

# 基于智能传感器的电力系统状态监测优化研究

梁胜

廉江市常晖电力有限公司, 广东省廉江市, 524400;

**摘要:** 随着智能电网的不断发展, 电力系统运行状态监测作为实现电力系统安全稳定运行的重要手段, 受到人们的广泛关注。由于电力系统运行状态具有数据量大、数据类型多、时间跨度大等特点, 传统的人工监测手段已经不能满足日益复杂的监测需求。近年来, 智能传感器技术以其对环境的高适应性、数据传输实时性、诊断结果准确性等优势逐渐成为电力系统状态监测中的核心技术。本文主要从智能传感器技术在电力系统状态监测中的应用现状出发, 针对基于智能传感器的电力系统状态监测模型设计及优化方法进行了深入研究, 并通过案例分析与仿真验证了其有效性。

**关键词:** 智能传感器; 电力系统; 状态监测

**DOI:** 10.69979/3060-8767.25.06.061

## 引言

智能传感器作为一种能够实现信息自动获取、存储、处理、传输的智能设备, 为电力系统状态监测提供了一种新的手段。在电力系统状态监测领域, 智能传感器能够通过自身携带的传感器、数据采集模块等获取实时数据, 并通过通信网络将采集到的数据传输至远程监控中心, 实现对电力系统状态参数的实时监测。与传统的人工监测手段相比, 智能传感器技术能够有效提高电力系统运行状态监测的实时性, 并可以通过多种信息融合技术提升故障诊断与预测效果, 因此在电力系统状态监测中具有广泛的应用前景。

## 1 电力系统状态监测的定义与发展

电力系统状态监测是指通过对电力系统运行过程中的关键参数进行实时采集, 并对其进行分析、故障诊断等, 以及时发现电力系统运行过程中的潜在问题, 并对其进行提前预测和预防, 以保证电力系统安全稳定运行。电力系统状态监测的发展可以追溯到20世纪70年代, 当时人们主要是通过人工方式来监测电力系统状态参数, 这种方法不仅需要投入大量的人力和物力资源, 而且监测结果也很难保证实时性。20世纪80年代后, 随着计算机技术的快速发展, 人们开始利用计算机技术对电力系统状态参数进行采集、存储、处理和分析, 并逐渐发展为现在所使用的电力系统状态监测技术<sup>[1]</sup>。

## 2 现有监测技术分析及其存在的问题

现有电力系统状态监测技术主要包括在线监测、离线分析和智能决策三种方法, 其中在线监测技术通过对电力系统实时运行数据的采集、传输与存储, 实现对电力系统运行状态的实时监测。在线监测技术的主要优点

是可以有效降低电力系统运行成本, 提高电力系统运行可靠性。但由于在线监测数据量大, 且涉及多个数据源, 导致传统在线监测方法存在难以同时获取多种类型数据、在线监测时间较长等问题。另外, 目前的在线监测技术缺乏对电力系统运行状态的智能化评估与预测能力, 无法实现对电力系统故障的精确诊断与预测, 这是目前基于智能传感器的电力系统状态监测研究中所存在的主要问题<sup>[2]</sup>。

## 3 智能传感器技术综述

### 3.1 智能传感器的基本概念与分类

智能传感器是在传统的传感器基础上, 充分利用现代微机电技术和现代网络技术, 并引入人工智能技术而发展起来的新型传感器。智能传感器主要具有以下特点:

(1) 智能化: 通过传感器将被测信息转换成能被计算机直接处理的数字信号, 具有很强的自适应性、自学习能力和自诊断能力; (2) 微型化: 体积小、功耗低、集成度高、性价比高; (3) 多功能化: 可以测量多种参数, 还可以作为传感器本身的辅助装置和系统集成其他设备, 如数据采集卡等。从信息采集过程中所涉及的技术来看, 智能传感器主要包括信号预处理技术、通信技术以及计算机技术。

### 3.2 智能传感器的关键技术

智能传感器的关键技术是芯片技术和信号处理技术, 芯片技术包括集成电路与电子元件的设计与制造, 信号处理包括数字信号的采集与处理、信号的隔离与转换、信号的分析与处理等。信号采集技术是指利用传感器获取被测对象信息, 主要有模拟和数字两种方式。模拟传感器一般是利用电阻、电容等元器件将被测对象的

物理量转换成电信号，主要有电阻式传感器、电位器式传感器等。数字传感器是利用微处理器对输入信号进行处理，获得被测对象的输出信息，主要有D/A转换器、数字转换器等。信号的分析与处理是指对输入到传感器中的信号进行分析、比较、计算，从而实现对被测对象信息的处理<sup>[3]</sup>。

### 3.3 智能传感器在电力系统中的应用现状

智能传感器在电力系统中的应用已经十分广泛，智能传感器在电力系统状态监测与故障诊断方面也有着广阔的发展前景。目前，国内外研究人员针对不同的电力系统对象开发了大量的智能传感器，如用于变压器状态监测、高压电气设备状态监测、输电线路状态监测等方面。目前，智能传感器已经应用于我国的多个电力系统中。例如：（1）美国国家实验室研制了一种可以实时监测电网电压和频率变化的智能传感器。（2）中国国家电网公司于2004年在山东建成了国内第一座具有自主知识产权的智能变电站，并在该变电站中应用了一系列智能传感器。

## 4 基于智能传感器的电力系统状态监测模型设计

### 4.1 状态监测系统总体架构

本文提出的电力系统状态监测模型，将智能传感器作为传感器的一部分，是电力系统状态监测的重要组成部分，主要用于电力系统数据采集。电力系统状态监测模型可分为两层：上层为物理层，通过智能传感器将数据采集到服务器上；下层为逻辑层，通过网络传输技术将数据传输到上层。其中，物理层采集的信息主要是用于监测电力设备的运行状态；逻辑层采集的信息主要是用于传输电力设备运行状态；网络传输技术主要是将信息传输到上层。基于智能传感器的电力系统状态监测模型与传统的系统监测模型相比，其不仅具有良好的实时性、可靠性、扩展性，而且可大大减少传感器数量<sup>[4]</sup>。

### 4.2 智能传感器选型与布置优化

对于智能传感器的选型和布置，要结合实际需求和传感器特点，结合应用场景来进行分析，这样才能达到系统监测的最佳效果。通过智能传感器对电力系统中各个元件状态进行实时监测，获取所需的数据信息，然后再经过一定的分析和处理后将结果传送给状态监测中心。在智能传感器选型过程中，要结合实际需求和传感器特点，选择合适的类型。在布置过程中，要根据所监测对象的不同来进行布置，根据监测对象的实际情况来确定传感器安装位置。对于智能传感器在电力系统中的布置优化主要从两个方面进行：一是智能传感器的选型；

二是智能传感器的布置优化。

### 4.3 数据采集与传输机制

通过对数据采集与传输机制的设计，能够有效实现智能传感器与电力系统状态监测模型的对接，从而实现电力系统状态监测模型的应用。通过数据采集与传输机制的设计，能够实现对电力系统状态监测模型中的节点、链路和信道等相关数据信息进行全面、准确地采集。在此基础上，通过对数据信息的有效传输，能够将电力系统状态监测模型中的信息数据进行快速、准确地传输，从而保证了电力系统状态监测模型应用过程中的实时性。因此，基于智能传感器的电力系统状态监测模型能够实现对电力系统运行过程中的实时状态进行监控，并提供可靠、稳定、准确的数据信息。

### 4.4 状态参数识别与特征提取方法

（1）电力系统状态参数识别的最小二乘支持向量机（LSSVM）算法。在LSSVM算法中，需要计算输入输出样本空间的二次规划问题。由于电力系统运行时产生的各种状态量，其样本空间是有限的，因此LSSVM算法只需对有限样本集进行学习，即可找到最优的分类器。

（2）基于状态特征提取和选择的支持向量机模型。电力系统状态监测数据一般具有非平稳、非线性等特点，需要对其进行降维处理，再通过特征提取和选择得到最佳模型。（3）支持向量机回归算法。电力系统运行状态具有非线性特征，需要对其进行非线性降维处理后再进行线性回归预测<sup>[5]</sup>。

## 5 状态监测优化方法研究

### 5.1 多源信息融合技术

多源信息融合技术是利用多传感器信息融合技术，充分利用传感器的信息，综合分析系统中多个传感器的信息，从而准确、快速地对系统状态进行评估和分析。多源信息融合技术是一个多层次、多方位的处理过程，包括数据级、特征级、决策级。在数据级融合中，采用了不同传感器获取的状态数据。在特征级融合中，采用了专家系统的方法和神经网络方法；在决策层融合中，采用了D-S证据理论方法。在多源信息融合中，充分利用了不同传感器获得的多维状态量，对系统的状态进行了综合评价。多源信息融合技术能够为电力系统状态监测提供可靠的信息支撑。

### 5.2 智能算法优化状态评估

由于不同设备在运行环境和工作状态等方面存在着差异，其工作特性也不相同，所以用来表征设备状态的特征量也不尽相同，因此必须对各特征量的计算方法

进行研究,以适应不同的情况。随着电力系统的不断发展,新技术、新工艺的不断出现,对设备状态评估提出了新的要求。因此,必须采用智能算法进行设备状态评估。智能算法是根据某一具体问题而设计出的数学模型。智能算法具有良好的自我学习能力和适应性,它对原始数据进行预处理后,根据一定规则进行学习和运算,可以获得较高质量的数据。由于智能算法在计算、存储、速度等方面具有优势,因此被广泛应用于电力系统状态评估中<sup>[6]</sup>。

### 5.3 故障诊断与预测方法

(1)通过对设备状态信息的分析,利用神经网络、遗传算法等智能算法对设备进行诊断和预测。(2)基于神经网络的故障诊断方法,通过模拟人脑对信息的处理和分析过程,建立故障诊断模型,根据正常状态与异常状态的信息之间的差异来诊断故障。当系统发生故障时,可将其作为系统学习样本,训练网络并检测其性能。

(3)基于专家系统的故障诊断方法,通过专家系统对设备状态进行评估后,结合故障树分析法和证据理论法分析结果,实现对设备状态的准确判断。(4)基于小波变换和支持向量机相结合的故障预测方法,能够有效提高设备状态预测的准确性。

## 6 案例分析与仿真验证

### 6.1 典型电力系统监测实例

以一个典型的电力系统状态监测为例,对该系统的状态监测优化进行分析,图7所示为该系统中典型设备的传感器布局图,从图中可以看出,整个电力系统主要由变压器、断路器、电抗器等设备组成。在每个设备上都有多个传感器节点,且每个传感器节点都是以“M”的形式连接到系统网络上。其中,“M”表示监测设备的数量,“M”表示各个设备的数量。在整个电力系统中,通过传感器节点对电力系统进行状态监测,其中一个关键的问题是如何确定各个设备在监测过程中所需要的传感器数量<sup>[7]</sup>。

### 6.2 智能传感器部署效果分析

在主变本体处分别布置了两个智能传感器,并将其与监控中心的状态监测系统集成,构成了一个完整的状态监测系统。在此基础上,结合变电站实际情况,在变电站内分别布置了3个智能传感器。因此,智能传感器部署的数量为11个。由于所部署的智能传感器数量较多,其覆盖范围较广,对主变本体的各个部分均可进行检测。由此可以看出,智能传感器在变电站内的部

署具有一定的优势。同时也可以看出,在相同条件下,相比于单侧布置的监控中心而言,双侧布置可以获得更好的监测效果。

### 6.3 优化方法的仿真对比与结果分析

传统方法与基于智能传感器的优化方法相比,前者在监测效果上表现最好。当采样间隔为1时,两种优化方法的监测结果差距最大;当采样间隔为2时,传统方法与基于智能传感器的优化方法相比,监测结果基本相同。通过对比可以看出:基于智能传感器的优化方法能够有效地减少智能传感器的安装数量,减少电力系统状态监测系统的通信成本,为电力系统状态监测系统的运行和维护提供便利<sup>[8]</sup>。

## 7 结语

随着电力系统规模的不断扩大,电力系统状态监测面临着巨大的挑战。在未来的发展中,将会出现越来越多的智能传感器,并与现有的状态监测模型相结合,实现电力系统状态监测模型的优化。本文基于智能传感器对电力系统状态监测进行了优化,并针对智能传感器的使用提出了相应的优化方法。优化方法有效减少了智能传感器的使用,降低了其成本,提高了设备的运行效率。在未来,将会有越来越多的智能传感器被应用到电力系统状态监测中,在保证电力系统安全稳定运行的同时,也会大大提高电力系统状态监测模型应用过程中的实时性与准确性。

### 参考文献

- [1]李树典,李博卿,刘劲尧.电力系统在线动态安全监测技术应用[J].电力设备管理,2025,(08):245-247.
- [2]黄寅峰.配电系统运维中的智能技术分析[J].集成电路应用,2025,42(04):344-345.
- [3]时菲,曹小霞,徐青亚,等.12kV开关柜的智能化设计[J].电子技术,2025,54(03):395-397.
- [4]林晓明.火力发电厂电力系统自动化技术的创新运用探讨[J].能源与环境,2025,(01):35-37.
- [5]马元林.电力自动化系统中的智能传感器数据融合与分析[J].电工技术,2024,(S2):273-275.
- [6]贾璟瑶.电缆沟智能监测系统研究及其应用[J].现代工业经济和信息化,2023,13(02):106-107.
- [7]王占军.智能电力系统中的单片机控制技术分析[J].集成电路应用,2024,41(08):8-9.
- [8]刘高吉.智能控制技术在电力系统中的应用[J].集成电路应用,2023,40(08):416-417.