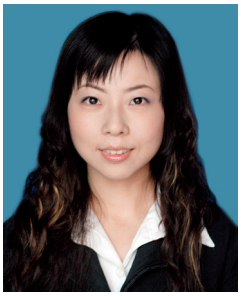
# 基于全息时标量测数据的电网短时事件分析技术的研究

随着电网的快速发展，电网规模不断扩大，产生海量、实时的全息时标量测数据。基于全息时标量测数据，进行电网短时事件分析技术的研究，以事件为对象跟踪和分析电网运行情况，完成电网短时事件的捕捉，并进行统计、分析和评价，探索分析电网事故的高级应用。该技术打破了当前全息时标量测主要应用于电网运行监视和事后事故分析的局限，使得全息时标量测的潜在价值得以进一步体现。

李蓓贝[1] 陈 亚[2] 杨 璃[1] 汤朝波[2] 何宇红[1]/1.国网湖北省电力公司
2.江苏瑞中数据股份有限公司



李蓓贝/工程师

关键词/Keywords
全息时标量测·
短时事件订阅·
事件分析·
动态信息数据库·
调度自动化·

电网运行过程中产生海量实时的带有时标的量测数据，这些信息来自规划、建设、运行、调度和交易等过程，实现这些时标量测数据统一的存储以及应用分析是当前电网运行的迫切需求。利用传统的实时库及关系数据库存储已无法满足要求。近几年来，动态信息数据库（又称时间序列数据库）在电网中的集成应用使得高密度采样并全息记录电网运行过程中带有时标的数据成为可能。

全息时标量测数据包括遥测、遥信信息，如设备量测信息、开关跳合闸和保护及自动装置动作信息等。随着电网规模的不断扩大，大运行体系建设的不断深入，调控一体化、调度一体化在各级调控中心已得到体现，调控中心所接收到的数据量较以往大量增加[1]，电网发生故障时，需要处理的事件信息过多，可能会导致告警窗充斥大量的告警、提示及事故信息，给调度员准确过滤信息和识别故障增加了难度，调控人员很难在短时间内判断事故原因，从而错失处理事故的良机[2,3]。在这种情况下，迫切需要一种基于调度自动化系统的高级应用程序，在事件发生后准确记录，并快速进行辅助判断和分析[4]，使调控人员能快速作出反应，及时采取有效措施，提高事故异常处理的准确性和快速性，减轻调控人员负担的同时也保障了电网运行安全。

本文主要探讨基于全息时标量测的电网短时事件分析技术，以事件为对象跟踪和分析电网运行情况，进行电网短时事件的捕捉，探索分析电网事故的高级应用。

## 电网短时事件捕捉

电力系统的事件[5]可分为：自动控制事件、手动控制事件和自治性扰动事件。电力系统的这些事件有一个明显的特征：在事件发生瞬间，表现为物理状态的突变、不连续，或在事件发生的短时间间隔内，表现为物理状态的剧烈振荡变化。目前已在计划中的电网短时事件包括：冲击负荷、量测跳变、厂站RTU运行异常、母线功率不平衡、线路两端有功不平衡、变压器三侧功率不平衡、量测错误（通过母线不平衡和线路、变压器不平衡联合判断）、PQI不匹配、并列运行母线电压差不合理和遥测、遥信不对应等。

事件捕捉（Event Recognition）是指在事件发生时刻第一时间发现它，并对其进行深入分析、判断和分类的过程。由于电网短时事件的特征各异，对不同



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

研究对象所采用的事件分析、判断方法也不尽相同。

电网短时事件的捕捉需要对所有可能出现的短时事件的特性进行定义，而单个事件往往需要关联多个独立测点，事件模型抽取的工作将不可或缺，通过对各事件进行建模，将事件的分析判断方法保存在模型之中。一旦发生异常，则将发生的事件与模型中存储的事件进行对比和分析，从而完成对事件的捕捉。进行电网故障判断时，需要二次设备和状态信息及动作信息等，而这些信息分散在不同的系统中，需要人工进行统一应用[6,7]。利用动态信息数据库与现有调度自动化系统的集成，可以满足上述需求。数据存储在动态信息数据库与关系数据库中。动态信息数据库相关的通知服务可实现电网事件的快速捕捉。通知服务对电网短时事件触发条件进行订阅，一旦发生订阅的事件，即触发了电网短时事件捕捉的条件，通知服务立刻发送一条消息至事件捕捉系统，通知事件捕捉系统，即进行捕捉，并记录该事件。图1为基于全息时标量测数据的电网短时事件捕捉数据流图。

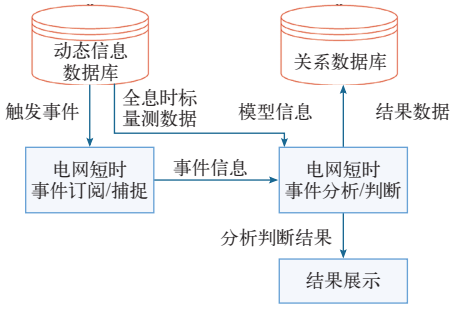



图1 基于全息时标量测数据的电网短时事件捕捉数据流图

## 基于全息时标量测的电网短时事件分析技术

电网短时事件分析系统主要由四个模块构成：动态信息数据库、短时事件建模、短时事件订阅和短时事件分析。

### 1. 动态信息数据库

动态信息数据库是针对海量、实时和高频的时序采集数据设计的数据库管理系统，具有非常高的存储速度、查询检索效率以及数据压缩比，同时拥有变化存储机制，能够很好地解决海量全息时标量测数据的存储问题，主要存储动态数据。

目前，大多数调度自动化系统尚未集成动态信息数据库，前置机采集到的实时数据经处理后存入系统的内存数据库中，同时以分钟级周期存储到关系数据库中。而在集成了动态信息数据库的调度自动化系统中，关系数据库周期记录电网运行数据，动态信息数据库则并行记录全息时标量测的电网运行数据[8,9]。本文所提出的电网短时事件分析技术基于动态信息数据库，主要包括以下方面：来自前置机的量测数据经过SCADA处理后，一方面将量测数据存入内存数据库供系统原有业务进行访问；另一方面将量测数据打上主站端时标存至动态信息数据库中；调度自动化系统同时提供对动态信息数据库和关系数据库的访问，形成统一的数据访问层；短时事件分析模块根据关系数据库中的信息，获得对应的动态信息数据库的测点名称，通过数据访问层得到事件捕捉过程所需的全息时标量测数据，完成短时事件分析的过程。图2为基于全息时标量测数据的电网短时事件分析统一数据库访问层。

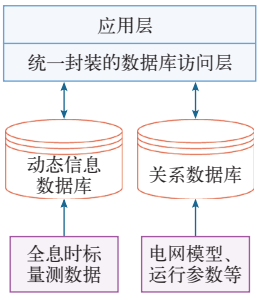



图2 基于全息时标量测数据的电网短时事件分析统一数据库访问层

### 2. 短时事件建模

事件建模模块主要完成对待捕捉事件的特征属性抽取并形成具体的事件判断业务规则，同时完成待捕捉的事件属性与具体数据或数据源的关联。电网短时事件模型信息包括进行事件判断所需的属性信息、模型与测点的具体对应信息，以及事件判断的业务规则，存储在关系数据库中。在建立模型时应注意以下三点：模型必须能够正



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

确描述该电网事件的本质，包括其区别于其他事件的特征、相关参数等；模型必须可量化，以实现系统对电网事件的自动分析和捕捉；模型应该尽量简单，以便于实现事件订阅和分析。

模型的属性值有四种定义方式，包括常量、表达式、从动态信息数据库中获取及从关系数据库中获取。模型与数据关联可通过模型实例化实现，根据抽象模型创建一个具体的元素即完成模型的实例化。创建元素时，需要根据模型属性值的定义方式来实例化元素的值。若定义为常量，则需将元素对应的属性值初始化；若定义为表达式，则需定义具体的表达式，且确定表达式中的数据来源；若定义为从动态信息数据库中获取，则需将该属性关联到动态信息数据库中的测点ID，即测点标识符；若定义为从关系数据库获取，则需给定特定的数据库连接和查询语句。

**3. 短时事件订阅**

短时事件订阅模块负责电网事件的快速捕捉，定义事件捕捉的触发条件，一旦该触发条件得到满足，即进行事件的捕捉。动态信息数据库相关的通知服务可实现电网事件的快速捕捉。通知服务对电网短时事件触发条件进行订阅，一旦发生订阅的事件，即触发了电网短时事件捕捉的条件，通知服务立刻发送一条消息至事件捕捉系统，进行捕捉，记录该事件。同时，通过门户展示厂站图、全网潮流图和曲线等信息，方便调度员更直观准确地了解事故情况并进行处理[10,11]。

**4. 短时事件分析**

短时事件分析模块完成事件的具体判断分析过程，根据事件模型对应的业务规则进行事件的判断、分析和电网调整，提出事故处理方案[12-14]。电网发生故障时，短时事件分析模块根据开关、保护装置等一系列事项信息及主变压器、线路和母线的遥测量前后变化进行分析，在数秒内完成事故快报，展现给当值调度员包括故障设备、停电范围和重过载设备列表等，并推导出引起电网中某部分区域停电的原因，锁定故障点位置，归纳出事件类型，快速生成事故处置方案，有效隔离故障点及快速恢复失压负荷。

电网短时事件分析系统通过多样化的渠道获取信息，从而辅助分析决策。通过原能量管理系统获取电网信息，包括电网拓扑结构、遥测遥信、设备载流量和设备操作信息等，通过数据接口从调度运行应用（OMS）中获取检修安排等信息。图3为基于全息时标量测数据的电网短时事件分析流程图。

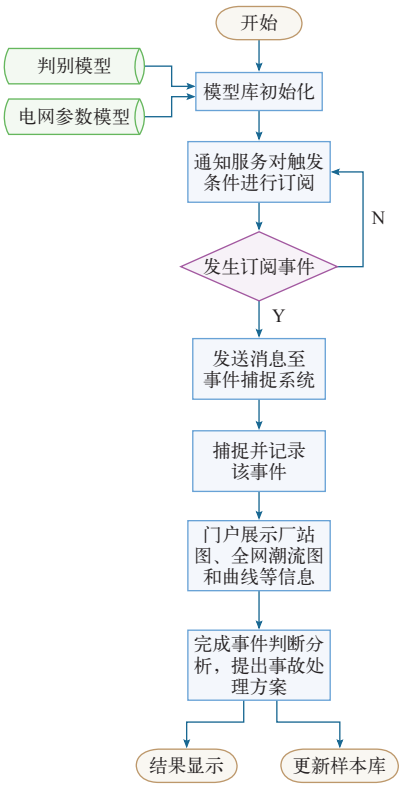



**图3 基于全息时标量测数据的电网短时事件分析流程图**

## 工程应用

本文成果已在湖北省电力公司调度自动化系统中得到了实际应用，该应用在实现全息时标量测数据与传统周期采样数据跨系统异构数据源间无缝集成的基础上，将电网运行实时数据、全息历史数据以及电网模型数据三者融合，并结合当前调度监控系统的生产运行现状，对可能被捕捉的短时事件进行归类统计，在此基础上完成这些短时事件的定义与模型化，特别是对于一类需要与多个量测关联的短时事件，重点利用仿真系统验证模型的可靠性。

基于时标量测，以事件为对象跟踪和分析电



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

网运行情况，进行电网短时事件的捕捉，探索发现电网风险和分析电网事故的高级应用，达到大于99%的捕捉率、小于1%的误捕率，为调度监控人员捕捉、分析电网运行异常和危险点提供辅助决策支持。目前，本文实现的各项功能运行稳定，能够满足大型地区电网调度自动化的实际应用需求。

## 结束语

提出了基于时标量测实现电网短时事件捕捉分析的技术，解决当前电网调度自动化系统在短时事件捕捉及分析方面的局限。分析了电网时标量测、短时事件的主要特点，提出了基于全息时标量测数据的电网短时事件捕捉总体流程，并对其中涉及的动态信息数据库数据存取、短时事件建模及订阅、捕捉和分析等关键技术点进行了阐述。实践表明，基于全息时标量测数据的电网短时事件捕捉分析技术在应用实践中有较好的效果，但其同时也存在模型构建复杂、短时事件频发时判断效率较低等问题，后续工作中需要在系统实用化、系统运行性能等方面进行提升。

### 参考文献


[1] 张卫华．电网事故处理智能辅助决策系统的研究[D]．广州：华南理工大学，2011．

[2] 姚建国，杨胜春，高宗和，等．电网调度自动化系统发展趋势展望 [J]．电力系统自动化，2007，31 (13)：7-11．

[3] 陈光普，蔡文沛．智能电网调度控制架构和概念发展述评 [J]．黑龙江科技信息，2013 (21)：10-11．

[4] 肖世杰．构建中国智能电网技术思考 [J]．电力系统自动化，2009，33 (9)：1-4．

[5] 赵洪山，米增强，任惠．电力系统事件建模与分析 [J]．中国电机工程学报，2006，26 (22)：11-16．

[6] 雷霆，黄太贵，袁林，等．电力调度数据整合应用的研究与实践 [J]．电力信息化，2010，8 (8)：18-20，22．

[7] 黄海峰，张珂珩，张鸿，等．电力系统动态信息数据库关键技术 [J]．计算机应用，2011，31 (6)：1681-1684．

[8] 张波明，周建群，黄洪青．“基于事件”电网调控一体化信息管理智能辅助决策系统[A]//经济发展方式转变与自主创新——第十二届中国科学技术协会年会 [C]．福州：中国科学技术协会学会，2010：1-6．

[9] 胡渭峰．智能型电网调度决策支持系统的开发与实现刍议 [J]．科技创新与应用，2013 (6)：147-149．

[10] 朱少华．电网智能报警研究 [D]．杭州：浙江大学，2010．

[11] 郭创新，马韬韬，朱少华，等．一种快速电网智能报警方法 [J]．中国电机工程学报，2010，30 (12)：6-11．

[12] 关守仲，马金辉，戴长春，等．电网调度智能监控与事故处理辅助决策系统的研究与实施 [J]．华东电力，2009，37 (9)：1450-1453．

[13] 竺士北．地区电网的事故控制及处理策略研究 [D]．上海：上海交通大学，2013．

[14] 苏广宁．智能电网事故分析系统故障诊断服务的研究与实现 [D]．上海：上海交通大学，2010．


（收稿日期：2014－03－11）EA

欢迎订阅 欢迎投稿 欢迎刊登广告



(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net