

电网过电压监测装置的研究与应用

刘庆宁¹, 罗 高², 李建明³, 瞿绪龙², 谭士兵²

(1. 华电四川宝珠寺发电厂, 四川 广元 628003; 2. 西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039;
3. 四川电力科学研究所, 四川 成都 610072)

摘要:介绍了一种能实时、高精度地自动监测与记录电网过电压装置,并从硬件、软件两方面介绍了暂态过电压监测与记录系统的相关要求与设计,通过现场过电压数据波形与参数分析表明,该暂态过电压监测与记录系统能对电网过电压进行高精度实时的在线数据采集,并记录过电压发展的整个过程。

关键词:电网; 暂态过电压; 监测

Abstract: A new real-time and high-precision automatic monitoring and recording device of grid overvoltage is introduced. The relevant requirements and design of transient overvoltage monitoring and recording system are also introduced from the hardware and the software. Through the analysis of overvoltage waveform and parameters in the field, it shows that the high-precision and real-time on-line data acquisition of grid overvoltage can be done by the proposed transient overvoltage monitoring and recording system, and the whole process of overvoltage development can be recorded.

Key words: power grid; transient overvoltage; monitoring

中图分类号: TM866 文献标志码: A 文章编号: 1003-6954(2011)06-0056-04

0 引言

电力系统运行的可靠性主要由停电次数及停电时间来衡量,尽管停电原因很多,但绝缘的击穿是造成停电的主要原因之一。因此电力系统运行的可靠性在很大程度上取决于设备的绝缘水平及工作状况。

电气设备的绝缘长期处于工作电压的作用下,在运行过程中,电压还可能升高而超过工作电压(即内过电压),其电源是系统中发电机的电动势,常见的原因是正常或事故操作会在系统中引起振荡过程或谐振现象。除了内部过电压外,电气装置的绝缘还可能受到雷电过电压的作用,其产生原因是雷击于电气装置或沿导线传播作用于电气装置。因此在电力系统中对过电压的监测和分析有着极其重要的意义,它可分析过电压发生发展过程,对电网的影响提供可靠和准确的信息;还可为处理事故,提出改进措施提供重要参考依据。同时,也为电器制造厂改进产品及研制新产品提供了实际有利的运行资料。

根据过电压的在线监测与统计分析,可以分析绝缘故障概率^[2],再配合其他预防性试验判断设备的绝缘状况,做好预测及防护措施,力保变电站电力设

备物绝缘安全,保证电力系统供电的可靠性。

这里介绍了一种能实时、高精度的自动监测与记录电网过电压装置,并从硬件、软件两方面介绍了暂态过电压监测与记录系统的相关要求与设计,最后通过对该暂态过电压监测与记录系统长期挂网运行所采集的几组典型的过电压数据做了详细的分析。

1 检测装置总体结构设计

电网过电压在线监测系统结构框图如图1所示,过电压在线监测装置主要由电容式电压分压器^[1]、隔离传感器、数据采集器、后台机组成。

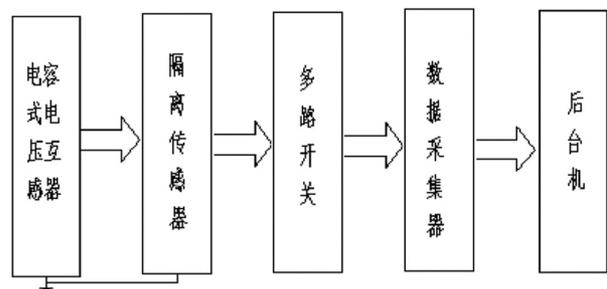


图1 监测系统整体结构框图

系统母线电压由电容式电压分压器将其降低到合适范围内的电压,由隔离传感器对电压信号进行隔

离、滤波、放大等高精度变换后进入采集系统,当过电压信号到来时,模拟前置电路对滤波后的电压进行幅值判断,如果超过预先设定的阈值,触发电路则把模拟信号转换成数字电平,启动采集卡进行过电压信号实时采样,装置立即响应将过压前后的电压信号“有效存储”,以文件形式保存数据并载入数据库。然后利用后台机数据分析软件对数据进行波形显示、数据分析等操作,实现智能化管理^[1]。

系统母线电压由电容式电压分压器将其降低到合适范围内的电压,由隔离传感器对电压信号进行隔离、滤波、放大等高精度变换后进入采集系统,当过电压信号到来时,模拟前置电路对滤波后的电压进行幅值判断,如果超过预先设定的阈值,触发电路则把模拟信号转换成数字电平,启动采集卡进行过电压信号实时采样,装置立即响应将过压前后的电压信号“有效存储”,以文件形式保存数据并载入数据库。然后利用后台机数据分析软件对数据进行波形显示、数据分析等操作,实现智能化管理^[1]。

2 监测装置硬件简介

2.1 电容式电压分压器

目前,获取过电压信号的方法主要有两种方法,一是用电压互感器即TV,另一种获取过电压信号的方法是研制不同等级的低阻尼阻容串联分压器^[4],高压分压器结构简单,测量精度较高,响应时间短达ns级,没有低频振荡,暂态响应好,但专门研制的不同电压等级的低阻尼阻容式等高压分压器在电力系统中得到使用还是受到很多条件的限制,一是电网中没有提供专门的位置供高压分压器的安装,二是因为分压器需要长期并联于电网中运行,且高低压臂之间有直接的电气联系,这可能会对电网的安全运行造成影响(比如,电容器发生闪络)^[5]。而且当其应用于较高电压等级电网时,需要特别考虑其对人身和测量设备的安全问题。

电压互感器技术成熟,完全可以满足对操作过电压的采集,且利用变电站现场的电压互感器可以大大节省设备投资。但一般电压互感器的频带有限,方波响应时间较长,瞬变响应过程不是很灵敏。当其传输雷电过电压(雷电波)时,雷电波在电压互感器的线圈中经过了多次的折射和反射,一定程度上削弱了雷电波波头的幅值。但在经济技术上,此种方法获得

的数据也足够用于分析,所以根据种种条件的考虑分析,采用电容式电压分压器来获取过电压信号。

2.2 隔离传感器

由于电容式电压分压器输出的信号幅值比较高,不能直接输入到采集卡输入通道,由隔离传感器对电压信号进行隔离、滤波、放大等高精度变换后进入采集系统,一路进入触发电路,触发电路主要是启动采集卡的采样,只要任何一相电压超过预先设定的门槛电压,装置就开始采样,没有过电压则处于等待状态。触发电平可调节,正负极性电压都可触发,触发电路全部采用高速CMOS电路,响应时间快。隔离传感器主要对过电压波形进行滤波,采用二阶有源低通滤波器,滤波后输入到数据采集卡。

2.3 数据采集卡设计

对A/D器件进行采样控制,传统的方法多数是用CPU或单片机完成的,编程简单,控制灵活,但缺点是控制周期长,速度慢,特别是当A/D本身采样速度比较快时,CPU的慢速极大的限制了A/D的高速应用,在高速数据采集方面,FPGA(现场可编程门阵列)有着单片机和DSP无法比拟的优势。FPGA的时钟频率很高,内部时延非常小;全部的控制逻辑都可由硬件完成,速快、效率高,应用FPGA的数据采集系统的实现,可以通过FPGA来灵活地控制系统的实现,同时FPGA的主频、可用RAM的大小以及时钟管理单元保证了系统的实现,用一片FPGA可以控制多路数据采集的实现,因此应用FPGA的数据采集系统的框架更适合多路、高速数据采集,这对于电力系统过电压数据来说,更能满足更快速、高精度的采集,实现过电压信号在线实时准确的监测。

本系统的采集器设计^[4],其结构框图如图2所示,假设采样频率为1MHz,一个工频周期0.02s,共采集 2×10^4 个数据点,假设要求采集10个工频周期的波形,每个数据点至少8位及一个字节,这大概可以推算单相存储需要 2×10^5 bytes,三相则大概需要0.6 Mbytes存储空间。为保证精确捕获符合条件的数据,特别是捕获该数据发生前的状态数据,检测电路应会产生一个触发信号($k = 1.3$ pu),报警提示过电压信号的到来,同时启动采集卡的预触发控制电路,使电路保存过电压发生前2个以上工频波形,以便观察故障发生前系统情况。为完整记录整个过电压过程,因此此设计采集卡频率为1~10 MHz(可调),系统存储器容量设为2~8 M较为合理。

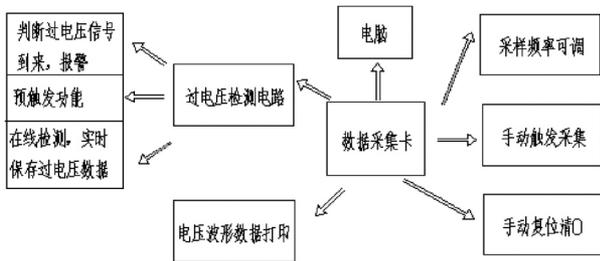


图2 采集卡硬件原理图

3 检测装置软件设计

监测装置的软件包括两个部分^[6],一个是数据采集存储软件,另一个是波形数据分析处理软件。

3.1 数据采集卡软件设计

程序启动运行就进入监控状态,对A/D转换数据不断进行比较与计算,将数据存入RAM的循环区,如发现超出基准值的数据,则判断有过电压信号。在这里,程序采用中断方式可以随时响应几种操作命令,其中定时或实时采集系统正常运行电压波形数据,可用于谐波分析。数据以文件形式存盘,存储速度快,可连续响应过电压事件,能满足过电压实时采集的需要,程序流程图见下图3所示。

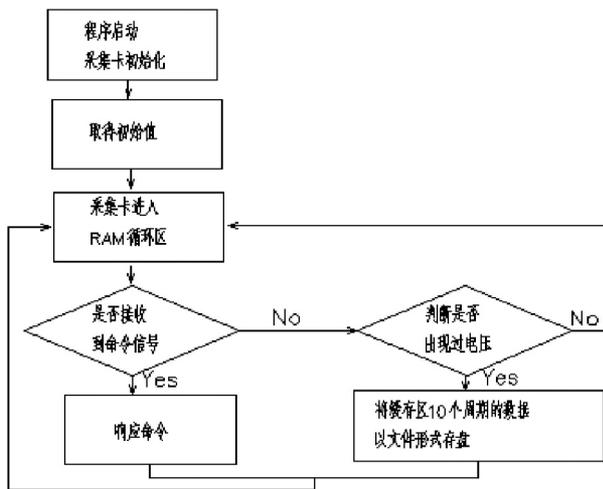


图3 采集卡软件设计流程图

3.2 后台机波形分析软件

软件的功能主要包括时域和频域分析,包括过电压波形参数测量、频谱分析、相位谱分析、功率谱分析、波形打印、波形再现、如同时显示L1、L2、L3三相波形和单个波形、局部压缩、放大等功能。

4 在线监测系统实测波形分析

该过电压在线监测系统在多个变电站安装投运

以后,下面的分析波形是监测记录系统在攀枝花某变电所采集的过电压数据多组数据。

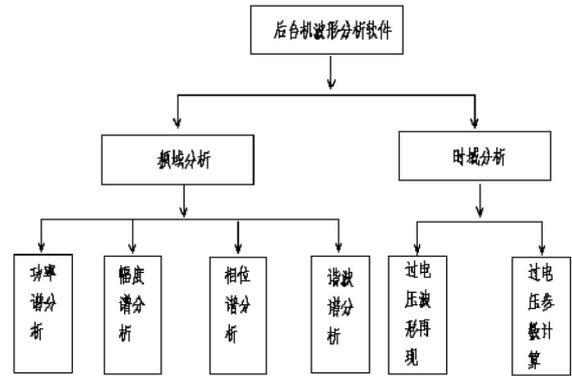


图4 后台机波形分析软件流程图

4.1 合闸过电压

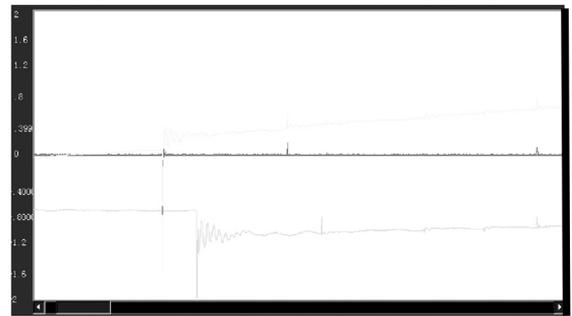


图5 某变电站合闸过电压实测波形

由图5波形可以清楚的读出电压瞬时值,此刻A相过电压幅值最大,其最大过电压幅值为-469.89 kV,过电压倍数为2.610倍,该过电压最大持续时间约为184 μs,波头上升时间为8 μs,波头陡度为-41.89 kV/μs。

为了更好的观察分析该过电压波形,为其波形局部放大。由图可以看出,L1、L2两相的电压波形近似的可以看出呈V字形。由此可以得出,此时操作过电压为合闸过电压。图示波形明显的反映该合闸经历了两次电压值瞬间变化的振荡过程。

4.2 接地故障过电压

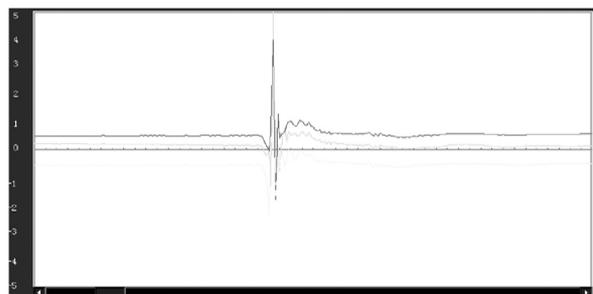


图6 某变电站接地故障过电压实测波形

由图6波形可以清楚的读出电压瞬时值,此刻L1相过电压幅值最大,其最大过电压幅值为-295.26 kV,过电压倍数为1.640倍,该过电压最大持续时间约为212 μs ,波头上升时间为6 μs ,波头陡度为-38.81 kV/ μs 。

为了更好的观察该过电压波形,将其波形局部放大,上图清晰的可以看到L1、L2两相过电压波形的过程。可以看出在过电压在线装置记录过电压时,前一段时间时的系统电压波形。并且可以看出,在发生过电压前,L1、L2两相的电压波形比较接近零,在发生较大振荡之前,L1、L2两相就出现过一次小过程的振荡过程。L3相在发生较大振荡之前可以看出其最接近零电位,而L1相的振荡过程都是发生在L3相之后,由此就可以判断出该操作过电压为切除L3相接地故障过电压。

4.3 直击雷过电压

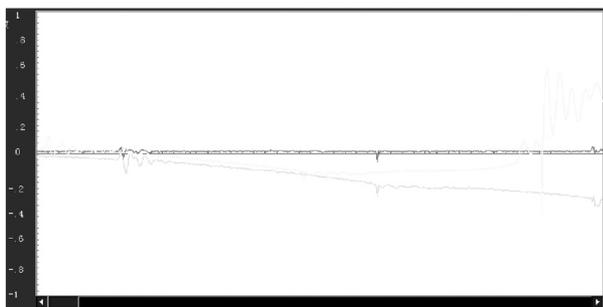


图7 某变电站直击雷过电压实测波形

图7波形是一组直击雷过电压波形,过电压发生前三相基本稳定,雷击后,三相波头部分有明显的向上尖峰,上升时间约为6 μs ,其中波头L1相陡度最大,为156 kV/ μs 。L1相过电压倍数为5,L2相为4,L3相为2.3,此次雷击应该是L1相线路受雷击,其他两相受到感应,故波形形状相似。在雷击过后,电压波形有小幅度震荡,很快电压就恢复了正常。该变电站的保护设备避雷器处于正常状态,能迅速地把雷电过电压降低到工频附近。

从上面波形可以看出,三相雷电波的波头上升时间较长,波头不像定义的雷电波形那样陡峭,这可能是因为电容式电压互感器的频带有限,方波响应时间较长,瞬变响应过程不是很灵敏。当其传输雷电过电压(雷电波)时,雷电波在电压互感器的线圈中经过了多次的折射和反射,一定程度上削弱了雷电波波头的幅值,但在经济技术上,此种方法获得的数据也足够用于分析。

5 结论

(1) 该暂态过电压监测与记录系统暂态过电压响应良好;当设备在受到雷击等暂态过电压损害后,系统能自动记录相关的过电压数据作为对其损害的判断依据。

(2) 具有较高的数据采集速率和频率响应,能兼顾内、外过电压的采集,运行管理人员可以根据具体的情况调整前端采集部分的参数,实时控制。

(3) 具有较高的大容量数据存储与传输能力,能记录过电压事故发生时若干个周期内的电压波形,这包括过电压波形及过电压波形的过渡过程,

(4) 该暂态过电压监测与记录系统能实时高精度的记录整个过电压发展过程,能为电网经常受到哪些过电压的袭击的判断和分析提供科学的监测依据,根据变电站内过电压倍数确定过电压保护水平是否恰当,避雷器是否达到了残压指标。

(5) 因为直接从电容式电压互感器获取过电压信号,长期挂网运行表明该暂态过电压监测与记录系统具有较高的稳定性和可靠性。

参考文献

- [1] 平丽英. 变电站瞬时过电压在线监测系统研制[D]. 华北电力大学, 2001.
- [2] 陈维贤. 电网过电压教程[M]. 北京: 中国电力出版社, 1996.
- [3] 张仁豫, 陈昌渔, 王昌长. 高电压试验技术[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999.
- [4] 蔡光显, 王建兴, 吴世林, 等. 电力系统过电压在线监测装置[J]. 电网技术, 1995(1): 9-12, 46.
- [5] 孙成广, 李广泽. 配电网实用技术[M]. 北京: 水利水电出版社, 1998.
- [6] 唐翔, 许允文. 电网过电压微机自动化监测[J]. 华北电力大学学报, 1997, 24(4): 30-33.
- [7] 刘强, 蔡光显, 王建兴, 吴世林, 等. 过电压在线监测数据采集的研究[J]. 高压电器, 2002(6): 43-45.

作者简介:

刘庆宁(1952),男,高级工程师,研究方向: 高电压与绝缘技术;

罗高(1986),男,研究生,研究方向: 电力系统过电压监测技术。

(收稿日期:2011-10-09)