

# Analysis of Innovative Application of Electrical Control Technology in Power System Automation

Huan Bi

State Power Investment Corporation Guizhou Jinyuan Weining Energy Co., Ltd., Bijie, Guizhou, 553537, China

## Abstract

This paper systematically analyzes the innovative applications of electrical control technology in power system automation. First, it outlines the core components and fundamental functions of electrical control technology, while elucidating its role and technical classifications in automation systems. Second, it explores key technological innovations including intelligent control algorithm integration, high-reliability control frameworks, and power electronics-driven control systems. Third, the practical application scenarios are examined through three dimensions: power generation process optimization, grid stability protection, and distribution/consumption management. Finally, the paper examines the evolving trends of digitalization and intelligentization, discusses approaches to enhancing control equipment performance, addresses technical challenges and standardization systems, and introduces emerging technologies, aiming to provide theoretical references for the advancement of power system automation technology.

## Keywords

power system automation; electrical control technology; intelligent control; high reliability; power electronics; technological innovation

## 电力系统自动化中电气控制技术的创新应用分析

毕欢

国家电投集团贵州金元威宁能源股份有限公司, 中国·贵州 毕节 553537

## 摘要

本文意在系统分析电气控制技术于电力系统自动化之革新应用情况。首先, 概括电气控制技术的核心合成部分、基本功能, 并阐述其在自动化中的地位与技术分型类别。其次, 详细探究智能控制算法整合、高可靠性控制框架以及电力电子推动控制等主要技术创新点。接着, 从发电流程改良、电网稳定防护、配电及用电管理这三层面来解读其实际应用环境。最后, 展望数字化与智能化的发展趋势, 探讨控制设备性能加强途径及其遭遇的技术难点及标准体系与新兴技术, 从而希望给电力系统自动化技术的发展提供理论参照。

## 关键词

电力系统自动化; 电气控制技术; 智能控制; 高可靠性; 电力电子; 技术创新

## 1 引言

电力系统的运行较为复杂, 很容易受到环境因素的影响, 导致其运行性能差, 对社会生产和人们的日常生活等方面都造成了一定的影响。为了保证电力系统运行的稳定性, 有必要应用电气自动化控制技术, 通过各项控制技术手段, 减少不良因素对电力系统的影响, 保证电力系统运行的稳定性。能源转型和新型电力系统创建不断向前迈进的时候, 传统控制模式就很难适合可再生能源占比高、电网结构复杂以及用户需求多种各类这种情况, 改良技术成了加强系统灵活性、坚韧性和智能水平的必定之举。文章先阐述技术概要, 整理电气控制技术的主要形成和功能划分, 然后着重关注它的改良走向和实际应用, 剖析将来的趋向和发展难点, 从而

给相关领域的技术发展他提供系统的分析角度。

## 2 电气控制技术概述

### 2.1 核心组成与功能

电气控制技术属于电力系统当中用以监测、调节以及保护电气设备的一套综合技术体系, 其核心形成包含信息感知单元、控制决策单元以及执行推动单元。信息感知单元需采集电压、电流、频率等即时运行参数, 给控制决策给予数据支撑。控制决策单元按照预先设定的算法或者智能策略产生控制指令, 达成系统状态的调节和改良<sup>[1]</sup>。执行推动单元则实际操作断路器、调节器、电力电子开关之类的设备, 做到控制动作的物质化表现。这三个部分相互配合, 一起保证电力系统在发电、输电、配电、用电各个环节得以稳定、高效地运行。

### 2.2 在自动化中的基础角色

电气控制技术对于电力系统自动化来说很关键, 它是

【作者简介】毕欢(1992-), 男, 中国贵州盘州人, 助理工程师, 从事电力工程技术研究。

把一次设备和二次系统联系起来的桥梁,可以随时监测大规模电网,并立即作出反应,把自动化系统的决定指令变成实际设备的动作,以此来守住系统功率的协调和电压的稳定。在自动化框架当中,电气控制层处于中间位置,上面接收到调度中心发出的改良指令,下面还要处理本地突然出现的故障,执行继电保护和自动重合闸之类的重点工作。它的性能会影响自动化系统的总体响应快慢、控制准确与否以及是否可靠,所以是形成智能电网所必需的基本技术根基。

### 2.3 主要技术分类

依照功能与原理,电气控制技术大致可划分成继电保护控制、自动装置控制以及过程控制这三类。继电保护控制重点在于故障检测及隔离,其依靠迅速切除故障元件来阻止事故蔓延,从而保障设备和系统的安全。自动装置控制目的在于保留系统正常的运行状况,自动发电控制、自动电压调整以及频率控制均属于此类范畴,它们可保证电能质量并促使供配平衡。而过程控制更多着眼于发电厂、变电站等具体生产流程的改良运行,其中牵涉到顺序控制、闭环调节等技术手段,以此提升生产效率和设备的利用水平。各种技术协同合作,形成起一种分层化的控制架构。

## 3 关键技术创新方向

### 3.1 智能控制算法融合

传统控制算法应对现代电力系统中的非线性与高维情况存在局限性,智能控制算法的融合成为关键革新点。模糊逻辑、神经网络、深度学习以及加强学习等人工智能技术被应用到控制系统当中,使得控制系统具备更强的自适应能力和学习能力。这些算法可以从大量的运行数据里找出潜在规律,从而做到复杂工况下的精确建模和决策。在新能源功率预测、负荷改良调度以及故障判断等方面,智能算法明显改善了对控制系统的预见性和稳定性。算法的融合另外改良了控制品质,还为达成全面改良和自主决策形成了基础。

### 3.2 高可靠性控制架构

电网规模不断扩充,互联水平持续加强,控制系统可靠性需求变得越发严格。革新重点在于形成分布式、多处备份且具备自愈能力的高可靠性控制体系。分布式控制把控制功能分配给本地单元,削减对中央节点的依赖,从而改善系统的生存能力。硬件和软件采用备份设计,当关键部件出现故障时,备用模块可以立即接替工作,保证控制的连贯性。自愈机制让系统能够自行察觉异常情况,找出故障所在,并重新创建控制回路,最大程度缩减停电时延。这些架构上的改进从核心上提升了控制系统应对故障以及外部干扰的水平。

### 3.3 电力电子驱动控制

电力电子技术不断发展,给电气控制带来了新的执行方式,其更新应用主要集中在高性能驱动控制方面。以全控型器件为根基的变流器、柔性交流输电装置以及定制电力

设备,可以迅速而精准地控制电压、电流和功率。先进的调制策略以及多电平拓扑结构提升了电力电子装置的效率和电能质量<sup>[2]</sup>。在新能源并网、直流输电、电能质量治理等领域,电力电子驱动控制具备传统机械开关所不能达成的动态调节能力,大幅优化了电网的灵活性和可控性,是支撑新型电力系统的重要技术之一。

## 4 在自动化系统的应用

### 4.1 发电过程优化控制

在发电端,电气控制技术全面用于各种电源的改良运行当中。就火电、水电这些传统电源而言,协调控制系统可让机组出力立即回应调度指令,还要顾全经济性和环保指标。到了新能源领域,控制技术能保证风电、光伏发电单元做到最大功率点追踪,调和功率波动,达成友好并网。联合循环机组、储能电站等的启停控制以及功率分配也都依靠先进的控制策略。这些应用加强了发电单元的自动化程度、运行效率及其向电网给予支撑的能力,也是捍卫电源端灵活性与稳定性的关键所在。

### 4.2 电网稳定与保护控制

在输电网方面,电气控制技术重点用于系统稳定及安全防护。稳定控制包含预防控制、紧急控制和恢复控制,经由快速调节发电机出力、投切负荷或者并联设备来抑制系统振荡,防止稳定被破坏。继电保护和自动装置形成电网防御系统,可以准确识别故障并执行隔离操作,加上自动重合闸等举措缩减停电范围。广域测量与控制系统投入使用之后,依靠全局信息的稳定控制才得以实现,极大地优化了电网应对大扰动和连锁故障的防御能力,保证了主网架的安全稳定运行。

### 4.3 配电与用电管理

在配电和用电环节当中,电气控制技术助力配电网自动化和需求侧运作向前迈进。配电自动化系统借助馈线自动化、故障定位隔离以及恢复供电来改善供电的稳定性<sup>[3]</sup>。高级量测体系配合用户侧智能终端达成对用电信息的精准收集和双向交流,依靠于此的请求响应控制,可以引导用户改良用电习惯,削峰填谷。分布式电源、电动汽车充电设备、微电网的并网及其协调控制也都离不开配电侧的控制技术。这些应用促使配用电网络朝着智能化方向发展,进而提升终端能源利用率和电网的整体利用效率。

## 5 未来发展与挑战

### 5.1 数字化与智能化趋势

电气控制技术将来会深入地踏入数字化和智能化浪潮当中。数字孪生技术经由创建物理系统的虚拟副本,做到对控制策略展开模拟检测并加以改进更新,从而加强控制系统研发以及运行守护的效率。云边协同计算框架把云计算那强劲的计算能力同边缘控制的即时性融合起来,可以支持更为繁杂的智能分析活动<sup>[4]</sup>。而且,人工智能和大数据分析在控

制方面的运用将会朝着更多元化的方向发展,覆盖到各个环节之中,达成更高层次的自动适应、自动学习以及自行做决定的能力。这些动向会促使电力系统控制由自动化朝着自主化方向去发展,进而塑造出更加智能、更具灵活性的新一代控制体系。

## 5.2 控制设备性能提升

控制设备硬件性能不断优化,这是技术发展的物质根基。新一代控制器将会拥有更强的处理能力、更快的计算速度以及更大的存储空间,从而能够运行复杂的智能算法。高精度传感器和智能终端会给予更为全面、精准的系统状态感知能力。通信接口朝着高速化、标准化和开放式方向发展,以此来改善信息交互的效率并加强系统的相互操作性。而且,设备被设计成紧凑型、低能耗且具有良好环境适应性的特点,这会使其应用场景得到拓展。硬件性能有所超越,这就使得先进的控制理念得以达成,这也是促使该技术应用于实际的重要因素。

## 5.3 面临的技术挑战

即便前景十分可观,技术更新还是遭遇诸多挑战。系统变得更为复杂且充满更多不确定性,这就对控制模型的精准度和算法的稳定性提出了更高要求。众多设备蜂拥而至并展开信息交流,这造成网络安全和数据隐私方面的问题极为严重,控制系统急需提升自身安全防护能力。而且不同厂家的设备、新旧系统之间在相互操作的时候仍然得要标准和协议做进一步的统一。技术更新会产生成本方面的压力,改良已有系统会很困难,还要培训专门的人才,这些都是实际操作过程中必要去解决的问题。要想应对这些难点就得到跨领域合作,并不断投入研发资金。

## 5.4 标准体系与协同控制

技术革新和规模化应用要依靠统一开放的标准体系来支撑。以后要促使电气控制设备接口、通信协议、数据模型以及信息安全等方面的标准达成统一并加以完善,从而做到跨平台、跨厂商设备的无缝融合和高效协作<sup>[5]</sup>。而且,伴随分布式资源大量接入,源网荷储各类多元主体的协同控制就变得不可或缺,必要形成分层分区、分散自律的协同控制框架和策略,以在广域范围内调和众多控制主体的利益,并改善其运行状况,保证系统的整体安全性和经济性,这可是塑造

新型电力系统控制体系的关键根基。

## 5.5 跨领域融合与新兴技术集成

电气控制技术的创新发展越来越依赖与多学科的交叉融合。物联网、5G通信、云计算、区块链等新兴技术的深入集成,正推动控制体系向更开放、协同和智能的方向演进。物联网技术实现了海量设备的状态感知与互联,5G提供了低时延、高可靠的数据传输保障,云计算赋能了超大规模数据的存储与处理能力,而区块链则为分布式控制中的信任机制与安全交易提供了新思路。这些技术的融合应用,不仅能提升电气控制系统的实时性、可靠性与智能化水平,还将促进“源-网-荷-储”各环节的深度协同,为构建高度自主的新型电力系统控制范式奠定关键技术基础。

## 6 结语

电气控制技术处于电力系统自动化的核心地位,它的创新应用成为推进能源电力转型以及形成新型电力系统的主要动力来源。从基本合成直至前沿改进之处,又或是从发电端到用电端,该技术不断发展,给电力系统的运行模式和控制形式带来很大改变。智能算法相互结合、高可靠性框架得以创建、电力电子推进也取得了一定成果,这些使得系统具备了更高层次的自动化、灵活性以及稳定性。但是,踏入数字化智能化进程会碰上诸多问题,比如模型、安全、交互操作等方面存在的考验。未来要不断加大技术研发力度,促使不同学科交叉渗透,从而凭借更为智能、稳定又高效的电气控制技术来助力电力系统朝着清洁低碳、安全高效的方向稳步前行。

## 参考文献

- [1] 徐芳芳.电力系统中电气自动化控制技术的应用分析[J].南方农机,2020,51(10):156-157.
- [2] 马忠兴.电力系统中电气自动化控制技术的应用研究[J].中国科技投资,2025,(16):41-43.
- [3] 江拼,游世辉,李伟,等.电气自动化控制技术在电力系统中的应用[J].中国高新科技,2023,(14):32-33+36.
- [4] 王晓彤.电力系统中电气自动化控制技术的运用[J].通信电源技术,2020,37(03):111-112.
- [5] 王剑.刍议电气自动化控制技术在电力系统中的应用[J].建材与装饰,2020,(01):239-240.