



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101534002 B

(45) 授权公告日 2011.04.13

(21) 申请号 200910029491.1

(22) 申请日 2009.04.14

(73) 专利权人 国电南瑞科技股份有限公司
地址 210061 江苏省南京市高新技术开发区
高新路 20 号

(72) 发明人 曹团结 陈建玉 俞拙非 吴崇昊
于海波

(74) 专利代理机构 南京纵横知识产权代理有限
公司 32224
代理人 董建林 许婉静

(51) Int. Cl.
H02H 7/26 (2006.01)

(56) 对比文件
JP 特开 2008-141866 A, 2008.06.19, 全文.
CN 101237143 A, 2008.08.06, 全文.
CN 101350519 A, 2009.01.21, 全文.

CN 101078753 A, 2007.11.21, 全文.
曹团结等. 通过插值实现光纤差动保护数据同步的研究. 《继电器》. 2006, 第 24 卷 (第 18 期), 全文.
曹团结等. 电子式互感器数据同步的研究. 《电力系统及其自动化学报》. 2007, 第 19 卷 (第 2 期), 全文.

审查员 陈新红

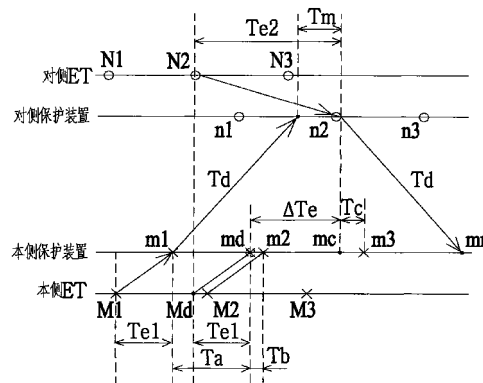
权利要求书 1 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

ET 接入的光纤差动保护装置的数据同步方法

(57) 摘要

本发明公开了一种 ET 接入的光纤差动保护装置的数据同步方法, 包括以下步骤: 1) 将两侧 ET 二次变送延时作为整定值输入线路两侧保护装置; 2) 各侧 MU 以符合 IEC60044-8 标准的接口接入各自侧保护装置; 3) 每侧保护装置处理器内设一只计时器, 用于记录每帧数据的接收与发送时刻; 4) 各侧装置计算出通道延时; 5) 计算与对侧采样点同步的本侧采样点时刻 tmd; 6) 各侧装置从存储的本侧 MU 采样数据中, 找到 tmd 时刻前后收到的两帧数据, 通过插值计算得出一组采样值, 即为所求的与在 tmr 时刻收到的对侧采样数据同步的本侧采样值。本发明可实现 ET 按 IEC60044-7/8 标准接口接入的线路光纤差动保护装置的两端数据同步。



CN 101534002 B

1. 一种 ET 接入的光纤差动保护装置的数据同步方法，其特征在于包括以下步骤：

1) 将本侧与对侧电子式互感器 ET 二次变送延时 T_{e1} 、 T_{e2} 作为整定值输入本侧保护装置与对侧保护装置；

2) 各侧合并单元 MU 以符合 IEC60044-8 标准的接口，输出标准格式的采样数据报文到各自侧保护装置；

3) 每侧保护装置处理器内设一只内部计时器，用于记录从合并单元 MU 收到的每帧数据的接收时刻，以及向对侧保护装置发送数据、从对侧保护装置接收数据的时刻；

4) 本侧保护装置在收到本侧合并单元 MU 送来的采样数据后，立即将其发送到对侧保护装置，同时记下该时刻 $tm1$ ；对侧保护装置收到本侧数据后，并在收到同侧合并单元 MU 送来的一帧采样数据后立即回送一帧报文给本侧保护装置，回送延时记为 T_m ；回送报文中除包含最新收到的同侧合并单元 MU 送来的电压电流采样数据外还包括报文回送延时 T_m ；本侧保护装置收到返回报文时，记下收到时刻 t_{mr} ，然后根据等腰梯形法计算出通道延时 T_d ：

$$T_d = (t_{mr} - tm1 - T_m) / 2 \quad (1)$$

5) 本侧保护装置按下式计算与对侧采样点同步的本侧采样点时刻 t_{md} ：

$$t_{md} = t_{mr} - T_d - \Delta T_e \quad (2)$$

$$\text{式中， } \Delta T_e = T_{e2} - T_{e1} \quad (3)$$

6) 本侧装置根据所存储的从本侧合并单元 MU 接收到的各帧采样数据的时刻，找到 t_{md} 前后收到的两帧数据，设该两时刻为 $tm1$ 、 $tm2$ ，相应的采样数据为 $A(m1)$ 、 $A(m2)$ ，然后按下 (4) (5) 式计算 T_a 、 T_b ：

$$T_a = t_{md} - tm1 \quad (4)$$

$$T_b = tm2 - t_{md} \quad (5)$$

按 (6) 式作一阶线性插值计算，得出一组电压电流采样值，

$$A(m_d) = T_b * A(m1) / T_s + T_a * A(m2) / T_s \quad (6)$$

式中 $A(m1)$ 、 $A(m2)$ 分别为 $tm1$ 、 $tm2$ 两时刻从合并单元 MU 收到的各相电压或电流的采样值， T_s 为电子式互感器 ET 的采样间隔时间， T_a 为 t_{md} 与 $tm1$ 时刻的时间差， T_b 为 t_{md} 与 $tm2$ 时刻的时间差，并且有 $T_s = T_a + T_b$ ；

按上式计算出的一组电压电流采样值就是所求的与在 t_{mr} 时刻收到的对侧采样数据同步的本侧采样值；

7) 对侧保护装置根据第 4)、5)、6) 步所述内容，按与本侧保护装置相同的处理方法，得到同步的采样数据，然后作差动保护计算。

ET 接入的光纤差动保护装置的数据同步方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种电子式互感器 (ET) 接入的线路光纤差动保护装置的数据同步方法, 属于电力系统继电保护领域。

背景技术

[0002] 随着数字化变电站技术在电力系统逐步试点与推广, 基于 ET 接入的各种数字化保护装置逐步被开发出来, 在这些保护装置中, 线路光纤差动保护装置是较为复杂的一种, 因为它除了要解决数字化保护装置开发的共性问题外, 还要解决两侧保护装置采样数据同步的问题。与传统光纤差动保护装置相比, ET 接入的线路光纤差动保护存在以下困难:

[0003] (1) 按照 IEC60044-7/8 标准制造的电子式互感器及其合并单元 (MU), 不具备接收从保护装置到 MU 方向的控制命令 (如采样时刻调整) 的接口, 以致目前广泛使用的通过调整采样时刻实现两侧数据同步的方法在 ET 接入的光纤差动保护装置中不能适用。

[0004] (2) 线路一次电流经 ET 变换, 再经合 MU 传送到保护装置的过程存在比较明显的延时, 一般在几百微秒以上, 甚至超过 1 毫秒。

[0005] (3) 一侧先期投运 ET 的线路另一侧互感器仍然是传统互感器, 光纤差动保护装置要能适应这种一侧是 ET 接入另一侧是传统互感器接入的情况。

[0006] 由于以上几个方面的困难, 在传统光纤差动保护装置中应用良好的数据同步方法将不能或不能直接应用于 ET 接入的光纤差动保护装置中。

[0007] 使用全球定位系统 GPS (Global Position System) 为整个差动保护系统提供一个统一的高稳定的基准时钟, 来实现采样数据的同步是一个简单直接的方法。IEC60044-8 标准明确提到了该方法。在工程中, GPS 也早已是厂站自动化系统的标准配置, 设备基础是容易满足的。不过, 采用 GPS 秒脉冲来同步两侧 ET 采样时刻的方法固然简单方便, 但方法本身依赖于 GPS, 一向被继电保护专业认为降低了保护装置可靠性。另外, 使用他国控制 GPS 系统, 可能会受国际政治、军事关系的影响。

[0008] 继电保护专业注重可靠性, 保护装置的设计总是希望用尽可能少的设备、器件、外部条件来完成所需的功能。减少对外部设备的依赖从体系结构上减少了可能的故障点, 对保证保护的可靠性有全局性的意义。本发明基于这一原则设计适用于 ET 接入的光纤差动保护的数据同步新方法。

[0009] 解决 ET 接入的线路光纤差动保护装置数据同步问题的外部技术条件与基础包括:

[0010] (1) 分别安装于两变电站中的保护装置之间的纵联光纤通信通道, 未因数字化变电站技术的推广和应用而有太多变化, 电力运行部门自建或租用的光纤通道, 提供给线路差动保护用的通道及其路由双向延时是相等的, 这跟传统光纤差动保护的数据同步方法的前提相同, 在工程中也是完全能保证的。

[0011] (2) MU 输出接口采用满足 IEC60044-8 标准规定的点对点或点对多点的串行接口

时，ET 的二次变送延时是稳定的，可测的。

[0012] (3)MU 输出的标准帧格式中，包含有 ET 的额定延时时间，可以是 $2T_s$ 、 $3T_s$ (T_s 为采样周期)，对采用同步脉冲的 MU，也可以为 $3\text{ms}(+10\% -100\%)$ 。该延时时间给出了一次电流变送到 MU 的过程延时。

发明内容

[0013] 本发明所要解决的技术问题是提供一种可直接应用于 ET 接入的光纤差动保护装置的两端数据同步方法。

[0014] 为解决上述技术问题，本发明提供一种基于 ET 二次变送延时整定值和改进插值法的数据同步方法，其特征在于包括以下步骤（参见附图 1）：

[0015] 1) 将本侧与对侧 ET 二次变送延时 T_{e1} 、 T_{e2} 作为整定值输入本侧保护装置与对侧保护装置；

[0016] 2) 各侧 MU 以符合 IEC60044-8 标准的接口，输出标准格式的采样数据报文到各自侧保护装置；

[0017] 3) 每侧保护装置处理器内设一只计时器（时钟），用于记录从 MU 收到的每帧数据的接收时刻，以及向对侧保护装置发送数据、从对侧保护装置接收数据的时刻；

[0018] 4) 本侧保护装置在收到本侧 MU 送来的采样数据后，立即将其发送到对侧保护装置，同时记下该时刻 tm_1 ；对侧保护装置收到本侧数据后，并在收到同侧 MU 送来的一帧采样数据后立即回送一帧报文给本侧保护装置，回送延时记为 T_m ；回送报文中除包含最新收到的同侧 MU 送来的电压电流采样数据外还包括报文回送延时 T_m ；本侧保护装置收到返回报文时，记下收到时刻 t_{mr} ，然后根据等腰梯形法计算出通道延时 T_d ：

$$[0019] \quad T_d = (t_{mr} - tm_1 - T_m) / 2 \quad (1)$$

[0020] 5) 本侧保护装置按下式计算与对侧采样点同步的本侧采样点时刻 t_{md} ：

$$[0021] \quad t_{md} = t_{mr} - T_d - \Delta T_e \quad (2)$$

$$[0022] \quad \text{式中，} \Delta T_e = T_{e2} - T_{e1} \quad (3)$$

[0023] 6) 本侧装置根据所存储的从本侧 MU 接收到的各帧采样数据的时刻，找到 t_{md} 前后收到的两帧数据，设该两时刻为 tm_1 、 tm_2 ，相应的采样数据为 $A(m_1)$ 、 $A(m_2)$ ，然后按下 (4) (5) 式计算 T_a 、 T_b ：

$$[0024] \quad T_a = t_{md} - tm_1 \quad (4)$$

$$[0025] \quad T_b = tm_2 - t_{md} \quad (5)$$

[0026] 按 (6) 式作一阶线性插值计算，得出一组电压电流采样值，

$$[0027] \quad A(m_d) = T_b * A(m_1) / T_s + T_a * A(m_2) / T_s \quad (6)$$

[0028] 式中 $A(m_1)$ 、 $A(m_2)$ 分别为 tm_1 、 tm_2 两时刻从 MU 收到的各相电压或电流的采样值， T_s 为 ET 的采样间隔时间， T_a 为 t_{md} 与 tm_1 时刻的时间差， T_b 为 t_{md} 与 tm_2 时刻的时间差，并且有 $T_s = T_a + T_b$ ；

[0029] 按上式计算出的一组电压电流采样值就是所求的与在 t_{mr} 时刻收到的对侧采样数据同步的本侧采样值，可与其对应的用于装置的差动保护计算；

[0030] 7) 对侧保护装置根据第 4)、5)、6) 步所述内容，按与本侧保护装置相同的处理方法，一样可以得到同步的采样数据，然后作差动保护计算。

[0031] 本发明解决了 ET 按 IEC60044-7/8 标准接口接入的线路光纤差动保护装置的两端数据同步问题，达到了以下有益效果：数据同步过程与算法不依赖于除保护装置自身和 MU 之外任何其他设备，大大提高了继电保护的可靠性；数据同步过程不调整采样时刻，适应于 ET 标准规定的 MU 功能结构条件；对前文所提的线路一侧为 ET 另一侧为传统互感器接入保护装置的情况，装置中只要将传统互感器的二次变送延时整定为 0 即可解决。

附图说明

[0032] 图 1 是本发明的数据同步过程示意图。

具体实施方式

[0033] 下面首先结合附图 1 对本发明作进一步的说明。

[0034] 图 1 中 M1、M2、M3 (N1、N2、N3)，代表本侧（对侧）ET 的采样时刻，由于 ET 采样部分晶振的相对稳定性，它们在较长的时间内是等间隔的（M1、M2 之间的间隔时间与 N1、N2 之间的间隔时间肯定存在微小的差别，但由于量值太小，对问题没有影响，可忽略）。设本侧电量采样数据经 ET 二次变送延时 T_{e1} 到达二次侧保护装置，对侧电量采样值经 ET 二次变送延时 T_{e2} 到达二次侧保护装置，两侧采样值的交换与同步过程在保护装置之间完成。

[0035] 设本侧保护装置在 $m1$ 点（对应时刻为 $tm1$ ）收到本侧 MU 送来的数据，并立即将其发送到对侧保护装置，对侧保护装置收到数据后，并在收到同侧 MU 送来的一帧采样数据后立即（于 $n2$ 点）回送一帧报文给本侧保护装置，该帧报文中包含了最新收到的同侧 MU 送来的采样数据以及回送延时 T_m 。本侧保护装置于 mr 点（对应时刻为 t_{mr} ）收到返回报文，在通信通道双向延时相等的条件下，可根据等腰梯形法计算出通道延时 T_d ： $T_d = (t_{mr} - tm1 - T_m) / 2$ 。

[0036] 进而本侧保护装置可推断出对侧 $n2$ 时刻对应本侧的 mr 点之前 T_d 时间的 mc 点时刻。对于传统保护装置，在 $m2$ 和 $m3$ 点之间通过插值可求得一个“虚拟”的 mc 点采样值， mc 点采样值与对侧 $n2$ 点采样值是同步的，一次数据同步就完成了。但在 ET 接入的情况下，需要对上述方法做出修正。修正的原则是保证两侧保护装置同步过程的结果使得对应的一次电流值同一时刻的，即同步的。

[0037] 图 1 中的对侧保护装置 $n2$ 点对应到一次侧为 $N2$ 点，两者间隔 T_{e2} ， $N2$ 点对应本侧一次侧为 Md 点，再对应到本侧保护装置为 md 点， Md 与 md 点之间间隔时间为 T_{e1} ，由图 1 可知， md 与 mc 之间间隔 $\Delta T_e = T_{e2} - T_{e1}$ ，要使两侧一次电量在保护装置中处理成同步，插值点应由 mc 点前推 ΔT_e 时间至 md 点。

[0038] 由于在 md 点时刻基本不会恰巧真有一帧采样数据送到保护装置中来，我们可以根据该点距其前后两帧采样数据到来时刻（设为 $tm1$ 、 $tm2$ ）的时差 T_a 、 T_b 及这两点的采样值，通过插值运算来计算出一个“虚拟”的采样值。若采用拉格朗日插值法作一阶线性插值，则该点采样值 $A(md)$ 计算为：

[0039] $A(md) = T_b * A(m1) / T_s + T_a * A(m2) / T_s$ 。

[0040] 式中 $A(m1)$ 、 $A(m2)$ 分别为 $m1$ (M1)、 $m2$ (M2) 两点的采样值， T_s 为 ET 的采

样间隔时间，并且有 $T_s = T_a + T_b$ 。

[0041] 至此，一个完整的数据同步过程完成。

[0042] 以上过程的前提条件有两个，一个是保护装置之间的通信通道双向延时相等，这跟传统光纤差动保护的数据同步方法的前提是一样的，在工程中也是完全能保证的；另外一个是在两侧的二次变送延时是稳定的，这一条件在 MU 输出接口采用满足 IEC60044-8 标准规定的点对点或点对多点的串行接口时也是完全可以满足的。因此可以说只要 MU 输出时使用 IEC60044-8 的接口，保护装置采用本发明所述的改进插值法进行数据同步即可解决。

[0043] MU 使用 IEC60044-8 接口向保护装置输出数据时，整个系统二次传变延时是可计算，也可实测出来的。由于该延时稳定，可在事先测出后，以整定值的形式通知保护装置。ET 二次传变延时由以下几个部分组成：

[0044] (1) 从 ET 的 AD 采样启动开始到 MU 收到的延时，该延时在 IEC60044-8 有具体规定。

[0045] (2) 从 MU 处理器接收到 AD 数据然后进行处理、打包成帧开始，到处理器开始从串行口发送第一帧数据的时间。该时间可控制稳定不变，可通过计算程序执行时间或实测得到。

[0046] (3) MU 处理器通过串行口向保护装置发送完一帧完整的数据报文的时间。该时间可由数据速率的倒数和传送字节总数相乘得到。标准规定 MU 数字输出接口速率为 2.5Mbit/s，每帧报文长度为 56byte，共 448bit，总计耗时可计算得知为 179.2us。

[0047] (4) 从保护装置处理器接收到 MU 传来的数据然后进行处理到将数据用于同步过程的时间。可通过计算程序执行时间或实测得到。

[0048] 以上四部分的总和即为整个二次传变延时。

[0049] 关于插值计算的误差评估可按现有技术进行计算。

[0050] 下面给出本发明的一个具体实施方式：

[0051] 1) 将本侧与对侧 ET 二次变送延时 T_{e1} 、 T_{e2} 作为整定值输入本侧保护装置与对侧保护装置；

[0052] 2) 各侧 MU 以符合 IEC60044-8 标准的接口，输出标准格式的采样数据报文到各自侧保护装置。MU 采样周期 T_s 为 0.417ms；

[0053] 3) 每侧保护装置处理器内设一只计时器（时钟），用于记录从 MU 收到的每帧数据的接收时刻，以及向对侧保护装置发送数据、从对侧保护装置接收数据的时刻；

[0054] 4) 本侧保护装置在收到本侧 MU 送来的采样数据后，立即将其发送到对侧保护装置，同时记下该时刻 t_{m1} ；对侧保护装置收到本侧数据后，并在收到同侧 MU 送来的一帧采样数据后立即回送一帧报文给本侧保护装置，回送延时记为 T_m ；回送报文中除包含最新收到的同侧 MU 送来的电压电流采样数据外还包括报文回送延时 T_m ；本侧保护装置收到返回报文时，记下收到时刻 t_{mr} ，然后根据 (1) 式计算出通道延时 T_d ；

[0055] 5) 本侧保护装置按 (2) (3) 式计算与对侧采样点同步的本侧采样点时刻 t_{md} ；

[0056] 6) 本侧装置根据所存储的从本侧 MU 接收到的各帧采样数据的时刻，找到 t_{md} 前后收到的两帧数据，按 (4) (5) 式计算 T_a 、 T_b ，按 (6) 式作一阶线性插值计算，得出一组电压电流采样值 $A(m_d)$ ，该组电压电流采样值就是所求的与在 t_{mr} 时刻收到的对侧采

样数据同步的本侧采样值，可与其对应的用于装置的差动保护计算；

[0057] 7) 对侧保护装置根据第 4)、5)、6) 项所述内容，按与本侧保护装置相同的处理方法，可以得到同步的采样数据，然后作差动保护计算，不再复述。

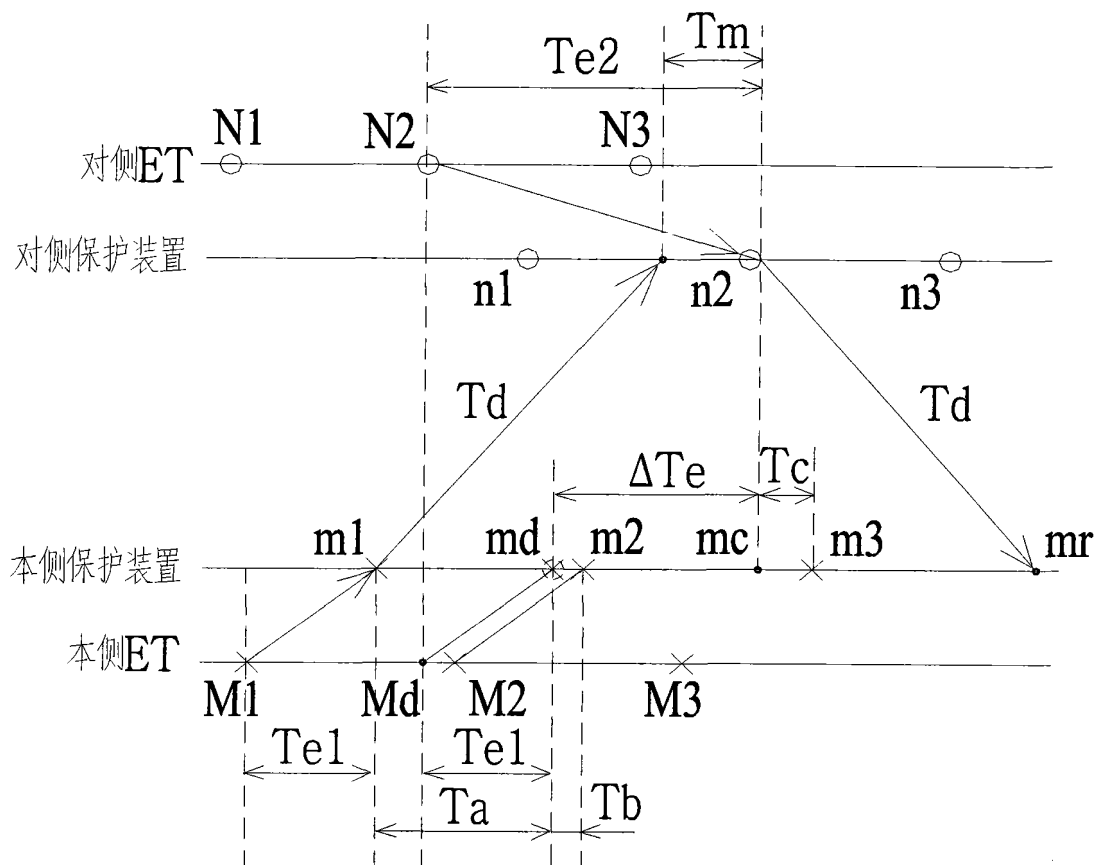


图 1