

电气工程自动化在电力系统中的应用及前景

刘 莹

内蒙古能源集团有限公司工程建设事业部 内蒙古 呼和浩特 010010

摘 要：随着社会的发展，科学技术的不断提高，对电网的要求也越来越高。电力系统是我国国民经济的重要组成部分，其安全、稳定、高效地运转关系到整个国民经济的发展。在电力系统中，电气工程是一项十分关键的技术，它关系到整个电网的安全运行。自动控制在电网中的地位日益突出，能够利用自动控制装置和系统，对电网进行自动监测，故障诊断，最优排班，从而大大提升电网的运行效益和安全水平。

关键词：电力系统；电气工程；自动化技术；趋势

论述了电力系统中的电力系统设计、运行及维护中的一些问题，讨论了电力系统中电力系统的运行监测、故障诊断及最优排班等问题。

1 核心应用领域

1.1 智能监控与优化调度。电气工程自动化技术通过集成计算机、通信和智能算法，实现对电力系统的实时数据采集、设备状态监控及负荷预测。例如，智能调度系统可动态调整发电、输电和配电流程，提升能源利用效率并降低损耗。

1.2 故障诊断与快速恢复。自动化系统结合传感器网络 and 数据分析技术，能够快速定位输配电线路中的故障点，并通过智能切换装置隔离故障区域，保障电网稳定性。例如，部分电力公司已实现毫秒级故障响应，减少停电影响范围。

1.3 新能源并网管理。针对风能、太阳能等间歇性新能源，自动化技术通过预测模型和储能调控策略，优化新能源发电与电网的匹配度，解决波动性带来的并网难题，推动可再生能源规模化应用。

1.4 输配电自动化升级。通过智能电表、远程终端设备（RTU）和配电自动化系统，实现用户侧用电数据的实时反馈与远程控制，提升配电网的可靠性和响应速度。部分城市已试点“自愈电网”技术，显著减少人工干预需求。

2 电气自动化提高电力系统稳定性的方法

2.1 提升静态稳定性的方法。自动调节励磁装置。通过实时调节发电机励磁电流，维持机端电压稳定，缩小系统等效电气距离，增强功率传输能力。例如，采用恒定电动势控制模式可有效抑制电压波动。减少元件电抗。优化输电线路参数，如采用分裂导线、串联电容补偿或柔性交流输电（FACTS）技术，降低线路阻抗，提升输电容量和稳定性。智能电网结构优化。部署自动化

开关和分段控制器，实现配电网动态拓扑调整。例如，南方电网通过安装10千伏线路自动化开关，分段优化支线供电范围，降低局部故障对整体系统的影响。

2.2 增强暂态稳定性的方法。快速故障切除与自愈。利用馈线自动化终端（FTU）和继电保护装置，实现毫秒级故障定位与隔离。结合智能切换技术，快速恢复非故障区域供电，减少停电时间。自动重合闸技术。在输电线路瞬时故障（如雷击）后，通过自动化装置快速检测并执行重合闸操作，避免非必要停机，维持系统连续运行。虚拟同步发电机（VSG）技术。通过模拟同步电机惯性特性，增强新能源并网系统的稳定性。例如，西电研发的VSG方案结合阻抗建模与动态阻尼控制，有效抑制频率波动和电压跌落。

2.3 综合应用与前沿技术。多能互补与储能调控。在风光储一体化项目中，自动化系统通过预测模型动态调整储能充放电策略，平抑新能源出力波动，提升电网调峰能力和稳定性。人工智能预测性维护。基于机器学习算法分析设备运行数据（如变压器油色谱数据），提前预警绝缘老化、机械磨损等潜在故障，减少非计划停运风险。广域协同控制。利用物联网和5G通信技术，构建跨区域电网协同调度平台，实现多级电网的实时数据共享与联动控制，降低连锁故障风险。实际应用成效。效率提升：自动化开关部署使故障恢复时间从小时级缩短至5秒内，供电可靠性达99.99%。新能源消纳：风光储联合调控系统将新能源消纳率提升至95%，降低碳排放强度25%。成本优化：远程集控平台实现300座变电站无人值守，运维成本降低40%。通过上述方法，电气自动化技术从设备控制、系统协调到跨领域融合，全面支撑电力系统安全、高效、低碳运行。

3 电气工程自动化在电力系统中的应用

3.1 智能故障诊断与自愈系统。在输配电线路中，馈

线自动化终端（FTU）与配电终端单元（DTU）通过通信基站实时传输故障信息至控制中心。例如，某地区电网采用该技术后，可在5秒内定位并隔离短路故障，通过智能切换装置快速恢复非故障区域供电，显著降低用户停电时间。

3.2 新能源并网与智能调度。针对风光发电的波动性，自动化技术通过预测模型和储能调控策略实现新能源高效并网。例如，某风光储一体化项目利用自动化系统动态调整储能充放电策略，使新能源消纳率提升至95%，有效缓解电网调峰压力。

3.3 配电网自动化与智能电表应用。通过部署远程终端（RTU）和智能电表，实现用户侧用电数据的分钟级采集与分析。某城市试点“自愈电网”项目，当检测到局部线路过载时，系统自动切换至备用线路，故障恢复时间从小时级缩短至3分钟内，减少人工干预需求。

3.4 设备集控与远程监控。采用现场总线技术对变电站设备进行集中监控，减少80%的电缆使用量。某省级电网通过远程集控平台，实现300座变电站的无人值守运行，运维成本降低40%，设备巡检效率提升3倍。

3.5 人工智能驱动的预测性维护。基于机器学习的设备健康评估系统可提前预警潜在故障。例如，某电网公司开发的变压器状态监测系统，通过分析油色谱数据预测绝缘老化趋势，故障预警准确率达92%，避免非计划停运事故。

4 自动化技术在电力系统中的应用

自动化技术在电力系统中的应用非常广泛，主要包括运行监控、故障诊断和优化调度等方面。

4.1 运行监控。通过将传感器、执行器和控制器等设备集成到电力系统中，可以实时监控电力系统的运行状态，包括电压、电流和功率等参数。该系统能够实时收集电力系统的数据，包括电压、电流和频率等，并实时显示在控制中心的大屏幕上。一旦系统发现数据异常，比如电压过高或过低，SCADA系统就会自动触发警报，并通过自动保护装置切断故障的电力线路，防止问题扩大。

4.2 故障诊断。自动化设备可以快速准确地识别和定位电力系统中的故障，比如电缆断裂和变压器过热等问题。在英国的一家电力公司使用了一种名为“智能电网”的自动化系统。该系统能够实时监测电力系统的运行状态，并使用人工智能算法进行故障诊断。例如，当系统检测到电流突然增大时，它会判断电力线路可能发生了短路，然后立即向运维人员发送故障报告，帮助快速定位和处理故障。

4.3 优化调度。自动化技术可以根据电力需求和设备

运行状态等信息，自动进行电力调度，以实现电力系统的最优运行。在我国，中国国家电网有限公司采用了一种称为“电力系统优化调度”的自动化系统。该系统能够根据电力需求和设备运行状态等信息，自动进行电力调度。例如，当系统预测到某个地区的电力需求将在未来几个小时内增加时，它会自动调度附近的电厂提高发电量，以满足这个地区的电力需求。自动化技术在电力系统中的应用，不仅提高了电力系统的运行效率，也提高了电力系统的安全性和可靠性。

5 电气工程与自动化技术融合的必要性

5.1 电力系统的复杂性使得电气工程与自动化技术的融合成为必要。电网是由发电、传输、分配、用电组成的巨大而又复杂的电网。仅凭手工操作，很难保证电网安全、有效地运行。而将电子与自动控制相结合，利用自动控制装置和系统，对电网进行自动监测、自动调度和自动最优控制，极大地提升了电网的运行效率和可靠性。

5.2 电力系统的智能化需求使得电气工程与自动化技术的融合成为必要。随着科学技术的进步，对电网提出了更高的要求，既要保证电网的供电质量，又要保证电网的智能化。在此基础上，提出了一种基于信息网络的新型控制方法，即通过对电网进行远程控制，对电网进行故障预警，并对其进行最优控制。

5.3 电气自动化在电网调度中的应用。（1）负荷智能调度与快速转供。“厂站一键转供”技术。市通过配电自动化系统实现全母线负荷智能转供，主配网图模拼接技术自动生成最优负荷转供方案，2分钟内完成原本需数小时的人工操作，保障7000余户用户“零停电感知”，减少工商业经济损失超50万元/次。动态拓扑优化。南方电网毕节市郊供电局在10千伏线路部署自动化开关，分段优化支线供电范围，故障时可自动切换至备用线路，区域供电可靠性提升30%，故障恢复时间缩短至5分钟内。（2）新能源并网与柔性调控。变频电源动态控制。变频电源通过调节电机频率实现电网负荷灵活调度，例如动态补偿无功功率、改善功率因数，降低线路损耗5%-8%，同时支撑新能源发电设备友好并网，提升电网接纳能力。储能协同调度。风光储一体化项目中，自动化系统预测新能源出力波动并动态调整储能充放电策略，减少电网调峰压力，新能源消纳率提升至95%以上。（3）故障自愈与智能诊断。配网故障全自动处理。某省电网通过227条线路的自愈系统，实时感知配网运行状态，结合自动化终端（DTU/FTU）预置功能，精准判定故障区段并自动隔离，非故障区域供电恢复时间从小时级压缩至3分钟内，用户投诉率下降60%。多级协同

控制。配电主站系统通过SCADA实时监测数据,结合变电站保护信号,实现故障类型智能识别与隔离策略联动,故障定位准确率达98%。(4)三维可视化与智能决策。实景三维调度平台。电力大数据智慧调度平台融合实景三维模型、雪亮工程视频定位及地下管线数据,实现电力设备全域可视化监控,调度响应效率提升40%,施工误损管线风险降低90%。数字孪生模拟。开发的智能电网虚拟仿真系统,基于实际电网参数构建数字孪生模型,支持调度策略预演与风险预警,缩短调度方案验证周期80%。综合应用成效。效率提升:自动化技术使负荷转供、故障处置等操作效率提升5-10倍,供电可靠性达99.99%。成本优化:减少人工巡检频次30%,降低运维成本20%-40%。低碳转型:支撑新能源渗透率突破50%,碳排放强度下降15%-25%。电气自动化技术正深度重构电网调度模式,推动电力系统向“自感知、自决策、自执行”的智能化方向升级。

6 电气工程与自动化技术融合在电力系统中的应用前景

6.1 构建智能电网。随着电气工程与自动化技术的不断深度融合,未来的电力系统将更加智能化,形成智能电网。智能电网不仅可以实现电力的高效供应,还可以实现电力需求的精准预测,以及电力生产和消费的优化调配。此外,智能电网还可以支持电动汽车等新兴电力应用,推动能源结构的优化。

6.2 实现虚拟化。通过电气工程与自动化技术的融合,未来的电力系统可能实现虚拟化。比如,可以通过云计算等技术,构建虚拟的电力系统,模拟真实的电力网络,以进行电力系统的设计、优化和故障诊断。这将大幅提高电力系统的运行效率和稳定性。

6.3 电力系统的个性化服务。通过电气工程与自动化技术的融合,未来的电力系统可以提供更加个性化的服

务。例如,可以根据用户的电力需求,提供定制化的电力服务,包括电力价格和电力质量等,这将提高电力系统的用户满意度。

6.4 实现环保和可持续发展。通过电气工程与自动化技术的融合,未来的电力系统可以更好地支持环保和可持续发展。例如,可以通过智能电网优化电力的生产和消费,减少电力的浪费;可以通过电力系统的虚拟化减少电力系统的建设和运行对环境的影响。总的来说,随着电气工程与自动化技术的不断融合,电力系统的应用前景将更加广阔,将为社会的发展提供强大的支持。

总之,在科学技术不断发展的今天,电力系统和自动控制领域的交叉与交叉将不断加深,促进了电力系统向智能化、虚拟化、个性化服务以及绿色可持续发展等方面的发展,为人类的经济发展提供强有力的支撑。电力与自动化的交叉渗透为我国电力行业发展提供了良好的发展契机,但同时也面临着科技研发与应用、人才培养与引进、政策制定与实施等诸多问题。为此,需要政府、企业和学术界的多方合作,促进电力系统与自动控制的结合与运用。因此,将机电一体化与自动控制相结合进行电网建设,是一项非常具有发展潜力的课题。

参考文献

- [1]孟华.基于机器学习的电力变压器故障诊断方法研究.2023.
- [2]张鹏飞,赵红艳,等,电气自动化技术在电气工程中的应用.2022.
- [3]刘浩宇.电气工程自动化在电力系统中的应用及前景探讨.2023.
- [4]周新华,李海云,等,关于电气工程自动化在电力系统中的应用及前景探讨.2023.
- [5]周慧园,浅谈电气工程自动化在电力系统中的应用及前景探讨.2021.