

电子式互感器在发电厂厂用电系统中的应用

丁宁,刘志雄,仲伟
(江苏金智科技股份有限公司,江苏南京 211100)

摘要:随着电子式互感器在数字化变电站中的应用,发电厂厂用电领域可借鉴电子式互感器的运行经验以解决传统互感器使用中的一些不足。文中从发电厂厂用电系统角度出发,从传统互感器的不足、电子式互感器优点、应用方式、数字式保护测控装置等多方面进行分析,以探讨电子式互感器在发电厂厂用电系统中的应用。

关键词:电子式互感器;发电厂厂用电系统;传统互感器;数字式保护测控装置

中图分类号: TM452

文献标志码: B

文章编号: 1009-0665(2011)06-0026-04

随着数字化变电站的陆续投运^[1,2],光电互感器、电子式互感器的优点越来越被大家所认识,特别是应用在 35 kV/10 kV 电压等级的电子式互感器,其体积小、价格低、抗饱和、替换方便等优点,大有取代传统互感器之势。

1 发电厂电气监控系统现状

发电厂电气监控系统(ECMS)即发电厂厂用电系统^[3]一般由间隔层装置、通信层通信管理机、站控层后台系统三部分组成。间隔层主要包含 10 kV/6 kV 高压保护测控装置、400 V 低压保护测控装置以及快切、低压备自投等设备,间隔层保护测控装置一般通过现场总线如 CAN, ProfiBus 和通信层通信管理机连接。通信层通过以太网和站控层后台系统连接,从而形成三层网结构。保护测控装置一般安装在开关柜中,和一次互感器、开关等构成基本单元间隔。

作为保护测控装置、仪表等设备基础的一次互感器,在其中起着重要的作用,是保证数据正确的源泉。传统的电磁式互感器在使用过程中,逐步显现出一些不足和待改进之处^[4]。

(1) 传统的电磁式互感器需进行二次转换,将一次大电流高电压转换成二次小电流低电压,再通过装置的互感器转换成小信号供装置数据处理使用。由于增加了转换环节,导致系统可靠性降低,同时增大了系统采样误差。

(2) 传统的电磁式电流互感器二次回路不能开路、电压互感器二次回路不能短路,否则会給电力系统设备和人身安全带来故障隐患。

(3) 传统电流互感器容易出现饱和情况,影响保护动作的正确性。随着电力系统容量越来越大,相应故障时短路电流也越来越大;同样,厂用电系统的短路电流越来越大,容易出现电流互感器饱和,导致

保护出现误动、拒动的情况,影响保护的正确动作。

(4) 为保证大短路电流下电流互感器不出现饱和的情况,厂用电保护电流互感器不应根据所保护设备(如电动机、变压器)的额定电流来选择,而应根据实际短路电流水平,选择足够大变比、短路电流倍数、容量,以保证保护在各种短路情况下保护的可靠动作(国内已多次发生高、低压厂用电系统出口短路时因电流互感器严重饱和,造成保护拒动的实例^[5])。由于所选电流互感器变比很大,保护设备的额定电流可能会处于相对较小的水平,过小的运行电流可能导致相关保护精度得不到满足,甚至也造成误动、拒动的可能。

(5) 传统电流互感器选型复杂。由于厂用电电动机等级较多,需要考虑精度、量程、最大短路电流之间的平衡,故选型复杂,所选互感器规格型号较多,增加设计选型的难度。

2 电子式互感器技术

传统电磁式互感器的不足可以通过选用电子式互感器加以改进。随着电力系统的发展以及保护测控装置的数字化,对电流电压等模拟量数据获取的要求越来越高,从而对一次电流电压互感器提出了更高的要求。

电子式电流电压互感器,二次输出为小电压信号,无需二次转换,可直接满足装置对电流电压完整信息进行数字化处理的要求,且消除了传统电磁式电流互感器因二次开路、电压互感器二次短路给电力系统设备和人身安全带来的故障隐患。

2.1 电子式互感器原理

电子式电流互感器采用罗哥夫斯基(Rogowski)线圈和轻载线圈的基本原理^[6]。Rogowski 线圈,由于采用非磁性的骨架,不存在磁饱和现象,其原理如图 1 所示。一次电流通过 Rogowski 线圈得到了与一次电流 I_1 的时间微分成比例的二次电压 E , 将该

二次电压 E 进行积分处理,获得与一次电流成比例的电压信号,通过微处理器将该信号进行变换、处理,即可将一次电流信息变成模拟量和数字量输出。

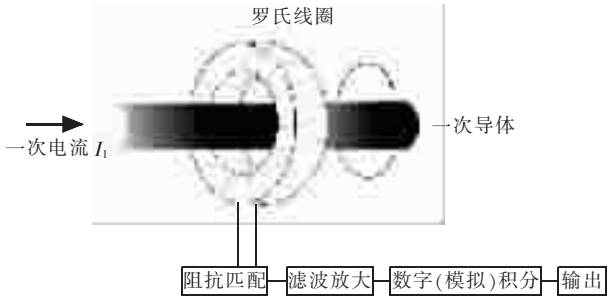


图 1 电子式电流互感器 Rogowski 线圈原理图

轻载线圈,代表着经典感应电流互感器的发展方向。它是由一次绕阻、小铁心和损耗最小化的二次绕组组成,其原理如图 2 所示。二次绕组上连接着分流电阻 R_a ,二次电流 I_2 在分流电阻 R_a 两端的电压降 U_2 与一次电流 I_1 成比例,电子式电流互感器比传统的电磁式电流互感器拥有着更大的电流测量范围。

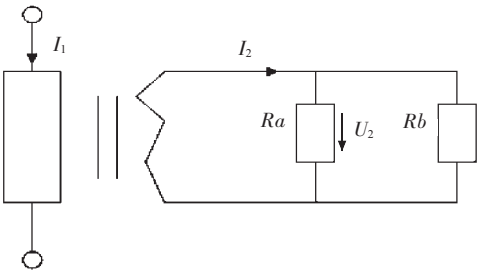
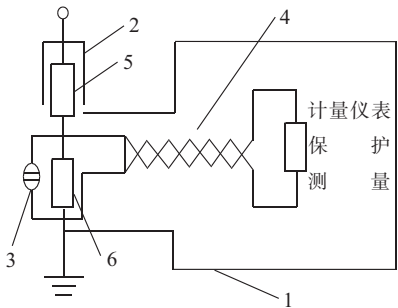


图 2 电子式电流互感器轻载线圈原理图

电子式电压互感器采用电阻分压原理,如图 3 所示。



1 为金属屏蔽盒;2 为高压屏蔽电极;3 为过电压保护装置;4 为双绞屏蔽线;5 为高压臂电阻;6 为低压臂电阻

图 3 电子式电压互感器原理图

电子式互感器由高压臂电阻、低压臂电阻、屏蔽电极、过电压保护装置组成。通过分压器将一次电压转换成与一次电压和相位成比例的小电压信号。采用屏蔽电极的方法改善电场分布状况和杂散电容的影响,在二次输出端并联一个过电压保护装置,防止在二次输出端开路时将二次侧电压提高。

2.2 电子式互感器优点

- (1) 集测量信号输出和保护信号输出于一体,能快速、完整、准确地将一次信息传送给数字化仪表等测量、保护装置,实现计量、测量、保护、状态监测等功能。
- (2) 电流互感器不含铁心(或含小铁心),不会饱和,可解决传统电流互感器因为饱和导致的保护误动、拒动等问题。
- (3) 电流互感器二次开路时不会产生高电压,保证了人身及设备的安全。
- (4) 二次输出为小电压信号,可方便地与数字式仪表、微机测控保护设备接口,无需进行二次转换(将 5 A 或 1 A 转换为小电压),简化了系统结构,减少了误差源,提高了整个系统的稳定性和准确度。
- (5) 频响范围宽、测量范围大、线性度好,在有效量程内,电流互感器准确级达到 0.2S/5P 级;对于发电厂 10 kV/6 kV 厂用电系统,仅需两个规格即可覆盖电流互感器 20~5 000 A 的全部量程,从而大大降低电流互感器设计选型的复杂度。
- (6) 体积小、重量轻,能有效地节省空间,功耗极小,且具有环保产品的特征。
- (7) 安装使用简单方便,运行无需维护,使用寿命大于 30 年^[7]。

3 数字化发电厂电气监控管理系统

3.1 数字化发电厂电气监控管理系统结构

针对发电厂厂用电传统互感器存在的不足以及电子式互感器的优点,同时综合考虑成本、维护等因素,对 10 kV/6 kV 高压部分互感器采用电子式互感器,线路、变压器、电动机等保护装置相应采用数字式保护测控装置,低压厂用电 400 V 部分暂不采用电子式互感器。即对 10 kV/6 kV 间隔层部分设备进行数字化。

基于此高压间隔层数字化的发电厂电气监控系统如图 4 所示。系统采用站控层、通信层、间隔层三层网络结构。由于电厂厂用电设备数目多,分布较广泛,间隔层网络推荐使用现场总线,保护测控装置一般通过现场总线如 CAN,Profibus 和通信层通信管理机连接,通信层通过以太网和站控层后台系统连接;通信层、站控层和常规 ECMS 系统保持一致。间隔层使用数字式保护测控装置和电子式电流互感器。

3.2 间隔层装置配置

间隔层装置采用数字式保护测控装置,且包括线路保护测控、线路差动、电动机保护测控、电动机差动、变压器保护测控、变压器差动、分布式单元等

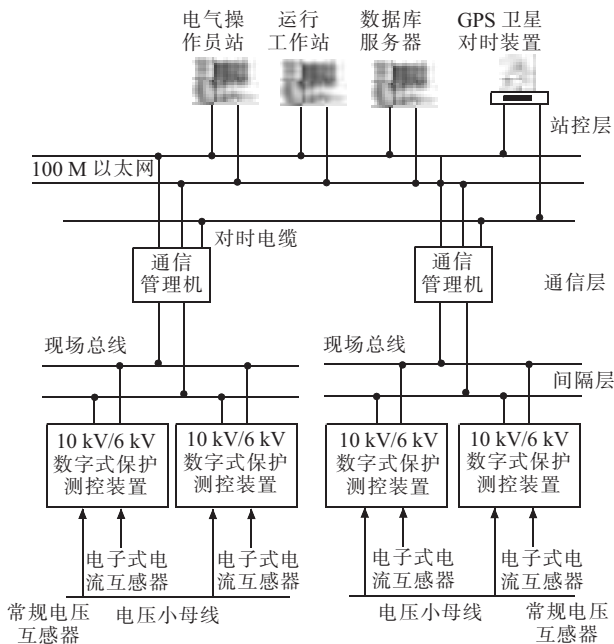


图 4 数字化发电厂电气监控管理系统结构图

装置。间隔层采用电子式电流互感器和常规电压互感器相结合的方式将电流(相电流和零序电流)和电压信号传送至数字式保护测控装置。

电子式电流互感器、数字式保护测控装置安装于开关柜,电子式电流互感器输出直接接入数字式保护测控装置,装置对其进行采样;母线电压通过电压互感器柜电压小母线输出到装置电压采集端子;装置的开入、开出保持不变,采用二次电缆直接连接;断路器开关保持不变。由于电子式电流互感器带负载能力弱,装置一般需要在电子式电流互感器旁就近安装,对于包含差动保护装置的配置如图 5 所示。图 5 以电动机保护测控装置为例,且变压器、线路保护测控装置类似。

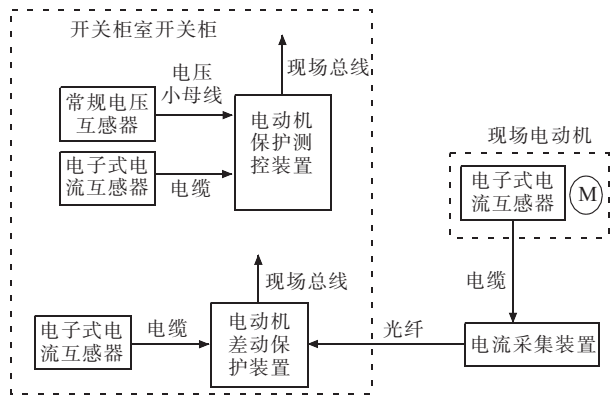


图 5 数字式电动机保护测控装置配置图

图 5 中电动机中性侧电子式电流互感器将电流信号送至就近安装的电流采集装置,电流采集装置通过光纤将电流数据传送至开关柜中的数字式电动机差动保护装置,和开关柜中的电动机机端电流组成电动机差动保护。

3.3 ECMS 系统对时

目前 ECMS 系统对时方案一般采用 GPS 对时装置,通过以太网对站控层设备进行对时,通信层设备采用网络对时加硬件对时相结合的对时方式,间隔层设备采用总线软对时加硬件对时相结合的对时方式,硬件对时采用 IRIG-B 对时网络或秒/分秒对时脉冲网络。

如果间隔层网络采用 ProfiBus 现场总线,可以取消间隔层专用硬件对时方式。通信管理机采用 ProfiBus DP V2 对时功能,实现对间隔层各个装置对时,保证装置对时精确到毫秒^[8]。

3.4 电压互感器选择

电厂一般均设有专门的电压互感器柜以采集电压,通过电压小母线供该段母线上多个装置以及自动装置使用。如采用电子式电压互感器,需要将电子式电压互感器的信号接入专用电压采集单元,通过 IEC 60044 专用接口将数据传送至数字式保护测控装置;数字式保护测控装置需要有 IEC 60044 接口以接受电压数字信号^[9]。

电厂一段母线下多个保护测控装置共用同一电压信号,因此电压采集单元需要多个 IEC 60044 专用接口,以点对点方式将数据传送至该母线下每一台数字式保护测控装置,这样将导致系统的复杂性大大增加,成本增加,维护工作量加大。同时,由于电压互感器不存在选型的问题,也不存在类似于电流互感器饱和影响保护正确动作的情况,故电压互感器可以不采用电子式,仍然为传统的互感器。

3.5 间隔层测量计量

由于电子式电流互感器电流采用点对点传输方式至数字式保护测控装置,不同于传统电流互感器二次电流可通过电缆串接于多个设备,因此,一次设备所需的测量、计量功能需由数字式保护测控装置提供,而无法通过加装其他测量、计量仪表来实现。因此,数字式保护测控装置须具备电流电压功率测量、4~20 mA 直流模拟量输出、电能计量等功能,以满足发电厂电气运行的需要。

3.6 电子式电流互感器配置

LZC-12 型电子式电流互感器,用于 12 kV 及以下高压开关柜中,与电子式仪表、微机测量保护设备配套使用,可同时实现测量信号、保护小信号输出等功能,二次开路时不会产生高电压。

4 结束语

电子式电流互感器可有效解决传统电流互感器在发电厂厂用电使用中出现的易饱和、选型复杂的问题,替换方便;于此配合的数字式保护测控装置集

保护、控制、测量、计量等于一体,简化了系统设计,提高了保护动作的可靠性。结合通信层和站控层组成的数字化发电厂电气监控管理系统,可大大提高发电厂厂用电电气科技含量和运行水平。

参考文献:

[1] 崔和瑞,于立涛,张 屹. 220 kV 午山数字化变电站应用研究[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(3): 149-152.
[2] 李瑞生,王 锐,许沛丰,等. 基于 61850 规约的洛阳金谷园 110 kV 数字化变电站工程应用实践[J]. 电力系统保护与控制, 2009, 37(10): 76-78.
[3] 陈倩茵. 厂用电监控系统在火电厂的应用[J]. 电力自动化设备, 2005, 25(3): 85-87.
[4] 黄云乐. 电磁式电流互感器存在的问题分析与解决措施[J]. 沿海企业与科技, 2010(4): 123-124.
[5] 高春如. 大型发电机组继电保护整定计算与运行技术(第 1 版)[M]. 北京:中国电力出版社, 2005.

[6] 王红星,张国庆,郭志忠,等. 电子式互感器及其在数字化变电站中应用[J]. 电力自动化设备, 2009, 29(9): 115-120.
[7] 徐大可,赵建宁,张爱祥,等. 电子式互感器在数字化变电站中的应用[J]. 高电压技术, 2007, 33(1): 78-82.
[8] PROFIBUS International Support Center. PROFIBUS Technology and Application [Z]. Karlsruhe, Germany:PROFIBUS International Support Center, 2002.
[9] 刘 青,王增平,徐 岩,等. 电子式互感器与继电保护接口的实现[J]. 高电压技术, 2005, 31(4): 4-5.

作者简介:

丁 宁(1978-),男,江苏海安人,工程师,从事发电厂厂用电保护和自动装置研究与开发工作;
刘志雄(1980-),男,湖北汉川人,工程师,从事发电厂厂用电保护和自动装置研究与开发工作;
仲 伟(1978-),男,江苏如皋人,工程师,从事发电厂厂用电保护和自动装置研究与开发工作。

Application of Electronic Instrument Transformer in Electrical Auxiliary System of Power Plant

DING Ning, LIU Zhi-xiong, ZHONG Wei
(Wiscom System Co. Ltd., Nanjing 211100, China)

Abstract: The successful applications of electronic instrument transformer in digital substation can give references for electrical auxiliary system of power plant in resolving the shortcomings of traditional instrument transformer. In order to promote the electronic instrument transformer's applications in the electrical auxiliary system of power plant, this paper discusses the traditional transformer's shortcoming, electronic transformer's merit and application mode, digital protection measurement device and etc.

Key words: electronic instrument transformer; electrical auxiliary system of power plant; traditional instrument transformer; digital protection measurement device

(上接第 25 页)

△UJ 算法及其应用[J]. 中国电力, 2000, 33(9): 42-44.
[4] 程 亮,苏义荣,谢 敏. 地县级电网全局无功优化的研究和软件开发[J]. 江苏电机工程, 2005, 24(1): 38-40.

作者简介:

陈天华(1981-),男,江苏南通人,工程师,从事自动电压控制的研究开发和工程化工作;
杜 磊(1983-),男,山东高唐人,工程师,从事自动电压控制的研究开发和工程化工作;
栗杰鹏(1986-),男,山西长治人,工程师,从事自动电压控制的研究开发和工程化工作。

Implementation of AVC Coordination Control for Region and County Grid

CHEN Tian-hua, DU Lei, LI Jie-peng
(NARI Technology Development Co. Ltd., Nanjing 210061, China)

Abstract: Based on the voltage and reactive power hierarchical idea, according to the principles of three-stage voltage control mode and the hierarchical management feature of regional grid, a coordination control solution of the AVC (automatic voltage control) system for region and county grid was proposed. The principles of the coordination control were elaborated. And control strategies were discussed respectively for region and county side. At last, actual applications in power grid show that the proposed technical solution and control strategies are feasible and effective.

Key words: automatic voltage control (AVC); coordination control; control mode