

# 智能变电站数字化采样延时特性分析与试验研究

卜强生, 袁宇波, 高 磊, 宋亮亮

(江苏省电力公司电力科学研究院, 江苏 南京 211113)

**摘 要:** 本文从数字化采样环节的构成出发, 介绍了额定延时的产生及组成, 阐述了基于外部同步信号的同步采样实现, 详细说明了数字化采样的额定延时与相位误差的异同, 分析了数字化采样对继电保护系统的影响, 从实际工程应用出发提出了额定延时的间接法和直接法两种检测方法, 并比较了二者的优缺点, 同时给出了采样报文等间隔性测试方法, 最后给出了数字化采样在智能变电站应用中的注意事项及建议。

**关键词:** 数字化采样; 额定延时; 相位误差; 报文间隔

## 0 引言

常规变电站采用电缆传输及模拟量采集方式获取电流、电压信号, 这种方式存在一定不足: 电缆传输方式容易受到外界电磁场干扰、容易产生电容效应、存在一定损耗, 影响信号传输的准确性; 差动保护电流回路发生两点接地时会引起误动、电流回路存在开路风险; 多个应用装置都采集同样的模拟量, 造成了采集的重复性。

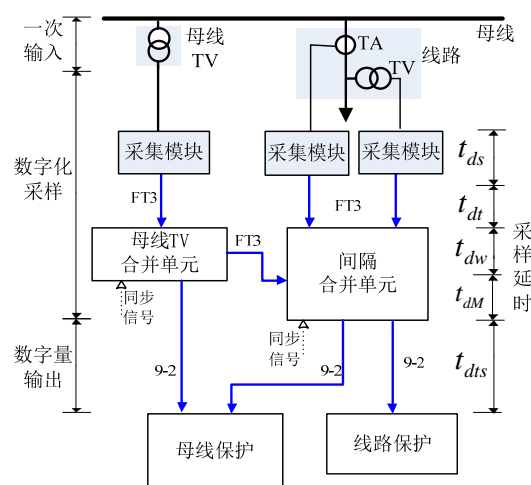
电子式互感器或模拟量就地数字化后的数字量传输可以避免外界环境的干扰、信号之间无影响、不存在损耗问题, 而且可以实现信号采集的共享化, 具有一定的优越性。因此, 智能变电站中, 数字化采样得到的广泛应用。但数字化同时, 也带来了较多问题需要解决, 如数字化采样也带来了额定延时、数据同步性等新问题<sup>[1]</sup>, 本文从数字化采样环节出发, 解释额定延时的基本概念, 提出额定延时的测试方法, 分析数字化采样对保护功能带来的影响, 最终提出数字化采样工程应用建议。

## 1 数字化采样环节

### 1.1 采样环节构成

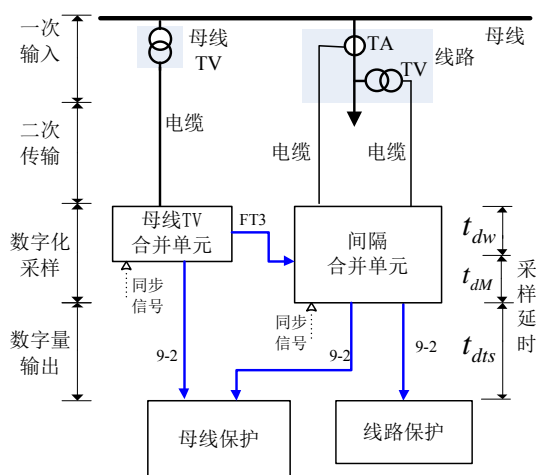
常规变电站中电流、电压模拟量通过电缆方式接入保护、测控、计量等二次装置, 由各二次装置实现模拟量的采集。由于电流、电压的传播速度接近光速, 因此可认为在变电站内电流、电压传输是没有延时的<sup>[2]</sup>。

智能变电站中保护、监控、计量系统的采样通过电子式互感器或常规互感器+合并单元的方式实现。



a) 电子式互感器采样环节

a) Sampling process of electronic instrument transformer



b) 常规互感器就地数字化采样环节

b) Sampling process of traditional transformer digital conversion in field

图 1 智能变电站数字化采样环节

Fig.1 Digital sampling process in smart substation

采样环节由原来的保护、测控、计量等装置前移并分散到各电子式互感器或就地采样的合并单元完成,如图1所示。电子式电流、电压互感器通过采集模块将一次电流、电压量转换为与之相关的二次数字量信号,再由合并单元进行同步、合并等处理,然后输出标准格式的采样值(Sampled Value, SV),以点对点方式传输给保护装置。实际工程应用中,间隔的保护、测控装置一般还需要母线电压,间隔合并单元与母线TV合并单元之间还需级联。若采用常规互感器就地数字化的采样模式,则没有独立的采样模块,如图1b所示,常规互感器二次输出直接接入合并单元,模拟量采集功能在合并单元实现,其它环节与电子式互感器数字化采样相同。智能变电站中合并单元一般都具有接收外部时钟信号同步的功能,但保护系统基于直接采样,不依赖于此同步信号,同步采样一般供监控、计量、PMU等系统使用。

## 1.2 额定延时组成

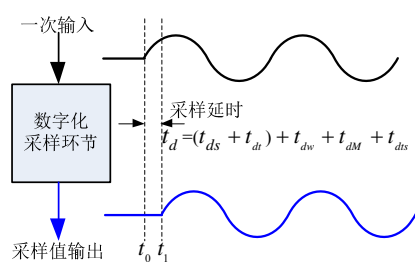


图2 数字化采样延时示意图

Fig.2 The schematic diagram of digital sampling delay

电子式互感器采集模块或合并单元的采样都需要经过A/D转换、数据处理等环节,这些环节都需要一定的时间。而且,数字化采样过程中还涉及多个传输环节,也需要一定的时间。因此,智能变电站的数字化采样,从一次电流、电压输入至保护装置最终接收到采样值需要一定的延时,如图2所示。数字化采样延时 $t_d$ 典型值由图1所示的各部分组成:电子式互感器采集模块的采样环节延时 $t_{ds}$ ;电子式互感器采集模块数据发送及传输延时 $t_{dt}$ ;合并单元级联所需等待时间 $t_{dw}$ ;合并单元的数据处理时间 $t_{dM}$ ;合并单元发送采样值及传输至保护装置所需时间 $t_{dS}$ 。对于常规互感器就地数字化模式,不存在独立的采集模块,减少了 $t_{dt}$ ,采样环节延时 $t_{ds}$ 包含在合并单元数据处理时间 $t_{dM}$ 中。这些延时环节中,采集环节 $t_{ds}$ 、数据处理环节 $t_{dM}$ 以及等待环节 $t_{dw}$ 所需的时间比较长,是整个数字化采样延时的主

要部分,一般达到毫秒级。而数据发送和传输延时 $t_{dt}$ 、 $t_{dS}$ 相对非常小,一般只有微妙级。

由于合并单元的数据处理及等待环节都是基于中断方式实现的,因此所需时间是固定可知的,在产品阶段就已经固定或在工程配置中调整。电子式互感器采集模块或合并单元的采样环节所需时间也是设计可知的。而采集模块或合并单元的数据发送和传输延时虽然具有一定不确定性,但这部分延时非常小,对整个采样环节的总延时影响较小<sup>[3]</sup>。因此,对于一类电子式互感器或合并单元产品,采样延时是基本固定的,而且是设计可知的,只在一个小范围内波动,称之为“额定延时”,其作为一个特定的参数提供给使用者。目前,智能变电站中单个电子式互感器或合并单元的采样额定延时在1ms左右,对于两个合并单元级联的情况,采样延时达到1.5ms~2ms。

## 1.3 同步采样

智能变电站中,虽然继电保护系统采样不依赖于外部同步信号,但监控、计量、PMU等系统对于采样值一般都有同步性的要求,因此电子式互感器或合并单元需要接收外部同步信号,达到同步采样的目的。SV报文中包含有采样序号信息,用以表示当前采样值为1s内的第几个采样点。采样序号从0开始计数,每次取得新采样值时加1,当同步信号出现或到达整秒时,采样序号重新置0。因此,采样序号为0至 $f_s - 1$  ( $f_s$ 为采样频率)连续递增的整数。

同步采样时,电子式互感器或合并单元根据同步信号修正自身的采样脉冲,使得不同装置之间采样脉冲达到同步。不同电子式互感器或合并单元在同一个采样脉冲所得到一次电流、电压是同一时刻的,并且采样序号相同。目前,同步采集模式有两种,如图3所示:1)电子式互感器或合并单元的采集模块基于同步的采样脉冲进行数据采集;2)电子式互感器或合并单元的采集模块异步采集数据,合并单元后续根据同步信号进行重采样同步。

图3a所示的采样模式,采集模块对一次输入量的采样脉冲基于同步信号,不同采集模块同时采集数据,并置为相同的采样序号,虽然同一采样序号的采样值发送时刻不同,但同一采样序号的采样值是同一时刻的。

图3b所示的采样模式,采集模块对一次输入量进行异步采样,不同采集模块的采集数据并不同步,合并单元根据同步信号对异步的采集数据进行

重采样,使0号重采样脉冲所采集的数据对应到同步信号时刻的一次输入量,从而使采样数据同步。不同合并单元发送同一采样序号采样值的时刻由于不同的额定延时而不同,但同一采样序号的采样值所对应的一次输入量是同一时刻的。

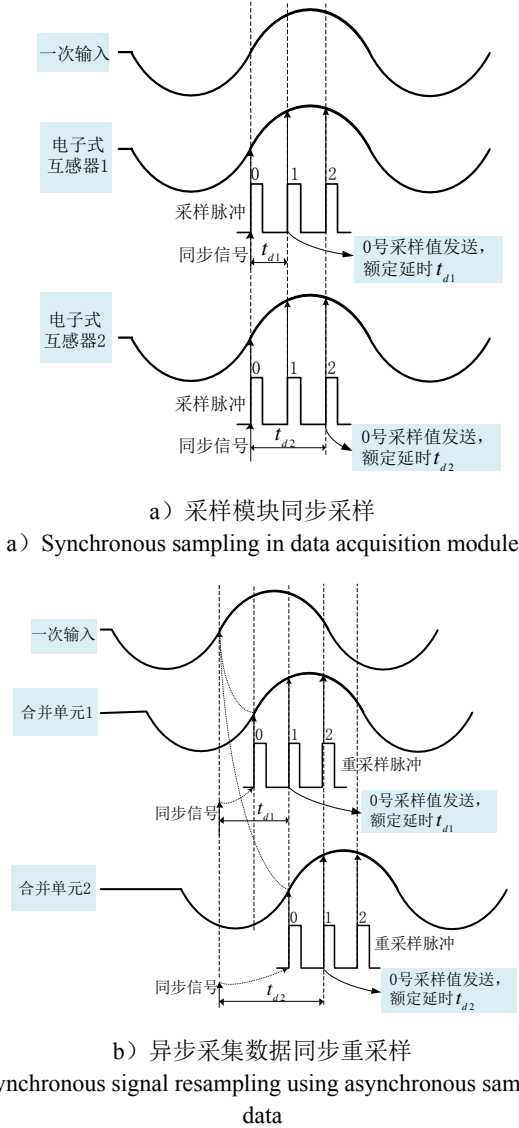


图3 同步采样模式示意图

Fig.3 The schematic diagram of synchronous sampling

由图3可知,基于同步采样的电子式互感器或合并单元,由于额定延时不同而导致SV输出时间不同步,但同一采样序号的采样值对应同一时刻的一次输入量,监控、计量、PMU等系统可以根据采样序号获得同步的采样值。

## 2 相位误差与额定延时的异同

### 2.1 相位误差

相位误差是互感器准确度的一个重要指标。常

规互感器的相位误差是指:同一时刻,二次输出折算到一次后与一次输入量之间的相角误差。对于电子式互感器或合并单元而言,相位误差是指:同一时刻,输入量与消除额定延时影响的数字量之间的相角误差。

电子式互感器的相位误差主要是一次传感元件传变电流、电压量所固有的相位特性,它是一个非确定量,会随着输入量变化、外界环境影响以及传感元件老化而改变,但其范围应符合规定要求。电子式互感器的相位误差还包含了滤波、采集等电子电路器件参数的不确定及变化而引起的采样值相位变化。

合并单元的相位误差主要是针对常规采样时,小TA、小TV的相位传变特性,它也是一个非确定量,会随着输入的不同而变化,甚至会出现饱和和现象,也会随着外界温度的改变而变化,但其范围应也满足规定要求。合并单元的相位误差同样包含了滤波、采集等电子电路器件参数的不确定性及变化而引起的采样值相位变化。

相位误差测量时应该基于同步采样进行,比较某一时刻的输入量与相应采样序号采样值之间的相角差即为相位误差<sup>[4]</sup>。

### 2.2 额定延时与相位误差异同

数字化采样的额定延时和相位误差最终都体现在输入量与最终输出量之间存在一定的相移。而且相位误差和额定延时都具有一定的不确定性。但额定延时和相位误差是两个不同的概念。额定延时是指:从输入到SV输出之间的时间,对于基于外部同步信号的数字化采样,即为同步信号时刻与采样序号为0的报文接收时刻之间的时间 $t_d$ ,如图4所示。相位误差是指:基于外部同步信号的采样,0包接收时刻的SV采样值与同步信号时刻的输入量之间相角差 $\varphi_r$ 。

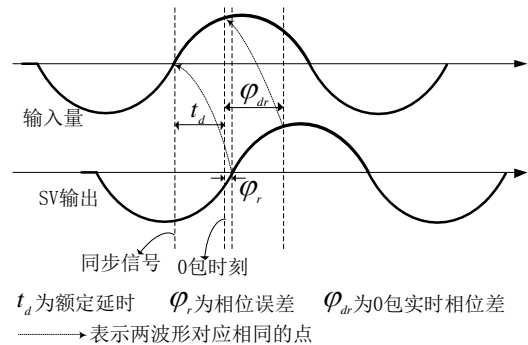


图4 额定延时与相位误差区别

Fig.4 The differences between rated delay and phase error

额定延时是数字化采样所必须的处理时间,是不可避免的,它是设计时就相对确定的量,不同电子式互感器或合并单元会根据采样需求的不同而设计为不同的值,其大小不会随输入量的变化而改变。同一类产品,其额定延时是基本固定的,只有微小的差别。

相位误差是信号传变时的固有特性,设计时尽量减小相位误差,一般设计在额定输入量时其值最小,但无法彻底消除,而且它会随输入量的变化而改变,是个非确定量。每个电子式互感器或合并单元的相位误差是不同的,差异性也较大,只能在实际工程中测量而得到。

相位误差引起的采样值相移比较小,是一个允许偏差,只要符合规定要求,实际应用过程中不需处理这个偏差。根据不同的准确级,相位误差要求也不同,对于保护用数据,相位误差一般在 $1^\circ$ 之内;对于测量用数据,相位误差要求更小。额定延时一般都在毫秒级,甚至达 $2\text{ms}$ ,其引起的相角差达 $10^\circ\sim 36^\circ$ ,因此,基于额定延时的采样应用必须对额定延时进行补偿。

### 3 数字化采样对保护影响

智能变电站中,数字化采样的应用给原有的监控、计量、PMU等系统带来一定的影响,特别是给继电保护系统带来了较大的影响。

电子式互感器或合并单元的数字化采样取代了保护装置原有的A/D采样模块,保护装置的采样模式由传统的模拟量采集转变为数字量采集。为了避免外部同步信号不稳定带来的影响,确保采样的可靠性,继电保护系统采用点对点直接采样方式,不依赖于外部同步信号。为了保证多路SV之间的同步性,同时线路纵差保护还需要与对侧常规保护同步,保护装置必须对SV进行重采样同步,并且对额定延时进行补偿。因此,保护装置的软、硬件平台都随着数字化采样的应用而发生改变。

为了保证重采样的准确性及可靠性,保护装置的重采样必须基于SV报文精确的额定延时。为此,电子式互感器或合并单元必须通过SV报文将额定延时告知保护装置,这一延时即为产品设计时的固有额定延时。但电子式互感器或合并单元进行采样时,在数据处理、发送、传输等环节所需时间具有一定的不确定性,由此,采样值到达保护装置的时间也并非完全相等,即SV报文的间隔具有一定的

离散性。这种报文间隔的离散性导致了SV实际的额定延时在一定范围内波动,并非等于报文中给定的额定延时。而保护装置是基于报文中给定的额定延时进行重采样的,SV报文的非等间隔性将给保护装置的重采样带来一定的误差。因此,合并单元应尽量使实际的SV额定延时与其给定的数值相等,并保证输出SV报文的等间隔性,满足《智能变电站继电保护技术规范》中离散度小于 $10\mu\text{s}$ 的要求。工程应用中,针对保护应用必须对数字化采样的额定延时和报文等间隔性两项指标进行考核。

保护装置的采样环节取决于前端电子式互感器或合并单元的数据采集。当保护装置接收的SV采样值无效时,保护装置将无法进行逻辑运算,导致保护闭锁;而SV采样值错误时,也可能导致保护不正确动作。特别对于跨间隔的差动保护而言,当某一间隔的SV异常时,将导致整个差动保护不正确动作,影响范围大。因此,电子式互感器及合并单元的采样可靠性非常重要。

为保证数字化采样的可靠性,避免一组采样数据异常导致保护误动,电子式互感器及合并单元都采用双A/D采样模式,即同一个输入量由两路独立的采集系统进行数据采集,并同时发送至保护装置。保护装置需要对双A/D数据进行比较,只有二者的差异在一定范围内才认为数据是有效的,用于保护运算。当二者数据差异超过一定范围时,保护应能及时判断出异常,并闭锁保护。这要求保护装置在采样的同时还需增加双A/D一致性检查判据,对保护提出了更高的要求。

由于额定延时的存在,保护装置获得采样值的时间将比传统采样模式的装置滞后,而且这一时间取决于保护装置所接收的所有SV报文中最大的额定延时。因此,从采样环节而言,保护的整组动作时间将比常规保护装置滞后。目前,数字化采样的额定延时普遍在 $1\sim 2\text{ms}$ 左右。

### 4 额定延时测量

额定延时是数字化采样对于保护“直采”应用的一个重要指标。工程应用中必须对电子式互感器或合并单元的额定延时进行校核,以确保继电保护系统应用的安全性和准确性。额定延时校核时需要实际测量采样值的延时,并与SV报文中给定值进行比较,实测值与给定值应在合理范围之内,最大应不超过 $20\mu\text{s}$ 。额定延时的测量有间接法和直接法两



种。

#### 4.1 间接法

间接法是通过比较图4所示SV接收时刻的采样值相位与此时刻输入量相位之间的差 $\varphi_{dr}$ ，再将相位差转换为时间而间接得到数字化采样的延时。此方法测得的额定延时为：

$$t_{dr} = \varphi_{dr} * 20000 / (360 * 60) = \varphi_{dr} / 1.08 \quad (1)$$

式中， $t_{dr}$ 单位为us， $\varphi_{dr}$ 单位为分。

此方法也是目前工程应用中比较普遍的一种测试方法。但是此方法测得的延时并非真实的数字化采样额定延时，而是还包含了采样过程中相位误差带来的时间差。此方法测得额定延时为：

$$t_{dr} = t_d - \varphi_r / 1.08 \quad (2)$$

图4所示的 $\varphi_r$ 为小于0的值，因此式(2)为两值相减，若 $\varphi_r$ 为大于0的值，式(2)仍然成立。工程应用中，由于 $\varphi_r$ 比较小，在额定输入时一般只有几分或十几分，因此一般忽略其影响，将间接法测得的延时即认为是数字化采样的额定延时。由于 $\varphi_r$ 随输入量的变化而不同，一般在额定输入时其值最小，因此采用间接法测量额定延时应在额定输入时进行。

图5给出了间接法测量额定延时的结果曲线。此电子式互感器给定额定延时为1761us，而实际测得额定延时平均值为1769.9us，最大值为1771.3us，最小值为1768.2us，实测值比给定值大9us。此电子式互感器在额定输入时的相位误差平均值为-8.5'。若考虑相位误差的影响，则此电子式互感器的额定延时应比1769.9us小，应更接近于给定值。

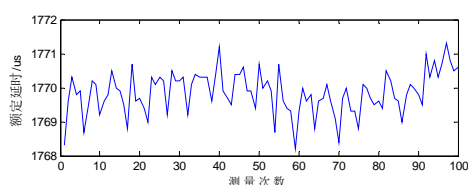


图5 间接法额定延时测量结果

Fig.5 The result of rated delay by indirect method

#### 4.2 直接法

间接法测量额定延时可以在测量准确度时同时进行，但其测量的结果具有一定的偏差，相位误差的变化对其结果有影响。因此，可以根据额定延时的含义直接对其进行测量。测试时，将被测电子式互感器或合并单元对时同步，同时测试仪也对时同步，测试仪接收SV报文时给其标注精确的接收时间标识，然后测试仪解析采样序号为0的SV报文

的接收时间标识，其时间值即为数字化采样的额定延时。此方法需要测试仪的对时精度及报文时间标注精度非常高，因此对其硬件要求比较高。实际工程应用中，测试仪可采用报文记录分析仪，其对时精度一般可达1us，而电子式互感器或合并单元的对时精度也在1us以内，因此，直接法测得的额定延时误差可控制在2us以内。

图6给出了直接法测量额定延时的结果曲线。此电子式互感器给定额定延时为1761us，而实际测得额定延时平均值为1764.2us，最大值为1767us，最小值为1762us，实测值比给定值大3us，而且测得额定延时的波动范围比较小，符合报文发送、传输的不确定因素。

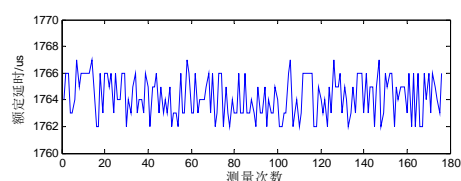


图6 直接法额定延时测量结果

Fig.6 The result of rated delay by direct method

由图6和图5可以看出，直接法测量的额定延时比间接法更准确，更接近SV报文中的给定值。

### 5 报文间隔测试

SV报文的等间隔性也是数字化采样对保护应用的一个重要指标。工程应用中，若采用报文记录分析仪直接测量额定延时，可同时测试SV报文的等间隔性。报文记录分析仪对接收到相邻报文的到达时刻进行比较从而分析报文的等间隔性，这要求报文记录分析仪的对时精度及时间标注精度都达到1us以内。图7给出了某电子式互感器点对点输出SV的报文间隔曲线，其采样频率为4000Hz，间隔平均值为250us。由图可以看出，其SV的间隔在250us附近波动，波动范围为[245us, 255us]。

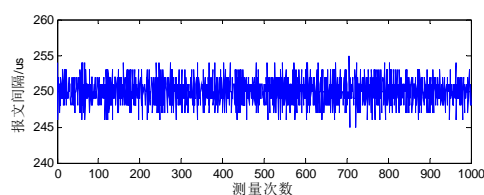


图7 报文间隔时间曲线图

Fig.7 The curve of interval time between two packets

表1给出了SV报文在各间隔时间的分布情况。

由表可以看出,SV 报文间隔平均为 250us,大部分集中在[247us, 253us]之间,报文的间隔比较均匀,满足离散度小于 10us 的要求。

表 1 SV 报文间隔时间分布

Tab.1 The interval time distribution of SV packets

间隔/us	数量/包	比例/%
245	179	0.27
246	2171	3.31
247	5360	8.18
248	7954	12.14
249	11261	17.18
250	11170	17.05
251	11621	17.73
252	8427	12.86
253	5367	8.19
254	1882	2.87
255	144	0.22
总数	65536	100

## 6 工程应用建议

数字化采样在智能变电站得到广泛应用,其对变电站继电保护、监控、计量、PMU等系统带来一定影响,而且其可靠性和准确性直接关系到后端应用的正确性。数字化采样在工程应用中应注意:

(1)数字化采样的额定延时和相位误差是两个概念,在应用中既要测量采样的相位误差,也要测量额定延时,而且二者的测量方法也不相同。前者主要影响监控和计量系统的指标,后者主要影响继电保护系统的性能。随着智能变电站的推广,应在相关标准规范中完善并区分二者的技术指标和测量方法。

(2)数字化采样的额定延时直接影响保护装置差动功能的正确性,因此工程应用时必须保证其正确性。线路纵差保护,需要在数字化采样和常规采样之间进行同步,数字化采样的额定延时对其是一个非常重要的参数。有些厂家的保护装置需要配置纵差保护两侧同步的延时参数,这一参数与数字化采样的额定延时相关;有些厂家的保护装置对 SV 的额定延时敏感,额定延时发生变化将直接闭锁纵差保护。因此,额定延时应尽量保持不变,且工程调试时应保证其正确性,同时还应保证纵差保护两侧同步性能的准确。

(3)数字化采样由于环节的增多,使其额定延时增大,从而也将影响保护功能的整组动作时间。合并单元之间采样值级联将大大增加额定延时,甚至使额定延时加倍,而且采样环节增多也影响采样

的可靠性。因此,在工程应用中应尽量减少合并单元之间的级联,尽可能将模拟量或电子式互感器的输入直接接入合并单元。

(4)数字化采样在数据采集、发送和传输环节的时间具有一定的不确定性,导致 SV 报文的间隔并非完全相等,而是在采样周期 $T_s$ 附近波动。这将给保护装置的重采样带来一定的误差。为了保证 SV 报文间隔的离散性不影响保护功能的正确性,工程应用中一定要保证其等间隔性满足规定要求。

(5)采用 DL/T 860.92 格式的 SV 报文的数据通道是可以根据实际工程应用而配置的,包括通道的含义及通道数目。但是数据通道的多少对采样值的处理及传输具有一定影响,且对保护装置接收、处理也有一定影响。因此,工程应用中应尽量配置各 SV 报文的通道数目接近,以保证各 SV 报文所需的传输、处理时间相同。如果后端应用能满足要求,SV 报文中尽量避免配置反极性数据,以减轻合并单元的处理负担,同时减少报文中的通道数据。

(6)电子式互感器与合并单元之间的传输规约应尽量标准化,使得电子式互感器与合并单元之间能够尽量解耦。这样有助于电子式互感器和合并单元的运行、维护及检修。

(7)工程测试过程中,应保证合并单元之间级联的可靠性,同时保证合并单元与保护等应用之间的接口应匹配,特别是光功率,合并单元的发送口的光功率应在保护装置可接收的可靠范围之内,而保护装置的接收处理也应保留一定的裕度。

## 7 结束语

数字化采样具有抗干扰强、传输距离远、传输精度高、有利于信息共享等优点,在智能变电站中得到了广泛应用,对变电站继电保护、监控、计量等系统带来一定影响。额定延时是数字化采样特有的参数,其与相位误差是两个不同的概念。由于数字化采样的应用,保护装置的软、硬平台都发生了变化。同时保护功能的正确性、整组动作时间也受到数字化采样的影响。鉴于额定延时的重要性,工程应用中必须通过直接法或间接法的测量保证额定延时的正确性。同时,数字化采样的SV报文间隔离散性,也对保护应用具有一定的影响,工程应用中报文间隔的离散性必须满足规范要求,并尽可能小。

参考文献:

- [1] 蒋雷海, 陈建玉, 俞拙非, 等. 数字化保护采样数据处理方案[J]. 电力系统自动化, 2010, 34(17): 42-44.  
Jiang Leihai, Chen Jiangyu, Yuzhufei, et al. Sampling Data Processing Methods of Digital Protection[J]. Automation of Electric Power System, 2010, 34(17): 42-44.
- [2] 黄灿, 肖驰夫, 方毅, 等. 智能变电站中采样值传输延时的处理[J]. 电网技术, 2011, 35(1): 5-10.  
Huang Can, Xiao Chifu, Fang Yi, et al. A Method Deal With Packet Transfer Delay of Sampled Value in Smart Substation[J]. Power System Technology, 2011, 35(1): 5-10.
- [3] 徐广辉, 李友军, 王文龙, 等. 数字化变电站 IED 采样数据同步插值的设计[J]. 电力系统自动化, 2009, 33(4): 49-52.  
Xu Guanghui, Li Youjun, Wang Wenlong, et al. Design of a Synchronization and Interpolation Algorithm of Sampled Values for Digital Substation IED[J]. Automation of Electric Power System, 2009, 33(4): 49-52.
- [4] 胡浩亮, 李前, 卢树峰, 等. 电子式互感器误差的两种校验方法对比[J]. 高电压技术, 2011, 37(12): 3022-3027.  
Hu Haoliang, Li Qian, Lu Shufeng, et al. Comparison of Two Electronic Transformer Error Measuring Methods [J]. High Voltage Engineering, 2011, 37(12): 3022-2027.
- [5] 王立辉, 许扬, 陆于平, 等. 数字化变电站过程层采样值时间同步性分析及应用[J]. 电力自动化设备, 2010, 30(8): 37-40.  
Wang Lihui, Xu Yang, Lu Yuping, et al. Synchronized sampling of process layer in digital substation [J]. Electric Power Automation Equipment, 2010, 30(8): 37-40.

#### 作者简介:

卜强生 (1983-), 男, 硕士, 江苏江阴人, 主要从事智能变电站、继电保护方面的研究工作, Email: tc16002315@163.com;

袁宇波 (1975-), 男, 博士, 江苏丹阳人, 高级工程师, 主要从事电力系统继电保护的研究工作;

高磊 (1982-), 男, 硕士, 山东青岛人, 主要从事继电保护、智能变电站方面的研究工作。

## Characteristic Analysis and Test Research of Digital Sampling Delay in Smart Substation

Bu Qiangsheng, Yuan Yubo, Gao Lei, Song Liangliang

(Jiangsu Electric Power Company Research Institute, Nanjing 211113, China)

**Abstract:** First the process of digital sampling is presented. Then the production and the structure of rated delay are introduced. The implementation of synchronous sampling is described, which is based on external synchronous signals. The differences and similarities between rated delay and phase error of digital sampling are specified in detail. Based on the above discussion, the effect of digital sampling on relay protection is analyzed. The indirect and direct methods of rated delay testing are proposed combined with practical engineering. The advantages and disadvantages between two methods are compared. Also the test method of interval time between two contiguous sampled value packets is put forward. At last, the attention and suggestions are given when digital sampling applied for smart substations.

**Key words:** Digital Sampling; Rated Delay; Phase Error; Interval between two packets