

# 基于雷电信息的电网故障诊断系统研究

李鹏<sup>1</sup>, 张小易<sup>1</sup>, 黄浩声<sup>1</sup>, 余晓峰<sup>2</sup>, 袁宇波<sup>1</sup>

(1.江苏省电力公司电力科学研究院,江苏南京 211103;2.南京移腾科技有限公司,江苏南京 210022)

**摘要:**随着信息技术的发展,电网运行信息、故障信息及一次设备状态监测信息逐步开始融合,为实现基于多数据源信息的故障诊断与应用提供了前提依据,文中提出了一种利用雷电定位信息进行电网故障分析的信息综合处理方法。首先从整体上剖析了现有电网故障信息系统与雷电定位系统的基本构成和数据特征,在此基础上应用分阶段故障分析的思想,设计了使用雷电定位信息进行故障分析的流程,并提出数据融合与处理方法。最后,以某电网 220 kV 线路实际故障为例,对该故障诊断算法和方法流程进行说明,并验证其有效性。

**关键词:**电网故障诊断;雷电定位;继电保护;数据融合

**中图分类号:** TM77

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-0665(2014)02-0017-05

电网运行调控一体化的实施,将有力推动电网运行与设备运行业务数据的融合。为充分发挥设备评估和环境监测对电网调度运行的技术支撑功能,有必要建立基于电气量、开关量及气象环境与灾害信息等多数据源的综合性电网故障分析功能,为调度运行人员提供更为丰富的电网运行信息,提升电网调度运行人员决策准确性<sup>[1]</sup>。现阶段电网发生故障时,故障信息基础数据主要包括开关量和电气量。传统的电网故障分析与诊断主要依赖于故障后上送到继电保护故障信息系统的保护、断路器等开关量信息及分布式或集中式录波数据,但由于信息传输丢失或不全面等不确定情况,往往会发生故障元件诊断范围扩大,甚至误判等情况<sup>[2]</sup>。

本文提出了一种融合雷电定位信息与继电保护故障信息系统的电网故障诊断数据处理方法,电网发生故障时,首先对电气量故障信息进行特征提取,通过数据映射技术获取特征数据,依据特征数据搜索故障时相关区内的雷电定位信息,最后进行基于多数据源的信息融合的故障分析。

## 1 继电保护故障信息系统数据及特征

目前,继电保护故障信息系统处理的主要数据对象是在电网发生故障的情况下,保护设备上送的离散信息,运行人员需对这些设备运行信息进行故障识别与分析处理<sup>[3]</sup>。在电网系统发生复杂故障时,将有大量的异常和故障信息涌入数据处理中心,运行人员很难在短时间内从中识别出有用的故障信息。掌握并利用继电保护故障信息系统相关数据的特征对于电网故障的识别、分析及恢复相当重要。

传统的故障信息识别与处理技术在面对大量故障信息数据时,一直无法解决上送数据过剩而有用信

息不足的问题。本研究通过对故障时继电保护上送的信息及其自身特点进行分析,提出了基于规则库的信息识别与处理技术,并通过软件技术将故障信息处理逻辑与程序实现分离开来,使故障信息识别规则变成可维护的对象,从而在信息系统特征数据发生变更的时候,无需修改程序代码即可完成故障信息处理方式的改变。通过对大量历史故障信息的整理与分析,可进一步完善故障信息处理的规则库,提高故障信息处理的准确性与及时性。基于规则库的继电保护故障信息识别与处理技术根据电网故障时保护装置在特定时间范围内上送信息的数据特征,智能定义每一台保护装置的故障特征信息集合,在海量的继电保护运行信息中通过规则匹配的方式识别是否出现电网故障,从而自动进行后续的故障信息处理与分析。具体实现技术方案如图 1 所示。

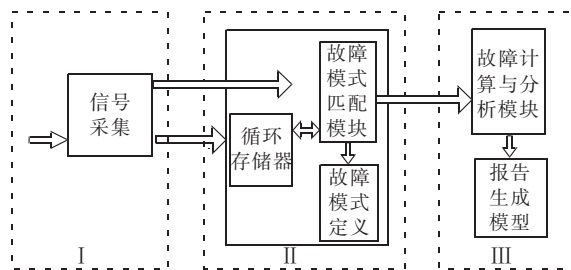


图 1 基于规则库的继电保护故障信息识别与处理

数据处理过程由设备信号采集模块、规则匹配与模式定义模块、故障报告计算与分析模块 3 部分组成。

(1) 设备信号采集模块。采集模块通过系统软总线实时获取系统接收到的各种继电保护设备运行信息,并对上送的设备信号进行分类缓存。

(2) 规则匹配与模式定义模块。规则匹配模块同步处理数据缓存区域内的继电保护设备运行信息,通过匹配某一保护设备在指定时间区间段上送的信息是否符合故障规则定义,从而形成判断标准,并发出故障通知。具体规则匹配与故障识别流程如图 2 所示。

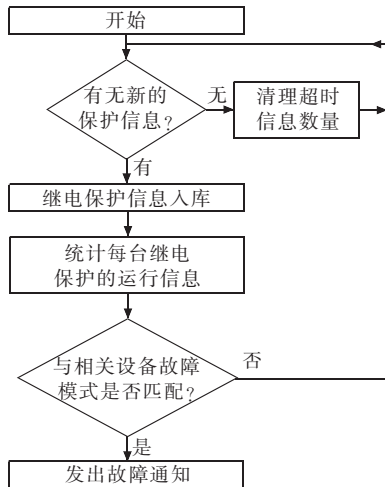


图 2 基于规则库的故障识别流程

(3) 故障报告计算与分析模块。故障报告生成模块在接收到故障通知后,根据保护动作时间,将系统中的故障数据进行组合,形成故障报告。综合考虑不同设备类型信息的上送时差,故障计算与分析模块以增量方式完成故障报告的分析与归档处理。

## 2 雷电定位系统相关数据及其特征

目前雷击是影响电网安全的头号外力破坏因素。通过对电网区域雷击的高效监测,将有利于快速查找雷击故障点、分析事故原因、鉴别故障性质,提高电网安全运行水平。

### 2.1 系统现状

现阶段电网雷电定位系统覆盖范围越来越大,雷电监测精度也得到极大提高,系统能实时遥测并显示雷云对地闪击的时间、位置、雷电流峰值和极性、回击次数以及每次回击的参数,雷击点的分时彩色图能清晰地显示雷暴的运动轨迹<sup>[4]</sup>。雷电定位系统解决了困扰电网安全运行多年的雷击故障快速准确定位、真假雷害事故鉴别和雷电基础数据自动收集难题,雷电定位系统已成为电网调度运行管理的重要信息支撑。

### 2.2 存在的不足

随着雷电定位系统的推广应用,雷电定位信息在雷击跳闸事故分析中起到了重要的参考作用,但也存在一定的问题。(1) 雷电定位信息数据比较单一,在实际电网故障分析过程中,必须参考其他业务系统相关数据,跨业务数据融合功能薄弱,容易形成信息孤岛;(2) 雷电定位信息系统仅关注雷电自身相关专业数据的统计,其数据存储与统计分析很难与其他信息系统进行横向分析与计算;(3) 在电网发生故障的情况下,电网故障相关的电气量、开关量等常规业务系统的信息与雷电定位信息的处理与分析过程还依赖人工干预,智能化程度较低底,更难以实现系统数据共享<sup>[5,6]</sup>。

## 3 多信息融合与处理方法

为适应电网故障智能分析与防护的发展,需将继电保护故障信息与雷电定位信息进行跨业务平台的数据融合,全面提升电网调度运行管理整体水平,完善现有信息系统在功能上的不足。

### 3.1 Webservice 技术

Webservice 是一种通过 Web 部署提供对业务功能访问的技术,逐步成为不同应用系统之间相互交流信息资源的一个接口。Webservice 可以突破不同操作系统平台、不同数据存储结构的限制,以较快的速度提供跨平台的业务数据服务<sup>[7]</sup>。XML 是目前通用的数据交换格式,WSDL 是一种 XML 文档,包含了一组描述 Webservice 的接口定义。Webservice 主要以 XML 协议为基础,实现不同应用系统的数据集成,成功解决了不同信息系统的异构数据融合问题。利用 Webservice 技术可以实现雷电定位信息与继电保护故障信息系统数据的融合,数据融合方式如图 3 所示。

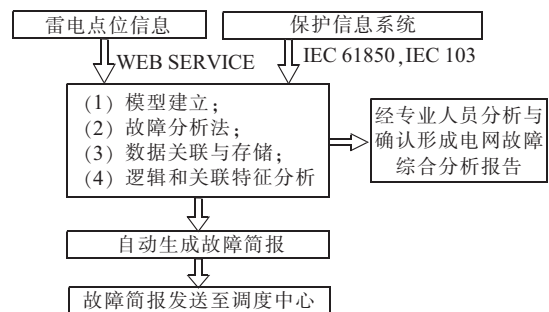


图 3 多源数据融合技术方案

### 3.2 信息交互范围

信息交互范围涉及电网 220 kV 及以上所有发电厂、变电站及其输电线路相关区域的雷电信息及厂站内二次设备运行信息。电网故障诊断系统对于故障区域内的雷电信息、继电保护动作信息能够实现自动采集与数据整理,支撑综合性电网故障信息的融合与数据处理。电网故障诊断系统可以根据区域内产生的电网故障信息,依据区域、时间等条件对雷电信息进行检索,并提供区域雷击过程相关图形化数据。继电保护故障信息系统与雷电定位系统采用基于 Webservice 服务模式进行数据交互,通过规范化服务接口定义实现数据交互格式的统一。

### 3.3 信息交互方式

(1) 模式 1,主动事件通知模式。雷电定位系统接收到新的雷击信息后向电网故障诊断系统发出雷击简报信息,内容主要包括雷击区域、线路名称与编号、雷击时间等信息,通信接口通过标准 Webservice 通信服务接口实现。

(2) 模式 2,数据检索。电网故障诊断系统可以通

过检索条件对雷电定位系统中的雷击信息进行检索,雷电定位系统返回检索结果主要包含数据与图像 2 种类型信息,针对数据信息主要包含雷击相关的时间、经度、纬度、电流、回击、站数、参与定位监测站、距离、最近杆塔、线路两端测距等数据,数据可以通过 Webservice 通信服务接口实现。数据传输结构基于 XML 相关技术标准对信息进行描述。

### 3.4 多信息源分阶段故障信息融合

继电保护动作信息与雷电定位信息系统内部通信方式、输出信息格式均存在很大差异,原有系统之间亦是独立的,没有数据交互,因而需要建立一个统一的信息交互平台来获取各种类型的设备信息,实现不同阶段信息获取的及时性和准确性。

(1) 故障识别阶段。在电网产生故障的初期,电网故障诊断系统的首要任务为发现故障并发出故障简报。为了提高故障信息识别的准确性与有效性,需要对雷电定位信息与继电保护设备信息进行统一故障特征值建模,实现电网故障信息在不同系统中的准确识别。同时依据建模方式,可逐步构建电网故障信息识别规则库,实现不同应用系统对于电网故障信息识别的准确性和有效性。在这个过程中侧重于电网故障信息的快速识别与实时发布。

(2) 智能化分析阶段。电网发生故障后,各种信息依据不同的传输通道和模式汇集到调控中心,电网故障诊断系统根据故障特征提取相关保护信息、雷电定位信息,根据多站、多系统的故障信息结合故障信息规则库,确保故障报告的准确性与完整性。在这个过程中侧重于从信息、事件处理的本质层面展开设备运行信息分析和诊断,形成多业务、综合性的故障分析报告。

## 4 工程应用案例

某电厂送出系统接线如图 4 所示。以某日电厂 A 送出线路由于雷击引起相继跳闸的事故为例来说明本文电网故障诊断系统流程及有效性。

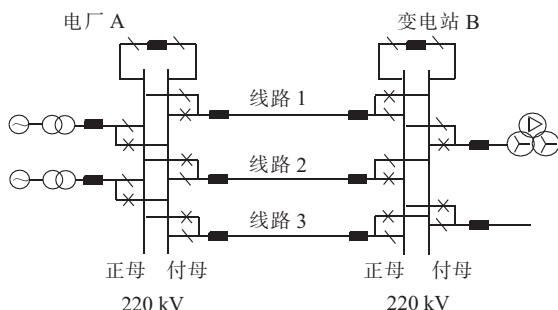


图 4 某电网电厂送出系统主接线

### 4.1 保护动作信息

(1) 电厂 A 继电保护动作情况。当日 16:44:32, 线路 1 发生 C 相接地, 18 ms 差动保护、距离 I 段动作相

继动作; 78 ms 线路 1 的 C 相断路器跳闸, 故障切除。

约 300 ms, 线路 1 的 C 相再次出现故障电流, 差动保护动作, 距离加速动作, 386 ms 时 A、B 相开关相继跳闸。968 ms 母差失灵保护动作 (0.3 s 跳母联, 0.6 s 跳失灵开关所在母线所有开关), 同时发远跳命令给线路 3 保护, 1020 ms 跳开正母上所有开关, 包括线路 3 及 2 台发变组, C 相故障电流消失。

约 1941 ms, 线路 2 发生 B 相接地故障, 1960 ms 差动、距离 I 段保护相继动作, B 相故障跳闸, 2820 ms 重合于故障线路保护加速三跳。

(2) 变电站 B 继电保护动作情况。当日 16:44:32, 220 kV 线路 1 发生 C 相故障, 差动保护动作, C 相断路器跳闸, 50 ms 时 C 相故障电流消失, 390 ms 时收到对侧远跳信号, 启动三跳, 不重合。988 ms 线路 3 收到远跳信号, 开关三跳, 未重合。1960 ms 线路 2 B 相故障, 重合不成三跳。

### 4.2 多源数据融合的故障分析

在故障发生后保信系统及时接收到电厂 A、变电站 B 子站系统上送的大量告警信息、保护动作信息、故障录波等, 并对上送的信息进行分类缓存。

(1) 系统实时处理数据缓存区内的保护动作事件以及雷电定位系统依据预定规则发出的雷电定位信息, 通过系统自建的电网故障规则库精确识别出线路 1、线路 2 发生故障, 并形成电网故障信息简报, 如表 1、表 2 所示。

表 1 电厂 A 故障信息

一次设备名称	保护	测距/km	重合闸	故障相别	跳闸信息	时间
线路 1	线路 1 保护	1.1	失败	C 相	保护动作	16:44:32:467
					C 相跳闸	16:44:32:519
					C 相故障	16:44:32:749
					差动动作、距离加速动作、三跳出口	16:44:32:773
					A、B 相跳闸, 远跳	16:44:32:819
线路 2	线路 2 保护	2.1	失败	B 相	B 相跳闸	16:44:34:441
					重合闸出口	16:44:35:282
					重合于故障, 加速三跳	16:44:35:388

(2) 系统根据保信系统数据实时统计故障时间、故障区域、涉及线路等相关特征数据, 通过雷电定位系统提供的 Webservice 服务接口, 从雷电系统中获取故障区域内、故障前后 600 s 内全部雷击信息, 进一步, 通过特定的雷击特征数据识别, 确认线路 1 的 4 号塔附近的雷击信息如表 3 所示。

(3) 系统根据保信系统相关故障录波信息进一步完善整个故障时相关一次、二次设备状态、动作行为信息, 故障录波如图 5 所示。

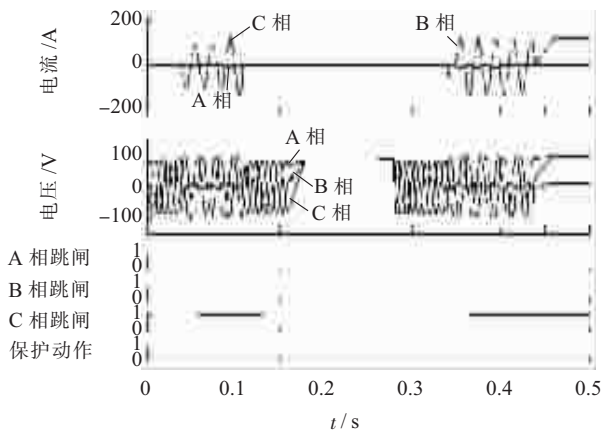


表2 变电站B故障信息

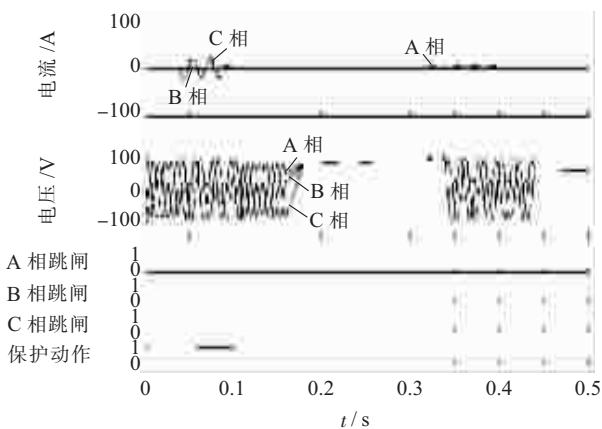
一次设备名称	保护	测距/km	重合闸	故障相别	跳闸信息	时间
线路1	线路1保护	9.2	失败	C相	保护动作	16:44:32:467
					C相跳闸	16:44:32:499
					C相故障	16:44:32:749
					A、B相跳闸, 远跳	16:44:32:839
线路2	线路2保护	7.1	失败	B相	B相跳闸	16:44:34:441
					重合闸出口	16:44:35:264
					合于故障, 加速三跳	16:44:35:389

表3 雷电定位系统信息

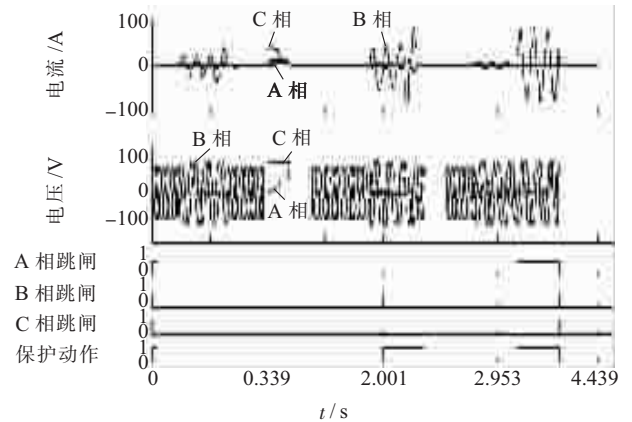
序号	1	2	3	4	5
时间	16:44:32:454	16:44:32:511	16:44:32:687	16:44:32:709	16:44:32:820
经度	120.218	120.218	120.217	120.214	120.217
纬度	31.916	31.916	31.916	31.918	31.916
电流/kA	-11.6	-9.4	-28.5	-14.4	-14.1
回击/次	1	2	3	5	7
距离/m	59	6	6	139	40
杆塔	4-5	4-5	3-4	3-4	3-4
两端测距/km	前侧0.5, 后侧9.1	前侧0.5, 后侧9.1	前侧1, 后侧8.6	前侧0.7, 后侧8.9	前侧1.1, 后侧8.5



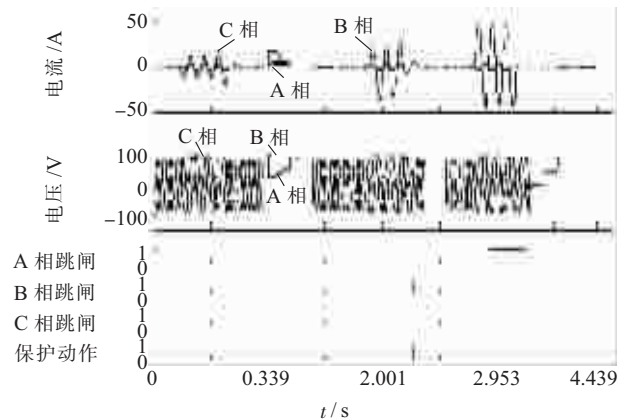
(a) 线路1 A侧故障录波



(b) 线路1 B侧故障录波



(c) 线路2 A侧故障录波



(d) 线路2 B侧故障录波

图5 继电保护故障录波

(4) 基于故障诊断系统提供的相关一次、二次设备动作信息及雷电信息快速开展故障综合分析。结合现场一次设备检查,对故障原因分析如下。

① 线路1的C相绝缘子受雷电绕击发生闪络,导致C相跳闸;在C相开关等待重合的过程中遭受重复雷击,由于雷电波在C相开关断口处形成全反射,导致C相开关断口绝缘击穿,不能切除故障电流,通过失灵保护跳正母所有开关切除故障。

② 线路1开关损坏后,故障电流持续时间达798 ms,由于故障电流在线路地线上分流超过地线热稳定容量,使线路2地线断裂掉落在线路2的B相导线上形成永久性故障,导致线路2三相跳闸。

在本次故障信息采集与分析过程中,电网故障诊断系统采用特征数据匹配的方式实现了线路1、线路2故障识别,在故障数据处理过程采用继电保护信息与雷电定位信息横向融合的方式将线路相关保护信息、雷电定位信息及录波信息以增量的方式汇总到故障报告中,保证了电网故障报告中多业务系统数据的全面性与正确性,为故障分析处理提供了充分的信息支持。

## 5 结束语

电网故障诊断系统通过多种数据源对故障进行综合诊断与分析,全面提升了应对电网故障的能力。本文

提出利用雷电定位信息进行电网故障诊断的多数据源融合数据处理方法,首先对雷电定位信息、继电保护故障信息进行故障特征值提取,利用数据映射技术获取故障特征数据;依据特征数据进行跨系统故障信息检索与汇总;最后基于多数据源进行相关区域电网故障信息的融合与综合分析。通过电网实际故障案例,对其有效性和实用性进行了说明,为实现区域电网智能化调度奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] 江宇,李明,张勇.一种集中监控模式下电网故障诊断算法[J].江苏电机工程,2013,32(1):56-58.
- [2] 郭创新,彭明伟,刘毅.多数据源信息融合的电网故障诊断新方法[J].中国电机工程学报,2009,31(14):1-7.
- [3] 毛鹏,张军林,许扬,等.区域电网故障诊断系统设计[J].江苏电机工程,2005,24(6):1-4.
- [4] 韦海荣,郑海雁,张铁华.基于电力信息网络雷电定位系统的开发[J].江苏电机工程,2006,25(2):1-3.

- [5] 何健,张弓达,徐陈华,等.雷电定位系统在输电线路雷击故障分析中的应用[J].电瓷避雷器,2012(4):74-78.
- [6] 杨家峰,王保保,何广林.基于数据融合的雷电监测预警方法研究[D].西安:西安电子科技大学,2008.
- [7] 向洪,刘志,胡海波.基于 WEBSERVICE 系统交互设计与实现[J].重庆工学院学报,2008(11):110-114.

#### 作者简介:

- 李鹏(1982),男,陕西周至人,博士,研究方向为电力系统继电保护、直流控保技术等;
- 张小易(1978),男,河南许昌人,高级工程师,研究方向为电力系统调度自动化、继电保护等;
- 黄浩声(1979),男,浙江温岭人,工程师,研究方向为电力系统继电保护、直流控保系统等;
- 余晓峰(1980),男,江苏江都人,工程师,从事计算机软硬件系统开发工作;
- 袁宇波(1975),男,江苏丹阳人,高级工程师,从事继电保护试验和研究工作。

## Research on Power Network Fault Diagnosis System with Lightning Location Information

LI Peng<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoyi<sup>1</sup>, HUANG Haosheng<sup>1</sup>, SHE Xiaofeng<sup>2</sup>, YUAN Yubo<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Electric Power Company Electric Power Research Institute, Nanjing, 211103, China;

2. Nanjing Yiteng Technology Co.Ltd., Jiangsu Nanjing, 210022, China)

**Abstract:** With the development of communication technology, the information of power network operation and fault and the data of primary equipment condition monitoring are merging to each other. The mergence makes it possible to achieve fault diagnosis with multiple data sources. A comprehensive data processing method based on lightning location information is proposed for fault diagnosis in this paper. The basic composition and data feature of the power network fault information system and lightning location system are analyzed. Based on the analysis, a fault analysis flow with lightning location information by utilizing stage fault analysis strategy corresponding data processing method is proposed, and a corresponding data processing method is provided. Finally, a practical fault of a 220 kV transmission line is taken to interpret the procedures and effectiveness of the proposed method.

**Key words:** power network fault diagnosis; lightning location; relay protection; data merging

(上接第 16 页)

- [3] 张学延,王延博,张卫军.大型汽轮机汽流激振问题的分析和处理[J].热力发电,2004(2):47-55.
- [4] 崔亚辉,张俊杰,徐福海,等.某台 300 MW 汽流激振故障的分析和处理[J].汽轮机技术,2012,54(2):158-160.

#### 作者简介:

- 姜广政(1988),男,江苏徐州人,硕士研究生,研究方向为汽轮机故障诊断;
- 傅行军(1962),男,江苏溧水人,教授,研究方向为汽轮机故障诊断。

## Steam-exited Vibration Mechanism Analyzing and Fault Processing of One 330 MW Steam Turbine

JIANG Guangzheng, FU Xingjun

(National Engineering Research Center of Turbogenerator Vibration, Southeast University, Nanjing 210096, China)

**Abstract:** The mechanism and characteristics of steam-exited vibration fault were discussed in this paper. At a high load, larger half-frequency vibration occurred in NO. 1 and NO. 2 bearing of one 330 MW steam turbine. Based on the further analysis on the frequency spectrum of valve test and the mechanism of steam-exited vibration, it was deduced that the vibration was caused by steam-exited vibration. By adjusting the elevation of NO. 2 bearing, we solved the turbine vibration successfully.

**Key words:** steam-exited vibration; instability; the shafting stability; height of bearing