

[电气自动化]

智能化技术加持下的电气自动化控制系统设计与实现

文/浙江上三高速公路有限公司新昌管理所 章伟强

基于智能化技术设计电气自动化控制系统，旨在解决传统电气自动化控制系统在处理复杂控制对象时所存在的时效性差和准确率低等问题。本系统采用专家智能控制算法，将所获得的电气设备各项真实运行参数与数据库标准数据进行比对，自主及时处理异常数据并反馈给控制台；对于系统无法自行解决的问题，及时通过预警信号显示出来。经最终测试，本智能化自动控制系统诊断和预警电气故障精准高效。

“工业4.0”背景下，智能制造成为社会主题，也对各生产制造企业提出了更高要求。智能化技术是电气工程自动化系统控制升级、创新的关键支撑，可以有效弥补传统电气控制系统的诸多缺陷，基于智能化技术的电气自动控制系统设计和应用对促进工业、电气行业的持续高质量发展意义重大。首先概述了智能化技术和电气自动化的基本概念及关系，其次分析了智能化技术用于电气自动化控制系统的重大价值，最后探究了基于智能化技术的电气自动化控制系统的设计及功能实现。

智能化技术与电气自动化概述

1. 电气自动化

电气自动化主要涉及电力电子技术、电子通信技术、计算机及网络控制等多个方面，作为一门兼具综合性和实用性的专业技术，广泛应用于工业及电子行业。电气自动化控制系统就是以自动控制装置、自动化软件等为基础构建的自控体系，可对实际生产中某些关键性参数进行自动控制，在受到相关扰动影响而偏离正常状态时，可以自动调回到工艺所要求的数值范围。

2. 智能化技术

智能化技术是一个系统化概念，是计算机、GPS定位及精密传感等技术的综合应用体现。智能化往往与计算机技术、网络技术、人工智能和大数据等紧密相关，是一种更高层次的自动化。

3. 智能化技术与电气自动化的关系

一方面，二者都具有综合性特点，适用于多个领域且具有自动运作的基本特性；另一方面智能化技术是实现更高水平的电气自动化控制的关键支撑，人工智能、机器深度学习等智能化技术融入电气自动化系统，可以实现完全意义上的系统功能链接、自动运行、故障检测及自动优化更新等，具有更好的操控性和经济性。

智能化技术用于电气自动化控制系统的重大价值

1. 有利于提高系统控制精度

传统电气自控系统无法在电气设备信息庞大化、非线性参数变化的情况下建立有效的被控对象动态方程，其执行单元只是机械地执行系统指令，容易造成控制误差，危及电气自动设备的安全。智能化技术以大数据挖掘技术、云计算等为依托，运

用实时控制算法，可以建立精细的被控对象模型，全面掌控各电气设备的动态状况，并及时提出最优方案，从而有效降低运算误差，确保电气设备处于最佳运行状态。

2. 有利于确保系统的稳定性

相比于传统电气自控系统存在的信息反馈慢、控制器运算能力弱等缺陷，智能技术下的电气自控系统具备对变化性、复杂化数据的智能逻辑判断能力，可对各种反馈数据和信息予以及时、准确处理，从而确保电气自动控制系统运行得更加平稳。

3. 有助于提升系统控制时效

智能化电气自动控制系统主要以计算机及智能电气设备为主，智能算法下系统向各功能部件发出准确指令，同时全程监督、反馈运行动态信息并对常规错误进行自主调整处理，相比传统自动系统其在运行期间对人工依赖性更低，执行系统指令的响应速度更快，效率更高，信息延迟更低。

智能化电气自动控制系统功能模块设计

在电气自控系统中智能化技术所起到的主要作用为：对正常工作状态下的电气设备及系统运行状态准确评估；实时监测各电气设备的运行参数；及时精准判断故障发生位置；常规故障处理及反馈等。这些功能包含在下列三个模块中。

1. 智能监控模块

智能化监控整合了人工智能技术与监控设备的优势，可以有效提升监测电气设备自动化运行状态的能力。人工智能技术可以提高远程监控的操作便利性和监控精度，在电气自动控制系统中通过监测系统内各电气设备的运行日志、实时参数等实现对整个系统运行状态的全面掌控，功能模块架构如图1所示。

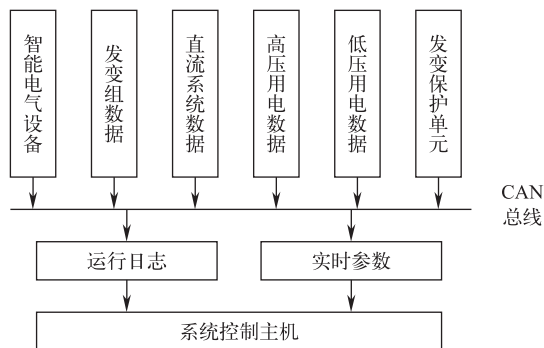


图1 智能电气自动控制系统监控模块架构

2. 故障智能诊断模块

电气系统运行中可能由于设备故障而影响工作效率及质量，还会造成系统结构性破坏，基于智能技术的电气故障诊断可以对各部分电气设备的实时运行参数进行收集和故障分析，从而快速、准确地判断故障设备及发生位置，同时将故障信息及时向系统主机进行反馈，便于系统运维人员及时进行维修处理。智能化电气故障诊断模块设计如图2所示。

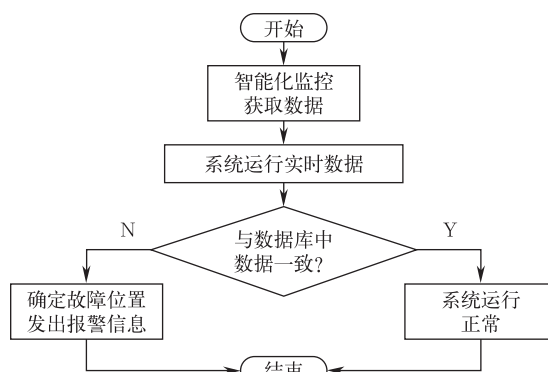


图2 智能化电气系统故障诊断模块图

上述智能化诊断模块的设计原理为通过实时数据信息与标准数据信息的比对判断是否存在故障。智能化控制系统将获得的电气设备实时运行参数与系统数据库存储的正常数据进行比对。若误差在正常范围，则表示各设备运行正常；若超出误差范围，则追踪不一致的数据，从而确认故障位置，为后续工作提供重要的参考依据。

3. 智能化控制模块

智能化监控模块集合了智能化监控和智能故障诊断的功能优势，依托智能算法对监测发现的故障进行自行修复或向系统管理人员报警，从而保证整个系统的安全运行。利用智能化控制模块还能够进行正式控制操作前进行模拟演示，以便于提前预知系统运行中可能出现的相关问题并做好防控预案，降低系统故障损失。

智能化电气自动控制系统的实现

1. 智能化控制系统框架

结合智能化技术，本文设计的电气自动化控制系统将由智能监控模块获得的各项电气设备数据及时传递给控制主机，彻底改变了传统人工数据记录

模式。这些数据在经过反馈、智能诊断等处理后再以指令形式定向发送给对应的电气设备来执行，以此完成整个系统控制工作。而对于系统无法自行处理的问题，则及时向系统管理人员发出报警信号。智能化控制系统结构如图3所示。

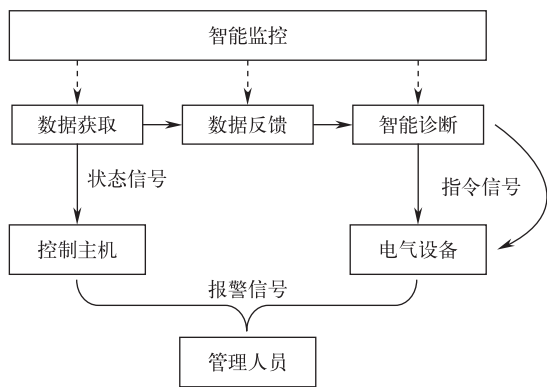


图3 智能化控制系统结构

2. 智能化系统控制算法

现阶段，应用于电气自动化控制系统中的智能化技术，通常包括模糊逻辑控制、神经网络控制和专家系统控制三种主要算法。

(1) 模糊逻辑控制算法

模糊逻辑控制简称为模糊控制，作为智能化控制中出现较早、使用较普遍的控制方式之一，是建立在多值逻辑基础上，运用模糊集合的方法来研究模糊性思维、语言形式及其规律的一种技术。其工作原理如图4所示。

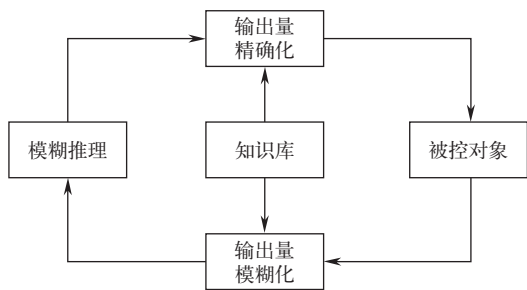


图4 模糊控制算法结构

由图4可知，模糊控制算法的原理是对被控对象（不确定、非线性及大滞后）信息进行模糊输入，经过模糊集合和模糊规则进行模糊推理，再进行精确化输出。其中输入量模糊化和输出量模糊化都是基于现有的知识库。作为一种非线性自动控制算法，在智能化电气自动化控制系统中，模糊控制是

通过利用直流/交流的传动实现对电气自动化设备的运行控制，一般直流传动主要用于防控系统设备故障，而交流传动是以人工智能技术为依托，实现对整个系统运行状态的有效控制。

(2) 神经网络控制算法

神经网络控制算法是一种类似人脑神经元的思维活动模型，神经元的模型如图5所示。

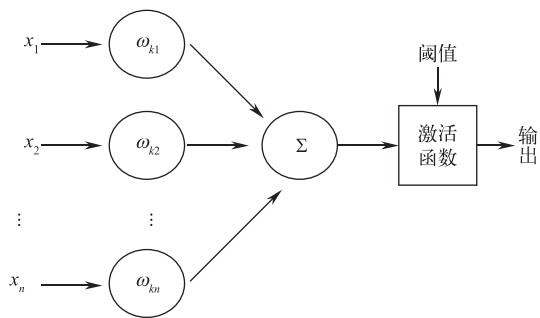


图5 神经元模型示意图

用数学算式来表示图5中的神经元模型

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i - \theta\right)$$

式中， x_i 表示输入信号； w_i 代表与 x_i 相对应的信号权重系数； θ 表示阈值； f 指的是激活函数。

基于控制层面来看，神经网络模型结构呈现出多元信息输入和单向信息输出的特点，其独特优势在于具备优秀的自学能力和数据信息的并行处理及控制能力，作为智能化技术，通过全面采集和分析处理电气系统某一神经元相关数据，可为准确诊断电气自控系统中可能存在或有可能出现的各类故障提供依据。

(3) 专家系统控制算法

专家系统控制也叫专家智能控制，能够利用人类专家的知识解决问题的经验方法来处理某类难题，是基于专家经验的计算机控制程序。应用于电气自动化控制系统时，是先将电气工程基本知识、控制理论和电力网理论，以及该领域内专家对电气自动化控制的相关研究成果转化为数字信息并存储到计算机数据库中，然后通过自主学习和推导调用并使用，实现对电气自动化系统的智能化控制。随着专家系统数据的不断完善和实时更新，计算机系统在不断自学中，不断提升控制能力，该控制方式不仅能够很好地适应各种系统环境，还能持续性发展进步，具有巨大的发展前景。

3. 基于智能化技术的电气自动控制系统测试

未验证智能化技术用于电气自动化控制系统中的实际效果,以某小型电厂为例,选用更具适用性和可操作性的专家控制算法来改造升级其电气控制系统。经过技术改造后,该电厂的电气自控系统具备了自动收集各类电力设备实时运行数据、故障智能诊断、设备监控及异常工作报警等多种功能。系统测试结果显示,该电厂电气自动化控制系统整体运行情况良好,各主要电气设备都能够保持正常运行状态。测试中变压器油中的气体数据偶尔出现波动变化,控制系统能够及时将这些信息反馈给控制台,同时作出预警响应。变压器油中气体数据波动信息见表1。

表1 变压器油中气体波动数据

气体PPM	误差范围	标准值	测量值
H ₂	± 15%	70	76.23
CO		430	398.75
CO ₂		800	753.96
CH ₄		65	69.18
C ₂ H ₆		70	78.15
C ₂ H ₄		60	53.32
C ₂ H		10	10.05

从表1数据来看,变压器的气体测量值虽然与标准值存在一定偏差,但这个差值均属于正常的误差范围(±15%),对系统的正常运行影响不大。系统继续对其波动情况进行实时监测,一旦发现波动值超出误差范围则及时向管理人员告警。

结束语

智能化技术与电气自动化系统的有机融合,体现了我国工业技术的巨大进步,以此构建的智能化电气自控系统有助于提高生产作业及系统管理的效率和质量,对加速我国工业现代化进程,提升管理

运营综合效益意义重大。EA

(收稿日期:2022-05-08)

参考文献

- [1] 邓建飞,李永平.电气自动化控制技术在电力企业中的具体应用分析[J].信息与电脑(理论版),2017(10):74-76.
- [2] 李丽坤.计算机技术应用下的电气自动化控制系统设计分析[J].自动化与仪表,2018(1):100-103.
- [3] 李军.浅谈电气自动化控制系统的应用及发展趋势[J].中国设备工程,2019(8):194-196.
- [4] 杜光,任晓川.浅析电气自动化控制中的人工智能技术[J].中小企业管理与科技(下旬刊),2017(7):156-157.
- [5] 吴淑坤.试分析计算机技术应用下的电气自动化控制系统设计[J].现代工业经济和信息化,2021(10):111-112,115.
- [6] 刘岩.基于计算机技术应用下的电气自动化控制系统设计分析[J].通讯世界,2017(14):174-175.
- [7] 赵莉娅.人工智能技术在电气自动化控制中的运用研究[J].无线互联科技,2021(19),102-103.
- [8] 钟沁雨.电气自动化控制系统在工业领域的应用与发展趋势[J].化纤与纺织技术,2021(5):106-107.
- [9] 吴鹏,李前敏,张锐锋,等.基于大数据技术的就地型馈线自动化终端自动测试方法[J].电气应用,2020,39(9):12-17.
- [10] 陈绍辉.配电网分布式智能馈线自动化系统的通信研究[J].电气应用,2020,40(3):44-48.

