

# 基于泛在电力物联网的无人值守变电站 消防策略研究

郑宝强<sup>1</sup>, 张健<sup>1</sup>, 曹飞<sup>1</sup>, 郭帅<sup>2,✉</sup>, 何春华<sup>2</sup>

(1. 国网安徽省电力有限公司蚌埠供电公司, 蚌埠 233000;

2. 合肥工业大学土木与水利工程学院, 合肥 230009)

**摘要:** [目的] 为了提高110 kV及以下小型变电站的消防自救能力, 提出了一种基于泛在物联网的无人值守变电站的消防策略。[方法] 分别从感知层、网络层、平台层、应用层论述了该类变电站消防系统的基本框架, 包括物联网式火灾探测器及其布设、物联网式灭火设施及其布设以及物联网智能监测管理平台, 并以110 kV户外无人值守变电站为例, 将变电站分为主变压器、开关柜及控制柜、电缆沟、户外配电装置等区域及控制模块, 给出了基于泛在电力物联网的变电站火灾分级预警与灭火联动控制系统构建方案。[结果] 结果表明: 基于泛在电力物联网技术该类变电站可实现对火灾的迅速响应与自救。[结论] 研究成果对未来变电站消防系统的设计具有重要的参考价值。

**关键词:** 110 kV; 泛在电力物联网; 变电站; 消防策略

中图分类号: TM7; TM63

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2020)04-0075-06

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Research on Fire Control Strategy for Unattended Power Substation Based on Ubiquitous Electric Power Internet of Things

ZHENG Baoqiang<sup>1</sup>, ZHANG Jian<sup>1</sup>, CAO Fei<sup>1</sup>, GUO Shuai<sup>2,✉</sup>, HE Chunhua<sup>2</sup>

(1. Bengbu Power Supply Company of State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Bengbu 233000, China;

2. School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China)

**Abstract:** [Introduction] In order to enhance the self-rescue ability under fire conditions of the 110 kV powder substation, a fire-fighting strategy is proposed based on the ubiquitous electric power internet of things (UEP-IoT) technology. [Method] The framework of its four layers, including perception layer, network layer, platform layer and application layer was presented. The methodology on how to arrange the fire detectors, fire-extinguishing installations as well as smart management platform were explained. A detailed scheme on how to build the fire control system based on UEP-IoT of the 110 kV outdoor substation was given as an example. [Result] By combining the wireless sensor technology and the central management platform, the system can realize multi-level alert and self-rescue for the protected substation. [Conclusion] The results from this study will provide a valuable sample for future substation fire-fighting system design.

**Key words:** 110 kV; ubiquitous electric power internet of things; substation; fire strategy

2019年1月, 国家电网有限公司在其两会上正式提出建设枢纽型、平台型、共享型企业, 在坚强智能电网基础上建设泛在电力物联网, 共同构成能源流、业务流、数据流“三流合一”的能源互联

网。同时指出, 建设泛在电力物联网是当前落实“三型两网、世界一流”战略目标的核心任务, 吹响了泛在电力物联网的建设号角<sup>[1]</sup>。根据国家电网“泛在电力物联网建设大纲”的战略部署, 到2021年初步建成泛在电力物联网, 通过三年提升, 到2024年建成泛在电力物联网。

本文针对泛在物联网背景下的无人值守变电站

收稿日期: 2020-03-13 修回日期: 2020-05-08

基金项目: 国家电网2019科研课题资助“基于泛在电力物联网背景下变电站火灾预警与智能灭火联动控制研究”(2019010329)

的消防策略开展研究,重点探讨该类变电站实现分级预警与全自动自救的实施方案,对未来变电站消防系统的设计具有重要的参考价值。

## 1 泛在电力物联网下的无人值守变电站消防策略研究

### 1.1 变电站消防现状与问题

我国110 kV及以下小型变电站数量较多,分布广泛,在保障工农业生产与提高城乡居民生活水平等方面起着重要作用。仅以安徽省为例,至2018年4月底,全省仅110 kV变电站就达到了500余座(35 kV变电站>1 000座),且该类变电站大多分布于人口稠密的城镇及近郊,其消防安全保障格外重要。然而,当前该类变电站的消防设计严重不足,我国最新版《火力发电厂与变电站设计防火标准》(GB 50229—2019)和《建筑设计防火规范》(GB 50016—2014)均未对110 kV及以下变电站的自动消防能力提出要求。

此外,近些年我国各省均开展了智能变电站的建设,现有的110 kV及以下变电站很多为无人值守变电站。在无人值守条件下,一旦出现火情,该类

变电站缺乏必要的迅速响应机制和自救能力。因此,在泛在电力物联网背景下,通过对变电站重点消防对象布设火灾探测器,依托泛在电力物联网实现监控数据的传输、通讯信息交互与灭火设施实现联动控制,则将可实现对无人值守变电站火情的分级预警与全自动自救,突破现有变电站消防系统薄弱这一瓶颈问题。

### 1.2 基于泛在电力物联网的变电站消防系统的构建

泛在电力物联网包括感知层、网络层、平台层、应用层<sup>[2-3]</sup>。基于泛在电力物联网的消防设计的本质内容是布置于变电站内各部位的火灾探测器构成感知层,实时采集监测对象的实时数据(如温度、湿度、烟度),分布在变电站周围的基站构成网络层,为变电站内物联网终端设备提供网络信号,并负责数据的传输;变电站内各探测器采集的实时数据,通过网络层上传国网云平台(大数据、一级平台层),而依托平台层开发的电力物联网智慧消防监测管理平台构成应用层,通过对监测数据的分析与计算,判读变电站内具体区域是否发生火灾,从而发出报警及消防设施的启动指令。基本框架结构如图1所示:

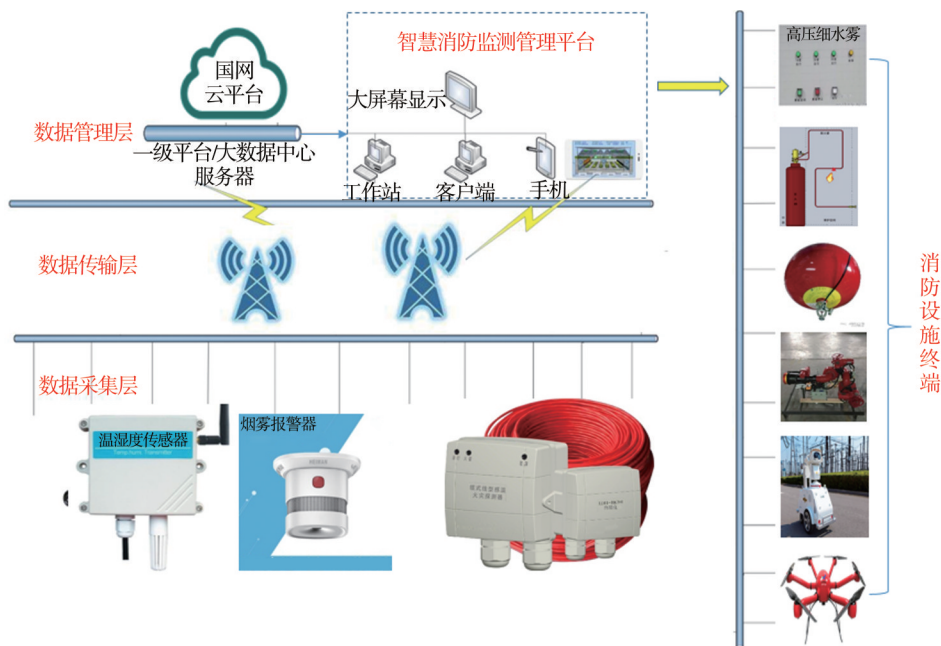


图1 基于泛在物联网的变电站消防系统基本框架图

Fig. 1 The power substation firefighting system based on UEP-IoT

## 2 基于泛在电力物联网的无人值守变电站消防系统实施方案研究

### 2.1 物联网式火灾探测器及其布设

变电站内火灾探测器构成消防系统的感知层。随着物联网技术的快速发展,基于物联网的火灾探测器也到了快速发展与普及应用。随着泛在物联网

建设完善,以及国网芯片的研发成功并进一步普及,传统离线式的火灾探测器必将被物联网式火灾探测器所取代。

根据110 kV户内变电站的基本建设情况,并依据各分区对消防的需求,参考国家规范《火灾自动报警系统设计规范》(GB 50116—2013),在变电站内各区域布置物联网式火灾探测器,如表1所示。

表1 110 kV户外变电站火灾探测器优化布设方案

Tab. 1 Fire detectors' arrangement scheme for 110 kV outdoor power substation

设备房间名称	布置建议	布置方式	布置数量	布置位置
预制舱式二次设备组合舱	物联网温湿度烟度探测器	吸顶/悬挂	每柜一个	柜内易着火处
35 kV, 10 kV 配电装置室	物联网温湿度烟度探测器	吸顶/悬挂	每柜一个	柜内易着火处
二次设备室	物联网温湿度烟度探测器	吸顶/悬挂	每柜一个	柜内易着火处
蓄电池室	物联网光电感烟探测器	吸顶/悬挂	1个	室内中心
安全工具间	物联网光电感烟探测器	吸顶/悬挂	1个	室内中心
资料间	物联网光电感烟探测器	吸顶/悬挂	1个	室内中心
电缆沟	物联网缆式线型感温探测器 物联网烟温复合式探测器	接触式布置 均匀分布安装,电缆接头、转弯处重点安装	以长度计	接触式布置
户外主变压器	物联网缆式线型感温探测器 物联网声表面波温度探测器	接触式布置 —	以长度计 关键点监测	接触式布置 —
户外接地变压器	物联网声表面波温度探测器	—	关键点监测	—
户外电容器	物联网声表面波温度探测器	—	关键点监测	—
户外GIS设备	物联网声表面波温度探测器	—	关键点监测	—

### 2.2 物联网式灭火设施及其布设

现有的消防灭火设施往往都是一套自动化的独立系统(如排油注氮灭火系统、水喷雾自动灭火系统、火探管自动灭火系统、超细干粉灭火系统等),即系统自带火灾探测器(如感温、感烟等)<sup>[4]</sup>,当探测到温度(烟度)骤升时,自动开启灭火<sup>[5]</sup>。这种灭火设施本质上是离线式的。而基于泛在电力物联网的变电站,将从根本上改变消防设施的响应机制,实现从现有离线式响应机制到线上式的跨越,即通过对灭火设施安装芯片以及智能开关,和泛在电力物联网进行联网,从而实现管理平台对灭火设施启闭的远程控制,做到火灾探测与灭火设施的分级联动。依据110 kV户外变电站的建设特征和消防需求,同时兼顾经济性原则,给出一种可行的消防设施布置方案,如表2所示。

### 2.3 电力物联网智能监测管理平台

智能消防监测管理平台未来作为泛在物联网体系内的应用层,是变电站消防管控系统的中枢神经,负责变电站消防设施硬件的入网识别,火灾探

测器数据的存储与计算,变电站内各种灭火设施的启闭控制,需内置多探测器数据融合技术、人工神经网络等算法程序<sup>[6-9]</sup>,是实现分级预警与灭火联动的“总司令”。以户外站主变压器模块的消防监控为例,其消防监控系统流程图如图2所示。

### 2.4 泛在物联网背景下变电站消防预警及火灾联动控制案例

以110 kV户外无人值守变电站为例,将变电站分为主变压器、开关柜及控制柜、电缆沟、户外配电装置等区域及控制模块,构建基于泛在电力物联网的变电站火灾分级预警与灭火联动控制系统,如图3所示。

变电站内所布设火灾探测器实时采集温度、湿度及烟度数据(采样频率可根据需要设定),采样数据通过泛在电力物联网,实时传输至电力物联网智慧消防监测管理平台智慧消防监测管理平台内置算法程序对实时数据进行判读。若监测数据无异常(瞬时采样值均在设定的正常区间范围内),则继续进行数据返回计算;若监测数据异常,则系统分为

表2 110 kV户外变电站灭火设施优化布置方案

Tab. 2 Fire-extinguishing installations' arrangement scheme for 110 kV outdoor power substation

设备房间名称	布置建议	布置方式	布置数量	布置位置
预制舱式二次设备组合舱	物联网遥控式火探管灭火系统	固定式	5柜一组	柜内易着火处
35 kV, 10 kV 配电装置室	物联网遥控式火探管灭火系统	固定式	5柜一组	柜内易着火处
二次设备室	物联网遥控式火探管灭火系统	固定式	5柜一组	柜内易着火处
蓄电池室	持干粉灭火剂的巡检机器人	移动式	—	—
安全工具间	持干粉灭火剂的巡检机器人	移动式	—	—
资料间	持干粉灭火剂的巡检机器人	移动式	—	—
电缆沟	物联网遥控式超细干粉灭火系统	固定式	每隔3 m布置1个	沟内顶端
户外主变压器	物联网遥控式荷电泡沫喷雾灭火系统	固定式	1套	有效保护距离之内
户外接地变压器	无人机消防炮	移动式	—	—
户外电容器	无人机消防炮	移动式	—	—
户外GIS设备	无人机消防炮	移动式	—	—

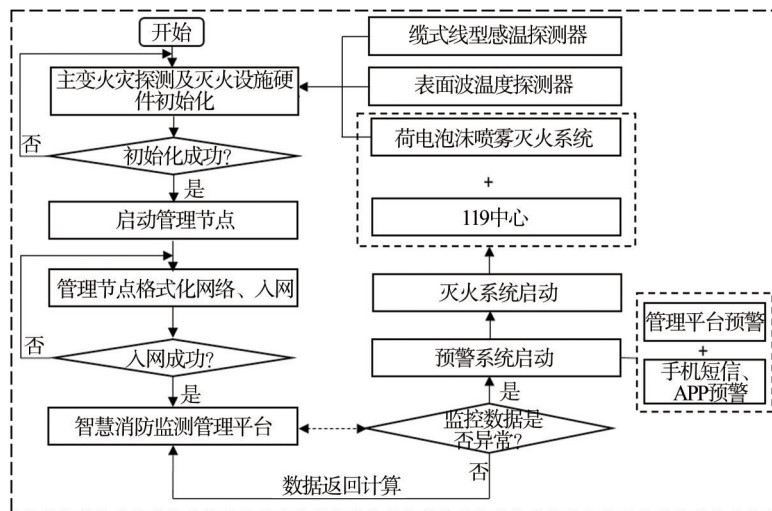


图2 户外站主变压器消防监控系统流程图

Fig. 2 Flow chart of the fire monitoring system for outdoor main transformer

预警响应机制和火灾响应机制两个级别进行应对。

当瞬时采样参数值中的一个超出设定的正常区间范围，则智慧消防监测管理平台启动三级预警功能，采取以下应对措施：监控平台自身发出报警信号，告知平台所在地工作人员，以便快速查看，快速定位（如图中红色有向线所示）；当瞬时采样值中的二个超出设定的正常区间范围，则平台启动二级预警功能，进一步采取以下应对措施：平台通过短信和手机APP向国网内部管理人员发送预警及定位信息；当瞬时采样值中的三个指标均超出设定的正常区间范围，则平台启动一级预警功能，进一步采取以下应对措施：调用巡检机器人或无人机到达疑似险情区，进行视频监控，并实时传回平台，供工作人员及时了解详情<sup>[10]</sup>。

若数据异常现象继续，且三个指标均超出设定的正常区间范围，且持续时间>设定值，则平台算法程序自动判定该区域发生了火情，平台将采取以下灭火措施：（1）平台自动向数据异常区域所在的消防设施发出启动信号，启动设备进行灭火，如若户外站的主变压器发生火情，则启动该主变配置的荷电泡沫喷雾灭火系统；（2）监控平台同时向火情所在地的消防部门（119）发送火情告知讯息，以便消防人员及时采取必要措施。

若监控平台发现某探测器的采样数据长时间保持不变，则判定该探测器损坏或电池耗尽，需要维修或更换，平台通过手机APP向相关负责人员发送讯息，以便及时采取措施。

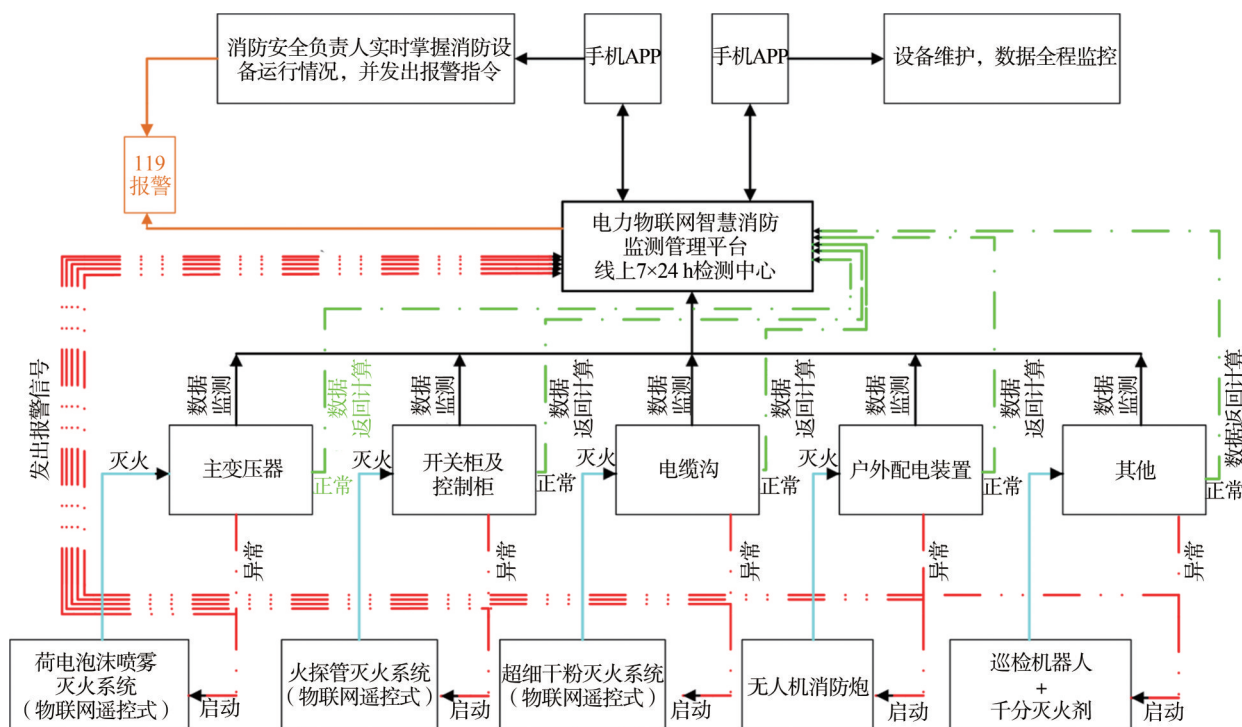


图 3 基于泛在电力物联网的户外变电站消防设计方案(110 kV 及以下户外站)

Fig. 3 The outdoor substation firefighting system based on UEP-IoT (110 kV and below)

### 3 结论

本研究针对当前 110 kV 及以下变电站消防设计严重不足的问题, 提出了基于泛在电力物联网的无人值守变电站的消防体系的构建思路, 并给出了一种适用于 110 kV 及以下小型无人值守变电站的消防设计方案, 并从物联网式火灾探测器及其布设、物联网式消防设施及其布设以及电力物联网智能消防监测管理平台三个方面具体阐述了具体的实施方案, 对未来该类变电站的消防设计具有重要的参考价值。

#### 参考文献:

[1] 任立国, 朱桂. 泛在电力物联网的概念层、特征层和落地层 [J]. 江西电力, 2019, 43(8):26-28.  
REN L G, ZHU G. Layers of the ubiquitous electric power internet of things (UEP-IoT) [J]. Jiangxi Electric Power, 2019, 43(8):26-28.

[2] 杨挺, 翟峰, 赵英杰, 等. 泛在电力物联网释义与研究展望 [J]. 电力系统自动化, 2019, 43(13):9-20+53.  
YANG T, ZHAI F, ZHAO Y J, et al. Explanation and prospect of ubiquitous electric power internet of things [J]. Automation of Electric Power Systems, 2019, 43(13):9-20+53.

[3] 瞿君. 泛在电力物联网关键技术探讨 [J]. 科技创新与应用, 2019(29):157-158.

ZHAI J. Study on the main techniques of ubiquitous electric power internet of things [J]. Technology Innovation and Application, 2019(29):157-158.

[4] 纪涛, 胡建学, 周立勇, 等. 基于声表面波技术的变电站户外设备温度在线监测系统 [J]. 上海电力学院学报, 2018, 34(4):351-355.  
JI T, HU J X, ZHOU L Y, et al. On-line temperature monitoring system for outdoor substation equipment based on surface acoustic wave [J]. Journal of Shanghai University of Electric Power, 34(4):351-355.

[5] 高铁. 新型火探管式自动探火灭火装置的应用分析 [J]. 上海节能, 2015(2):107-109.  
GAO Y. Application analysis of new fire trace tube type automatic fire extinguishing device [J]. Shanghai Energy Conservation, 2015(2):107-109.

[6] LI W, YANG T, DELICATO F C, et al. On enabling sustainable edge computing with renewable energy resources [J]. IEEE Communications Magazine, 2018, 56(5):94-101.

[7] 石功权. 无人机在核电厂温排水监测中的应用 [J]. 南方能源建设, 2019, 6(2):94-98.  
SHI G Q. Application of drone surveying on hear disposal to the ocean from nuclear power plants [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6(2):94-98.

[8] 付净. 火灾早期探测分级预警系统研究 [D]. 沈阳: 东北大学, 2009.  
FU J. The research on grading pre-warning system of early fire

detection [D]. Shenyang:Northeastern University, 2009.

- [9] 刘晓慧,田亮. 基于D-S证据理论的燃烧稳定性融合诊断[J]. 南方能源建设,2018,5(1):73-80.

LIU X H, TIAN L. Fusion diagnosis of the combustion stability based on D-S evidence theory [J]. Southern Energy Construction, 2018, 5(1): 73-80.

- [10] 刘智勇,赵晓丹,祁宏昌,等. 新时代无人机电力巡检技术展望[J]. 南方能源建设,2019,6(4):1-5.

LIU Z Y, ZHAO X D, QI H Q, et al. Prospect of UAV power inspection technology in new ear [J]. Southern Energy Construction, 2019, 6(4): 1-5.

#### 作者简介:



郑宝强

#### 郑宝强

1966-, 男, 安徽寿县人, 高级政工师, 安徽师范大学电气与自动化学士, 主要从事电网规划和电网项目评审相关工作 (e-mail) zbq8080@sina.com。

#### 张健

1971-, 男, 安徽阜阳人, 高级工程师, 合肥工业大学电气与自动化学士, 主要从事配电网工程规划与设计 (e-mail) zhangjiang1971@163.com。

#### 曹飞

1988-, 男, 合肥工业大学市政工程硕士, 工程师, 从事配电网工程规划与设计 (e-mail) 18005525898@163.com。

#### 郭帅 (通信作者)

1984-, 男, 河南商丘人, 合肥工业大学市政工程系副研究员, 硕士生导师, 浙江大学土木工程博士, 主要从事管网优化设计及数值模拟研究 (e-mail) guoshuai@hfut.edu.cn。

#### 何春华

1985-, 女, 安徽六安人, 合肥工业大学在读博士研究生, 主要从事电力消防技术研究及设计 (e-mail) 270126731@qq.com。

(责任编辑 李辉)

