

# 预防气体绝缘开关装置故障的 超高频局部放电在线实时监控系统的

崔在玉<sup>1</sup>, 江昌元<sup>1</sup>, 朴基俊<sup>2</sup>, 安景槁<sup>3</sup>

(1. 韩国 PSD 株式会社, 韩国 京几道 462-714; 2. 韩国电力公社, 韩国 首尔 135-791;  
3. 北京新星海泰克电气有限公司, 北京市 朝阳区 100022)

## On-Line UHF Partial Discharge Monitoring System for Prevention of Failures in Gas-Insulated Switchgears

CUI Zai-yu<sup>1</sup>, JIANG Chang-yuan<sup>1</sup>, PIAO Ji-jun<sup>2</sup>, AN Jing-gao<sup>3</sup>

(1. Power System Diagnosis Tech. Inc., GyeongGi-Do 462-714, The Republic of Korea; 2. Korea Electric Power Corporation, Seoul 135-791, The Republic of Korea; 3. Beijing Shinsung Hi-Tech Electric Co., Ltd, Chaoyang District, Beijing 100022, China)

**ABSTRACT:** By means of on-line ultra high frequency (UHF) partial discharge (PD) monitoring system the catastrophic failures, which may occur in gas-insulated switchgears (GIS), can be prevented. In this paper the basic structure of on-line UHF partial discharge monitoring system and the partial discharge tests carried out in laboratory for the purpose of verifying this system are presented. In addition, two practical cases of applying this system to the substations in the Republic of Korea are given. Various UHF PD data in the environment of laboratory as well as on-site PD signals are stored in the database of this system, thus once this system is installed in substation, non-professional people can also judge the state of GIS.

**KEY WORDS:** gas insulated switchgear; ultra high frequency; partial discharge; sensor; on-line monitoring system

**摘要:** 超高频局部放电在线实时监控系统的可预防气体绝缘金属封闭开关设备(gas insulated switchgear, GIS)发生灾难性故障。介绍了超高频局部放电实时监控系统的基本结构、局部放电试验情况,并给出了该系统在韩国应用的2个实例,该系统的数据库储存了实验室条件下的各种超高频局部放电数据和现场实际运行中的局部放电信号,安装该监控系统后,非专业人员也可判断GIS的状态。

**关键词:** 气体绝缘金属封闭开关设备; 超高频; 局部放电; 传感器; 在线实时监控系统

## 0 引言

近年来,因电力需求容量的急增,变电设备也向大型化发展,开始强调对气体绝缘金属封闭开关装置(全封闭组合电器, gas insulated switchgear, GIS)

预防诊断的必要性,超高频检测法(ultra high frequency, UHF)通过检测GIS局部放电过程中产生的超高频电磁波信号实现局部放电检测,与其他局放检测方法相比,UHF检测方法具有灵敏度较高、抗干扰能力较强、可识别故障类型及进行定位等优点<sup>[1-6]</sup>。现场操作容易,与IEC 60270-2000<sup>[7]</sup>中的方式相比,其信噪比更高,可达到精密监视组合电器状态的目的。

超高频局部放电实时监控系统的超高频传感器设计技术、超多种频率超高频信号处理技术、高速信号处理技术、多频道检测及分析技术、变电站外界噪声消噪技术、程序运行及分析技术等进行结合的综合电力信息技术<sup>[8-9]</sup>。本文介绍预防气体绝缘开关装置故障的超高频局部放电实时监控系统的基本结构和局部放电试验情况,并给出了该系统在韩国的2个应用实例。

## 1 UHF 局部放电实时监控系统

### 1.1 系统的基本结构

超高频局部放电实时监控系统的超高频传感器、高级监控系统(advanced monitoring system, AMoS)、变电站在线监控系统(substation on-line monitoring system, SOMoS)、服务器及其他信号传输系统组成。超高频传感器检测到GIS内部发生的局部放电信号后,其传输到高级监控系统AMoS,由超多种频率超高频信号处理装置转换成低频率波段的影相信号,在加载2个数字信号处理(digital

signal processor, DSP)芯片的现场信号处理装置上经过局放相位特性(phase resolved partial discharge, PRPD)及脉序相位特性(phase resolved pulse sequence, PRPS)分析和运行体制换算,输出各种参数后,与上级服务器通信。运行服务器使用多种控制台,将正确的局部放电信号提供给使用者。超高频局部放电实时监视系统的组成如图1所示。

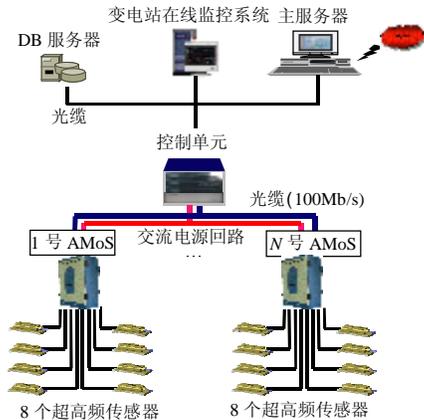
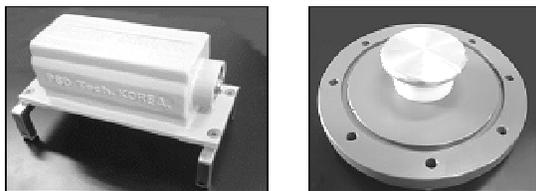


图1 超高频局部放电实时监视系统的组成

Fig. 1 Configuration of ultra-high frequency partial discharge of on-line diagnosis monitoring system for GIS

1.2 超高频传感器

外置型传感器是安装在现有组合电器的绝缘部件(barrier),它检测组合电器内部发生的局部放电信号;内置型传感器安装在组合电器的内部。组合电器的结构因电压等级和生产单位不同而不同,因此应按照电压等级和生产单位设计开发专用的传感器。内置型和外置型传感器的检测波段是500~1500 MHz,传感器的灵敏度为5pC以下的局部放电信号。图2为超高频传感器的照片。



(a) 外置型传感器 (b) 内置型传感器

图2 超高频传感器

Fig. 2 UHF partial discharge sensors

1.3 AMoS系统

安装AMoS的变电站,其电压等级高,浪涌现象也严重,监视系统在各个阶段配备了保护装置和保护回路。为减少多种环境噪声(杂波)的影响,设计了超多种频率超高频信号处理装置,该装置有3种滤波过程,其输出与输入比可在5个阶段内调整。考虑到传感器的有效配置和经济性,AmoS各单元

的输入通道设计为8个。加载2个DSP芯片的现场信号处理装置将超多种频率超高频信号处理装置的模拟输出信号转换为精密的数字信号,运行体系的PRPD和PRPS根据分析方法与要求获得数据并演算。演算好的数据统计及处理信号的特性值一并传送到上级服务器。表1为AMoS的主要技术参数,图3为AMoS的外形。

表1 AMoS的主要技术参数

Tab. 1 Specification of AMoS

参数	备注
最低灵敏度	< -55 dBm
检测波段	3个 调试波段选择
输入频道	8 通道/单元(同时测量)
过电压保护	内置浪涌保护器
通信	TCP/IP(Lan)/光缆
供应电源	交流 220 V (60 Hz)
同步信号	可选择内部或外部同步
处理程式	多个 600 MHz DSP
输出/输入比	5 阶段远程控制
电磁兼容	应用产业用放射标准

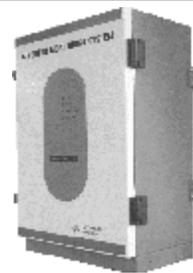


图3 AMoS外形

Fig. 3 External form of AMoS

1.4 变电站在线监控系统

变电站在线监控系统 SOMoS 主要包含运行及分析程序,它实时接收并分析 AMoS 检测的数据。图4为SOMoS的结构组成,图5为SOMoS

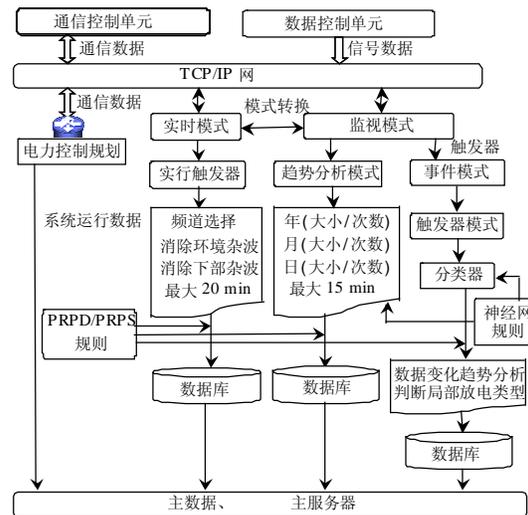


图4 SOMoS的结构组成

Fig. 4 Configuration structure of SOMoS

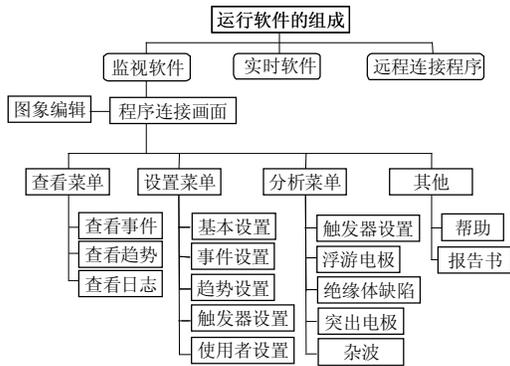


图 5 SOMoS 的菜单组成

Fig. 5 Menu composition of SOMoS

的菜单组成。考虑使用者的要求和特性，SOMoS 由多层菜单组成，考虑变电站操作人员和专家的要求，其结构也非常直观。

### 1.5 GIS 内部局部放电信号

GIS 内部有可能发生的具有代表性的缺陷类型有自由移动金属体、浮游电极、突出电极等。各种

缺陷对于同步相位具有固有特性方式，通过 PRPD 规则分析缺陷特性，可判断异常信号的原因。该 UHF 监视系统拥有了多种信号数据库，存储了不同异常原因的局放信号。图 6 为 UHF 局部放电实时监视系统中 SOMoS 存储的具有代表性类型缺陷的局放模式。

### 1.6 局部放电检测及现场应用实例

在 2006 年韩国的某变电站，应用 UHF 局部放电预防诊断系统发现 00T/L 绝缘体(spacer)出现了异常，异常点如图 7 所示。

图 8 为系统内部储存的绝缘体异常标准波形以及检测到的异常波形。图 9 为生产厂家将 GIS 拆卸后用 X 射线摄影的结果，可以看出 C 相部位发现了 3 个气孔(f1, f5, f2)，气孔部位即为发生局部放电信号的部位。图 10 为将故障部件更换后的检测结果。安装在韩国另一 765kV 变电站的 UHF 局部在线监视系统(如图 11 所示)，由超高频局部放电

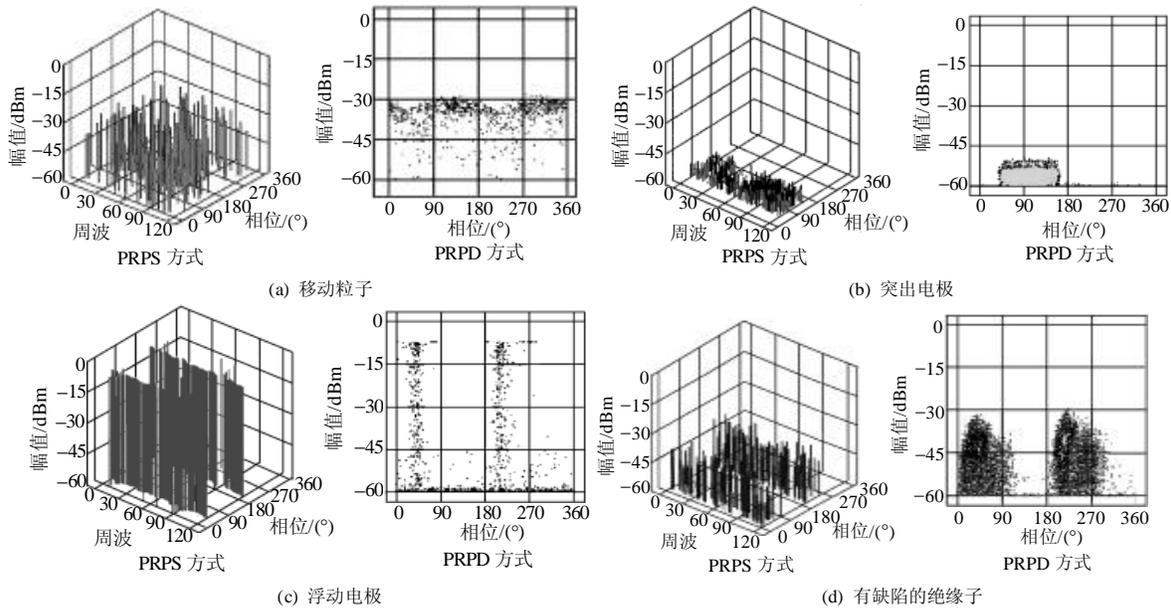


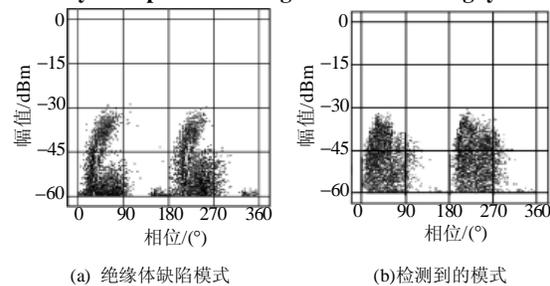
图 6 UHF 局放实时监视系统中的 GIS 内代表性缺陷类型

Fig. 6 Typical partial discharge pattern in SOMoS library for GIS used by UHF partial discharge on-line monitoring system



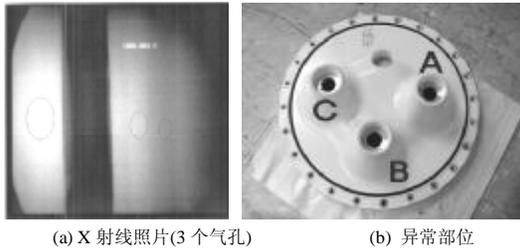
图 7 局部放电位置

Fig. 7 The position where partial discharge was detected



(a) 绝缘体缺陷模式 (b) 检测到的模式

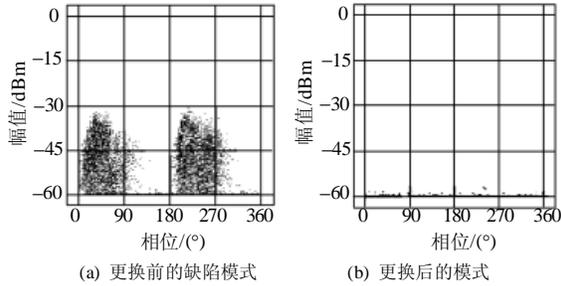
图 8 系统检测到的局部数据 Fig. 8 Partial discharge measured by UHF on-line monitoring system



(a) X 射线照片(3 个气孔) (b) 异常部位

图 9 X 射线摄影结果及缺陷部位

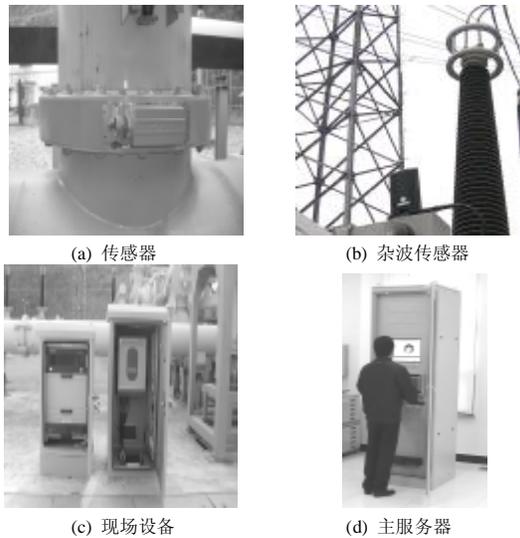
Fig. 9 X-ray photograph and faulty part



(a) 更换前的缺陷模式 (b) 更换后的模式

图 10 故障部件更换后的检测结果

Fig. 10 Measured waveform after maintenance



(a) 传感器

(b) 杂波传感器

(c) 现场设备

(d) 主服务器

图 11 765 kV UHF 局放在线监视系统的工程安装照片

Fig. 11 UHF partial discharge on-line monitoring system in 765 kV GIS substation

传感器、AmoS、SOMoS、控制单元组成, 实时监视、分析和诊断局部放电。

## 2 结论

超高频局部放电实时监视系统集成超高频局部放电传感器的制作技术、超多种频率超高频信号处理技术、多个 DSP 信号处理方法、运行及分析程序技术, 组建了各种缺陷的数据库和应用软件,

是考虑各种变电站运行环境的最佳监视系统。该系统中运行程序软件的设计出发点是变电站环境及使用者, 非专业人员也可以判断组合电器的状态。

## 参考文献

- [1] 黄兴泉, 康书英, 李泓志. GIS 局部放电超高频检测法有关问题的仿真研究[J]. 电网技术, 2006, 30(7): 42-45,68.  
Huang Xingquan, Kang Shuying, Li Hongzhi, et al. Research on ultra-high-frequency method for detection of partial discharge in GIS [J]. Power System Technology, 2006, 30(7): 42-45, 68(in Chinese).
- [2] 钱勇, 黄成军, 江秀臣, 等. 基于超高频法的 GIS 局部放电在线监测研究现状及展望[J]. 电网技术, 2005, 29(1): 43-46,58.  
Qian Yong, Huang Chengjun, Jiang Xiuchen, et al. Present situation and prospect of ultrahigh frequency method based research of on-line monitoring of partial discharge in gas insulated switchgear[J]. Power System Technology, 2005, 29(1): 43-46,58 (in Chinese).
- [3] 王建生, 邱毓昌, 吴向华, 等. 用于 GIS 局部放电检测的超高频传感器频率响应特性[J]. 中国电机工程学报, 2000, 20(8): 42-45.  
Wang Jiansheng, Qiu Yuchang, Wu Xianghua, et al. Frequency response characteristics of the UHF sensors for partial discharge detection in GIS[J]. Proceedings of the CSEE, 2000, 20(8): 42-45(in Chinese).
- [4] 尹真列, 朴基俊, 丘善根. GIS 局部放电检测技术研究最终报告书[R]. 首尔: 韩国电力科学研究院, 2002.
- [5] Judd M D, Farish O, Hampton B F. Broadband couplers for UHF detection of partial discharge in gas-insulated substations[J]. IEE Proceedings-Science, Measurement and Technology, 1995, 142(3): 237-243.
- [6] Newman E H, Tulyathan P. Analysis of microstrip antennas using method of moments[J]. IEEE Trans on Antennas Propagation, 1981, 29(1): 47-53.
- [7] IEC60270-2000. High voltage test techniques-partial discharge measurement[S].
- [8] Park K J, Goo S G, Yoon J Y, et al. Dynamics of a metallic particle bouncing between alternating high voltage electrodes[Z]. 韩国物理协会, 2003: 195.
- [9] Park K J, Goo S G, Yoon J Y, et al. Measurement of ultra-high frequency(UHF) partial discharge sensor sensitivity and partial-discharge(PD) signal losses in the 800 kV gas-insulated substation (GIS)[C]. ISH The XIIIth International Symposium on High Voltage Engineering Delft, Netherlands, 2003.

收稿日期: 2007-03-23。

作者简介:

崔在玉(1973—), 男, 硕士, 从事在线监视系统的研究工作;

江昌元(1956—), 男, 博士, 从事在线监视系统的研究工作;

朴基俊(1968—), 男, 博士, 从事送变电技术研究工作;

安景稿(1957—), 男, 硕士, 从事自动化领域及在线监视系统的研究工作。

(责任编辑 马晓华)