

电气工程自动化在电力系统运行中的应用

汤卓

国网武汉供电公司江岸供电中心，湖北 武汉 430014

摘 要： 电气工程自动化是电力工程与自动控制技术相结合的一门新兴学科，其目的是使电网安全、高效、稳定地运行。它的内涵是对电气设备进行智能控制，例如电动机自动调速、开关遥控等。本文通过对电网运行参数的实时监控和分析，及时发现电网中存在的潜在问题，提出相应的预警措施，同时提出一种基于自动控制的电网调度方案。

关 键 词： 电气工程自动化；电力系统；自动化控制；智能电网

Application of Electrical Engineering Automation in Power System Operation

Tang Zhuo

State Grid Wuhan Power Supply Company Jiang'an Power Supply Center, Wuhan, Hubei 430014

Abstract: Power engineering automation is an emerging discipline that combines power engineering with automatic control technology, aiming to ensure the safe, efficient, and stable operation of the power grid. Its connotation is intelligent control of electrical equipment, such as automatic speed regulation of electric motors, remote control of switches, etc. This article detects potential problems in the power grid in a timely manner through real-time monitoring and analysis of operating parameters, proposes corresponding warning measures, and proposes an automatic control based power grid scheduling scheme.

Keywords: electrical engineering automation; power system; automated control; smart grid

引言

文章从多个角度对电气工程自动化技术在电网运行中的应用进行较为详尽的论述。首先对电气工程自动化的概念、内涵、发展历程和发展趋势进行阐述，然后对其在发电、输电、配电等环节的具体应用和关键技术进行详细的阐述，对其在电力系统中的应用进行研究，分析其在电力系统的运行效率、稳定性、智能化等方面的促进作用，指出在实际应用中所遇到的数据安全、技术标准、人才培养等方面的问题，以期为电力系统中的电气工程自动化的更好地应用于电力系统提供理论基础和实际指导。

一、电气工程自动化的发展历程与趋势

电气工程自动化技术经过几个时期的发展，最早的时候它只是一种简单的电器自动控制，比如继电器逻辑控制。近年来随着电子与计算机技术的快速发展，可编程控制器（Programmable Logic Controller, PLC）、分布式控制系统（Distributed Control System, DCS）等相继问世，极大地提高自动控制的准确性与灵活性。后来人工智能、大数据和物联网等新兴科技的出现，电力系统的智能化、网络化和集成化程度不断提高。比如智能电网的构建利用先进的通信技术和自动化技术，把电力系统中的源、输电、配电、用电等各个环节进行密切的连接，使电力流、信息流、业务流都得到很好的结合，从而适应当今社会对用电的不断提高和对电能品质的要求。^[1]

二、电气工程自动化在电力系统运行中的应用

在电网运行过程中，电气工程自动化涉及到发电、输电、配

电等各个方面，工程人员采用一系列的自动化技术和装备，能够使电网的运行和管理达到最大效率。因此在电源端可以对电源的控制流程进行优化，改善电源的效率，对分布式电源进行高效地管理；在传输端，它能保证传输线的安全性和稳定性，并能灵活地调节传输参数。另外，在配电网中，电气工程自动化可以提高配电网的可靠性、智能化程度，并对用户侧用电进行合理的调度。

三、电力系统运行中的电气工程自动化关键技术

（一）自动化控制技术

自动化控制技术是电气工程自动化的核心技术之一，它是指通过对电网中各类装置及生产工艺进行控制，从而保证电网的安全稳定运行，比如为了保证电厂机组的安全和高效运行可以应用自动控制系统。常用的自动控制方法有比例-积分-微分（PID）控制、模型预测控制等，其中PID控制具有结构简单、可靠性高等优点，在电力系统中具有广泛的应用；预测模型能够更好地应

对多变量强耦合的复杂电网控制问题，根据未来的负荷变化预先调节电源的出力，从而保持电网的频率稳定性，如电网的负载频率控制。^[2]

（二）电力系统监测与诊断技术

为了保证电网的可靠运行，对电网进行监控和诊断是非常重要的。工程人员利用各种传感器，如电流互感器、电压互感器、温度传感器等，可以对电网运行中的电量、非电气量等进行实时监测。在此基础上，工程人员综合运用数据挖掘、机器学习等数据处理与分析方法，能够深入研究电网设备的运行状况，并对其故障进行诊断。比如通过分析变压器油中的溶解气体就能判断出有无绝缘缺陷，采用振动传感器对电动机进行振动状态监测，并对电动机轴承的磨损进行预报。^[3]这种监测与诊断技术能够及时发现电力系统中的潜在故障，提前采取措施进行修复，避免故障扩大化，从而提高电力系统的可靠性和安全性。

（三）智能电网技术

智能电网技术是现代电力系统发展的重要方向，该系统将现代信息技术、通信技术、自动化技术、电气技术相结合，构成一个具有高度智能性的电网。智能电网具有较强的自愈能力，能够在电网出现故障时自动检测、定位故障位置，快速地进行隔离与抢修，缩短停电时间。比如通过将分散式智能开关与自动保护设备相结合，可以在不发生故障的情况下迅速地故障线路隔离，并使其在未发生故障的情况下，能够自动恢复电力。

另外，工程人员通过智能电表、需求响应等技术，能够对客户用电需求及市场电价信号进行实时监控，并结合电网运行状况及负载状况，对电源资源进行合理调配，提升电网经济与资源使用效率。同时随着太阳能、风能等新能源在电网中所占比重的日益增大，智能电网能更好地协调新能源与传统电源间的联系，支撑新能源并网消纳，使其平稳并网，从而推动新能源可持续发展。

四、电气工程自动化在电力系统运行中的具体应用

（一）发电环节应用

1. 自动化发电控制（AGC）

自动化发电控制（Automatic Control, AGC）是现代电网中发电环节中一项重要的应用技术。AGC系统通过与电网调度中心进行通讯，从系统中接受负载命令，并基于每台机组的特点及工作状况，对每台机组的出力进行调节，并向机组调速器、励磁系统发出控制信号，以达到准确调节发电功率的目的。比如在电网负荷峰值时，AGC将自动提高出力，在用电低谷时适当降低出力，以确保电网的供需均衡，增强电网的稳定与可靠性。^[4]

2. 分布式能源发电管理

随着太阳能、风能等分布式电源的大量使用，如何对分布式能源发电进行高效的管理就成了一项重要的工作。工程人员通过对分布式新能源发电功率、电压、电流等参数的实时监控，并结合天气状况（太阳辐射强度、风速等）可以对分布式新能源发电容量进行预测。同时结合电网实际情况，对分布式能源的发电调

度进行优化，实现分布式能源与常规电源的协同。^[5]

（二）输电环节应用

1. 输电线路自动化巡检

输电线在电网中起着举足轻重的作用，输电线路巡检是利用无人机、机器人等智能装备与现代传感技术、图像识别技术相结合，实现对输电线路的全方位、全天候巡视。另外，采用高清摄像机、红外热成像等技术对线路绝缘子、导线、金具等部件进行拍照、探测，获得线路外表图像及温度场信息，并利用图像辨识算法，实现对线路绝缘子破损、导线磨损、过热等故障的自动识别。^[6]其中机器人能够在导线上行走，完成对导线的近距离监测与维修工作，例如清理导线表面的异物、紧固螺栓等。

2. 柔性输电技术（FACTS）

灵活传输（FACTS）是一种以电力电子器件为基础的新型输电控制技术，可以实现对线路电压、无功、阻抗等参数的灵活调整，提升电网的传输容量与稳定性。如 SVC 能在电网中迅速地进行无功补偿，保持电压稳定；STATCOM 的动态响应性能较好，对电压、无功控制更为准确；TCSC 能够通过改变线路等效阻抗来调节功率流。

（三）配电环节应用

1. 配电自动化系统（DAS）

配电网自动化是改善配电网运行可靠性、改善供电品质的一项重要技术。工程人员通过将智能开关、智能电表、数据采集终端等装置安装到配电网中，可以构成一套涵盖整个配电网的自动监测和管理体系。在配电网出现故障时，分布式电源系统可以快速发现故障位置对非故障区域进行自动隔离，调整非故障区域的供电模式，从而达到快速处理故障、快速恢复供电的目的。^[7]

2. 需求侧响应管理

DSM 是一种通过对用户进行电力消费行为的激励，实现对电网最优运营的一种管理方式。在电子工程自动化的支撑下，利用智能电表和通讯网络等技术可以对用户的用电信息进行实时的收集，同时向用户反馈电网的负荷状况、电价等信息。在此基础上，用户可以对其使用的电力进行主动的调节，例如在价格低谷期将洗衣机、电热水器等用电设备的使用增加到一定程度，在价格高峰期间，可以减少不需要的电力消耗。除此之外，电力企业也能够依据客户的需求侧反应状况，对其进行合理的生产计划与用电调度，减少电网峰谷差异，增加电网的负载率，优化电网资源分配，并能使用户得到相应的经济补偿，达到“两方共赢”的目的。

五、电气工程自动化应用对电力系统运行的影响

（一）提高电力系统运行效率

在电力系统中采用电气自动化技术，可以实现电网各部分的智能化和自动化，极大地提高电网的运行效率。在电源侧自动电源控制（AGC）可依据负载变化对电源功率进行精准调节，有效防止电源过负荷或低负荷运行，提升电源利用率。在传输端灵活传输（FACTS）可通过传输参数的优化来减少传输损失，提升传

输容量。^[8]

（二）增强电力系统稳定性与可靠性

电力工程自动化是保证电网稳定可靠运行的重要保证。在电网运行过程中采用自动监控和故障诊断方法，可以对电气设备的运行状况进行实时监控，并对其进行检测，以防止故障扩大。比如通过对重要设备如变压器、发电机等进行实时监控，及早发现异常的温升和振动，并对其进行维修和维修，避免因突发故障而造成的停电事故。在输电过程中通过对输电线路进行在线监测，可以及时地检测出线路中存在的缺陷或故障，从而保证其安全、稳定地运行。

（三）促进电力系统智能化发展

在电力系统智能化进程中，电气工程自动化是其核心驱动因素，随着自动化、信息、通讯等技术的广泛运用，电力系统正逐步走向智能化。比如工程人员将智能传感器、智能装置大量应用于电网，以达到对电网运行状况的全方位感知。因此为了提高电网的柔性、自适应能力，需要采用智能控制技术对电网进行智能控制，也为新一代电网的创新发展打下坚实的基础，如大规模的分布式能源接入、电动汽车充电管理等。^[9]

六、电气工程自动化应用面临的挑战与对策

（一）技术难题与挑战

1. 数据安全与隐私保护

随着电网自动化技术的普及，电网运行的各个环节都会产生海量的电能数据，由于其包含电网运行状态、用户用电等多个方面的重要信息，因此对其数据的安全性和隐私保护提出了更高的要求。一方面，网络攻击会对电网造成极大的威胁，黑客可以侵入电网，盗取电网数据，并对电网运行参数进行修改，造成电网故障甚至瘫痪。比如最近几年出现的几起网络袭击事件导致多个地方大面积断电，对社会产生巨大的冲击。另一方面，由于电力用户的用电习惯、用电设备个人等隐私信息，在存储与分享的过程中还会产生一些潜在的隐私泄漏风险。^[10]为了应对数据安全和隐私的挑战，电力公司必须建立起一套完善的网络安全防御系统。

2. 技术标准与规范不统一

由于电力工程自动化项目涉及到多个专业、多个厂家，因此当前电力系统的相关技术标准还不够统一，由于各制造企业的自动化设备在接口、通讯协议、数据格式等各不相同，使得其难以实现一体化与互操作。因此为了解决目前电力工程自动化中存在的技术标准不够统一等问题，必须发挥行业标准化机构的作用，制定出一套完整的电力工程自动化技术标准与规范，涵盖设备接口、通信协议、数据模型等各个方面，促进设备制造商之间的技术交流与合作，推动电力系统自动化设备的标准化和规范化发展，提高电力系统的兼容性和可扩展性。

（二）人才培养与管理挑战

1. 复合型人才需求

在电力系统中，电气自动化技术的发展要求具有较高的综合素质和较高的综合素质。但是在当前的电力系统中，这种复合型

的人才却比较匮乏，传统的电力工程师缺乏自动化和信息技术方面的知识，很难适应电力工业自动化的发展需要。为了培养出更多的复合型人才，大学和高职学院要对课程进行优化，增强电子工程与自动化、计算机科学、通信工程等多个专业之间的相互渗透，通过设置综合的课程和实习提高学生的多学科思维和动手能力。

2. 人员管理与组织变革

随着电网自动化的不断发展，电网企业的人事管理、组织结构都要进行相应的改革。传统的电力企业的管理方式与组织结构都是以用电设备的运行维护与手工作业为核心，而在自动化的环境中一些人工操作被自动化装置和系统所代替。这就需要对电力公司的员工进行岗位设置与职责划分，进行人力资源的优化配置。同时为了满足电力工程自动化的要求，电力企业必须建立更加灵活高效的组织管理方式，在企业内部强化信息管理、提升决策的效率以及推动各部门间的协作，进而建立与智能电网建设相适应的创新组织结构。

七、结语

在电力系统中，电气工程自动化是一项十分重要的工作。工程人员通过在源、网、配等多个环节的深度应用以及一系列关键技术的支持，能够使电网的运行效率、稳定性和智能化程度得到明显提升。但在实际应用中，还存在着数据安全性、技术规范和人才培养等方面的问题。电气工程企业唯有主动迎接这一挑战，从技术创新、完善标准规范、培养复合型人才以及推进组织改革等方面入手，才能使电气工程自动化在电力系统中的优势得到最大程度的发挥，使电力系统朝着更智能、更高效、更可靠的方向发展，进而满足现代社会日益增长的电力需求，为经济社会的稳定发展提供坚实的电力保障。

参考文献

- [1] 黄志华, 朱菁文. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用探讨 [J]. 现代交通与冶金材料, 2023, 3(S1): 158-160.
- [2] 葛议鑫. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 光源与照明, 2023, (04): 189-191.
- [3] 张四海. 电力系统运行中的电气工程自动化技术研究 [J]. 数字通信世界, 2023, (12): 26-28.
- [4] 王子涵. 自动化技术在电力运行系统中的应用 [J]. 集成电路应用, 2023, 40(01): 250-251. DOI: 10.19339/j.issn.1674-2583.2023.01.114.
- [5] 周荣斌, 李艳坤. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 光源与照明, 2022, (11): 228-230.
- [6] 刘煜. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 中国新通信, 2022, 24(21): 74-76.
- [7] 朱敏忠. 基于电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 科技风, 2022, (16): 85-87. DOI: 10.19392/j.cnki.1671-7341.2022.16.028.
- [8] 陶进秋. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用研究 [J]. 光源与照明, 2024, (04): 219-221.
- [9] 郭丹. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用 [J]. 石河子科技, 2021, (06): 10-11.
- [10] 刘志超. 电气工程自动化技术在电力系统运行中的应用试析 [J]. 中国设备工程, 2021, (18): 192-193.