

# 电抗器火灾预警系统设计

陈茜茜, 刘坤

(国网江苏省电力有限公司检修分公司, 江苏南京, 211102)

**摘要:** 随着电力系统的快速发展, 尤其是近几年特高压的建设, 变电站的在运数量有了明显增长, 随之而来的是运维人员数量的不足, 电抗器作为变电站里不可或缺的设备, 由于其设计结构的原因, 容易出现发热, 甚至火灾的情况, 为了应对电抗器火灾风险, 降低现场运维难度, 在本文中, 基于视频分析服务器设计了一套电抗器火灾预警系统, 提高现场变电站运维质量, 提高输电可靠性。

**关键词:** 变电站; 电抗器; 火灾预警; 运维

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2020.20.001

## 1 系统必要性研究

### 1.1 运检效益

近几年来, 由于特高压的发展, 变电站的建设速度越来越快, 电抗器的使用越来越多, 受限于电抗器的制造工艺以及运输过程中的质量管控, 电抗器在使用过程中出现火灾的情况时有发生, 这些都给变电站运维工作带来了很大的隐患, 现代变电站站内值守人员相对于过去减少了很多, 加之站内设备较多, 巡视工作不可能 24 小时都对电抗器进行监视, 同时现代的变电站监控手段一般不覆盖电抗器类设备, 这就给日常的运维工作埋下了隐患。一旦出现火灾, 电抗器类的设备就需要整体的更换, 更换工作需要大量时间, 这段时间, 变电的可靠性会大大降低, 综上所述, 设计电抗器火灾预警系统, 提高运检智能化对提高变电站运检效益的至关重要。

### 1.2 经济效益

变电站是输电系统的重要节点, 一旦电抗器出现火灾, 输电工作将受到巨大影响, 电抗器火灾预警系统各项组成部分技术成熟, 各类材料、设备都有合适的厂商予以提供, 设计建设投入较少, 相对于火灾后对输电可靠性的影响, 经济效益明显。

### 1.3 社会效益

电网企业是民生行业, 电网的安全运行对社会稳定意义重大, 电抗器虽然是变电站中数量较少的设备, 但是由于变电站设备之间距离较近, 一旦出现火灾, 容易造成其他电力设备受损, 变电站出现大型火灾, 会对周围居民造成恐慌, 使电网企业在舆论中处于不利地位, 同时也会对社会稳定造成影响。

## 2 系统方案研究

变电站智能监控系统经过多年的发展, 已经相对成熟, 在本节, 结合电抗器火灾预警系统的实际, 对三种较成熟的方案进行对比分析, 选择合适的技术路线设计电抗器火灾预警系统。

### 2.1 视频分析服务器

视频服务器方案可以使用现场的摄像头, 通过改造, 将

现场监控视频的数据和视频分析服务器连通, 现场实时传回数据, 分析服务器进行分析, 一旦出线火情, 立刻报警, 这种方案现场不需要增加额外的设备, 只要现场摄像头正常工作, 预警系统就可以正常工作, 且由于现场设备较少, 数据交互环节较少, 系统工作可靠性较高。在经济性和可靠性方面具有优势。

### 2.2 紫外、红外火焰探测器

紫外、红外火焰探测器是目前变电站使用较多的两种火灾探测方法, 但是这两种火灾探测设备如果布置在户外, 易受外部环境的影响, 误发报警的情况较多, 且由于现场原来并不具备相应设备, 需要重新布线安装, 会与其他设备的使用产生一定的冲突, 同时由于这两种设备需要在被测量电抗器周围装设大量传感器, 安装难度较大, 且部分传感器安装需要在停电的情况下, 才能满足安全距离的要求, 因此, 这种方案经济性和可靠性并不高。

### 2.3 红外热成像摄像头

采用红外热成像摄像头方案, 和第二种方案类似, 方案使用过程中, 需要在电抗器周围安装大量红外热成像摄像头, 这需要大量的采购成本。并且方案实施过程中, 需要新增安装大量的传感器和电缆, 系统的可靠性将会下降, 红外热成像摄像头更适宜在室内使用, 在室外使用易受天气影响, 影响预警精度。并且在以上三个方案当中, 红外摄像头故障率最高, 后期维护成本较大。

通过以上分析可以看出, 从安全、效能、成本、使用周期等方面考虑, 使用视频分析服务器的方案不仅可靠性较高, 并且可以使用原来就具备的摄像头, 资金成本较低, 后期互成本也相对较低。

## 3 基于视频分析服务器的电抗器火灾预警系统设计

### 3.1 视频监控系统改造

变电站现有视频监控系统中的 NVR 设备再改造过程中, 有以下问题需要改造, 一是摄像头不支持 RTSP 等标准协议接口, 这就直接导致视频分析服务器不能分析现场的实时视

频,二是NVR上的IO口输入的外部告警和监控后台图像弹窗、告警声音等报警功能进行联动。为了实现视频分析以及监控后台告警联动功能,在本次设计中进行了以下改造,一是对后台视频监控客户端进行更换,确保支持各类RTSP协议;根据原有NVR安装位置,根据火灾预警系统的需要,对现场摄像头进行更换,原有的数据传输线路保持不变。

### ■ 3.2 软硬件设计及设备安装

在本次设计中,主要进行了以下模块设计,数据存储模块、图像分析模块、系统基础库模块、深度学习模块、前端接入与控制模块、视频监控系统、分布式联合数据分析模块、系统配置与展示模块。

其中图像分析模块、深度学习模块、视频监控系统为核心软件,通过图像分析模块,实现对现场图像的采集以及分析,并形成相应数据传输给深度学习模块,深度学习模块对图像分析模块传输过来的信息进行分析,通过深度学习推理引擎、深度学习GPU加速库对信息进行判断,对现场是否产生火情进行研判,最终通过视频监控系统实现云台控制、可视对讲、多画面预览、门禁管理、报警主机管理、事件管理、视频回放等后台监控功能。

硬件包括网络视频录像机NVR、视频分析服务器、16路网络以太网继电器、PDU机柜专用插座。这4个硬件皆有成熟的产品,使用通用产品。

图像分析告警信号的转发拓扑图如图1所示。

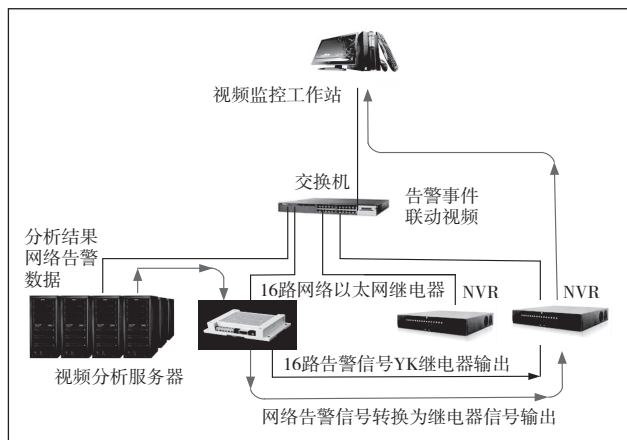


图1 图像分析告警信号转发拓扑图

在本次设计中,16路网络以太网继电器、视频分析服务器、网络视频录像机NVR以及监控工作站都会接入以太网交换机,在图中,我们可以看出,为了实现火灾预警系统,增加了分析服务器,该服务器可以对现场传输过来的图像进行分析,同时将各种告警信号通过各种方式进行输出。增加了16路网络以太网继电器,将网络信号转化为继电器信号,提高信号传输可靠性。如图1所示,16路网络以太网继电

器通过硬接点的方式和网络视频录像机NVR相连。

### ■ 3.3 告警数据流设计

在本次设计中,现场摄像头对现场图像进行采集,之后传输到视频分析服务器进行分析,分析服务器判断出现火情,将告警信号通过网络通道传输至16路网络以太网继电器,16路网络以太网继电器对接收到的信号进行转化,并通过YK继电器输出,通过硬接点方式,将告警传输给网络视频录像机NVR,最后,将告警信号通过网络传输到主控室后台的监控平台,根据预先设计好的告警联动策略,以视频图像、报警声音等形式,将电抗器火灾预警信号告知运维人员。

### ■ 3.4 施工方案

已某变电站继电保护室智能辅助屏为例,现场施工方案如图2所示。

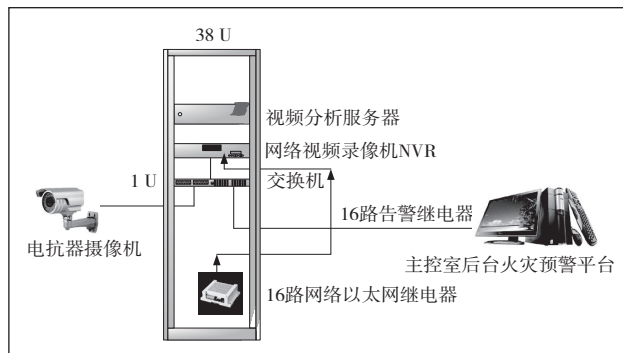


图2 智能辅助系统屏柜

在智能辅助系统屏柜里增加1台视频分析服务器,该视频分析服务器占用3U空间,并且信号接入网络交换机,该视频分析服务器使用屏柜内220V电源。同时,增加1台16路网络以太网继电器设备,该设备并不需要加装在屏柜内部,宜用外接挂置的方式,并通过网络交换机接入信号网络,设备的16路告警继电器输出接入至网络视频录像机NVR。在主控室监控平台,安装视频分析客户端,并配置相应的视频、声音告警联动信号。

## 4 结语

为保证现代变电站长期安全稳定运行,降低电抗器着火导致火灾的风险,本文对电抗器火灾预警系统必要性进行了研究,并在视频分析服务器基础上,设计了一套预警系统,提高了变电站的运维可靠性。

### 参考文献

- \* [1] 梁万杰,曹静,凡燕,等.基于无线传感器网络的猪舍环境监测系统[J].江苏农业学报,2013,29(6):1415-1420.

(下转第29页)

较好的跟踪效果,但灰度值的非线性变化对匹配结果有较大影响。

### 3.2 改进的渐进分辨率算法实验

图 7 是不同分辨率下一幅图像。

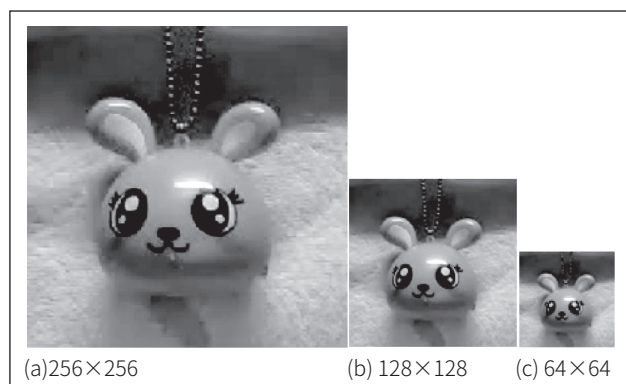


图 7 不同分辨率下的图像

在本次实验中,主要应用了两种多分辨率方法,一种是跳跃式多分辨率 (Jump Multiresolution: JMR), 另一种是平滑式多分辨率 (Smooth-Multiresolution: SMR)。

设图像  $M_i$ 、 $M_{i-1}$  的分辨率分别为  $R_i$ 、 $R_{i-1}$ , 其比值为  $r$ , 定义为:

$$r = \frac{R_i}{R_{i-1}} = 2^n \quad (1)$$

在式 (1) 中,若  $n=1$  时,则使用 SMR 方法,若  $n>1$  时,则使用 JMR 方法。通过实验得到两种不同方法的匹配时间如表 2 和表 3 所示。表中 ratio 表示初始抽取比率,即每 ratio 个点采样一个点,“×”误匹配。表中 MAD 为平均绝对差值函数算法, MCD 为多邻近点距离算法。

表 2 采用 JMR 的匹配时间(单位:秒(s))

Ratio	256×256		128×128	
	MAD	MCD	MAD	MCD
$2^1$	2.346	2.125	1.231	1.128
$2^2$	0.287	0.222	0.023	0.018
$2^3$	0.080	0.050(×)	0.008(×)	0.002(×)

表 3 采用 SMR 的匹配时间(单位:秒(s))

Ratio	256×256		128×128	
	MAD	MCD	MAD	MCD
$2^2$	0.207	0.172	0.016	0.011
$2^3$	0.070	0.060(×)	0.005(×)	0.001(×)

表 2 属于 JMR 它只匹配两次。表 3 属于 SMR, 它的分辨率的匹配顺序依次是  $2^2 \rightarrow 2^1 \rightarrow 2^0$ ,  $2^3 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2^1 \rightarrow 2^0$ 。

根据表 2 和表 3 的数据分析得出,采用多分辨率的匹配方法后,可以使得匹配时间大大减少(小于 3S)。对比图像分辨率为  $256 \times 256$  与  $128 \times 128$ ,发现当模板分辨率缩小后,匹配时间也大幅减少,这种匹配时速可以满足运动目标的实时匹配。但这种优势也不是一直保持的,随着 ratio 的增加,例如当  $\text{ratio}=2^3$  时,还会出现误匹配(表中的“×”),这种情况较为常见,尤其是在目标图像较小的时候,所以,初始抽取比率也是有限制的,在实际应用中要根据实际情况来选择合适的 ratio。对比表 2 和表 3 还可以看出,当  $\text{ratio}=2^2$  时,SMR 的匹配时间相对较小,且 MAD 算法的耗时一般比 MCD 算法的大。

## 4 结论

(1) 基于灰度相关匹配算法存在着计算量大,匹配时间较长,图像灰度值的非线性变化对匹配效果影响大等缺点,这使得跟踪系统的实时性和适应性较差。

(2) 本文提出改进的金字塔渐进分辨率算法,通过改进算法减少了计算量,金字塔分辨率的方法改进了图像非线性变化对匹配结果的影响,使得匹配速度和精度得到了很大的提高,增加了匹配的实时性和适应性。

## 参考文献

- \* [1] 傅翱. 机载雷达目标跟踪与显示研究 [D]. 西安电子科技大学, 2014.
- \* [2] 陈超. 数据融合中目标跟踪与识别技术研究 [D]. 哈尔滨工业大学, 2006.
- \* [3] 李世武, 徐艺, 孙文财, 杨众凯, 郭梦竹, 杨良坤, 于晓东, 王德强. 基于自反馈模板提取的车辆遥感图像识别 [J]. 华南理工大学学报 (自然科学版), 2014, 42(05): 97-102.
- \* [4] 蔡利平, 周绪川. 数字视频监控系统中运动检测算法及应用 [J]. 西南民族大学学报 (自然科学版), 2006(02): 385-387.
- \* [5] 马军防. 运动目标跟踪算法的研究 [D]. 沈阳工业大学, 2004.
- \* [6] 田萌, 修春波, 卢少磊. 改进的单帧图像超分辨率算法研究 [J]. 计算机工程与应用, 2014, 50(08): 150-153.
- \* [7] 刘阁. 基于相关算法目标跟踪技术的研究 [D]. 北京工业大学, 2008.
- \* [8] 雍杨, 王敬儒, 张启衡. 基于塔型结构的快速相关跟踪算法 [J]. 光电工程, 2003(06): 11-14.

(上接第 4 页)

- \* [2] 杨波. 光纤差动保护在煤矿配电网防越级跳闸中的应用 [J]. 水力采煤与管道运输, 2014(04): 39-41.
- \* [3] 李光耀, 陈廷官, 王由之, 等. 基于 CAN 总线的采棉机火情

监测及灭火系统的设计与研究 [J]. 现代电子技术, 2019, 42(10): 67-70.