

电能计量在线监测系统应用实例及分析

李 剑

(四川省电力公司资阳公司 四川 资阳 641300)

摘 要:通过简要介绍目前电能计量检定的实际生产水平和发展趋势,引出电能计量在线监测系统;进一步介绍了电能计量在线监测系统的组成和关键技术;详细介绍了电能计量在线监测系统主要功能的实现原理。通过数据收集,介绍了电能计量在线监测系统在110 kV龙台变电站的应用实例。

关键词:计量装置;电能表;互感器;电压降;在线监测

Abstract: The actual production level and the development trends of current electrical energy metering and examination are briefly described, and then the online monitoring system of electrical energy metering is introduced. Furthermore, the components and key technologies of online monitoring system of electrical energy metering are introduced as well as its realization principles of main functions in detail. Through data collection, the application examples of online monitoring system of electric energy metering in 110 kV Longtai Substation are introduced.

Key words: metering device; kilowatt-hour meter; transformer; voltage drop; online monitoring

中图分类号:TM930.9 文献标志码:A 文章编号:1003-6954(2012)01-0034-05

0 引言

随着中国国民经济的快速发展,同时随着中国电力工业的快速发展,社会对供电的可靠性和电能质量提出了更高的要求。要保证电网的长期安全稳定运行,必须在提高电网管理水平的同时,也加强电网建设。电能计量装置的检定记录是电网运行技术经济指标核算的基础,更是贸易双方结算电费的法定依据。因此,对电能计量装置的管理工作也是尤为重要;电能计量装置管理的目的是为了保证电能计量值的准确、统一和电能计量装置运行的安全可靠。为保证计量准确,必须按照SD 109-1983《电能计量装置检验规程》和DL/T 448-2000《电能计量装置技术管理规程》进行检验。

1 电能计量检定实际生产力和今后的发展方向

电能计量装置包括各种类型电能表、计量用电压互感器(简称TV)及其二次回路、计量用电流互感器(简称TA)及其二次回路、电能计量柜(箱)等。各类电能计量装置应配置的电能表、互感器的准确度等级不应低于规程要求值。如:I类电能计量装置配置

0.2S或0.5S级有功电能表,0.2级TV,0.2S级TA;II类电能计量装置配置0.5S级电能表,0.2级TV,0.2S级TA;III类电能计量装置配置1.0级电能表,0.5级TV,0.5S级TA;规程对各类电能计量装置现场检验做出了严格的规定。如:I类电能表至少每3个月现场检验一次,II类电能表至少每6个月现场检验一次,III类电能表至少每年现场检验一次;高压互感器每10年现场检验一次,当现场检验互感器误差超差时,应查明原因,制订更换或改造计划,尽快解决,时间不得超过下一次主设备任务检修完成日期;运行中的电压互感器二次回路电压降应定期进行检验,对35 kV及以上电压互感器二次回路电压降,至少每两年检验一次,当二次回路负荷超过互感器额定二次负荷或二次回路电压降超差时应及时查明原因,并在一个月内处理。

电力公司目前采用的对计量器具的测试大多数采取实验室校验后投入现场使用,但是这种方法目前来看有如下的一些弊端。

(1) 试验室和现场的情况有很大的不同,如温湿度等,导致一些设备现场测试结果和实验室测试结果有很大不同。

(2) 试验室无法得出设备现场实际带负载情况,如电压互感器、电流互感器的负荷不停变化,而实验室检定互感器时用固定的负载来模拟现场负载。

(3) 试验室无法得到适时电压互感器二次压降值。

同时,当需要现场校验电流、电压互感器误差时,需要停电操作,同时所需携带设备笨重,接线复杂,工作量大;且还具有检定人员出现操作错误时易造成的安全事故。为此,所介绍的电能计量在线监测系统应用和吸收了计算机、传感器、通信和网络、数字信号处理以及智能诊断等技术的最新成果,可实现计量设备检定从传统方式向优化决策的转变,实现计量设备的状态监测和基于状态的优化检修方案,减少停电试验工作量和维护费用,提高系统供电可靠性,提高设备维护效率,以及及时发现设备故障,减少突发性事故损失等。电能计量装置在线监测应是今后计量检定工作的发展方向。

2 电能计量在线监测系统简介

电能计量在线监测系统是一种针对电能计量装置管理工作而开发设计的自动化工具;实现了实时在线地实现对电能表的远程校验、TV特性参数以及二次回路的监测、TA特性参数以及二次回路的监测,并且在主站可以将所有数据进行集中管理。通过应用电能计量在线监测系统,计量管理人员就可以及时发现计量装置的故障,并立即通知处理,而且系统能够记录故障发生时的负荷曲线。当计量装置误差超限时,计量管理人员也更容易及时发现、及时处理。

电能计量在线监测系统主要由两个组成部分:现场监测终端和主站管理中心。整个电能计量在线监测系统分层设计,每层之间采用标准的通讯或接口协议,每层的功能标准化、模块化,每个模块完成特定的功能,可根据需要增加或减少模块,模块可即插即用,使系统有很高的可靠性和很大的组网和扩展灵活性。

2.1 现场监测终端

实现对现场各个接入的电能计量点的校验信号采集、分析处理、结果存储,并支持本地/远程通讯,可实现与本地/远程计算机进行数据传输、参数修改、远程遥控等。

2.2 主站管理中心

作为系统远程控制中心,对现场终端监测数据、测试参数及远程测试的统一管理中心,也可作为主站web发布数据服务器,为数据的web网络共享提供数据源。

2.3 同步测量技术

由于测量二次压降时,TV二次侧的电压采集与仪表侧的电压采集一般不在一个现场终端上,因此需要不同终端同步进行采集。

2.4 安全性及可靠性

(1) 为保证一次运行设备的安全,电能计量在线监测系统在它与一次系统的连接环节上采取了隔离及保护措施。

(2) 电流交流测量回路选用自行设计的穿心式电流互感器,通过磁耦合方式测量一次电流,与一次系统没有电的联系并不改变一次系统原有的接线方式。

(3) 穿心式电流互感器一次穿心引线与二次线圈间有足够的耐操作冲击和雷冲击的水平,而且从交流测量回路进入电子电路部分有放电保护管保护电子电路部分免受过电压的侵害,因此,即使一次发生闪电事故,也不会影响损坏在线监测系统。

(4) 电压交流测量回路选用自行设计的高精度隔离电压互感器测量系统电压,为防止接入测量TV的一次和二次侧发生短路事故,在一次侧加入保险丝,二次侧加入限流阻抗。

2.5 可靠性设计

(1) 电能计量在线监测系统可靠性设计的关键,除了前面谈到的电流互感器系统的设计外,电磁兼容的设计是不可忽视的环节。

(2) 在测量微弱信号时,互感器本体对空间磁场以及互感器二次绕组对杂散电容有相当的敏感度,会直接影响测量的稳定度,为此在传感器电磁屏蔽环节采取专门的措施。

(3) 信号传输线采用双层屏蔽电缆。

(4) 电源系统采取了隔离、屏蔽与滤波措施。

(5) 现场采集终端采用软硬件WATCHDOG技术。

3 主要功能介绍

3.1 技术简介

电能计量在线监测系统采用高集成设计,其所有监测功能模块(除主站管理计算机及软件外)均集中在一个标准计量屏柜中;通过敷设各种信号电缆,将被监测回路的各种信号引入到系统终端中进行采集;该设计使得系统现场监测终端结构紧凑、现场安装方便,具有很高的可靠性和稳定性。电能计量在线监测

系统需采集的信号有: TA 二次电流信号、TA 二次端电压信号、TV 二次端电压信号、电能表端电压信号、电能表电脉冲信号。如图 1 所示。

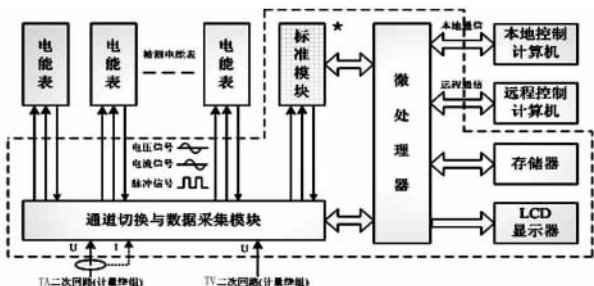


图 1 电能计量在线监测系统原理框图

3.2 TV 二次压降在线监测

在发电厂和变电站中,从现场装设的电压互感器到控制室内的电度表之间的二次连接导线往往较长,且中间往往有各种开关、继电器触点、端子排等,这些都存在一定的电阻值。随着运行时间的增加,由于老化、锈蚀等原因,电阻还会不断加大。如果二次所接表计、继保装置及其他负荷较重,负荷电流也较大,同时还有负载功率因数、接线方式、外磁场在二次回路中感生的电势等都会影响和产生 TV 二次回路的电压降。实际运行中,这部分压降造成的误差往往比电能表和电压互感器本身的误差大的多,以至严重影响电能计量的准确性。根据 DL 448 - 2000 《电能计量装置管理规程》中规定:电压互感器二次回路的压降值,对于 I 类及 II 类计量装置不能超过 0.2%,对于以下的计量装置不能超过 0.5%。其方法如图 2 所示。

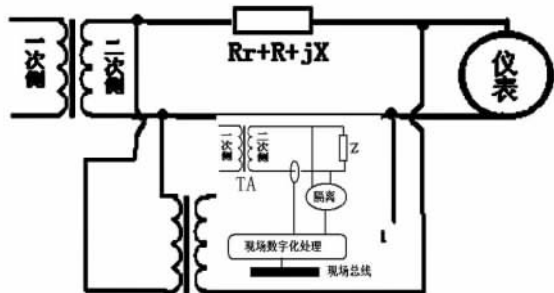


图 2 压降测试原理

该方法的原理是用一个高等级的标准电压互感器把 TV 侧的电压隔离后与仪表侧电压组成侧差回路,然后把差压信号送入校验仪,由校验仪测出二次压降的比差、角差,此方法具有数据测试稳定、精度较高的特点。与人工测试方法不同的只是系统将临时拖放的测试电缆以布线的方式固定下来,通过其内部

专用的电路模块来完成电压的测量和比较计算。电压引入端设计了过流保护措施。

3.3 TA 二次负荷测试

TA 二次负荷测试原理见图 3。

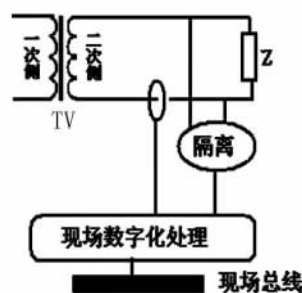


图 3 TA 二次负荷测试原理

通过高精度的穿心式电流互感器来测量二次电流 I ,并通过敷设信号电缆至 TA 二次端子箱采集 TA 二次端电压 U ,由公式 $S = U \times I$ 计算出 TA 实际二次负荷及相应的负荷功率因数。

3.4 电能表校验

对电能表误差的测试方法采取目前常用的标准比较法,即校验时将被检表的电压和电流信号进行切换使校准表与其相同,通过比较被检表与标准表的电能脉冲信号来计算被检表的误差。采用内置高精度标准表,现场将被监测电能表的脉冲引入系统脉冲端口,经信号整形和预处理后,被测电表的脉冲送入微处理器与系统内部的标准电能脉冲进行比较、计算,得到电能表的误差。测试原理如图 4 所示。

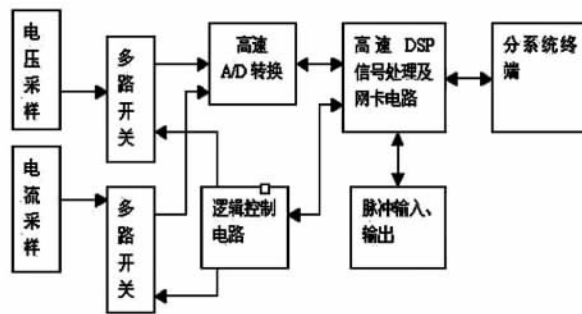


图 4 电能表误差测试原理

4 应用实例说明

4.1 应用实例 1

收集了电能计量在线监测系统在 110 kV 龙台变电站的运行数据,如表 1 所示。该监测数据显示(数据记录间隔为 1 小时),在 2008 年 5 月 12 日 14:26 前(地震前),监测的 TV 二次回路压降值正常,但,

表1 龙台变电站实测数据1

监测时间	A相		B相		C相	
	压降/V	相位差/°	压降/V	相位差/°	压降/V	相位差/°
2008/05/12 13:26	0.122	5.62	0.172	-0.88	0.169	6.23
2008/05/12 14:26	0.145	5.35	0.175	-0.95	0.152	6.38
2008/05/12 15:28	0.472	-18.38	0.496	-17.08	0.487	-19.03
2008/05/12 16:28	0.507	-19.21	0.592	-19.12	0.507	-20.13
2008/05/12 17:27	0.509	-20.08	0.587	-19.07	0.509	-20.15
2008/05/12 18:26	0.505	-20.07	0.586	-19.06	0.505	-20.17
2008/05/12 19:26	0.511	-20.11	0.587	-19.07	0.508	-20.28
2008/05/12 20:26	0.509	-20.07	0.589	-19.11	0.503	-20.22
2008/05/12 21:26	0.510	-20.09	0.591	-19.33	0.503	-20.23
2008/05/12 22:26	0.511	-20.03	0.592	-19.09	0.502	-20.21
2008/05/12 23:26	0.509	-20.05	0.591	-19.04	0.507	-20.22
2008/05/13 00:27	0.507	-20.07	0.587	-19.44	0.505	-20.14
2008/05/13 01:27	0.507	-20.09	0.589	-19.27	0.505	-20.23
2008/05/13 02:27	0.509	-20.05	0.587	-19.09	0.506	-20.25
2008/05/13 03:27	0.510	-20.07	0.587	-19.06	0.505	-20.22
2008/05/13 04:27	0.509	-20.08	0.589	-19.28	0.509	-20.21
2008/05/13 05:27	0.508	-20.03	0.587	-19.13	0.505	-20.23
2008/05/13 06:27	0.507	-20.05	0.591	-19.24	0.503	-20.12

龙台变电站 电能计量在线监测系统监测的压降数据: 对应电能表 12305553

表2 龙台变电站实测数据2

监测时间	电压/V			电流/A			有功误差/%
	A相	B相	C相	A相	B相	C相	
2008/05/12 13:26	60.3	60.2	60.3	2.05	2.01	2.06	0.071
2008/05/12 14:26	59.7	59.6	59.3	1.23	1.23	1.23	0.052
2008/05/12 15:28	59.5	59.7	59.5	1.67	1.55	1.62	0.063
2008/05/12 16:28	59.6	59.8	59.4	2.13	2.01	2.09	0.044
2008/05/12 17:27	59.4	59.6	59.5	1.89	1.78	1.83	0.076
2008/05/12 18:26	59.5	59.7	59.5	1.54	1.63	1.57	0.036
2008/05/12 19:26	59.4	59.5	59.5	1.01	1.08	1.06	0.077
2008/05/12 20:26	59.5	59.4	59.5	0.95	0.89	0.98	0.065
2008/05/12 21:26	59.7	59.5	59.6	1.74	1.80	1.77	0.071
2008/05/12 22:26	59.4	59.6	59.3	1.65	1.71	1.74	0.087
2008/05/12 23:26	59.6	59.8	59.6	2.32	2.33	2.26	0.056
2008/05/13 00:27	59.7	59.6	59.5	1.86	1.81	1.88	0.045
2008/05/13 01:27	59.4	59.5	59.7	1.55	1.43	1.54	0.056
2008/05/13 02:27	59.6	59.7	59.8	1.67	1.61	1.76	0.043
2008/05/13 03:27	59.9	59.7	59.3	2.12	2.32	2.28	0.076
2008/05/13 04:27	59.3	59.5	59.5	2.44	2.34	2.54	0.078
2008/05/13 05:27	59.7	59.4	59.6	1.86	1.91	1.97	0.093
2008/05/13 06:27	59.5	59.8	59.3	1.43	1.38	1.39	0.066

龙台变电站 电能计量在线监测系统监测的电能表误差数据: 对应电能表 12305553

2008年5月12日15:28以后,监测的TV二次回路 压降值发生突变,且明显超出规定门限。

针对该问题发生的时间为2008年5月12日,并且该压降发生突变的前后,正好发生在5月12日14:28地震前后,因此,推测地震引起该超差现象。初步推断:地震导致TV二次回路中的某接点或线路松动、接触不良或受损,引起TV二次回路压降突然增大,超出规定范围。因此,首先对被监测TV二次回路的各个接点及线路进行排查,同时进行加固处理;经过对该TV二次回路所有接点进行加固处理后,被监测TV二次回路压降回复正常值,即,与发生突变前一致。经过上述现场排查,得出该故障情况的结论是:地震导致TV二次回路中的接点松动、接触不良或受损。现场处理后,线路回复正常。

4.2 应用实例2

截取了电能计量在线监测系统在110 kV龙台变电站在2008年5月12日13:26至2008年5月13日06:27的运行数据,如表2所示。该监测数据显示“5.12”地震期间,电能表12305553运行稳定、误差良好。

5 结 语

通过电能计量在线监测系统的实践应用,改善了目前存在对电能计量装置的检测手段落后、单一、整个二次回路的监测和故障检测困难、提高电能计量准确性及电量追补的科学性等问题;减少了电能计量外勤工作人员的大量现场校验工作,提高了工作效率;减少了变电站运行设备的停电检测时间;实现了电能

计量装置管理无纸化,提高了计量装置运行状况监测和维护管理水平,进一步保证电能计量装置的安全性、准确性、可靠性。

不过目前该电能计量在线监测系统在实际应用还存在不足,如系统单台设备监测容量偏小,可扩展(如可监测30条线路),以实现单台监测设备对厂站内的所有计量装置进行监测,提高系统适用性。目前,系统母线TV切换功能为手动切换,需人为辅助操作,该功能还有改进空间,应能实现系统自动识别、切换,达到真正的自动切换目的。

同时,随着智能电网的建设,网络化、数字化、智能化将是针对智能电网智能量测系统的计量装置的电能计量在线监测系统的发展趋势。

参考文献

- [1] DL/T 448-2000 电能计量装置技术管理规程 [S].
- [2] SD 109-1983 电能计量装置检验规程 [S].
- [3] 白洋. 电能计量装置远程校验监测系统 [J]. 电测与仪表, 2005, 42(7): 30-32.
- [4] 鹿凯华, 赵斌. 关口电能计量装置误差的实时监测 [J]. 山东电力高等专科学校学报, 2008(4): 50-52.
- [5] 卢树峰. 关口电能计量装置的现状分析与思考 [J]. 电测与仪表, 2005, 42(8): 21-23, 8.
- [6] 罗志坤, 滕马胜, 万全. 高压电能计量装置远程校验与监测系统及其应用 [J]. 电子测量技术, 2007, 30(2): 172-175.

(收稿日期:2011-10-20)

(上接第11页)

- Tool for Steady State Voltage Stability Analysis [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1992, 7(1): 416-423.
- [3] Canizares C. A., Alvarado F. L.. Point of Collapse and Continuation Methods for Large ac/dc Systems [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1993, 8(1): 1-8.
 - [4] H. D. Chiang, A. J. Flueck, K. S. Shah, N. Balu. CP-FLOW: A Practical Tool for Tracing Power System Steady-state Stationary Behavior Due to Load and Generation Variations [J]. IEEE Transactions on Power Systems, 1995, 10(2): 623-634
 - [5] S. H. Li, H. D. Chiang. Nonlinear Predictors and Hybrid

Corrector for Fast Continuation Power Flow [J]. IET Generation, Transmission and Distribution, 2008, 2(3): 341-345.

- [6] 蔡伟程, 代静. 对求取电力系统PV曲线的连续潮流法的改进 [J]. 电力系统及其自动化学报, 2005, 17(5): 82-85.
- [7] Mori H., Yamada S.. Continuation Power Flow with the Nonlinear Predictor of the Lagrange's Polynomial Interpolation Formula [J]. Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific, IEEE/PES, 2: 1133-1138.

(收稿日期:2011-09-30)