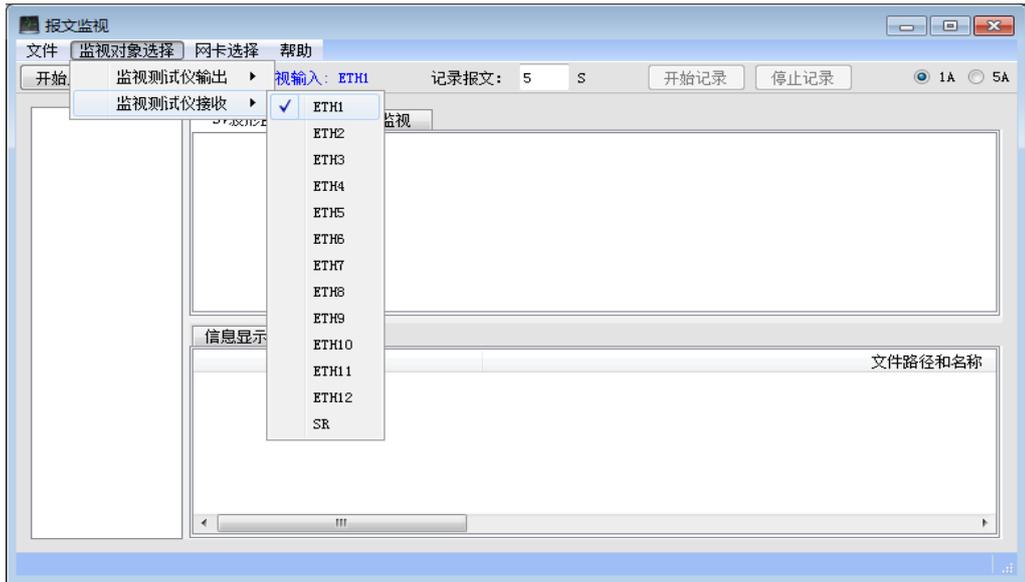
3.4 报文监视

该模块主要功能有：监视测试仪 9-2 报文、FT3 报文的输出与输入，监视 Goose 报文的输入。可实时显示 9-2 报文、FT3 报文的幅值、相位、频率，可实时反映 Goose 报文的变位情况。9-2 报文输出监视，监视光口应选择实际输出光口，9-2 报文输入监视，监视光口应选择实际输入的光口。FT3 报文输出监视，监视光口应选择实际输出光口，FT3 报文输入监视，报文只能接入 SR 口，然后监视 SR 口。

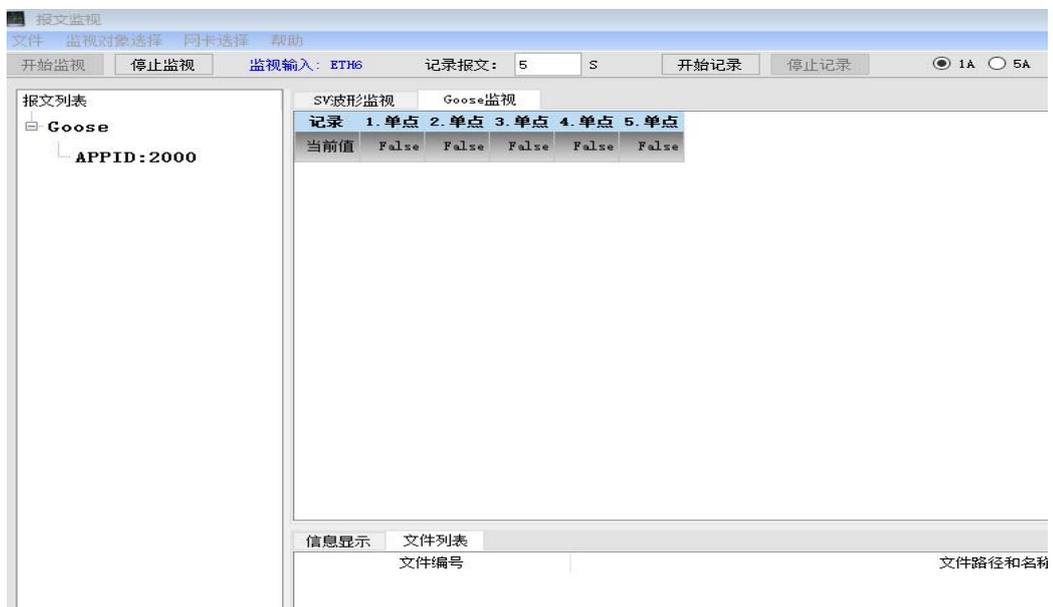
监视 SMV 输出：点击“监视对象选择”后，再点击“监视测试仪输出”，最后选择要监视的 SV 报文（如 APPID 为 0160），选择后点击“开始监视”按钮即可监视。



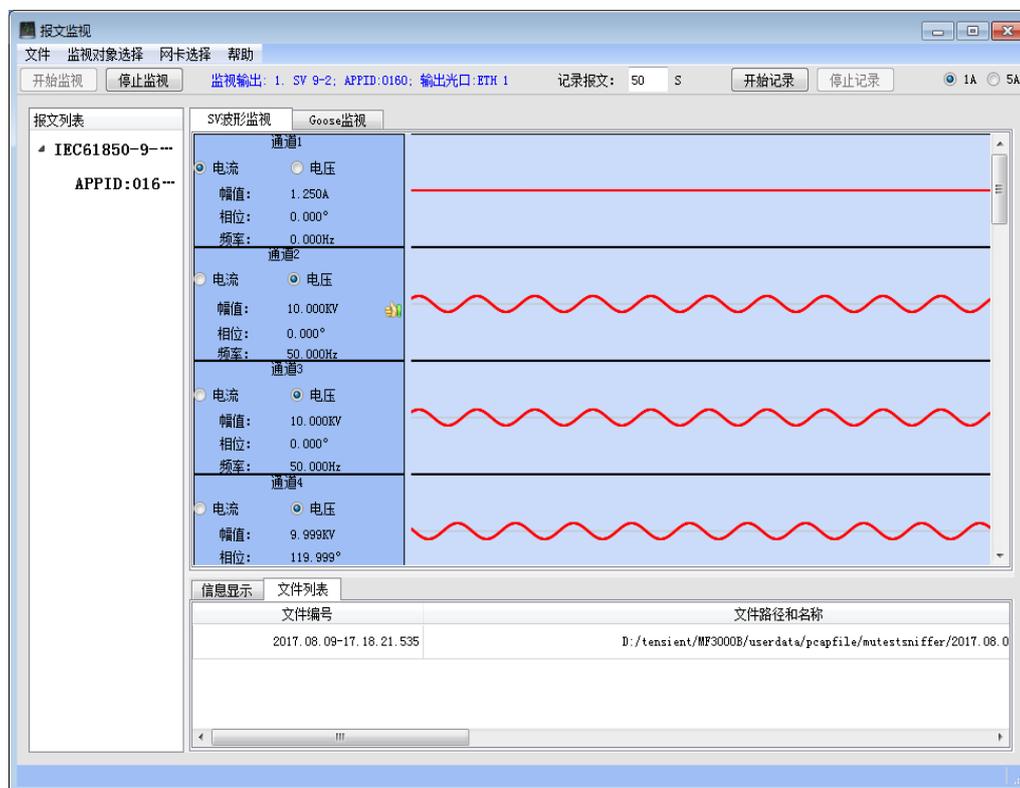
监视 SMV 输入：点击“监视对象选择”后，再点击“监视测试仪接收”，最后选择要监视的光口，选择后点击“开始监视”按钮即可监视。注：FT3 接收只能接入 SR 口，同时监视 SR 口。



监视 goose 报文输入：与监视 SMV 输入一样，点击“监视对象选择”后，再点击“监视测试仪接收”，最后选择要监视的光口，选择后点击“开始监视”按钮即可监视。



报文记录：在报文监视过程中，可以将数据手动记录保存为 PCAP 文件。设定报文记录时长，点击“开始记录”按钮即可开始记录报文。“文件列表”下所列的文件，即为每次记录的报文，点击后可以通过报文分析模块打开该报文。

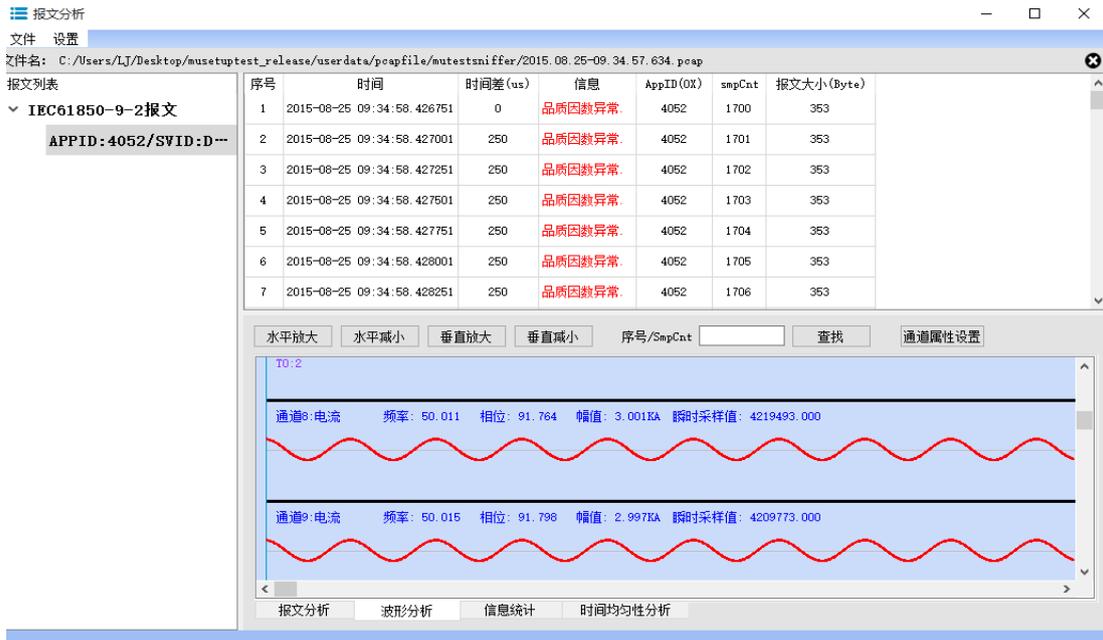


监视软件还具有在线分析功能，如能分析 9-2 报文丢帧，序号跳变，序号重复，离散度异常，GOOSE 节点变位等等，并能自动记录信息点前后的报文，让用户有充分的数据分析信息点。

3.5 报文分析软件

该软件主要用于离线分析标准 PCAP 格式的 9-2、GOOSE、FT3 报文，能够显示他们的报文类型、报文结构、有无异常（如丢帧、离散度异常、同步标示异常等）、波形等等。

分析采样报文的电流电压波形：



分析采样报文的树形结构：



统计采样报文的异常信息：

报文分析
文件 设置
文件名: D:/pcap文件/2.pcap
报文列表

IEC61850-9-2报文
APPID:4156/SVID:ML056MU/LLNO.SVCBO

| 序号 | 时间 | 时间差 (us) | 信息 | AppID (OX) | smpCnt | 报文大小 (Byte) |
|-----|----------------------------|----------|--------|------------|--------|-------------|
| 711 | 2012-09-14 17:24:20.923735 | 280 | 高散度异常. | 4156 | 2242 | 177 |
| 712 | 2012-09-14 17:24:20.923954 | 219 | 高散度异常. | 4156 | 2243 | 177 |
| 713 | 2012-09-14 17:24:20.924232 | 278 | 高散度异常. | 4156 | 2244 | 177 |
| 714 | 2012-09-14 17:24:20.924454 | 222 | 高散度异常. | 4156 | 2245 | 177 |

序号/SmpCnt 查找

| 序号 | APPID | 错误信息 | 错误位置 |
|----|-------|--------|------|
| 1 | 4156 | 高散度异常. | 521 |
| 2 | 4156 | 高散度异常. | 522 |
| 3 | 4156 | 高散度异常. | 648 |
| 4 | 4156 | 高散度异常. | 649 |
| 5 | 4156 | 高散度异常. | 709 |
| 6 | 4156 | 高散度异常. | 710 |
| 7 | 4156 | 高散度异常. | 711 |
| 8 | 4156 | 高散度异常. | 712 |
| 9 | 4156 | 高散度异常. | 713 |
| 10 | 4156 | 高散度异常. | 714 |
| 11 | 4156 | 高散度异常. | 715 |
| 12 | 4156 | 高散度异常. | 716 |
| 13 | 4156 | 高散度异常. | 717 |
| 14 | 4156 | 高散度异常. | 718 |
| 15 | 4156 | 高散度异常. | 719 |
| 16 | 4156 | 高散度异常. | 720 |
| 17 | 4156 | 高散度异常. | 721 |
| 18 | 4156 | 高散度异常. | 722 |
| 19 | 4156 | 高散度异常. | 723 |
| 20 | 4156 | 高散度异常. | 724 |
| 21 | 4156 | 高散度异常. | 726 |
| 22 | 4156 | 高散度异常. | 727 |
| 23 | 4156 | 高散度异常. | 728 |
| 24 | 4156 | 高散度异常. | 729 |
| 25 | 4156 | 高散度异常. | 730 |
| 26 | 4156 | 高散度异常. | 731 |
| 27 | 4156 | 高散度异常. | 732 |
| 28 | 4156 | 高散度异常. | 772 |

报文分析 波形分析 信息统计 时间均匀性分析

统计采样报文间的时间间隔（离散度）：

报文分析
文件 设置
文件名: D:/pcap文件/2.pcap
报文列表

IEC61850-9-2报文
APPID:4156/SVID:ML056MU/LLNO.SVCBO

| 序号 | 时间 | 时间差 (us) | 信息 | AppID (OX) | smpCnt | 报文大小 (Byte) |
|-----|----------------------------|----------|--------|------------|--------|-------------|
| 711 | 2012-09-14 17:24:20.923735 | 280 | 高散度异常. | 4156 | 2242 | 177 |
| 712 | 2012-09-14 17:24:20.923954 | 219 | 高散度异常. | 4156 | 2243 | 177 |
| 713 | 2012-09-14 17:24:20.924232 | 278 | 高散度异常. | 4156 | 2244 | 177 |
| 714 | 2012-09-14 17:24:20.924454 | 222 | 高散度异常. | 4156 | 2245 | 177 |

序号/SmpCnt 查找

报文时间间隔统计

| 范围 | 百分比 |
|-------------|--------|
| 240-280 | 0.00 % |
| 小于240或大于280 | 0.00 % |
| 小于200或大于300 | 0.00 % |
| 小于150或大于350 | 0.00 % |
| 小于50或大于450 | 0.00 % |

报文分析 波形分析 信息统计 时间均匀性分析

分析 GOOSE 报文的树形结构：

报文分析
文件 设置
文件名: D:\pcap文件\goose10.pcap

报文列表

- Goose
 - APPID:2000

| 序号 | 时间 | 时间差 (ms) | 信息 | AppID (0x) | StNum | SqNum | 报文大小 (Byte) |
|----|----------------------------|----------|--------|------------|-------|-------|-------------|
| 3 | 2012-09-27 10:14:37.708275 | 2 | | 2000 | 1 | 3 | 122 |
| 4 | 2012-09-27 10:14:37.712277 | 4 | | 2000 | 1 | 4 | 122 |
| 5 | 2012-09-27 10:14:37.720275 | 8 | | 2000 | 1 | 5 | 122 |
| 6 | 2012-09-27 10:14:37.832859 | 112 | 正常状态变位 | 2000 | 2 | 0 | 122 |
| 7 | 2012-09-27 10:14:37.834644 | 2 | | 2000 | 2 | 1 | 122 |

title value

- Ethernet
 - Destination Mac: 01-0C-CD-02-00-01
 - Source Mac: FF-FF-FF-FF-FF-FF
 - Ethernet Type: 802.1Q VLAN (0x8100)
 - VLAN_TCI: 0x8000
 - Package Type: IEC-SMV (0x9888)
- IEC-GOOSE
 - AppID: 0x2000
 - Length: 104
 - Reserved1: 0x0000
 - Reserved2: 0x0000
- PDU
 - PDU Length: 94
 - GOOSE Control Reference: GOCBREF
 - Time Allowed To Live (TTL): 4000
 - Dataset Reference (datSe): DATASET
 - GOOSE ID (goID): GOID
 - Event Timestamp (time): 2011-09-27 18:10:19.428994 Quality: OX50
 - State Change Number (stN): 2
 - Sequence Number (sqNum): 2
 - Test Mode (test): False
 - Configure Rev (confRev): 1

```

01 0C CD 02 00 01 FF FF FF FF FF 81 00 :
88 B8 20 00 00 88 00 00 00 00 61 5E 80 07 :
83 82 52 85 66 81 02 0F AD 82 07 84 81 74 :
85 74 83 04 87 6F 49 64 84 08 4E 81 A1 08 :
95 50 85 04 00 00 00 02 86 04 00 00 00 02 :
00 88 01 01 89 01 00 8A 01 0A AB 1E 83 01 :
01 00 83 01 00 83 01 00 83 01 00 83 01 00 :
00 83 01 00 83 01 00 83 01 00
                    
```

报文分析 信息统计

统计 GOOSE 报文的变位及异常信息：

报文分析
文件 设置
文件名: D:\pcap文件\goose10.pcap

报文列表

- Goose
 - APPID:2000

| 序号 | 时间 | 时间差 (ms) | 信息 | AppID (0x) | StNum | SqNum | 报文大小 (Byte) |
|----|----------------------------|----------|--------|------------|-------|-------|-------------|
| 3 | 2012-09-27 10:14:37.708275 | 2 | | 2000 | 1 | 3 | 122 |
| 4 | 2012-09-27 10:14:37.712277 | 4 | | 2000 | 1 | 4 | 122 |
| 5 | 2012-09-27 10:14:37.720275 | 8 | | 2000 | 1 | 5 | 122 |
| 6 | 2012-09-27 10:14:37.832859 | 112 | 正常状态变位 | 2000 | 2 | 0 | 122 |
| 7 | 2012-09-27 10:14:37.834644 | 2 | | 2000 | 2 | 1 | 122 |

| 序号 | APPID | 错误信息 | 错误位置 |
|----|-------|--------|------|
| 1 | 2000 | 正常状态变位 | 6 |

报文分析 信息统计

3.6 动作时间

本装置提供三种方式测试智能终端动作时间：GOOSE 输出—GOOSE 输入、硬接点开入—GOOSE 输入、GOOSE 输出—硬接点开入。如下图所示。

名称解释：

最长输出时间：勾选时，在最长输出时间内如未接受到动作信号，最长时间达到后，停止测试。如在最长输出时间内接受到动作信号，接受到信号后，马上停止测试。未勾选时，等到有动作信号，才停止测试，否则一直测试。

开关量触发条件：勾选判断动作的开入节点，测试中必须勾选，且应与实际接入接点一致（goose 与映射节点一致）。

动作逻辑：或，勾选多个节点时，任意一个动作就得到测试结果，停止测试。与，勾选多个节点时，所有勾选的节点全部动作才得到测试结果，停止测试。



下面以 GOOSE 出—GOOSE 入为例进行讲解。

第一步：测试接线，将两组光纤线分别接入测试仪的两个光口（如光口 1 和光口 2），将光口 1（发出 goose 信号给智能终端）一组光纤线另一端接入智能终端的输入端（接收测试仪发出的 goose 信号），将光口 2（接收智能终端发出的 goose 信息）一组光纤线另一端接入智能终端的输出端（发出 goose 信号给测试仪）。

第二步：在系统配置处，配置 goose 信息。光口 1 配置 goose 发布（配置 goose 输出信息），在光口 2 配置 goose 订阅（配置 goose 输入信息）。最后，点击“保存”与“确定”按钮，完成配置下载。

Goose 发布：



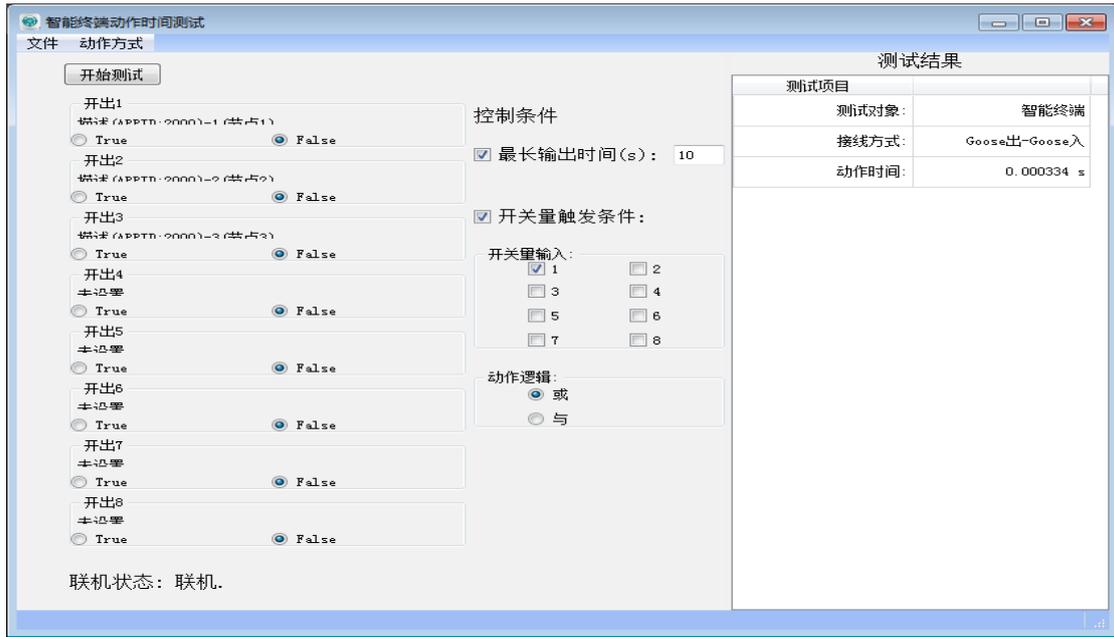
Goose 订阅：



第三步：进入“动作时间”模块。将开出1置为“true”后，再点击“开始测试”，测出动作时间。



动作结果：



Goose 出一硬入：测试方法与 goose 出—goose 入类似。不同的是：测试输入为硬接点输入，不必配置 goose 订阅，只需将智能终端的开出端口接入测试仪的开关量输入端口即可。

硬出—goose 入：测试方法与 goose 出—goose 入类似。不同的是：测试输出为硬接点输出，不必配置 goose 发布，只需将测试仪的开关量输出端口接入智能终端的开入端口即可。

附件一 输出到 MU 前端的数字协议标准

该接口标准引自 GB/T 20840.8—2007 相关规定

6.5.1 MU 与 ECT/EVT 的接口

符合 GB/T 20840.8—2007 相关规定。

ECT/EVT 与 MU 之间的数据采用串行传输，可采用异步方式传输，也可采用同步方式传输。传输介质采用光纤传输。

6.5.1.1 异步方式传输

- a) MU 和电子式互感器的数据通信参照 GB/T 18657.1—2002 的 FT3 的固定长度帧格式，数据传输帧格式见表 2~表 5。
- b) 电子式互感器与 MU 之间宜采用多模光纤，逻辑“1”定义为“光纤灭”，逻辑“0”定义为“光纤亮”。传输速率为 2.0Mbit/s 或其整数倍。采样率为 4000Hz，帧格式 I、II、III 的传输速率宜为 2.0Mbit/s，帧格式 IV 的传输速率宜为 4.0Mbit/s。采样率为 12 800Hz，帧格式 I、II、III 的传输速率宜为 6.0Mbit/s，帧格式 IV 的传输速率宜为 8.0Mbit/s。光波长范围为 820nm~860nm (850nm)，光缆类型为 62.5/125 μ m 多模光纤，光纤接头宜采用 ST 或 FC 接头。

表 2 数据传输帧格式 I (单相互感器)

| bit 位 | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 | |
|--------------|-------------|----------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
| 起始符 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | |
| 用户数据 (16 字节) | msb | 报文类型 (0×01) | | | | | | lsb | |
| | msb | 温度℃ | | | | | | lsb | |
| | msb | 额定延时时间 t_{dr} μs | | | | | | lsb | |
| | msb | DataChannel #1 保护用电流数据 1 | | | | | | lsb | |
| | msb | DataChannel #2 保护用电流数据 2 | | | | | | lsb | |
| | msb | DataChannel #3 测量用电流数据 | | | | | | lsb | |
| | msb | DataChannel #4 本相电压 1 | | | | | | lsb | |
| | msb | DataChannel #5 本相电压 2 | | | | | | lsb | |
| | msb | 状态字 1 | | | | | | lsb | |
| | CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | | |
| | 用户数据 (4 字节) | msb | 状态字 2 | | | | | | lsb |
| msb | | SmpCnt | | | | | | lsb | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb | |
| | | | | | | | | | |

表 3 数据传输帧格式 II (三相电流互感器)

| bit 位 | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
|--------------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 起始符 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 用户数据 (16 字节) | msb | 报文类型 (0×02) | | | | | | lsb |
| | msb | 温度℃ | | | | | | lsb |
| | msb | 额定延时时间 t_{dr} μs | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #1 A 相保护用电流数据 1 | | | | | | lsb |

表 3 (续)

| bit 位 | 2 ⁷ | 2 ⁶ | 2 ⁵ | 2 ⁴ | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ |
|--------------|----------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 用户数据 (16 字节) | msb | DataChannel #2 A 相保护用电流数据 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #3 B 相保护用电流数据 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #4 B 相保护用电流数据 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| 用户数据 (12 字节) | msb | DataChannel #7 A 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #8 B 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #9 C 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 状态字 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | 状态字 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | SmpCnt | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |

表 4 数据传输帧格式Ⅲ（三相电压互感器）

| bit 位 | 2 ⁷ | 2 ⁶ | 2 ⁵ | 2 ⁴ | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ |
|-------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 起始符 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 用户数据（16 字节） | msb | 报文类型（0×03） | | | | | | lsb |
| | msb | 温度℃ | | | | | | lsb |
| | msb | 额定延时时间 t_d μs | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #1 A 相电压 1 | | | | | | lsb |
| | msb | | | | | | | lsb |
| | msb | | | | | | | lsb |

7

DL/T 282 — 2012

表 4（续）

| bit 位 | 2 ⁷ | 2 ⁶ | 2 ⁵ | 2 ⁴ | 2 ³ | 2 ² | 2 ¹ | 2 ⁰ |
|-------------|----------------|------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 用户数据（16 字节） | msb | DataChannel #2 A 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #3 B 相电压 1 | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #4 B 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #5 C 相电压 1 | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #6 C 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | msb | | | | | | | lsb |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | msb | | | | | | | lsb |
| 用户数据（6 字节） | msb | 状态字 1 | | | | | | lsb |
| | msb | 状态字 2 | | | | | | lsb |
| | msb | SmpCnt | | | | | | lsb |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | msb | | | | | | | lsb |

表5 数据传输帧格式IV（三相电流电压互感器）

| bit 位 | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
|------------|-----------------------------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 起始符 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 用户数据（16字节） | msb | 报文类型（0×04） | | | | | | lsb |
| | msb | 温度℃ | | | | | | lsb |
| | msb | 额定延时时间 t_{dt} | | | | | | |
| | | μs | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #1 A 相保护用电流数据 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #2 A 相保护用电流数据 2 | | | | | | |
| | | | | | | | | lsb |
| | msb | DataChannel #3 B 相保护用电流数据 1 | | | | | | |
| | | | | | | | | lsb |
| msb | DataChannel #4 B 相保护用电流数据 2 | | | | | | | |
| | | | | | | | lsb | |

表 5 (续)

| bit 位 | 2^7 | 2^6 | 2^5 | 2^4 | 2^3 | 2^2 | 2^1 | 2^0 |
|--------------|-------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 用户数据 (16 字节) | msb | DataChannel #5 C 相保护用电流数据 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #6 C 相保护用电流数据 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| 用户数据 (16 字节) | msb | DataChannel #7 A 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #8 B 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #9 C 相测量用电流数据 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #10 A 相电压 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #11 A 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #12 B 相电压 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | DataChannel #13 B 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| 用户数据 (8 字节) | msb | DataChannel #15 C 相电压 2 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | 状态字 1 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| | msb | 状态字 2 | | | | | | lsb |
| CRC | msb | SmpCnt | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |
| CRC | msb | 用户数据的 CRC 校验 | | | | | | lsb |
| | | | | | | | | |

附录二 精度测试合格与否误差评定条件

A. 测量用电流通道误差评定条件

下表中的准确级是以该准确级在额定电流下所规定最大允许电流误差的百分数来标称。

在额定频率下的电流误差、相位误差（角差），应不超过下表所列值。

| 准确级 | 电流误差（±%） 在下列额定电流（%）时 | | | | | 相位误差（±'） 在下列额定电流（%）时 | | | | |
|------|-------------------------|------|------|-----|-----|-------------------------|-----|----|-----|-----|
| | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 | 1 | 5 | 20 | 100 | 120 |
| 0.1 | — | 0.4 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | — | 15 | 8 | 5 | 5 |
| 0.2S | 0.75 | 0.35 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 30 | 15 | 10 | 10 | 10 |
| 0.2 | — | 0.75 | 0.35 | 0.2 | 0.2 | — | 30 | 15 | 10 | 10 |
| 0.5S | 1.5 | 0.75 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 90 | 45 | 30 | 30 | 30 |
| 0.5 | — | 1.5 | 0.75 | 0.5 | 0.5 | — | 90 | 45 | 30 | 30 |
| 1 | — | 3.0 | 1.5 | 1.0 | 1.0 | — | 180 | 90 | 60 | 60 |

对3级和5级，在额定频率下的电流误差应不超过下表所列数值：

| 准确级 | 电流误差（±%） 在下列额定电流（%）时 | | 相位误差（±'） |
|-----|-------------------------|-----|----------|
| | 50 | 100 | |
| 3 | 3 | 3 | 不规定 |
| 5 | 5 | 5 | |

B. 保护用电流通道误差评定条件

下表中的准确级是以该准确级在额定准确限值一次电流下所规定最大允许复合误差的百分数来标称，其后标以字母“P”（表示保护）或字母“TPE”（表示暂态保护电子式互感器准确级）。

在额定频率下的电流误差、相位误差（角差）、复合误差，应不超过下表所列值。

| 准确级 | 电流误差（±%） 在额定一次电 流时 | 相位误差（±′） 在额定一次电 流时 | 复合误差（%） 在额定准确限 值一次电时 |
|------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 5TPE | 1 | 60 | 5 |
| 5P | 1 | 60 | 5 |
| 10P | 3 | — | 10 |

C. 测量用电压通道误差评定条件

下表中的准确级是以该准确级在额定电压下所规定最大允许电压误差的百分数来标称。

在 80%~120%的额定电压及功率因数为 0.8（滞后）的 25%~100%的额定负荷下，在额定频率时，电压误差和相位误差，不超过下表规定的限值。

| 准确级 | 电压误差（±%） 在下列额定电压（%）时 | 相位误差（±′） 在下列额定电压（%）时 |
|-----|-------------------------|-------------------------|
| | 80~120 | 80~120 |
| 0.1 | 0.10 | 5.0 |
| 0.2 | 0.2 | 10 |
| 0.5 | 0.5 | 20 |
| 1 | 1.0 | 40 |
| 3 | 3.0 | 不规定 |

D. 保护用电压通道误差评定条件

下表中的准确级是以该准确级在 5%额定电压至额定电压因数（额定电压因子为 1.2、1.5 或 1.9）相对应的电压下所规定的最高允许电压误差的百分数来标称。

| 准确级 | 在下列额定电压 U_p/U_{pr} 下 | | | | | |
|-----|------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|
| | 2% | | 5% | | x% (额定电压因数下) | |
| | 电压误差 ($\pm\%$) | 相位误差 (\pm') | 电压误差 ($\pm\%$) | 相位误差 (\pm') | 电压误差 ($\pm\%$) | 相位误差 (\pm') |
| 3P | 6 | 240 | 3 | 120 | 3 | 120 |
| 6P | 12 | 480 | 6 | 240 | 6 | 240 |

地 址：成都市高新区高朋大道 11 号 F 座一楼

服务热线：028-86080225

传真：028-85211665