

高压开关柜改进型温湿度预警与在线监测系统

谢东日,徐敏捷,刘孙相与,王艺钦

(重庆大学 输配电装备及系统安全与新技术国家重点实验室,重庆 400030)

摘要:为实现高压开关柜温湿度实时监测与预警的双重目标,以单片机为数据采集主体、LabVIEW 为上位机数据分析核心,建立了一套高压开关柜的温湿度在线监测系统。硬件基于 SHT11 温湿度传感器和红外传感器的单片机测温系统,实时获取开关柜的温湿度数据,可计算露点温度,实现多路监测;LabVIEW 上位机实时显示温湿度曲线,通过设定阈值评价开关柜的运行状态,实现预警功能。软件采用 BP神经网络算法,预测近时段的温度数值,从而提前获取温度曲线走势,进一步提高监控效率。经过现场测试,证实该系统具备良好的交互性与实时性。

关键词: 在线监测;露点温度;LabVIEW;预测;预警

中图分类号: TM643

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2013)24-0063-03

The improved temperature and humidity on-line monitoring system for HV switch cabinet

Xie Dongri, Xu Minjie, Liu Sun, Xiangyu, Wang Yiqin

(State Key Laboratory of Power Transmission Equipments & System Security and New Technology, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract: A general system for HV switch cabinet is constructed to realize dual functions of temperature and humidity on-line monitoring and temperature warning, which takes two independent modules as its core: microcontroller as the main data resources and the platform of LabVIEW for data analysis. MCU temperature measurement system with SHT11 sensor measures outer space's temperature and humidity, and infrared sensor measures contact's temperature. Thus, we realize a real-time access to HV switch cabinet's temperature and humidity data and realize a multichannel monitoring. The LabVIEW program display the real-time temperature and humidity curve, and the running state of HV switchgear is judged according to pre-set threshold, which realizes the function of temperature warning. The software predicts future temperature through BP neural network algorithm, thus we by considering the temperature trend improve the performance of this monitoring system. Through field-testing, satisfying interaction and instantaneity of this system are proved.

Key words: online monitoring; dew temperature; LabVIEW; forecast; warning

高压开关柜的安全稳定运行在一定程度上取决于开关柜内部的温湿度状态,超过阈值,会对开关柜稳定运行造成安全隐患。封闭式开关柜内部裸露高压母线、空间狭小^[1],对柜内电气联结点进行温湿度监测具有重要意义。

本文采用热红外测温与数字式测温的联合测温方式。热红外测温方式用于监测开关柜母线接头温度,实现定点测量;数字式测温方式用于测量开关柜内温湿度数据。通过分布式监测方式,实现对开关柜内温湿度的多路在线监测;通过对温湿度的数据监测和计算,进而

判定高压开关柜的凝露现象。从而实现电气设备监测方式由定期检修过渡到状态在线监测^[2]。

在温度预测方面,目前大部分针对高压开关柜的工作集中在在线监测,能够做到实时报警,但无法在故障发生之前提前预警。本文通过后台监测软件对数据进行分析,以算法预测方式提前获取温度曲线走势,为工作人员提供相关数据支持,能够超前发现安全隐患并及时报警,以便采取必要措施,对于开关柜的安全运行有重要意义。

1 系统总体结构及运行原理

系统利用分布式传感器、单片机实现对高压开关柜

技术与方法 Technique and Method

温湿度实时监测；通过 LabVIEW 上位机系统实现温湿度数据显示、储存以及超阈值报警^[3]功能。其中，温湿度数字式传感器和红外探头传感器分别完成开关柜内环境温湿度和母线接头温度的测量。监测系统示意图如图 1 所示。

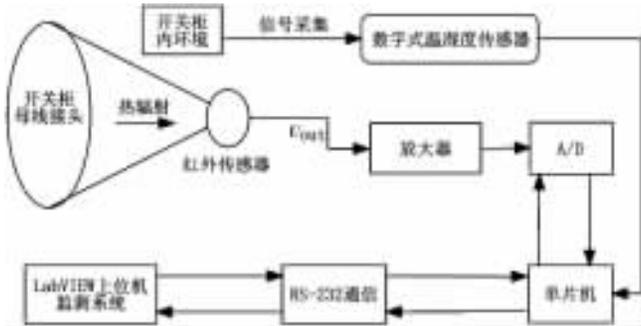


图 1 开关柜温湿度监测系统

2 温湿度传感器

SHT11 温湿度传感器^[4]是将信号放大调理、A/D 转换、二线串行接口集成于一块芯片的全校准数字式传感器，能有效解决高压隔离、电磁干扰等问题，提供可靠、真实的数据。

2.1 湿度计算

相对湿度采用式 (1) 进行信号转换：

$$RH_{linear} = C_1 + C_2 \times SO_{RH} + C_3 \times SO_{RH}^2 \quad (\%RH) \quad (1)$$

其中， SO_{RH} 表示相对湿度测量值； RH_{linear} 表示湿度线性补偿修正值。

一般运行状态下，湿度转换参数如表 1 所示。

表 1 湿度转换参数

位数/bit	C_1	C_2	C_3
12	-2.046 8	0.036 7	-1.5955E-6
8	-2.046 8	0.587 2	-4.0845E-4

实际中，式 (1) 的湿度信号需要进行温度补偿，补偿后湿度值 RH_{true} 采用式 (2) 计算，其中， T_c 表示实际环境温度。

$$RH_{true} = (T_c - 25) \times (t_1 + t_2 \times SO_{RH}) + RH_{linear} \quad (2)$$

温度补偿系数如表 2 所示。

2.2 温度计算

采用式 (3) 将输出 SO_T 转换为修正温度值 T ：

$$T = d_1 + d_2 \times SO_T \quad (3)$$

温度转换系数如表 3 所示。

位数/bit	t_1	t_2
12	0.01	0.000 08
8	0.01	0.001 28

V_{DD}/V	$d_1/^\circ C$	位数/bit	$d_2/^\circ C$
5	-40.1	14	0.01
3.5	-39.7	12	0.04

2.3 露点温度计算

露点温度可以通过温度和湿度监测数值经计算得到。对于开关柜一般运行情况下 $-40^\circ C \sim +50^\circ C$ 温度范围的测量，结合式 (1)~式 (3) 所得结果，通过式 (4) 得到露

点温度 T_d 较好的计算精度：

$$T_d = T_n \times \frac{\ln\left(\frac{RH_{true}}{100\%}\right) + \frac{m \times T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH_{true}}{100\%}\right) - \frac{m \times T}{T_n + T}} \quad (4)$$

露点温度计算参数如表 4 所示。

温度/ $^\circ C$	T_n	m
0~50	243.12	17.62
-40~0	272.62	22.46

3 软件系统

3.1 LabVIEW 上位机监测模块

LabVIEW 是基于 G 语言编程的虚拟仪器技术，交互式操作界面使得监测更加直观清晰。通过阈值判定的方式完成对开关柜温湿度运行状态的监测，实现即时报警功能。LabVIEW 上位机在线监测系统流程如图 2 所示。

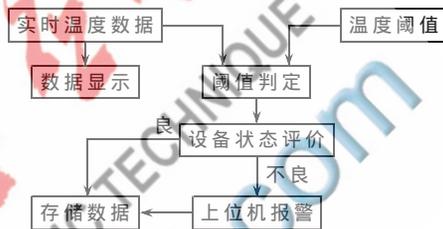


图 2 上位机监测流程图

3.2 温度数据处理

基于监测数据，本文采用 BP 神经网络算法^[5]进行温度预测。该算法是一种反向传递并修正误差的多层映射网，适用于大量数据处理。算法的数据处理传递过程如图 3 所示。

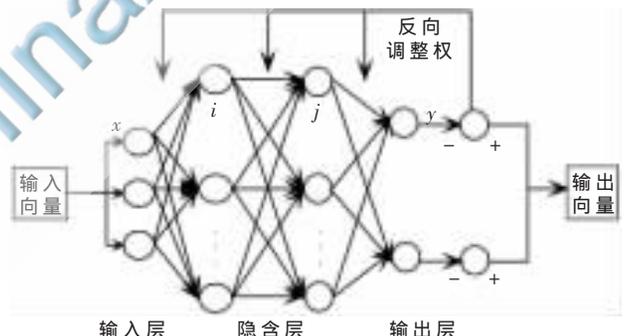


图 3 BP 神经网络结构模型

学习过程由信号的正向传播与反向传播两个过程组成：

(1) 正向传播时，从输入层传入样本，经各隐含层处理后，传向输出层。若输出层的输出值与期望值不符，则进入误差的反向传播阶段。

(2) 误差反传是将输出误差通过隐含层向输入层逐层传递，并将误差分配给各层的所有单元，从而获得各层单元的误差信号。

BP 神经网络算法数据处理流程如图 4 所示。

通过输入学习样本以及用 BP 算法对网络权值和偏差进行反复调整训练，当网络输出层的误差平方和小于指定误差时，保存网络的权值和偏差，训练完成。将该算

技术与方法 Technique and Method

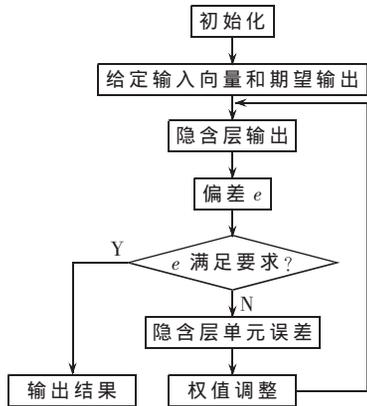


图4 BP神经网络算法流程

法应用于温湿度监测系统时,将监测所得的温度历史数据作为训练集,通过设定期望输出,与实际输出进行对比,若满足误差要求,即所得预测温度值合理。

4 数据处理

4.1 开关柜露点温度测量

凝露现象是指开关柜柜体内壁表面温度下降到露点温度以下时,内壁表面发生水珠凝结的现象^[6],而开关柜内部发生凝露会引起爬电、闪络事故。凝露的发生取决于柜内温度、相对湿度以及露点温度等因素,因而测量露点温度参数可以更加全面地表征高压开关柜的运行状态。

通过监测系统测量的温湿度数据,结合式(4)计算露点温度,对开关柜的运行状态进行评价。

4.2 阈值判定

阈值判定对于电气设备是一种重要的诊断方式。任意时刻,开关柜的A、B、C三相接头温度分别与该时刻的环境温度比较,差值即为温升值。在工作环境相似的情况下,同一位置的温度值不应该有较大变化,当任一相温度值高于阈值时发出警报;当温度在短时间有较大变化时,应该考虑此点是否发生了故障,应及时予以处理。

国家标准对开关柜在不同的负载运行情况下的温升限值做了相应的规定^[7]:户内外开关设备,周围空气温度不超过40℃,且在24h内测得的平均值不超过35℃;在24h内测得的相对湿度的平均值不超过95%。

在温升试验规定的条件下,当周围空气温度不超过40℃时,开关设备任何部分的温升不应超过表5规定的温升极限。

表5 开关柜温升极限

开关柜触头	最大值	
	温度/℃	周围空气温度不超过40℃时的温升/℃
空气中	75	35
SF6中	90	50
油中	80	40

4.3 温度数据预测

目前,大部分针对高压开关柜的工作都集中在实时在线监测,无法在故障发生之前提前预警。本文通过后

台软件对历史数据进行分析,通过BP神经网络预测算法得到的温度预测值与实际值的对比如表6所示。

表6 预测值与实际值对比

序号	预测值/℃	实际值/℃	绝对温差/℃
1	24.244 1	24.23	-0.014
2	24.262 0	24.25	-0.012
3	24.272 9	24.25	-0.023
4	24.279 8	24.2	-0.08
5	24.240 1	24.4	+0.16
6	24.089 2	24.28	+0.19
7	24.114 4	24.3	+0.19
8	24.187 0	24.23	+0.04
9	24.367 0	24.4	+0.03
10	24.641 9	24.74	+0.1

预测数值结果对应图5中的圆点所示。图6是对预测和实际温度值对比的两组温度值曲线走势,发现两条曲线走势大致相同,表明BP神经网络预测效果较好,具有一定的推广性。

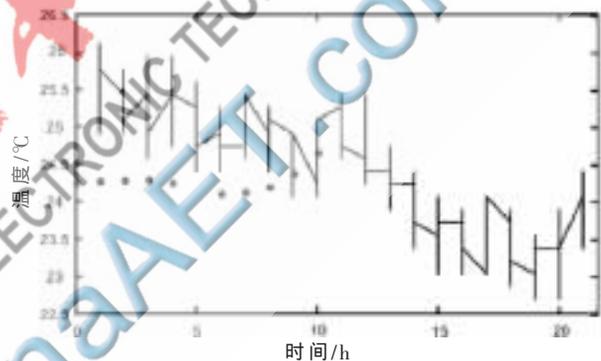


图5 BP神经网络温度预测值

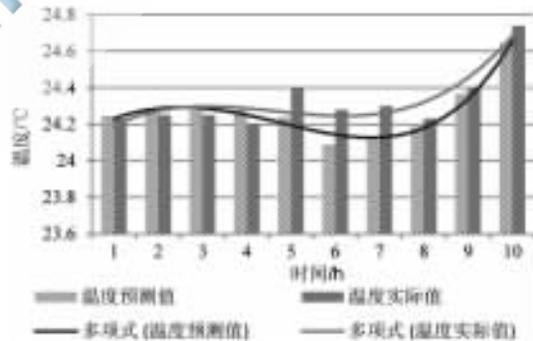


图6 预测值与实际值对比图

本文建立了完备的开关柜温湿度在线监测预警平台,实时显示温湿度曲线,查询浏览功能完备;数据处理方面,采用BP神经网络算法实现预警功能。监测系统可以较好地实现温湿度监测和预警功能,有助于指导设备的维护工作,对保证电网的安全运行有重要意义。

参考文献

- [1] 田毅,黄新波.高压开关柜温升在线监测系统[J].高压电器,2010,46(3):64-67,71.
- [2] 周永忠,叶鹏,张治桥,等.智能变电站状态监测系统网

技术与方法 Technique and Method

- 络结构研究[J].电测与仪表,2012,49(11):39-43.
- [3] 王方,邱道尹,岳艳杰,等.基于红外技术的变电站温差无线温度监控[J].电力自动化设备,2011,31(8):135-138.
- [4] 李丽,汤学博,刘嘉文,等.电力设备温湿度控制器的设计[J].制造业自动化,2012,34(20):146-149.
- [5] 胡伍生.神经网络理论及其工程应用[M].北京:测绘出版社,2006.
- [6] 周丰群,张义民,何超.电气设备用温度凝露控制器的研制[J].电力自动化设备,2002,22(3):61-62,67.
- [7] GB/T 11022-1999.高压开关设备和控制设备标准的共用

技术要求[S].北京:国家质量技术监督局,1999.

(收稿日期:2013-09-25)

作者简介:

谢东日,男,1990年生,学士,主要研究方向:电力设备在线监测。

徐敏捷,男,1988年生,硕士研究生,主要研究方向:电力设备在线监测。

刘孙相与,男,1991年生,学士,主要研究方向:电力设备在线监测。

