

Design of Aerial Line Image Monitoring Device for Distribution Network Based on Disaster Prevention

Huibin Zhou

Zhongshan Power Supply Bureau, Zhongshan Guangdong
Email: 370811806@qq.com

Received: Nov. 17th, 2018; accepted: Nov. 28th, 2018; published: Dec. 12th, 2018

Abstract

The corridor environment of distribution lines is various and complex, which is a weak link of power grid reliability. It often faces tripping accident risks such as large-scale mechanical intrusion construction, bird's nest activities, floating objects, conductor icing, fire, tree growth and so on. However, due to the wide coverage of distribution network lines and the lack of relevant monitoring technology, operation and maintenance personnel cannot solve line faults and hidden dangers in a timely and efficient manner. How to get the visual image of the scene in time, evaluate the influence degree of the fault and disaster, and give the remote guidance to the emergency repair work on the spot under the condition of fault and disaster has been a common safety problem in distribution network management. In order to meet the monitoring requirements of overhead lines in distribution network, a design scheme of image monitoring device based on distribution network is proposed. The design scheme includes the frame, fixture unit, image acquisition unit, communication unit and other modules of the prototype of image monitoring device for overhead lines in distribution network.

Keywords

Distribution Network, Image Monitoring, Power Grid Disaster Prevention, Overhead Line, Image Acquisition

基于灾害预防的配电网架空线图像监测系统设计

周慧彬

中山市供电局, 广东 中山
Email: 370811806@qq.com

收稿日期：2018年11月17日；录用日期：2018年11月28日；发布日期：2018年12月12日

摘要

配电线路走廊环境多样复杂，是电网可靠性的薄弱环节。经常面临如大型机械入侵施工、鸟巢活动、飘挂物、导线覆冰、火灾、树木生长等跳闸性事故风险。然而配网线路覆盖面广，也缺少相关的监控技术手段，导致运维人员无法及时高效解决线路故障及隐患。如何在故障、受灾等情况下，及时获取现场的可视化图像，评估故障及灾害的影响程度，对现场抢修工作进行远程指导，一直是配网管理中比较常见的安全生产难题。为应对配网架空线路各种灾害的监测要求，提出了一种基于配网图像监测装置的设计方案，设计方案包含了配电网架空线路图像监测装置样机的构架、夹具单元、图像采集单元、通信单元、等多个模块。

关键词

配电网，图像监测，电网灾害预防，架空线路，图像采集

Copyright © 2018 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 概述

伴随我们国家电力工业的不断革新，电网覆盖的面积持续扩增，电力系统如何能够长期正常的运作是一个十分关键的问题，而电缆的稳定工作是保证电力系统具有良好稳定性的先决条件。但是，在现实情况中，配电线路常常受到多种因素的威胁，假如没有对其展开有效的处理，就会导致跳闸、断线等多种危机的情况，配电网架空线路图像监测装置的研发能够有效降低日常巡线的工作强度，能够实时查看配电网的运行状况，具有很高的实际应用价值。基于有线通信技术和计算机网络，以信息化为基础建立信息化平台实现对无人值守配电网架空线路远程管理和实时监控。远程安全视频监控在架空线路的重要区域设置配电网架空线图像监测装置，对大型机械入侵施工、鸟巢活动、飘挂物、导线覆冰、火灾、树木生长等跳闸性事故风险等进行实时安全监控，通过 4G 通信技术将实时图像和运动信息上传到主站，主站人员可以对架空线路的实际情况进行综合分析。远程安全监控系统的投入使用，将会在日常的检修与巡线中发挥重要作用，可以完成如下功能：对线路运行状态进行实时监控，保证设备的安全运行；通过监控系统对变电站周围环境进行监测，对于有可能导致系统故障的安全隐患及时排查；远程指示操作，可以通过监控系统对现场操作人员进行指示，以确保不发生误操作；安全防范，提高工作效率，解放了大量的人力，同时简化业务流程，降低了运行成本。

图像监控系统经历了本地模拟信号监控系统、基于 PC 的监控系统、基于 Web 服务器的远程视频监控系统等三个发展阶段[1] [2]。第一阶段，本地模拟视频监控。在黑白相机、黑白电视机出现的初期，初期的黑像监控系统也诞生了。尽管第一代监控系统图像质量低，控制功能少，但因为其直观方便，还是被人们所接受。

第二阶段，基于 PC 的监控系统。由于图像压缩技术及图像编码技术日渐成熟，基于 PC 的图像监控系统的研发工作陆续展开。该系统在现场通过高清图像传感器采集图像信息，通过通信线路将信息传送

到监控中心。第二代监控系统便于操作；但存在很多缺点比如不稳定，前端结构复杂，不可靠；成本和耗电量；需要大量人工的投入。

第三阶段，基于 Web 服务器的物联网远程图像监控系统。随着无线网络的普及，微处理器技术的快速发展，出现了以网络图像传感器为代表的远程网络图像监控系统，也使得基于嵌入式 Web 服务器技术的远程网络图像监控得以实现嵌入式 Web 服务器内置于图像服务器中，采用嵌入式实时操作系统，摄像头等传感器传送来的图像信息，由高效压缩芯片压缩，通过内部总线传送到内置的 Web 服务器。网络上用户可以直接用浏览器观看 Web 服务器上的图像信息，并越来越多的应用在以工业物联网为基础的专业领域，除后端显示设备之外，全部设备向 IP 化的方向发展。

2. 配电网架空线图像监测系统需求设计

图像监控系统远程安全视频监控系统最基础的就是图像信息的收集。在架空线路的监测过程中，采集设备应采用固定式类型。为了有效的为远程图像监控系统提供基础服务，图像采集系统必须实现以下基本的功能：一方面能够确保在基本的天气变化(包括温度和湿度)前提下，对所需要的图像信息准确有效的进行采集；另一方面要将这些现场的图像资料快速安全的进行传输，确保监测系统能够反映这些信息。为了实现上述功能，综合考虑实际现场可能出现的各种状况，必须要满足以下基本的运行要求：

- 1) 针对天气因素，要求能够在各种常见天气(风、雨、雪)下正常工作，当湿度变化范围为 30%~95%，气温变化范围为 -10°C ~ 50°C 时，仍然可以实现基础功能[3]。
- 2) 考虑到实际作业的时间不定，因此不管白天还是晚上作业，要求都能够准确的进行采集，快门调节速度范围为 1/50~1/10,000 s。
- 3) 针对图像监控在线取电的功能，不能因为供电不足这种小问题造成大影响，为了保证充分的可持续供电，必须配置相应的蓄电池。此外，为了快速准确的传输图像数据，在现阶段，利用已经非常成熟，信号覆盖面广的 4G 网络技术，配置无线上网卡，是一个不可或缺的手段。
- 4) 针对采集内容的要求，图像监测采集设备主要用于收集一些辅助装置(如红外线探测器)的信号，从而为远程安全图像监控系统提供充分的数据支持。

软件设计方面，主要由网络客户端和用户客户端两部分组成。其中，网络客户端主要针对服务器，从中获取需要的各种数据；用户客户端针对各个用户，为其提供各种服务。为了进行需求分析，首先要明确在供电局范围内的用户的含义。在这里，用户的主要职责是进行图像监测管理。因此，有这种意图的所有工作人员都包含在这个范围之内，包括作业现场的一线工作者(运行人员，检修人员)以及管理人员。为了满足数量如此庞大的用户。如此庞大的用户基本上都位于各个不同的部门，在地理上，彼此之间相距甚远。必须接入到网络(包括企业自己的局域网)，并且速度要求不低于 2 Mbit/s。为了保证信息的安全性，防止无关人员的蓄意攻击和盗取，通过终端进入系统，获取各个站点的图像资料，必须通过认证授权[4]。鉴于用户层面的广泛性，应当针对不同级别，不同性质的用户设置相应的访问权限，限制其只能访问其职权范围内的数据信息。

3. 架空线图像监测装置设计

3.1. 配电网架空线路图像监测装置的夹具设计

电缆夹具的工作地点在野外，环境温度为： -40°C 至 50°C 。根据电缆夹具的工况条件必须保证原料的最高使用温度大于等于 50°C ，最低使用温度小于等于 -40°C ，由于 ABS 原料具有温度适应性好、收缩性小、吸湿性小、热敏性低、绝缘性好、加工方便等优势，因此选择 ABS 为图像监测装置的夹具材料及

外壳材料。为保证夹具的硬度要求，沿上下夹嘴分别设计两条加强筋，各边有 1° 的脱模斜度，根部最大厚度为夹具壁厚的 0.8 倍；高度与侧边平齐。为防止应力集中，有利于充模、脱模并且在后续处理中防止应力开裂，因此圆角半径选择为 $R = 3 \text{ mm}$ 。夹具的紧固方式来自于螺旋状不锈钢丝(1.5 mm)的张力，并设置与 ABS 材料的包裹之下，在保证夹具应力的同时保证装置整体的绝缘要求。

3.2. 配电网架空线路图像监测装置图像采集单元设计

图像采集单元主要包括线圈感应取电、电池充放电管理、大容量的锂电池及保护电路、图像传感器、主控处理器、低功耗无线通信方式六部分(如图 1)。线圈感应取电、电池充放电管理、大容量的锂电池及保护电路构成了图像采集单元的供电电路，当线路电流足够大时，线圈感应取电给系统供电，同时通过充电管理部分给电池充电，当线路电流小时，感应取电不足以提供系统工作电流时，锂电池通过放电管理电路给系统供电。主控 CPU 采用低功耗的 Cortex-M0 处理器，主控 CPU 控制图像传感器拍照，并读取图片数据，通过对图像数据转换、压缩处理，通过低功耗短距离无线通信方式将图像数据发送给通信单元。整个图像采集单元保持低功耗状态运行，主控 CPU 通常工作在休眠状态，通信单元通过低功耗短距离无线通信方式唤醒休眠中的图像采集单元主控 CPU，并发送拍照命令，图像采集单元主控 CPU 执行拍照指令，并将数据上传。此外图像采集单元支持夜视拍照功能，图像采集单元根据当前光照强度，自动判断是否打开红外夜视功能，打开红外夜视功能有助于夜晚拍照清晰，但是带来了系统功耗剧增，白天当环境光强度到一定的值时，夜视红外是自动关闭的。

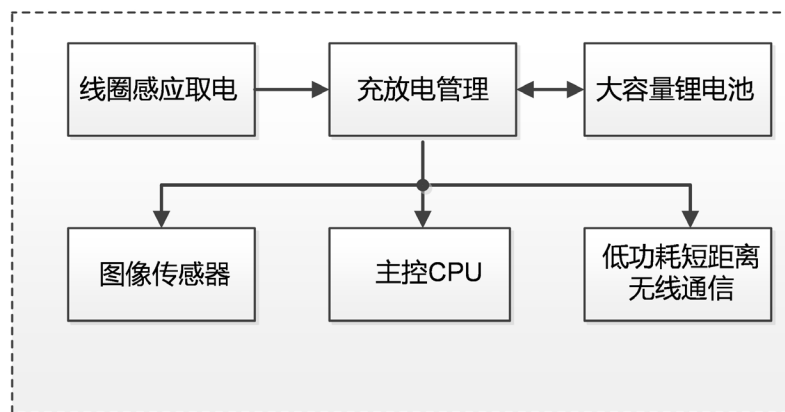


Figure 1. Internal component diagram of image acquisition unit

图 1. 图像采集单元内部组件图

3.3. 配电网架空线路图像监测装置的通信单元设计

通信单元主要是实现图像数据的转发、本地存储功能。整个通信单元通常安装在杆塔上，采用太阳能板供电，通信单元内部包括太阳能取电、充放电管理、蓄电池及保护电路，主控处理器、短距离低功耗无线通信、3/4G 通信电路、本地存储等几部分(如图 2)。通信单元通过短距离低功耗无线通信方式定时唤醒图像采集单元，并发送图像采集命令，接收图像采集单元的图像数据，并将数据通过 3/4G 传送给数据处理单元，此外通信单元也将图像数据存储在本地，形成记录，以供后台服务器随时调用。通信单元接收后台的召唤命令，快速唤醒图像采集单元，采集图像并上传[5]。通信单元与后台服务器通信采用 101 通信规约。本地存储组件主要解决网络信号不好情况下图片传输数据丢失重传的问题，整个通信单元采用太阳能取电与铅蓄电池相结合的方式，以保证系统正常运行。

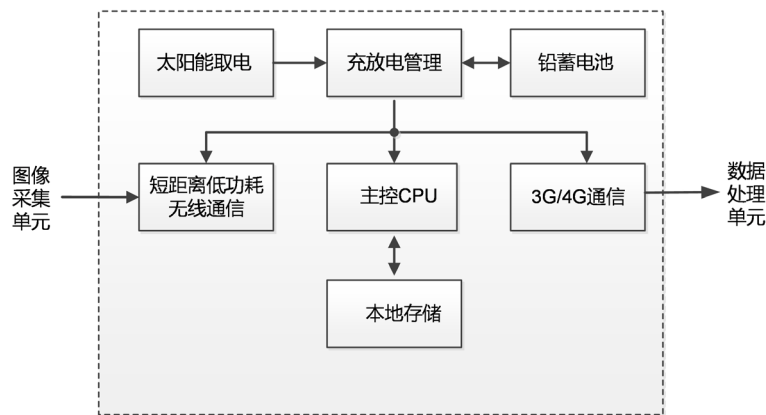


Figure 2. Internal component diagram of communication unit
图 2. 通信单元内部组件图

3.4. 配电网架空线路图像监测装置的数据处理单元设计

数据处理单元主要包括设备接入模块、数据管理模块、数据库、Web 客户端等几部分(如图 3)。设备接入模块主要为设备与服务器之间建立的通讯连接管理、101 规约解析与封装工作，其中通讯连接管理部分主要是针对设备上电，掉线，超时，正常通信等情况进行处理，101 规约解析与封装主要是接收设备的 101 报文，解析，获取图像数据，并将数据传送给数据管理模块。当数据管理模块有数据需要发给设备时(如通过系统进行主档召拍现场照片的情况)，连接管理部分对数据按照 101 规约要求封装并发送，此外还涉及超时重发的功能与命令的逻辑处理。数据管理模块主要是协调客户端、设备端对数据库的读写操作，实现数据存储、读取、刷新等功能。用户通过 Web 客户端可以看到接入设备的位置，随时召测现场的图像，并查看历史记录。数据库是图像数据、用户数据及其他相关数据的存储位置，负责所有数据的存储，本系统采用 MySQL 数据库进行系统开发。Web 客户端属于人机界面，实现用户需求配置、照片追溯查询的重要入口。

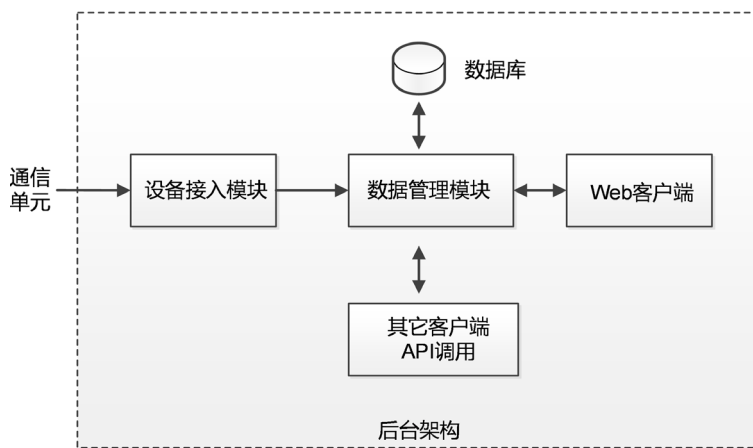


Figure 3. Internal component diagram of data processing unit
图 3. 数据处理单元内部组件图

3.5. 数据传输于存储设计

系统中核心的技术是采集视频信号及传输视频信号，由于图像信号的传输属于整个系统的核心，传

输方案的好坏对监控效果起着决定性作用。由于图像数据量相当庞大，系统要具备足够大的网络带宽用才能保证实时视频信号的传输。传输信号分为数字信号和模拟信号，分别对应着两种不同的传输形式。数字信号传输是将前方视频器采集到的模拟信号进行模数(A/D)变换，然后采用压缩编码技术对信号进行压缩，变成比特流在信道中传输；模拟传输是指不改变采集到的模拟信号，对模拟信号进行调制后变成电信号通过相关媒介传送到监测中心。由于模拟传输存在很多缺点，以及光纤通信、数字交换等技术分的发展，模拟传输将逐渐被数字传输所取代。

4. 结论及应用效果

本文分析了远程图像系统的研究背景和研究状态，介绍了实现该系统的基本原理、系统构成以及软硬件需求和开发工具需求，同时分析了配电网架空线路监测的基本需求。尽管目前输电网的图像监测装置取得了一定成果，但基于配电网电流小，取电难度大，配电网架空线路图像监测装置尚处于空白。为此，本文建立了一套配电网架空线路图像监测系统，实现大型机械入侵施工、鸟巢活动、飘挂物、导线覆冰、火灾、树木生长等跳闸性事故风险的采集、并将所有信息远传到后台主站系统。

通过中山供电局在架空线上安装图像监测装置，实现了现场可视化监测，配合软件系统实现图像数据查询、抓拍、追溯等功能，实现配电设备远程图像监控、倒杆故障监控、“树障”定时监控及预警、“作业入侵”监控、山火、洪涝、泥石流等灾害预警及监控功能。

1) 系统解决了高压输电线路视频巡检设备的供电问题。通过对高效能感应取电技术的应用，实现了全天候不间断供电的目标，且不受太阳能工作不正常、阴雨天不能工作、太阳能板寿命及自然环境变化等问题的影响。

2) 解决了通信传输通道问题。通过采用网桥与 4G 方式相互组合的通信信道，大大提高了网络的可靠性，稳定性，缩短了延时，且组网灵活、传输距离远，从而保证图像观看的实时性，提高传输信息的安全性。同时，也节约了以往 4G 通信费用。

3) 解决了人员难以进入地区的巡检问题。基于高效能感应取电技术的无源图像监测系统可以在无人地区可靠运行，可以实现远程巡检，大大降低人员巡检难度。

4) 解决了对危险事故的预警问题。传统的配电网巡检方式很难实现危险的预警，大多只能在事故发生后进行处理，无法阻止损失的发生。基于灾害预防的配电网架空线路图像监测系统通过实时监测功能，可以快速、准确响应，防范于未然。

基金项目

广东电网有限责任公司中山供电局配电网架空线路图像监测技术及防灾害应用科技项目资助。

参考文献

- [1] 陈康先, 程兴国, 肖南峰. 基于 GPRS 的视频图像传输系统设计与实现[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2011, 3(1): 72-77.
- [2] 李燕, 樊明辉. 基于 3G 网络的视频监控终端设计[J]. 数字技术与应用, 2013(1): 30-31.
- [3] 巢亚锋, 杨力, 彭晓亮, 等. 输电线路覆冰特点及防冰技术研究综述[J]. 高压电器, 2014(10): 131-138.
- [4] 程根伟. 1998 年长江洪水的成因与减灾对策[M]//许厚泽, 赵其国. 长江流域洪涝灾害与科技对策. 北京: 科学出版社, 1999: 32-36.
- [5] 何乐彰, 张忠会, 张琪琪. 采用模糊综合评判法的输电线路状态评估[J]. 电力与能源, 2014(3): 349-352.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8763，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：sg@hanspub.org