

# 数字化变电站中的非常规互感器

黄学卫<sup>1</sup>, 董玉玲<sup>2</sup>, 董丽丽<sup>3</sup>

(1 镇江船艇学院, 江苏 镇江 212003; 2. 镇江发电有限公司, 江苏 镇江 212114; 3. 许继电气有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 非常规互感器在数字化变电站中的应用日益广泛。分析和介绍了非常规互感器 (NCIT) 的分类、基本原理、数字接口协议、主要优点、对智能电子装置 (IED) 的影响、对二次回路的影响和对保护的影响。

**关键词:** 非常规互感器; 数字化变电站; 影响; 应用分析

## Unconventional mutual inductor of digital substation

HUANG Xue-wei<sup>1</sup>, DONG Yu-ling<sup>2</sup>, DONG Li-li<sup>3</sup>

(1. Zhenjiang Watercraft College, Zhenjiang 212003, China; 2. Zhenjiang Generator Co., Ltd, Zhenjiang 212114, China; 3. XJ Electric Co., Ltd, Xuchang 461000, China)

**Abstract:** Application of unconventional mutual inductor in the digital substation is widen increasingly. Categories, fundamental principle, digital opening agreement, main advantage of unconventional mutual inductor are introduced, and influence on intellectual electronic device, secondary circuit, protection are analysed in this paper.

**Key words:** unconventional mutual inductor; digital substation; effect; applied analysis

中图分类号: TM45 文献标识码: B 文章编号: 1674-3415(2009)08-0089-04

## 0 引言

数字化变电站是数字化技术从变电站的三次设备和二次设备向一次设备发展的必然归宿, 变电站数字化也将进一步提高变电站的安全性、易维护性、易扩展性和经济性。

但目前变电站所使用的常规电磁型互感器存在两个缺点: 一是常规电流互感器工作时, 闭合铁芯会由于电流的非周期性分量作用而高度饱和, 磁导率急剧降低, 从而使电流互感器的误差在过渡状态中增大到不能允许的程度。当电流互感器铁芯中有剩磁通, 而且这一剩磁通与励磁电流非周期性分量的磁通方向一致时, 产生的误差较大; 二是电磁感应式互感器一般采用充油方法才解决绝缘问题, 这样不可避免的存在易燃、易爆炸等不安全因素。因此, 常规互感器已不能适应变电站数字化的要求, 而非常规互感器 (NCIT) 以其独特的优势在数字化变电站中得到广泛应用。

## 1 非常规互感器 (NCIT) 的概述

### 1.1 非常规互感器 (NCIT) 的分类

国际上将有别于传统的电磁型电压/电流互感器的新一代互感器统称为非常规互感器。根据其基

本原理的不同, 非常规互感器 (NCIT) 可分为光学互感器和电子式互感器; 根据其是否有源也可分为无源型和有源型两大类。如图 1 所示。

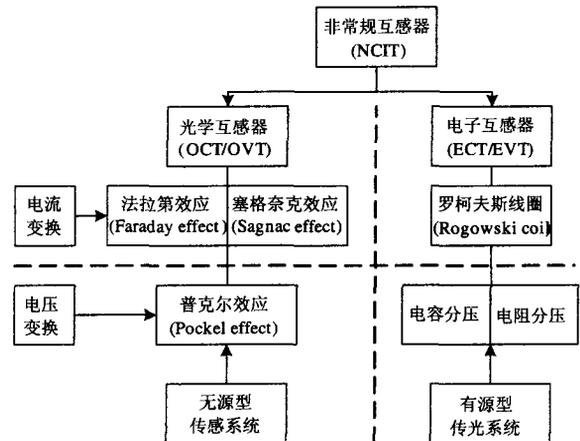


图 1 非常规互感器 (NCIT) 分类

Fig.1 Categories of unconventional mutual inductor

### 1.2 非常规互感器 (NCIT) 的基本原理

半常规变换器主要基于小功率输出的传统电磁感应、电容和电阻分压技术。虽然电流变换既可用微型 CT, 也可用罗柯夫斯基线圈 (Rogowski coil), 但由于后者具有更好的暂态响应特性, 故推

荐后者作为电流变换。在户外空气绝缘变电站中应用时,要解决处于高电位电子设备的供电问题和信号从高电位到低电位的传送问题。

非常规互感器(NCIT)的电压变换主要是利用石英晶体的普克尔效应(Pockel effect)测量电场强度来量测导线的对地电压。电流变换主要是利用石英晶体的法拉第效应(Faraday effect),即光束通过磁场作用下的晶体产生旋转,测量光线旋转角度来量测电流。

下面分别对 Rogowski coil 原理、低功率互感器分压原理和法拉第效应(Faraday effect)原理作如下简单介绍。

### 1.2.1 罗柯夫斯基线圈(Rogowski coil)原理

Rogowski coil 原理基于电磁耦合原理。与传统的电磁式电流互感器不同,它是密绕于非磁性骨架上的空心螺绕环,消除了磁饱和现象,提高了电磁式电流互感器的动态响应范围;它不与被测电路直接接触,可方便地对高压回路进行隔离测量。

### 1.2.2 低功率互感器分压原理

低功率互感器分压原理是利用电磁感应、电容分压或电阻分压原理来实现。用电磁感应、电容分压或电阻分压将一次电流或电压转变为小电压信号,经模数转换为数字信号,或将小电压信号传给合并单元,然后由合并单元转成数字信号传输给二次设备。

### 1.2.3 法拉第效应<sup>[1]</sup>(Faraday effect)

利用磁光和电光原理,即加在光学介质上的外部磁场会使通过光学介质的偏振光发生偏振面的旋转的效应。其旋转角度 $\Phi$ 由公式(1)决定。

$$\Phi = V \int H \times dl \quad (1)$$

式中: $V$ 为光学介质的 Verdet 常数; $l$ 为光在介质中的传播的距离; $H$ 为磁场强度。

当磁场 $H$ 由穿过光学玻璃传感头(图2所示)的导体中的电流 $I$ 产生,且光路围绕载流导体闭合时,利用安培环路定律上式可改写为

$$\Phi = VN_L I \quad (2)$$

式中: $N_L$ 为围绕载流导体闭合光路圈数。

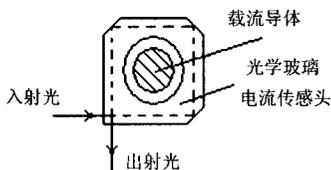


图2 光学玻璃电流传感头原理光路图

Fig.2 Schematic diagram of the bulk glass current sensing head

由式(2)可知,只要测出偏振光旋转的角度 $\Phi$ ,即可计算出待测电流的大小。

### 1.3 非常规互感器(NCIT)的数字接口

为满足数字化变电站的保护、录波、测量、计量和谐波检测等功能要求,互感器输出数据的采样速率最高需达到200点/周波,并且所有互感器的采样应同步<sup>[2]</sup>。为实现同步采样,变电站需配置同步时钟源向所有非常规互感器(NCIT)输出1 Hz的同步脉冲。图3是数字化变电站的网络通讯架构图,其中非常规互感器(NCIT)输出的数字信号有三种协议:

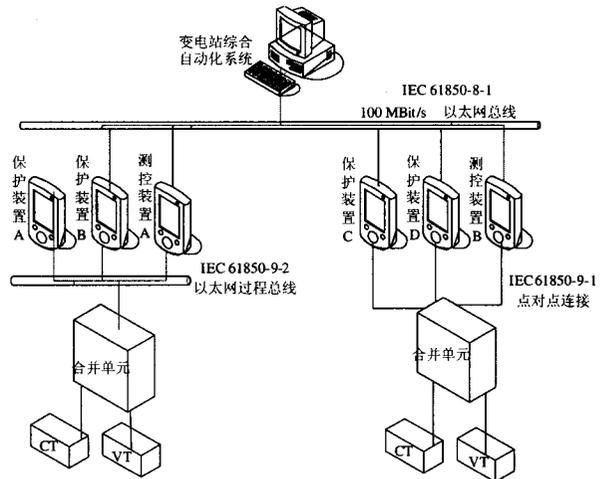


图3 数字化变电站的网络通讯架构图

Fig.3 Network communication connections of digital substation

(1) IEC 60044-8 规定的2.5 MHz 串行输出。其采用IEC 61970-5的FT3链路层,通信速率低,只有在采样速率小于80点/周波时可用。

(2) IEC 61850-9-1 规定基于以太网的单向多路点对点传输协议。该协议可采用100 M以太网,能传输200点/周波的采样数据,而且单向多路点对点的网络拓扑简单可靠,实现难度低,是现阶段最合适的协议。

(3) IEC 61850-9-2规定基于以太网的ISO/IEC 8802.3上的模拟量采样值。该协议采用交换以太网的组播技术将采样数据传输给若干二次设备,具备很高的灵活性,而且可与传输状态量和控制命令的GOOSE 服务共用通信网络,是最具发展前途的协议。但其组网技术复杂,并且要求以太网交换机有足够的吞吐率。IEC 61850-9-1和IEC 61850-9-2的智能一次设备和二次设备可采用完全相同的硬件,两种协议可通过更换软件和网络设备实现互换。

## 2 非常规互感器 (NCIT) 的主要优点及其影响

### 2.1 非常规互感器 (NCIT) 的主要优点

#### (1) 优良的绝缘性能, 造价低

在非常规互感器中, 高压侧信息通过由绝缘材料做成的玻璃纤维传输到低压侧, 绝缘结构简单。实验测得, 0.15 m 的光缆耐 110 kV。

(2) 不含铁心, 消除了磁饱和、铁磁谐振等问题

光纤互感器不用铁心做耦合, 因此消除了磁饱和及磁谐振现象, 保证了系统运行的高可靠性。

#### (3) 低压侧无开路高压危险

光纤电流互感器的高低电压侧之间只存在光纤联系, 由于光纤具有良好的绝缘性能, 因此可保证高压回路与二次回路在电气上完全隔离, 低压侧无因开路而产生高压的危险。

#### (4) 暂态响应范围大

光纤互感器有很宽的动态范围, 一个测量通道额定电流可测到几十安培至几千安培, 过电流范围可达几万安培。因此既可同时满足计量和继电保护的需要, 又可免除电磁感应式互感器多个测量通道的复杂结构。

#### (5) 频率响应范围宽

光纤互感器传感头部分的频率响应取决于光纤在传感头上的渡越时间, 实际能测量的频率范围只取决于电子线路部分, 其极限频带在几兆 Hz 以上。能很好地满足电力系统故障录波的要求。现代光纤互感器已经可以测出高压电力线路上的谐波, 而电磁感应式互感器难以进行这诸多方面的工作的。

#### (6) 抗电磁干扰能力强

电力系统存在着大量电磁场, 且十分复杂, 光纤互感器通过光纤信号传递信息, 可抗电磁干扰。

(7) 适应了电力计量与保护数字化、微机化和自动化发展的潮流

光纤互感器一般以弱功率数字量输出, 非常适合微机保护装置的需要。这将最佳地适应日趋广泛采用的微机保护、电力计量数字化及自动化发展的潮流。

### 2.2 非常规互感器 (NCIT) 对智能电子装置 (IED) 的影响

(1) 简化了智能电子装置 (IED) 的结构。非常规互感器送出的是数字信号, 可以直接为数字装置所用, 省去了这些装置的数字信号变换电路。

(2) 消除了电气测量数据传输过程中的系统

误差。不受负载影响, 系统误差仅存在于传感头自身。

(3) 一、二次完全隔离, 开关场经传导、感应及电容耦合等途径对于二次设备的各种电磁干扰将大为降低, 可大大提高设备运行的安全性。

(4) 一次变换设备的负载不再是设计中需要考虑的因素, 由负载引起的信号畸变等问题也将成为历史。

(5) 数字化电气量测系统具有较大的动态测量范围, 采用非常规互感器可实现装置集成化应用。

### 2.3 非常规互感器 (NCIT) 对二次回路的影响

(1) 光缆本身不存在极性问题, 因此, 无需校验电流或电压互感器的极性, 极性仅仅由安装位置决定。

(2) 不存在绝缘电阻问题, 无需测试回路的绝缘电阻。

(3) 传统互感器采用的是电信号传输方式, 任何电路的交叉或错接将使保护装置无法正常工作, 采用非常规互感器后, 数据的传输均带有标记, 确保不会使用错误的数, 无需进行二次回路接线检查, 减少了原来繁重的查线工作。

(4) 由于取消了电通道信号传输, 整个二次光缆传输回路是完全绝缘的, 没有接地的要求, 减少了现场查接地的工作量。

(5) 传统的互感器受容量限制。采用非常规互感器后, 合并单元是分别输出信号给不同的装置的, 只要合并单元的输出接口数量足够, 即可满足使用需求, 不存在容量要求限制。

(6) 非常规互感器不存在 CT 饱和及断线问题, 而原来的保护装置对于 CT 断线和饱和均有不同的检测原理和相应的闭锁逻辑, 该部分程序内容可省略, 也就减少了现场针对 CT 断线和饱和的试验项目。

### 2.4 非常规互感器 (NCIT) 对保护的影响

#### (1) 促进保护新原理的研究

传统的 CT 由于频响范围较窄而不能完全再现一次电流波形, 然而 OCT 测量的频响范围宽, 能够真实地反映一些高频信号, 可以为暂态量保护提供可靠的数据, 从而促进它的发展。

#### (2) 提高继电保护的可靠性

CT 饱和一直是影响保护正确动作的重要因素。由于 OCT 不含铁芯, 它在一次大电流下不会饱和, 在大的动态范围内能保持良好的线性, 因而其二次侧能正确地反映一次电流的值。

#### (3) 为保护提供新的功能

由于 OCT 的动态范围大, 正常和故障时均可

较准确反映一次大电流的值,因此许多测量的功能可在保护中实现。

(4) 提高现场的安全性

进出 OCT 的都是光信号,因此二次侧开路时不会产生危险的高电压,保证了现场人员的安全和设备的可靠性。

3 结束语

本文介绍了非常规互感器的分类、基本原理、数字接口、优点,分析了非常规互感器的优点及其对智能电子装置(IED)、二次回路和保护的影响,并与常规互感器相比较,得出非常规互感器的诸多优势。可见,非常规互感器必然会替代常规互感器,以促进变电站的数字化发展。

(上接第 85 页 continued from page 85)

LI Rui-sheng. Optical Fiber Channel in Current Differential Protection and Experimentation on Channel[M].Beijing: China Electric Power Press,2006.

[2] 倪伟东,李瑞生,李峥峰. 光纤电流差动保护通道试验及研究[J]. 继电器,2005,33(8):68-70.

NI Wei-dong,LI Rui-sheng,LI Zheng-feng. Experimentation and Research on Optical Fiber Channel in Current Differential Protection System[J]. Relay,2005,33(8):68-70.

[3] 唐成虹,付建明,刘宏君,等. 光纤纵差保护装置中光纤数字接口的设计新方法[J]. 电力系统自动化,2005,29(2):83-85.

TANG Cheng-hong, FU Jian-ming,LIU Hong-jun,et al. A New Method for the Design of the Fiber-optical Digital Interface in Current Differential Protection[J]. Automation of Electric Power Systems,2005,29(2):83-85.

(上接第 88 页 continued from page 88)

4 结论

本文提出了分阶段实施数字化变电站的三种方案,提出了按方案二实施将传统的变电站改造为数字化变电站,这将是近几年数字化变电站发展的主流,并指出方案三将是今后数字化变电站的最终发展方向。

参考文献

[1] 孙一民,李延新,黎强. 分阶段实现数字化变电站系统的工程方案[J]. 电力系统自动化,2007,31(5):90-93.  
SUN Yi-min, LI Yan-xin, LI Qiang. A Grading Solution

参考文献

[1] 王政平,康崇,张雪原,等. 光学玻璃电流互感器研究进展[J].激光与光电子学进展,2004,(11).  
[2] 朱子坤.数字化变电站自动化系统[J].西北水电,2005,(3).

收稿日期:2008-06-04

作者简介:

黄学卫(1973-),男,硕士,讲师,主要从事电测方面的工作; E-mail: hxwdyl@126.com

董玉玲(1976-),女,本科,工程师,主要从事电力系统自动化方面的工作;

董丽丽(1982-),女,助理工程师,主要从事电力系统自动化方面的工作。

[4] 尹成群,杨贵. 继电保护光纤通道仿真测试及研究[J]. 继电器,2006,34(13):54-57.

YIN Cheng-qun,YANG Gui. Tests and Studies of Protection Optical Fiber Channel Simulation[J]. Relay,2006,34(13):54-57.

收稿日期:2008-05-20; 修回日期:2008-06-21

作者简介:

陈强林(1979-),男,助理工程师,主要从事继电保护及自动化产品的测试技术、测试方法的研究和科研产品的测试工作; E-mail:qianglinch@xjgc.com

李瑞生(1966-),男,硕士研究生,教授级高级工程师,主要从事继电保护方面的研究;

马全霞(1979-),女,助理工程师,主要从事继电保护及自动化产品的测试技术、测试方法的研究和科研产品的测试工作。

for Building Digital Station[J]. Automation of Electric Power Systems,2007,31(5):90-93.

[2] 高翔. 数字化变电站应用技术[M]. 北京:中国电力出版社,2008.

收稿日期:2008-06-10; 修回日期:2008-09-08

作者简介:

孟凌峰(1971-),男,工程师,硕士,主要从事港口工程建设管理工作;

袁文广(1974-),男,高级工程师,主要从事电力系统微机保护与自动装置的研究与开发; E-mail:yuanwenguang@ieslab.com.cn

于泳(1973-),男,工程师,主要从事电力系统自动化产品市场营销战略。