



# (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104990629 B

(45)授权公告日 2017.12.19

(21)申请号 201510401965.6

(22)申请日 2015.07.10

(65)同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 104990629 A

(43)申请公布日 2015.10.21

(73)专利权人 江苏省电力公司苏州供电公司  
地址 215000 江苏省苏州市姑苏区劳动路  
555号

专利权人 浙江大华系统工程有限公司  
苏州安赛电力科技有限公司

(72)发明人 张平 沈颖 陈伟 金杰 赵鑫祥  
冯贵宾 任群 龙卫平 舒春学  
李雪松

(74)专利代理机构 北京科亿知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11350

代理人 汤东风

(51)Int.Cl.  
G01J 5/00(2006.01)  
G01D 21/02(2006.01)

(56)对比文件  
CN 102721479 A,2012.10.10,  
CN 203337262 U,2013.12.11,  
CN 104048766 A,2014.09.17,  
CN 103822719 A,2014.05.28,  
CN 203490564 U,2014.03.19,

审查员 薛正燕

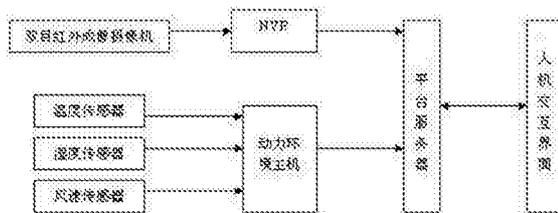
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

## (54)发明名称

一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统

## (57)摘要

本发明公开了一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,涉及电力设备检测维修技术领域。包括信号采集单元、平台服务器、自动预警处理软件和人机交互界面,信号采集单元将采集的信号传送给平台服务器,用户通过人机交互界面设定指令,并通过自动预警处理软件和平台服务器进行反馈处理。本发明首次将红外测温温度结合环境气候信息的折算温度的趋势分析应用于电力设备红外测温趋势预警的判定中;首次将红外测温温度结合环境气候信息及当前负荷,计算出设备最大持续负荷的过热点温度,并将此指标进行趋势分析,预测温度趋势,进一步实现精准与超前预警。



1. 一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,其特征在于:包括信号采集单元、平台服务器、自动预警处理软件和人机交互界面,信号采集单元将采集的信号传送给平台服务器,用户通过人机交互界面设定指令,并通过自动预警处理软件和平台服务器进行反馈处理;信号采集单元包括红外成像摄像机、温度传感器、湿度传感器和风速传感器,红外成像摄像机用来识别电力设备各检测区域,并实时将各检测区域的温度通过NVR传送给平台服务器;温度传感器、湿度传感器和风速传感器采集环境气候信息,并将采集的环境气候信息通过动力环境主机传送给平台服务器;

所述平台服务器用于将接受的各检测区域的温度值和环境温度、湿度、风速的值进行折算,得到各检测区域的折算温度值;

所述平台服务器结合所述人机交互界面设置的当前负荷、最大持续负荷及获得的各检测区域的红外测温温度,计算出各检测区域的最大持续负荷过热点温度;最大持续负荷过热点温度计算公式如下:

$$T_{\max} = (T_s - T_0) e^{(I_{\max} - I_s) / I_s + T_s} \quad (2)$$

其中: $T_{\max}$ -最大持续负荷状态下的过热点温度(°C)

$T_s$ -测量时本回路的实际设备过热点温度(°C)

$T_0$ -测量时的环境参照体温度(°C)

$I_{\max}$ -本回路运行中经常出现的最大持续负荷电流

$I_s$ -测量时本回路的实际负荷电流;

所述平台服务器对各检测区域的最大持续续负荷过热点温度结合环境温度、湿度、风速进行折算,得到最大持续负荷过热点温度的折算温度;最大持续负荷过热点温度折算温度计算公式如下:

$$T_{\max 20} = \beta T_{\max} + (20 + T_0) / \alpha^2 \quad (3)$$

其中: $T_{\max 20}$ -最大持续负荷过热点温度的折算温度(°C)

$T_{\max}$ -最大持续负荷状态下的过热点温度(°C)

$T_0$ -测试时环境温度(°C)

$\alpha$ -气温折算系数

$\beta$ -风速折算系数。

2. 根据权利要求1所述的一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,其特征在于:所述红外成像摄像机为双目红外成像摄像机。

3. 根据权利要求1所述的一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,其特征在于:所述平台服务器包括视频传输服务器、中央管理服务器和智能自动诊断告警服务器,且均与人机交互界面控制连接。

4. 根据权利要求1所述的一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,其特征在于:所述自动预警处理软件包括组态定义单元、对象分割单元、温度提取单元、故障诊断单元、数据库链接单元、综合判别单元,且每个单元均与平台服务器相适配的对接。

## 一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电力设备检测维修技术领域。

### 背景技术

[0002] 目前,我国经济不断快速发展,电网也正向坚强智能电网行列迈进,即以特高压为主网,不同等级电网协调发展,电力系统的安全稳定运行更是含煤矿在内的各行业安全生产的基本保障。智能电网具有“自愈”的特征,包括以下两方面:首先,智能电网可以自动迅速地隔离故障,并及时确保正常片区的供电;其次,能够在线监测电网运行情况,对其发生的故障及时告警,并且采取有效的办法消除隐患,从而保障电网的安全可靠运行,避免电网故障的发生。

[0003] 由此,如何利用高科技的智能手段,对电网进行在线监测,自动检测故障,及时消除设备危险点,减少破坏因素,并进行系统化、标准化管理,是摆在电力系统科研人员面前的新问题。而变电站是电力网的重要组成部分,因此研究变电站设备检测与故障诊断技术具有重大价值,不仅可以降低事故的发生率,而且还有助于电网安全运行及其可靠性的提高。

[0004] 为了对变电站电气设备进行安全监视,国内外已经普遍开展了可见光遥视系统研究与规划,并且图像数据编码、压缩、传送以及信息处理等技术已经相当成熟。然而,可见光遥视系统仅能检测到设备的外在现象,与人的肉眼所见相同,当一些肉眼能觉察的现象一旦发生如爆炸、冒烟等情况,此时设备故障就已经无法阻止和避免了。

[0005] 在过去的几年里,国内外开始积极研究红外热成像技术在电气设备方面的应用,主要是对设备的检测及其故障识别判断方面。目前,电力系统中广泛使用一种商品化的手持式红外检测仪,其专门用于运维人员巡视时检测电气设备之用。然而,该红外检测仪也存在诸多不足:

[0006] (1)手持式红外检测仪仅在工作人员巡视变电站过程中使用,不具有同时性、连续性和实时性,因而不可能对站内各种设备进行在线监视和告警,也就无法实现故障的自动检测,离智能化的目标差距较大。

[0007] (2)在对设备进行故障诊断和识别时,由于传输功率和环境的不同也会引起电气设备的温度差异,完全根据温度的不同进行诊断不是有效的方法,所以需要在此基础上,根据电气设备的运行数据,进一步开展对故障诊断专家系统的研究。

[0008] 因此,现有的各类人工监控系统均不同程度存在报警不及时、误报和漏报等现象,以至系统的安全性和实用性得不到保障。另外,智能电网有效促进了变电站设备实时在线检测技术的向前发展,因而随着智能电网的快速发展,监控系统将会越来越庞大,如果全部采用人工监控,其人力成本也会非常昂贵。

### 发明内容

[0009] 本发明所要解决的技术问题是提供一种红外成像测温的电力设备故障自动预警

系统,该系统能够实时监测、通过提增量递推回归建模预测的温度数值,与告警阈值对比,实现趋势预警。

[0010] 为解决上述技术问题,本发明所采取的技术方案是:一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,包括信号采集单元、平台服务器、自动预警处理软件和人机交互界面,信号采集单元将采集的信号传送给平台服务器,用户通过人机交互界面设定指令,并通过自动预警处理软件和平台服务器进行反馈处理;信号采集单元包括红外成像摄像机、温度传感器、湿度传感器和风速传感器,红外成像摄像机用来识别电力设备各检测区域,并实时将各检测区域的温度通过NVR传送给平台服务器;温度传感器、湿度传感器和风速传感器采集环境气候信息,并将采集的环境气候信息通过动力环境主机传送给平台服务器。

[0011] 优选的,所述红外成像摄像机为双目红外成像摄像机。

[0012] 优选的,所述平台服务器包括视频传输服务器、中央管理服务器和智能自动诊断告警服务器,且均与人机交互界面控制连接。

[0013] 优选的,所述自动预警处理软件包括组态定义单元、对象分割单元、温度提取单元、故障诊断单元、数据库链接单元、综合判别单元,且每个单元均与平台服务器相适配的对接。

[0014] 采用上述技术方案所产生的有益效果在于:本发明通过运用实测温度趋势分析与预警、折算温度趋势分析与预警、最大持续负荷过热点温度趋势分析与预警、增量递推最小二乘法的动态数据流趋势分析算法、广义似然比检测分割点趋势拟合预测、异常点告警跟踪检测机制,系统以红外热成像实测温度为基础,通过温差分析、折算分析、温升分析,综合实现电力设备测温精准阈值告警,首次将红外测温温度结合环境气候信息的折算温度的趋势分析应用于电力设备红外测温趋势预警的判定中;首次将红外测温温度结合环境气候信息及当前负荷,计算出设备最大持续负荷的过热点温度,并将此指标进行趋势分析,预测温度趋势,进一步实现精准与超前预警;采用变电站红外视频图像,结合目前高技术图像处理与分析技术,能够自动分析红外摄像机捕捉的图像数据,实现连续24小时实时智能监视,当异常发生时能实时报警和预警。达到对变电站实施全天候、智能化的自动视频检测和预警,将极大地降低监控人员的工作量,提高事件报警的实时性,提升变电站安全运行应急保障能力;本发明实现对于电气设备故障的预警,有效减少电气设备事故次数,另一方面可以增加社会的经济收入、降低人工的工作量,在电网运行、维修成本、电能质量等方面都能起到积极的推动作用,红外成像测温电力设备故障自动预警技术的应用为电力设备可靠、安全正常运行提供了基本保障。系统根据需要监视的区域情况,可设置多个红外成像设备预置点,并进行对象分割,将各个电气设备或其组成部件的测温信息存放在数据库中,并依据简单的规则进行安全预警。

## 附图说明

[0015] 图1是本红外成像测温电力设备故障自动预警系统的原理示意图;

[0016] 图2是本发明的原理流程图。

## 具体实施方式

[0017] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完

整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有作出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0018] 如图1和图2所示,本发明是一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,包括信号采集单元、平台服务器、自动预警处理软件和人机交互界面,信号采集单元将采集的信号传送给平台服务器,用户通过人机交互界面设定指令,并通过自动预警处理软件和平台服务器进行反馈处理;信号采集单元包括红外成像摄像机、温度传感器、湿度传感器和风速传感器,红外成像摄像机用来识别电力设备各检测区域,并实时将各检测区域的温度通过NVR传送给平台服务器;温度传感器、湿度传感器和风速传感器采集环境气候信息,并将采集的环境气候信息通过动力环境主机传送给平台服务器;所述红外成像摄像机为双目红外成像摄像机;所述平台服务器包括视频传输服务器、中央管理服务器和智能自动诊断告警服务器,且均与人机交互界面控制连接;所述自动预警处理软件包括组态定义单元、对象分割单元、温度提取单元、故障诊断单元、数据库链接单元、综合判别单元,且每个单元均与平台服务器相适配的对接。

[0019] 本发明是一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统,其实现方法包括以下步骤:

[0020] 1) 通过红外热像仪识别电力设备各检测区域,并实时将各检测区域的温度T通过NVR传送给平台服务器;识别电力设备各检测区域

[0021] 2) 通过温度、湿度、风速传感器采集环境气候信息,并将采集的环境气候信息通过动力环境主机传送给平台服务器;

[0022] 3) 平台服务器将接受的各检测区域的温度值和环境温度、湿度、风速的值进行折算,得到各检测区域的折算温度值;折算公式如下:

$$[0023] \quad T_{20} = \beta T_s + (20 - T_0) / \alpha^2 \quad (1)$$

[0024] 其中: $T_{20}$ —折算至20℃时设备连接点过热点温度(℃)

[0025]  $T_s$ —测试时设备过热点温度(℃)

[0026]  $T_0$ —测试时环境温度(℃)

[0027]  $\alpha$ —气温折算系数

[0028]  $\beta$ —风速折算系数

[0029] 4) 平台服务器结合操作界面设置的当前负荷、最大持续负荷及获得的各检测区域的红外测温温度,计算出各检测区域的最大持续负荷过热点温度;最大持续负荷过热点温度计算公式如下:

$$[0030] \quad T_{\max} = (T_s - T_0) e^{(I_{\max} - I_s) / I_s} + T_s \quad (2)$$

[0031] 其中: $T_{\max}$ —最大持续负荷状态下的过热点温度(℃)

[0032]  $T_s$ —测量时本回路的实际设备过热点温度(℃)

[0033]  $T_0$ —测量时的环境参照体温度(℃)

[0034]  $I_{\max}$ —本回路运行中经常出现的最大持续负荷电流

[0035]  $I_s$ —测量时本回路的实际负荷电流

[0036]  $\rho$ —温升常数,根据散热条件及接触电阻非线性变化因素取1.7~1.85) 平台服务器对各检测区域的最大持续续负荷过热点温度结合环境环境温度、湿度、风速进行折算,得

到最大持续负荷过热点温度的折算温度；最大持续负荷过热点温度折算温度计算公式如下：

$$[0037] \quad T_{\max 20} = \beta T_{\max} + (20 - T_0) / \alpha^2 \quad (3)$$

[0038] 其中： $T_{\max 20}$ —最大持续负荷过热点温度的折算温度(°C)

[0039]  $T_{\max}$ —最大持续负荷状态下的过热点温度(°C)

[0040]  $T_0$ —测试时环境温度(°C)

[0041]  $\alpha$ —气温折算系数

[0042]  $\beta$ —风速折算系数

[0043] 6) 将 $T$ 、 $T_{20}$ 、 $T_{\max}$ 、 $T_{\max 20}$ 四个数据组，以时间为X轴，数值为Y轴，分别进行增量递推回归建模，各自形成的实时测温数据组，作为趋势分析的基础数据；

[0044] 7) 根据 $T$ 、 $T_{20}$ 、 $T_{\max}$ 、 $T_{\max 20}$ 的趋势模型，预测 $T$ 、 $T_{20}$ 、 $T_{\max}$ 、 $T_{\max 20}$ 在未来1小时、1天、1周内将达到的温度数值，根据预测的温度数值，与告警阈值对比，实现趋势预警。

[0045] 目前电力系统利用红外技术进行变电站设备故障诊断的依据是DLT664-2008《带电设备红外诊断应用规范》，该标准给出了使用红外热像仪检测带电设备的方法、仪器要求、仪器适用范围、缺陷的判断依据及红外数据的管理规定等。该标准适用于具有电压、电流致热效应或其他致热效应的各电压等级设备，包括电机、变压器、电抗器、断路器、隔离开关、互感器、套管、电力电容器、避雷器、电力电缆、母线、导线、绝缘子、组合电器、低压电器和二次回路等。考虑到现阶段采用红外热成像技术对电力系统设备进行故障诊断大多仍以手持红外成像仪为主，无法满足实时监测的智能化要求，为确保变电站安全运行实现智能化管理，提出了建立一种红外成像测温的电力设备故障自动预警系统，通过在实时数据库中加装研究的图像分割及配准技术的算法软件，利用DLT664-2008《带电设备红外诊断应用规范》中的设定数值作为数据库中故障诊断判定预警的上下限，在系统中进行预置，通过系统自动巡检、处理、判断，实现对未来的预警的智能化管理。

[0046] 变电站主要组成为：馈电线(进线、出线)和母线，隔离开关，接地开关，断路器，电力变压器(主变)，电压互感器TV(PT)、电流互感器TA(CT)，避雷针。这些变电站内任何设备发生异常，都会对变电站安全运行造成威胁，都是本文系统所监测的对象。变压器分接头的接触不良会引起温升，造成压簧弹性减弱使接头的接触更加不良，引起更大温升，最终造成设备损坏；变压器铁心变形、结构松动或油路存在异物都会引起漏磁加剧，造成变压器局部温升，最终造成设备损坏；变压器油路阻塞会造成变压器部分区域温升，最终造成设备损坏；断路器和隔离开关触头拉毛会引起温升影响设备寿命；套筒内部和电缆接头连接松动或导线断股，会引起局部剧烈温升最终酿成事故；电容器内部局部放电会造成绝缘劣化而加剧温升最终酿成事故；避雷器和绝缘子老化或污秽，也会造成局部温升最终酿成事故。变电站内的上述主要设备都是本系统监测的对象，由于变电站内设备种类繁多，本实施例未能涉及所有设备所有故障现象相关技术的阐述。

[0047] 本发明通过运用实测温度趋势分析与预警、折算温度趋势分析与预警、最大持续负荷过热点温度趋势分析与预警、增量递推最小二乘法的动态数据流趋势分析算法、广义似然比检测分割点趋势拟合预测、异常点告警跟踪检测机制，系统以红外热成像实测温度为基础，通过温差分析、折算分析、温升分析，综合实现电力设备测温精准阈值告警，首次将红外测温温度结合环境气候信息的折算温度的趋势分析应用于电力设备红外测温趋势预

警的判定中;首次将红外测温温度结合环境气候信息及当前负荷,计算出设备最大持续负荷的过热点温度,并将此指标进行趋势分析,预测温度趋势,进一步实现精准与超前预警;采用变电站红外视频图像,结合目前高技术图像处理与分析技术,能够自动分析红外摄像机捕捉的图像数据,实现连续24小时实时智能监视,当异常发生时能实时报警和预警。达到对变电站实施全天候、智能化的自动视频检测和预警,将极大地降低监控人员的工作量,提高事件报警的实时性,提升变电站安全运行应急保障能力;本发明实现对于电气设备故障的预警,有效减少电气设备事故次数,另一方面可以增加社会的经济收入、降低人工的工作量,在电网运行、维修成本、电能质量等方面都能起到积极的推动作用,红外成像测温电力设备故障自动预警技术的应用为电力设备可靠、安全正常运行提供了基本保障。系统根据需要监视的区域情况,可设置多个红外成像设备预置点,并进行对象分割,将各个电气设备或其组成部件的测温信息存放在数据库中,并依据简单的规则进行安全预警。

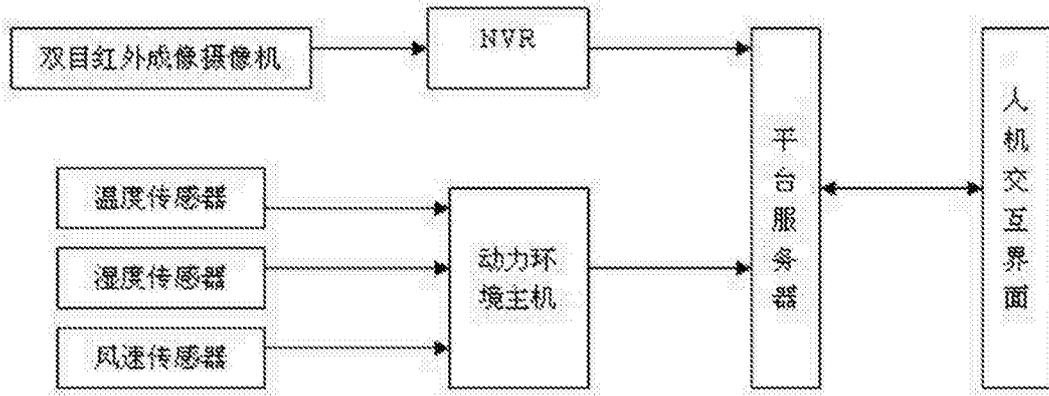


图1

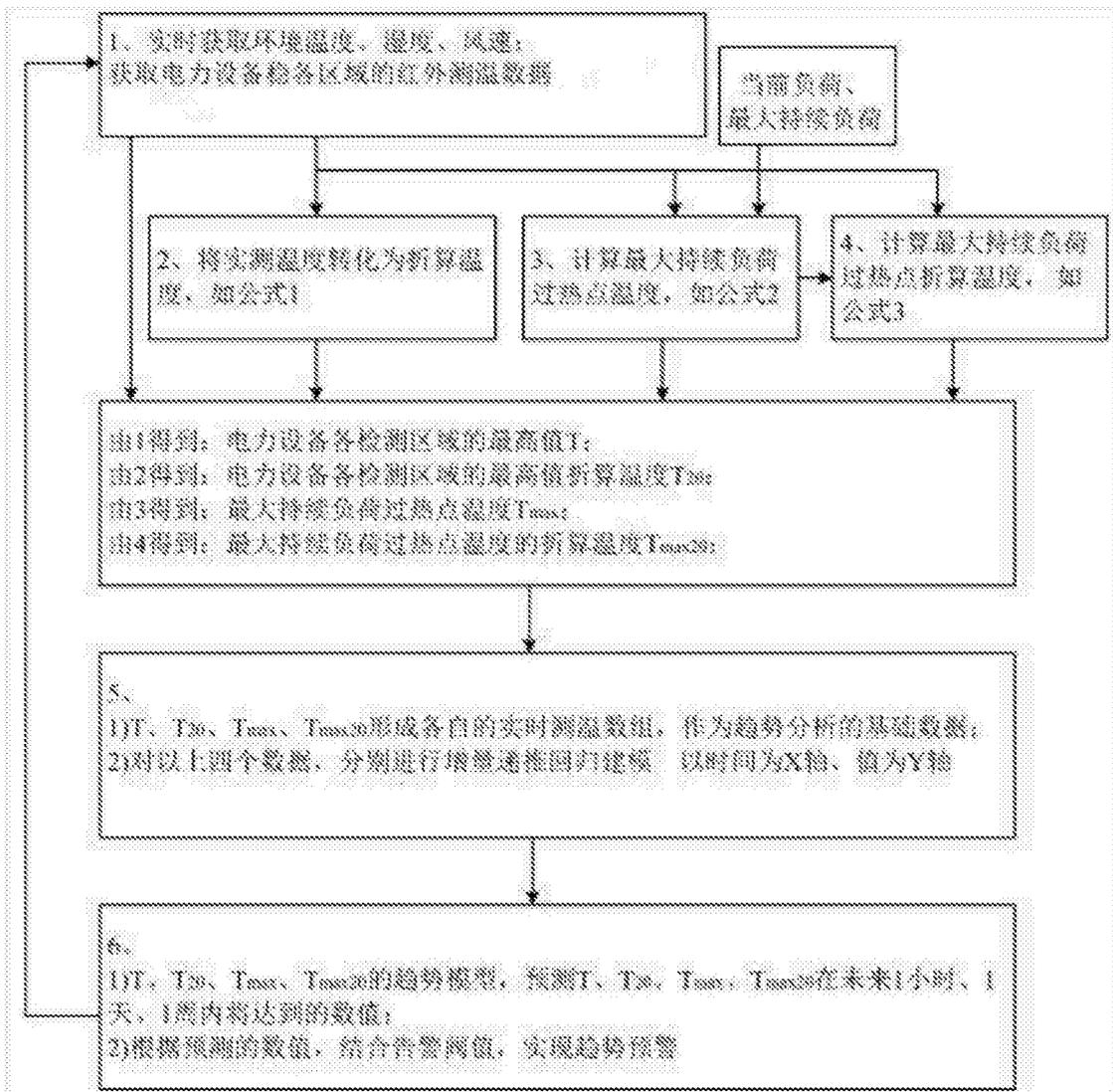


图2