

抗干扰技术在电力变压器局部 放电在线监测中应用

王 涛¹,黄跃华¹,贺景良¹,王 勇²,魏建军²,徐 阳³

(1. 阜新供电公司, 辽宁 阜新 123000;

2. 西安交大科技园博源电气有限责任公司, 陕西 西安 710054;

3. 西安交大电力设备电气绝缘国家重点实验室, 陕西 西安 710049)

摘要: 针对电力变压器现场干扰信号特点, 采用了软件辅助的脉冲定向耦合法进行抑制, 即利用每相高压套管底座和套管末屏接地线上的 2 个磁芯式电流传感器耦合信号, 通过软件鉴别 2 路传感器所耦合到的脉冲信号第 1 个峰值的极性, 判断 2 路传感器脉冲极性的异同, 从而定向耦合变压器内部的放电脉冲, 可有效去除随机脉冲型干扰; 同时将动态阈值、数字滤波及相位开窗等抗干扰技术融合到在线监测系统中, 综合去除背景噪声、固定频段干扰、周期性脉冲等, 使监测数据真实可靠。通过在 220 kV 变电站的实践应用验证了系统监测的有效性及其可靠性。

关键词: 电力变压器; 局部放电; 抗干扰; 脉冲极性鉴别

中图分类号: TM 41

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2007)02-0104-03

电力变压器内部局部放电不仅是绝缘老化的现象和表征, 同时又是促使绝缘老化的一个重要因素^[1], 在线监测变压器局部放电对保证其安全可靠运行具有重要的意义。随着传感技术、信号检测处理技术及软件技术的发展, 为建立变压器局部放电在线监测系统提供了技术基础, 但在现场恶劣干扰条件下能否有效提取局部放电信号一直是在线监测的难点, 抗干扰技术的研究与应用仍是该领域的关键。

1 变电站现场干扰

电力变压器局部放电在线监测时, 会遇到周围环境及变电站内各种设备所造成的多种电磁干扰。根据干扰信号的波形主要分为 4 类^[1-2]。

a. 背景噪声干扰: 线圈热噪声, 地网中的噪声, 变压器动力电源线、继电保护线路以及各种信号线路耦合进入的随机噪声, 仪器的本机噪声等, 这是一类幅值较小且分布密集的干扰信号。

b. 窄带干扰: 频率范围约为 30~500 kHz。在阜新东梁变电站主变压器测得的通信载波频段分别为 208~212 kHz、308~312 kHz、338~342 kHz、378~382 kHz, 这些频段不仅落在局部放电测量系统的频段内, 而且与放电信号相比, 它们的幅值很大, 严重影响了对局部放电的测量。此外, 还有工频及其谐波干扰、高频振荡干扰、无线电通信干扰等。

c. 周期性脉冲干扰: 它出现在固定的相位区间, 如晶闸管、周期性火花放电干扰等, 它在一个工频周期上出现的相位相对固定(并随负载不同略有变化), 其持续时间一般为几十微秒。

d. 随机型脉冲干扰: 包括线路或其他邻近设备的各种放电干扰, 如高压线路上的电晕放电、电机工作产生的电弧放电、悬浮电位体放电, 以及各种冲击波产生的高频电流脉冲、电焊操作等。这类干扰的特点是和待测的变压器局部放电的波形在频域及时域上类似, 因此, 脉冲型干扰较难有效抑制。

2 在线监测系统设计及抗干扰方法实现

系统采用模块化设计, 便于拓展应用, 系统原理如图 1 所示, 硬件模块包括传感器、放大器、多路转换单元、采集卡、数字 I/O 卡、工控机等。本系统采用安装在高压套管根部的大尺径磁芯传感器 T_1 和安装在高压套管末屏接地线的小传感器 T_2 耦合局部放电信号, 信号经传感器耦合后送入放大器, 放大后的信号由多路转换选通 2 路信号进入采集卡进行数据采集。采集卡处理后的数字信号送入工控机进行谱图分析、放电趋势等一系列后续处理。

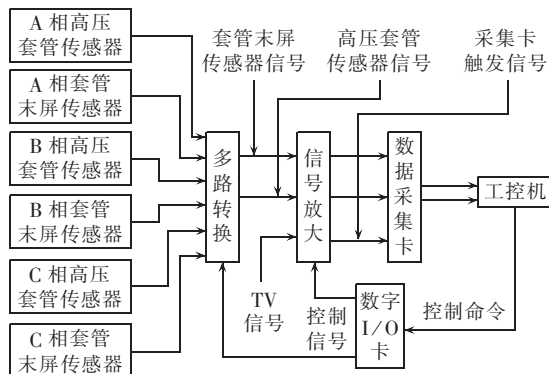


图 1 系统原理图

Fig.1 Principle of system

采用脉冲电流法从变压器高压侧套管根部及末屏接地线耦合信号,同时采取各种手段滤除各种不同类型的干扰信号,主要抗干扰措施如下:采用动态阈值滤除背景噪声干扰;采用软件滤波滤除固定频段的干扰;采用相位开窗滤除周期性脉冲干扰;采用极性鉴别技术滤除随机性脉冲干扰。

在各类干扰信号中,随机性脉冲干扰信号最难滤除,是局部放电监测中抗干扰处理的技术难点,采用双传感器定向耦合并用软件进行脉冲极性鉴别方法,能有效滤除随机性脉冲干扰信号。其等效电路如图 2 所示,其中 T_1 为安装在高压套管根部的大传感器, T_2 为安装在高压套管末屏接地线上的小传感器, C_k 为变压器外部线路及设备的等值电容, C_x 为变压器等效入口电容, C_b 为高压套管电容,对来自电网的干扰 I_1 ,在 T_1 、 T_2 上产生同极性感应电势;而来自内部局部放电产生的脉冲电流 I_2 在 T_1 、 T_2 上产生异极性感应电势,通过极性鉴别后,只保留异极性的信号。同时,应用虚拟仪器技术通过软件编程加以实现,程序流程如图 3 所示。

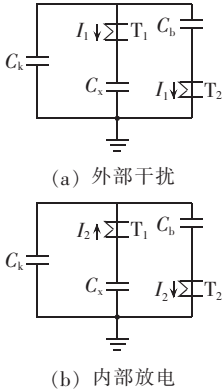


图 2 极性鉴别原理图

Fig.2 Principle of polarity discrimination

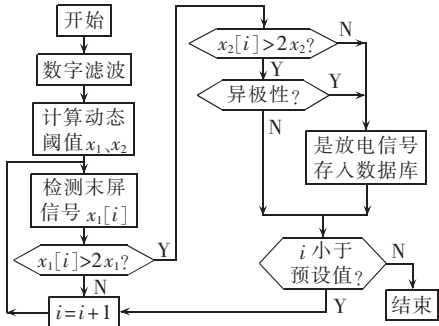


图 3 抗干扰程序流程图

Fig.3 Flowchart of anti-interference

3 现场测试及运行中实测放电情况

3.1 现场测试

采用所研制的变压器局部放电在线监测系统,在阜新 220 kV 东梁变电站 1 号主变压器安装并进行现场测试,现场测试项目包括 2 部分:第 1 部分为方波标定试验,即确定系统测量校正系数 K ,测量依据国际标准 IEC 60270 及 GB 7354-1987 局部放电测量标准进行;第 2 部分为在主变压器运行过程中实际测量变压器的局部放电量。以 A 相为例,下面是现场测试数据及分析。

第 1 步 将主变压器的高压侧与电网断开,主变压器低压侧接地,在被测相序高压侧注入 1 000 pC 方波信号。观察系统测得的末屏传感器输出响应(见图 4),取得系统的校正系数 K (注入方波量 Q /测量信号响应幅值 U)。

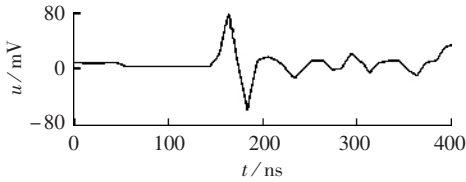
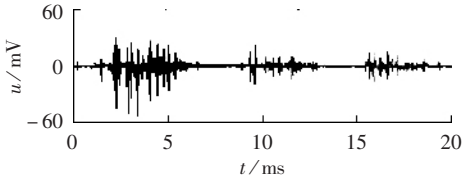


图 4 A 相 1 000 pC 方波响应信号

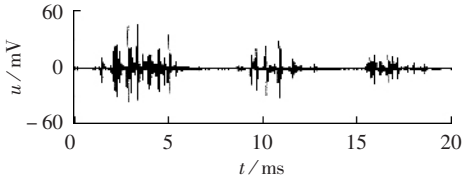
Fig.4 Response to 1 000 pC square pulse at phase A

A 相校正系数: $K = 1\,000\text{ pC} / 65\text{ mV} = 15.4\text{ pC} / \text{mV}$

第 2 步 在变压器正常运行条件下,变压器局部放电在线监测系统测试效果如图 5~7 所示。



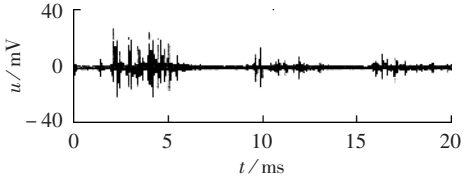
(a) 高压套管原始信号



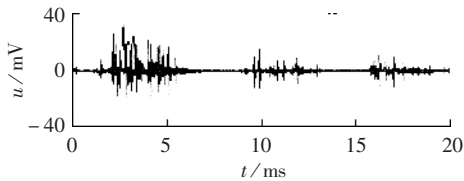
(b) 套管末屏原始信号

图 5 A 相原始信号

Fig.5 Origin signals at phase A



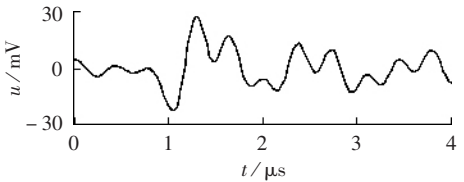
(a) 高压套管滤波信号



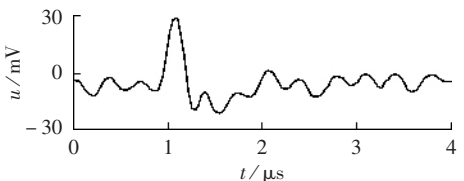
(b) 套管末屏滤波信号

图 6 A 相滤波后信号

Fig.6 Signals after filter at phase A



(a) 高压套管脉冲响应



(b) 套管末屏脉冲响应

图 7 A 相异极性脉冲波形

Fig.7 Waveforms with different polarity at phase A

图5为系统测得的单周期A相原始信号,图6为经过滤波处理后的单个工频周期信号,图7为单个脉冲波形中的异极性放电信号。

经过系统软件对原始信号进行抗干扰处理后,系统测量得到50个工频周期A相局部放电谱图如图8~10所示。

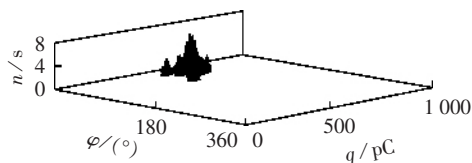


图8 A相 $n-q-\varphi$ 三维放电谱图

Fig.8 $n-q-\varphi$ 3D discharge graph at phase A

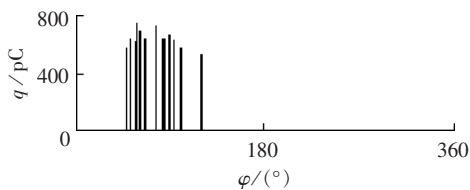


图9 A相 $q-\varphi$ 二维放电谱图

Fig.9 $q-\varphi$ 2D discharge chart at phase A

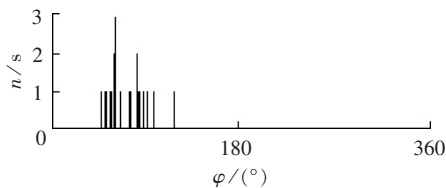


图10 A相 $n-\varphi$ 二维放电谱图

Fig.10 $n-\varphi$ 2D discharge chart at phase A

3.2 在线监测情况

系统经过一个月的自动运行监测,东梁变电站1号主变压器变局部放电量数据统计见表1。

表1 局部放电量数据统计表

Tab.1 PD quantity statistics

相序	q_m/pC	q_a/pC	绝缘状况
A	661	429	良好
B	531	236	良好
C	872	463	良好

注: q_m 为最大放电量; q_a 为平均放电量。

从表1可以看出,该变压器内部局部放电水平较低,绝缘状况良好。

4 结语

a. 脉冲鉴别抗干扰法的实现能够有效去除外部随机脉冲型干扰,提高了电力变压器局部放电在线监测数据的准确性。

b. 经过在阜新220 kV东梁变电站的现场测试及试运行,能比较可靠地在在线监测变压器内部局部放电,有效反映其绝缘状况。

参考文献:

[1] 邱昌容,王乃庆. 电工设备局部放电及其测试技术[M]. 北京:机械

工业出版社,1994.

- [2] 王晓宁,王凤学,朱德恒,等. 局部放电现场监测信号中干扰的分析与抑制[J]. 高电压技术,2002,28(1): 3-5.
WANG Xiao - ning, WANG Feng - xue, ZHU De - heng, et al. Analysis and rejection of interference of on - site PD monitoring signals[J]. High Voltage Engineering, 2002, 28(1): 3-5.
- [3] 邱昌容,曹晓珑. 电气绝缘测试技术[M]. 3版. 北京:机械工业出版社,2002.
- [4] LINDGREN B H S. A survey of developments in insulation monitoring of power transformers[C]//Conference Record of the 2000 IEEE ISEI. Anaheim, USA: [s.n.], 2000: 141-147.
- [5] PEMEN A J M. On - line partial discharge monitoring of HV compenents[C]//High Voltage Engineering Symposium. [S.l.]: IEE, 1999: 136-139.
- [6] 李福祺,姜磊,林渡,等. JFY-3型变压器局部放电在线监测系统[J]. 电工电能新技术, 2000, 19(3): 69-72.
LIF Fu - qi, JIANG Lei, LIN Du, et al. JFY - 3 on - line partial discharge monitoring system for power transformers[J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 2000, 19(3): 69-72.
- [7] 黄盛洁,梅刚,陈春生,等. 变压器局部放电在线监测技术研究[J]. 高电压技术, 1996, 22(4): 39-41.
HUANG Sheng - jie, MEI Gang, CHEN Chun - sheng, et al. Partial discharge on - line detecting and monitoring of transformer[J]. High Voltage Engineering, 1996, 22(4): 39-41.
- [8] 王圣,傅明利,王乃庆. 运行变压器局部放电在线监测技术[J]. 高电压技术, 1991, 17(4): 25-29.
WANG Sheng, FU Ming - li, WANG Nai - qing. On - line partial discharge monitoring technique for power transformer[J]. High Voltage Engineering, 1991, 17(4): 25-29.
- [9] 唐炬,李剑,孙才新,等. 高压电气设备绝缘监测的传感器研究[J]. 重庆大学学报:自然科学版, 1998, 21(3): 73-78.
TANG Ju, LI Jian, SUN Cai - xin, et al. A study on sensors for on line monitoring insulation of high voltage electric equipment[J]. Journal of Chongqing University: Natural Science edition, 1998, 21(3): 73-78.
- [10] 罗兵,孙才新,顾乐观,等. 变压器局部放电在线监测的非磁性心棒式电流传感器的研究[J]. 电工技术学报, 1995(4): 30-35.
LUO Bing, SUN Cai - xin, GU Le - guan, et al. The study of nonmagnetic core current transducer for on line monitoring partial discharge in transformer[J]. Transactions of China Electrotechnical Society, 1995(4): 30-35.
- [11] 高宁,朱德恒,谈克雄. 变压器局部放电在线监测信号中的电磁干扰及抑制[J]. 电工电能新技术, 1999(4): 23-27.
GAO Ning, ZHU De - heng, TAN Ke - xiong. Methods of noise suppression for on line monitoring partial discharge in transformers[J]. Advanced Technology of Electrical Engineering and Energy, 1999(4): 23-27.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

王涛(1971-),男,辽宁阜新,从事电力系统变电运行工作;

黄跃华(1961-),男,内蒙古包头人,从事电力系统科技管理与计算机通信控制工作;

贺景良(1962-),男,辽宁沈阳人,从事电力系统科技管理工作。

Application of anti-interference techniques to on-line partial discharge monitoring of power transformer

WANG Tao¹,HUANG Yue-hua¹,HE Jing-liang¹,WANG Yong²,WEI Jian-jun²,XU Yang³

(1. Fuxin Power Supply Company,Fuxin 123000,China;

2. XJTUSP Boyuan Electric Corporation,Xi'an 710054,China;

3. XJTU State Key Laboratory of Electrical Insulation and Power Equipment,Xi'an 710049,China)

Abstract: According to field interference characteristics of power transformer,the directional coupling method with software aided is used to suppress pulse shaped interferences. Pulse signals are coupled by two magnetic core current sensors respectively installed near the flange of the HV bushing and near the capacitance tap to earth per phase,then sent to a computer after amplification. A software program is used to identify the polarity of the head wave for every pulse signal from each sensor,and then distinguish noise from true partial discharge signal by their different pulse polarities. Different anti-interference techniques,such as dynamic threshold,digital filter and phase windows,are used in the monitoring system to remove background noise,fixed band interferences and periodic pulses to make the monitored data real and reliable. The effectiveness and reliability of the monitoring system is validated by its practice in a 220 kV substation.

Key words: power transformer; partial discharge; anti-interference; pulse polarity discrimination