

常规合并单元的测试方法

李 鹏¹, 王爱华², 黄立场¹, 陆 伟¹, 施志晖¹

(1.南瑞继保电气有限公司, 南京江宁区胜太路 99 号 211106; 2.辽宁营口供电公司, 辽宁 营口 115000)

摘 要:目前传统互感器+常规合并单元的模式在智能变电站建设中成为主流, 因此常规合并单元的重要性不言而喻, 但常规合并单元的测试却在工程测试中显得非常薄弱, 文中结合 2011 年 5 月国网公司组织的常规合并单元集中测试项目, 总结了常规合并单元的主要测试内容, 要求, 并提出了操作性较强的测试方法。

关键词:传统互感器+常规合并单元; SV; 测试方法

0 引言

电子式互感器作为智能变电站的重要设备在智能化推进过程中得到较快的发展, 电子式互感器比传统互感器具有体积小, 抗饱和能力强, 线性度好的优势, 可避免传统互感器铁磁谐振、绝缘油爆炸、六氟化硫泄漏、CT 断线导致高压危险等固有问题, 同时能够节约大量铁芯、铜线等金属材料, 在高电压等级和传统互感器相比具有一定的经济性, 但电子式互感器在高电压等级变电站运行经验尚需积累, 相关体系文件、校验标准等需进一步建立并完善, 常规互感器在各电压等级变电站已具有成熟的运行经验, 采用常规互感器, 配以合并单元实现模拟量就地数字化转换, 利用光纤上传, 既提高了信号传输的抗干扰性和可靠性, 又可减少互感器二次绕组配置数量, 从而减小互感器体积, 提高其可靠性^[1]。

根据国网公司 2011 年 58 号文, 现阶段国内的多数智能站多采用传统互感器+常规合并单元的方式替代电子式互感器+数字合并单元的方式, 常规合并单元在现阶段扮演着非常重要的角色, 其可靠性将直接影响变电站的安全运行, 因此如何检测常规合并单元是否合格显得非常重要, 2012 年的 5 月在国网公司在开普实验室组织多个厂家常规合并单元进行集中测试, 这次测试制定了相对完善的测试规则, 尤其对相关细节部分进行了较为深入的检测, 这里结合本次测试及工程实际仅对常规合并单元主要功能的测试方法进行探讨。

1 通信规约检查

通信规约检查主要是指合并单元是否符合 DL/T806.10 的要求, 通过专业的 KEMA 测试软件进行检测, 测试内容包括 ICD 文件检查, IEC61850-9-2 发布检查, GOOSE 发布检查, GOOSE 订阅检查, 以及装置实际能力是否与 ICD 相符, SV 报文格式是否与相关参数配置相符等等。

2 精度测试

精度测试是合并单元的输出采样值与标准源相比获得幅值误差和相位误差, 必须采用电子式互感器校验仪才能测试, 与电子式互感器测试通过一次升流升压的测试方法相比, 常规合并单元的精度测试要简单许多, 可以在二次侧直接通入电流, 电压完成精度测试, 并分析合并单元幅值误差和角度误差。对于组网方式的 SV 一般需要合并单元和互感器记录仪同时授时才能完成精度测试, 但是对于点对点方式的 SV 采样值, 可以不依赖于对时系统, 完全可以利用补偿额定延时的方法进行精度测试。见图 1。

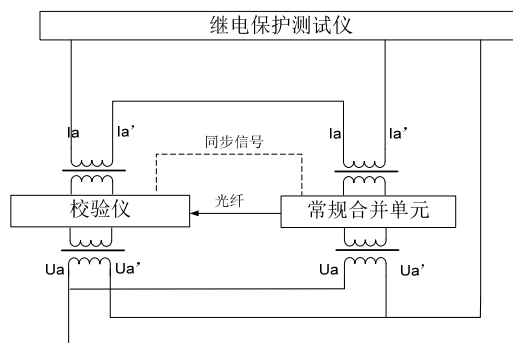


图 1 常规合并单元的精确度测试 (A 相电流、电压)

测量结果幅值误差满足 DL/T630-1997 的 4.5.1.1 要求, 相位误差满足 GB/T20840.7-2007 的 12.5 及 GB/T 20840.8-2007 的 12.2、13.1.3 部分的规定, 测量CT推荐的 0.2 级, 保护CT推荐 5P级和TPY级, PT推荐 0.2 级^[2], 具体见表 1~表 3。

表 1 0.2 级测量 CT 误差

准确级	幅值误差 (±%)	在下列额定电流 (%) 下的相位误差 ±'			
		±'			
		5	20	100	120
0.2	0.2	30	15	10	10

表 2 0.2 级保护 CT 误差

准确级	幅值误差(±%)	相位误差		在准确限值条件下的 最大峰值瞬时误差%
		±'		
		±'		
TPY	1	60		10
5P	1	60		-

表 3 0.2 级 PT 误差

准确级	幅值误差(±%)	相位误差 ±'	
		±'	
		±'	
0.2	0.2	10	

3 额定延时测试

额定延时是指模拟量输入与 SV 输出的时间距离, 也可称为响应时间。其测试可采用两种方法进行, 一种是采用电子式互感器校验仪对常规合并单元进行检测, 测试原理图如图 1 所示, 一般不需要同步信号, 在不补偿延时的情况下其相位差即为额定延时; 另一种是基于同步法的原理, 利用报文记录仪来进行额定延时计算, 其原理是同步情况下, 合并单元采样值发送的 0 序号与同步脉冲发生时刻 (0 时刻) 的时间差即是额定延时, 报文记录仪在自身对时的情况下, 捕捉 0 序号并实时计算 0 序号与同步脉冲发生时刻 (0 时刻) 的时间差就是额定延时。

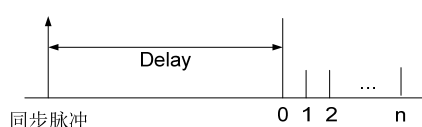


图 2 同步法计算额定延时原理

额定延时测试结果要求小于 2ms, 在即使级联情况下也应该满足 2ms 的要求^[3]; 额定延时与装置声明的最大误差尚无规定, 根据测试结果多数厂家均满足±1μs。

4 SV 报文完整性测试

合并单元的连续拷机一段时间后, SV 报文不出现丢帧、样本计数器重复、错序、翻转异常、抖动异常等问题。

5 离散度测试

离散度测试是指采样值发送的间隔误差, 对于 4k 采样率而言, 其间隔时间差为 250μs, 对于有点对点要求的合并单元必须测试其采样值输出的离散度。离散度的测试必须采用可以准确记录时间标记的记录仪进行测试, 一般记录仪均采用硬件打时标的办法来准确获取 SV 报文到达时刻, 并自动记录间隔时间差从而获取离散度的相关数据。

合并单元的离散值要求小于±10μs^[3]。

6 同步、守时精度测试

6.1 同步误差测试

同步误差可以通过合并单元的输出 PPS 信号与标准时钟源的 PPS 信号比较获得, 可通过示波器观察两者 PPS 信号的误差, 也可通过专门的时间误差测试仪如泰坦 TimeACC-007 自动比对获得。

合并单元的同步精度误差要求小于±1μs。

6.2 守时误差测试

合并单元先接收标准时钟源的授时, 待其稳定后, 再测试合并单元输出 PPS 和标准时钟源 PPS 信号的时间差, 观察时间应当超过 10min。

合并单元的在外部时钟消失后, 进入守时模式, 需要 10min 中内满足±4μs 同步精度的要求, 当 10min 结束后, 其同步标记才能置 False。

6.3 失步再同步性能测试

合并单元从失步再入同步, 需要重新调整采样周期跟踪同步信号, 这个过程的处理目前尚无规范可以参考, 这里以开普实验室的测试依据进行说明, 在合并单元接收到时间信号从无到有的情况下, 合并单元对时间信号的有效性确认时间为 2s, 即按下图 3 图序取处理, 在收到 2 个等秒的秒脉冲后, 在第 3~4s 秒脉冲间隔将采样点补偿 (采样周期调整范围小于 1μs) 同时该秒同步位无效, 并在第 4 个秒脉冲将样本计数器清零, 此时同步位置有效 (允许样本计数器跳变), 在第 3s 之前的同步位根据原先的逻辑确定。

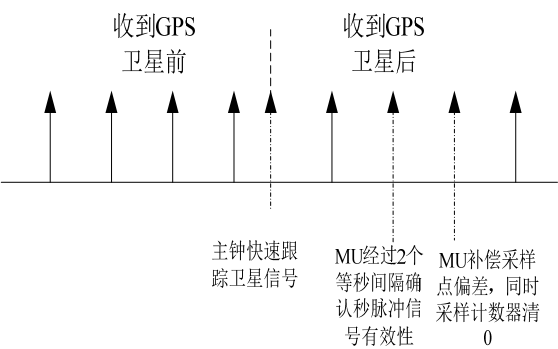


图3 失步到同步的算法示例

在合并单元的失步入同步过程中需要注意的是采样周期调整步长应不大于1μs，SV报文的离散值应小于±10μs，采样序号应该在第4s脉冲到来时完成跳变。

7 电压切换功能

间隔合并单元在用于双母线时，需要进行电压切换，电压切换的逻辑思想大致都是一样的，即在I母隔刀合位时切换出I母电压，在II母隔刀合位时切换出II母电压，在I母II母隔刀均合位时保持不变，在I母II母隔刀均分位时，母线电压切换数值为有效数据0，但是在具体的细节处理上尚无统一的规范，这里以开普实验室测试依据进行说明。

表4 电压切换逻辑

I 母		II 母		母线电压 输出	报警说明
合	分	合	分		
0	0	0	0	保持	无
0	0	0	1	保持	无
0	0	1	0	II 母电压	无
0	0	1	1	保持	无
0	1	0	0	保持	无
0	1	0	1	电压输出 0	报警“同时返回”
0	1	1	0	II 母电压	无
0	1	1	1	保持	无
1	0	0	0	I 母电压	无
1	0	0	1	I 母电压	无
1	0	1	0	I 母电压	报警“同时动作”
1	0	1	1	I 母电压	无
1	1	0	0	保持	无
1	1	0	1	保持	无
1	1	1	0	II 母电压	无
1	1	1	1	保持	无

8 并列功能

合并单元并列功能是在母线合并单元完成，基本原理是在PT检修的情况下，为了防止保护失去

电压而误动，在一次并列（合母联开关）后，二次可以通过并列把手并列至相应母线。

表5 电压并列功能

命令信号			母联 位置	I 母 PT	II 母 PT
强制 用 II 母	强制 用 I 母	解 列		并列后 电压	并列后 电压
0	0	0	合位	保持	保持
0	0	0	非合	保持	保持
0	0	1	合位	I 母	II 母
0	0	1	非合	I 母	II 母
0	1	0	合位	I 母	I 母
0	1	0	非合	保持	保持
0	1	1	合位	保持	保持
0	1	1	非合	保持	保持
1	0	0	合位	II 母	II 母
1	0	0	非合	保持	保持
1	0	1	合位	保持	保持
1	0	1	非合	保持	保持
1	1	0	合位	保持	保持
1	1	0	非合	保持	保持
1	1	1	合位	保持	保持
1	1	1	非合	保持	保持

9 级联试验

以常见的双母线接线方式为例，间隔合并单元需要从母线合并单元获取三相母线电压。间隔合并单元除了能接收两条母线电压的数据外，还需要反应母线电压的品质因素：当母线合并单元含有品质位如检修，无效等，间隔合并单元需要在相应的母线电压输出通道置相应品质。母线合并单元的延时发生变化后，间隔合并单元的额定延时会根据接收变化自动发生调整。此外，间隔合并单元应当具备光纤通道光强监视功能，实时监视光纤通道接收的光信号强度，并具备异常告警功能。见图4。

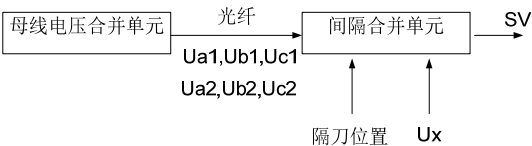


图4 合并单元级联试验

10 采样同步误差检验

采样同步误差是指不同模拟量间SV数据输出的同步性，测试应该包括两个方面，一个是单台的合并单元的同步不同模拟通道的同步误差，一个是与母线合并单元级联后，间隔合并单元输出的母线电压与同期电压，间隔电流的同步误差。测试时将所有的数据接入数字录波器，相关电压电流以0相

位的角差通入合并单元，在录波器中检查对应通道的角差。

同步误差精度要求尚无规范要求，但是根据测试结果来看多数厂家都可以达到 $\pm 10\mu\text{s}$ 内。

11 极性校验

传统的互感器测试 CT 极性一般采用直流法进行，电子式互感器+数字合并单元的方式现场一般通过精度测试完成。而对于采用传统互感器+常规合并单元的方式下，由于现在多数现场不再像电子式互感器一样进行精度测试，多由出厂保证精度的情况下，直流法测试极性又重新被采用，与传统的测试方法相比可以不再需要普通的指针型电流表，电压表，而可以采用数字测试仪的极性测量模块进行极性测试，当 S 合上时，如果是正极性则数字测试仪正偏，如果是负极性则数字测试仪负偏。见图 5。

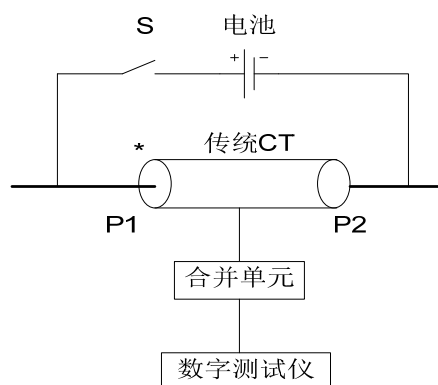


图 5 极性测试

12 暂态性能测试

在传统 500kV 变电站中差动保护使用的 CT 为 TPY 型，开关保护使用的 CT 为 5P30，两者稳态精度测试要求是相同的，但是对于 TPY 型要求在暂态时最大峰值误差不超过 10%，因此有必要对 TPY 型的 CT 通道做暂态测试，暂态测试结果的准确性直接影响到了 SV 输出信息是否与原始数据的一致性，录波器录波的准确性等。

试验方法可采用 OMICRON 试验测试仪回放波形的办法，回放的同时通过捕捉数字录波器 SV 暂态波形，将两者对比，如图所示是某次故障时，输出波形与原始波形的比较。

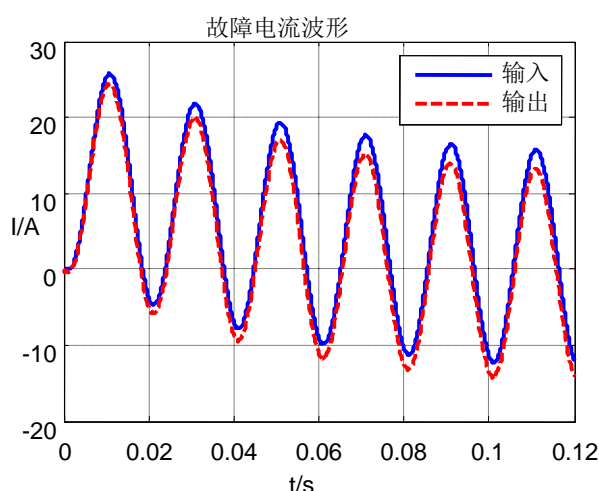


图 6 暂态特性测试

13 结论

在电子式互感器尚未完全成熟的情况下，使用传统互感器+常规合并单元将是目前智能变电站的主流模式，而常规合并单元的测试在工程现场也属于较薄弱的环节，本篇总结了合并单元功能性测试主要内容，方法和要求，希望对采用智能变电站中常规合并单元的测试起到一定帮助。

参考文献：

- [1] 国家电网公司. 国家电网公司 2011 年新建变电站设计补充规定[Z].2011:21-22.
- [2] 国家电网公司. 模拟量输入式合并单元测试方案 [Z].2011.
- [3] 国家电网公司. 智能变电站继电保护技术规范[Z].2010.

作者简介：

- 李 鹏（1984—），男，山西，工程师，主要研究方向变电站自动化系统，IEC61850 协议相关产品的测试工作，E-mail: lip@nari-relays.com;
- 王爱华（1971—），男，硕士，高级工程师，从事电力系统自动化工程研究和管理的工作；
- 黄立场（1979—），男，江苏，工程师，主要研究方向变电站自动化系统，IEC61850 协议相关产品的测试工作；
- 陆 伟（1973—），男，江苏，工程师，主要研究方向变电站自动化系统，IEC61850 协议相关产品的测试工作；
- 施志晖（1980—），男，江苏，硕士，主要从事智能变电站技术研究。