

电力系统中运用电力自动化控制技术探讨

袁明

秦皇岛华源电力实业有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i2.7722

[摘要] 电力自动化控制技术在现代电力系统中发挥着重要作用，电力自动化控制技术能提升电力系统稳定性、优化电网调度并实时进行数据监测分析，有效保障电力供应。电力企业在故障预测、智能调度、管理分布式能源、调整动态电压以及强化边缘计算等方面应用电力自动化控制技术，可以优化设备健康评估、资源配置。基于此，本文旨在探究电力系统中运用电力自动化控制技术，并提出切实可行的思路。

[关键词] 电力系统；电力自动化控制技术；自动化技术

Discussion on the application of electric power automation control technology in electric power system

Yuan Ming

Qinhuangdao Huayuan Electric Power Industrial Co., LTD

[Abstract] Power automation control technology plays an important role in the modern power system. Power automation control technology can improve the stability of the power system, optimize the power grid dispatching and conduct real-time data monitoring and analysis, and effectively guarantee the power supply. Power enterprises can apply power automation control technology in fault prediction, intelligent dispatching, distributed energy management, dynamic voltage adjustment and enhanced edge computing, which can optimize equipment health evaluation and resource allocation. Based on this, this paper aims to explore the use of power automation control technology in the power system, and put forward feasible ideas.

[Key words] electric power system; electric power automation control technology; automation technology

引言：

《国家能源局关于加强电力安全治理 以高水平安全保障新型电力系统高质量发展的意见》明确提出，要积极推进电力系统现代化，提升电力安全保障能力。电力自动化控制技术作为支撑现代电力系统安全、高效运行的重要手段，其应用在确保电力供应稳定、提升电网调度效率以及优化负荷管理等方面具有不可替代的作用。随着电力市场的不断开放与可再生能源的快速发展，电力系统需依托电力自动化控制技术，提高电网的灵活性，并优化电力资源的分配。

一、电力系统中运用电力自动化控制技术的优势

1. 提高系统稳定，保障电力供应

传统的电力系统中，其稳定性主要依赖人工操作以及基础设施的维护，存在一定的不确定性。借助电力自动化技术相关人员能实时监控电网的各项运行数据，及时发现系统中的异常波动，做出快速响应。在电力系统发生波动时，自动化控制系统会迅速调整负荷分配，进行自我修复，避免人工操作的滞后性。与此同时，电力自动化技术还能在发生故障时快速定位故障点，实施自动隔离，防止故障蔓延，减少系统停运时间，最大程度保障电力的稳定供应。经由智能化的调度控制，电力系统的整体运行效率会得到显著提升，为社会经济的平稳运行提供强有力的保障。

2. 优化电网调度，提升负荷管理

随着电力需求的波动，负荷管理成为电力系统稳定运行的

关键。电力自动化控制技术可以实时监测电力负荷情况，根据系统负荷的变化情况自动调整发电与输电计划，实现电网的最佳运行状态。凭借对电网运行状态的精准调度，电力自动化技术能有效减少电力系统的过载风险，确保电力供应的平衡。除此之外，自动化技术的引入也使负荷调度更加灵活高效，可实时响应突发的负荷波动，防止传统手动调度的滞后性。自动化控制系统还能优化电力网络的拓扑结构，调配电力资源，保障各个区域的负荷均衡，提高电网运行的可靠性。在这种智能化的调度过程中，电力系统能更加精准地满足不同用户的用电需求，推动电力行业的持续高效发展。

3. 精确数据监测，提升运营效率

借助实时采集的电流、电压以及频率等重要运行参数，自动化电力系统能精准监控电网的各项指标，及时发现潜在的运行异常，为系统运行提供有力保障，并在问题发生前进行预警，减少人工巡检的频率，提高故障处理的响应速度。数据的实时分析与远程控制使得运营人员能在最短时间内了解电力设备的状态，进行有效调度。经由对运行数据的深度挖掘和趋势分析，系统能调整发电输出，确保电力供应的平稳高效，既降低人为干预的错误率，又减少了运行不当带来的能源浪费，进一步提升电力系统的整体效率。

二、电力系统中运用电力自动化控制技术的应用

1. 基于大数据的电力设备故障预测

随着电力自动化技术的不断发展，大数据的应用已经成为

提升电力系统可靠性的关键技术手段。电力设备在长期运行过程中,存在着多种潜在故障风险,而这些故障会对电网的稳定性造成严重影响。传统的故障诊断方法依赖经验和定期的检查,难以准确、及时地发现设备的隐患。而相关人员引入大数据技术,能使电力设备故障预测实现从事后诊断到预测性维护的转变,具有更高的实用性。与此同时,大数据技术能实时采集分析电力设备运行数据,提取影响设备正常运行的因素,进而评估设备的健康状况,发现潜在的设备故障趋势,提前预测设备的故障时间、故障类型及可能的影响范围,降低设备故障发生的频率。

在电力设备的故障预测过程中,为提高预测的精度,电力企业会采用基于传感器的实时数据采集技术,这些传感器能记录电力设备的温度、压力以及电流等运行状态数据。相关人员将这些实时采集的数据同历史运行数据相结合,使用大数据分析平台进行处理,可以全面评估设备的健康状况。而经由多维度的模型训练,电力系统能预测设备可能出现的故障类型,及时检修变压器,避免设备突然停运而引发的更大范围电力供应中断。与此同时,机器学习模型在故障预测中的应用也为大数据分析带来新的维度。电力系统中的设备种类繁多,传统的故障诊断方法面临极大的挑战。而电力企业凭借机器学习技术,能实现设备故障模式的自动识别分析,并据此构建出故障预测模型。这种模型能准确预测设备的剩余使用寿命,且优化调度设备的维护需求,减少人工干预的风险,提升系统的自动化水平。除此之外,电力企业还能在智能电表的应用该技术,实时监控用户用电情况,依据历史用电数据及设备运行状态,预测电表可能出现的故障,经过大数据分析,实现全面诊断电力设备,从而提升电力系统的可靠性。为进一步提高故障预测的精准性,电力企业还可以结合人工智能技术与大数据分析,优化电力设备的维护策略。人工智能算法会结合设备的实时运行状态同历史故障数据,自动调整维护计划,合理安排设备的检修时间,降低故障发生的概率。

2. 自动调度系统优化电网负荷分配

自动调度系统作为电力自动化控制技术的一环,凭借其其对电网状态的实时监控能力,能动态优化电网负荷。在自动调度系统中,经由集成传感器、通信网络以及数据分析技术,可以实时获取电网各个环节的运行状态,自动选择最优的发电组合,平衡电网的供需关系,避免电力资源的浪费,并最大限度地提升系统运行的经济性。与此同时,该系统还能依据负荷预测结果,预见电力需求的波动,作出前瞻性的调度决策,避免系统失衡,进一步防止部分电网过载而导致的设备停运。这种智能化的负荷分配优化方案,能有效提升电力系统的经济性,在高负荷情况下,展现其优越性。

在自动调度系统的实际应用中,其核心目标是及时响应负荷波动并进行智能调控,确保电力资源的合理分配。在此过程中,电力企业部署智能传感器及实时监测设备,可以随时掌握电网的负荷变化,结合天气、节假日等外部因素,精准预测电力需求变化。在此基础上,调度系统能依据负荷预测结果,自动调整发电机组的输出功率,实现电力供需平衡。具体而言,针对不同时间段的负荷需求波动,调度系统会采取“负荷预测—负荷平衡—资源调度”的策略。负荷预测环节,系统结合历史数据、季节性变化以及气象条件等因素,预测未来一段时间

内电力需求的波动趋势。而负荷平衡环节系统基于实时数据动态调整电网负荷,避免线路过载。资源调度环节系统则根据电力需求变化,合理安排发电机组的启停。为进一步优化负荷分配,系统还可以利用最优化算法进行电网运行状态的求解,结合各个发电厂的经济性同输电线路的承载能力,计算最优的发电组合,在满足电力需求的同时,最大限度地降低运行成本。

3. 分布式能源接入的协调调度管理

与传统集中式电力系统不同,分布式能源能实现局部能源的自给自足,并经由并网方式将多余电力反馈到电网,进一步提高能源使用效率。通过电力自动化控制技术中的智能电网和大数据技术,分布式能源的接入可以得到更精准的协调调度,确保电网的稳定运行。协调调度管理的核心在于对分布式能源产生的数据进行实时采集、分析以及处理。利用物联网技术,电力企业能精准控制电力系统中的各类分布式能源设备,实现优化分配能源。对于可再生能源的接入,其间歇性和波动性常导致电网负荷波动。因此,电力企业需利用电力自动化控制技术,在分布式能源的发电波动时,及时调整电网负荷分配,实现能源的最大化利用。

在电力系统的分布式能源接入管理中,电力企业应使用大量传感器实时监控各分布式能源设备,提前调整电网的负荷需求。光伏电站在光照充足时最大输出功率可达 500kW,而在阴天时功率下降至 150kW,电力系统根据这一变化能运用电力自动化控制技术调节备用火电机组的输出功率,确保电网负荷不发生剧烈波动。除调度发电设备,电力系统还涉及动态分析电网运行状态。在分布式能源的接入过程中,由于这些能源一般处于低压环网区域,电网可能会因负荷过载而发生设备损坏。基于此,电力系统可以在风能与太阳能发电设备的总输出功率超过设定阈值时,自动将多余电力输入到电网,避免局部电网因过载发生停电。除此之外,电力系统还考虑到分布式能源的环境效益,引入经济调度模型,进一步优化电力的调度策略,在低需求时段,优先调度低成本的可再生能源,减少二氧化碳排放。

4. 调整动态电压提高供电稳定质量

动态电压调整是电力系统运行中提升供电稳定性的重要手段,电力企业实时监测调节电力传输过程中的电压波动,可以保障电网的运行安全。电网电压波动通常由负荷波动、输电线路故障以及短路事件引发,直接影响用户端供电性能。动态电压调整技术借助自动化控制手段,能动态捕捉电网运行参数进行实时优化,维持系统电压稳定在允许范围内,减少电压跌落影响供电稳定性。这种技术依赖动态无功补偿装置(以下简称 SVC)、静止同步补偿器(以下简称 STATCOM)等快速响应的调控设备。理论上,电力企业提高无功功率补偿响应速度及动态调节能力,能显著提升电力系统对负荷波动的适应性,增强电网稳定运行能力。

以 SCV 的实际应用为例,若电力企业设定输电网额定电压为 110 kV,则高峰负荷时容易因电压跌落面临供电稳定风险。而在电力企业引入 SVC 装置后,其能经由测量母线电压的偏差值(一般在±5%以内为目标区间)迅速调整无功功率输出。当 SCV 监测到母线电压降低至 104.5 kV,会自动输出 10 Mvar 无功功率补偿,将电压恢复至 107.8 kV 以内,达到稳定水平,且动态补偿响应时间小于 20 ms,显著提升调节短时间内大功

率波动的能力。除此之外，在光伏发电峰值波动时，STATCOM装置经过动态调节无功功率输出（范围设定为-30 Mvar 至+30 Mvar），能保障并网点电压维持在±2%的偏差范围内，避免逆变器因电压异常频繁脱网，优化新能源消纳能力。电力企业还可以采用分布式配电自动化方案，在 35 kV 配电网的 10 个关键节点上布设电压监测传感器以及智能终端，将数据采集间隔缩短至 1 秒，借助云端分析，精准识别电压异常发生的节点。当单台变压器过载导致下游母线电压跌落至 90%额定值时，配电自动化系统立即联动区域内的两个 SVC 设备提供总计 15 Mvar 的无功功率支持，调整其他配变负载分布，将电压快速恢复至正常水平。

5. 边缘计算强化分布设备联动控制

在电力系统中，边缘计算技术将数据处理任务从中心化的云端转移至靠近数据源的边缘节点，会实现实时联动分布式电力设备的效果。该技术能在电力设备之间建立更紧密的协作机制，提升响应速度，减少延迟问题，在高负荷运行中具有显著优势。电力企业在配电变压器、开关站等节点部署智能边缘设备，使设备独立进行数据采集、分析，在断网情况下依然可以维持基本功能。除此之外，边缘计算的分布式架构有效缓解云端计算压力，保障系统的安全性。电力企业运用边缘计算能够优化分布式能源接入后的协调控制，提高微电网的独立运行能力，并支持调动多场景的动态资源，保障供电的稳定性。

在分布式光伏发电与储能系统的联动控制中，电力企业借助边缘计算可以实现精准的能量分配。若一个分布区域内包含 100 个光伏发电单元和 20 个储能单元，每个单元每秒生成 50 条运行数据，整个区域每秒生成 6000 条数据，传统云计算模式下传输与处理时间可能延迟至数秒。但电力企业运用边缘计算技术在光伏逆变器及储能装置上部署边缘节点，会直接对这

些数据进行本地分析，缩短延迟至 10 毫秒以内，显著提高实时性。与此同时，电力企业在上述区域内，构建光伏发电量以及负荷需求的历史数据的训练模型，能在边缘节点实现 95%以上的负荷预测精度，确保发电同储能的最佳匹配。当区域内用电负荷瞬间增加 20%时，边缘节点将在 0.5 秒内完成调整，优先调度储能单元释放电力，同时降低不必要的分布式发电单元输出，避免超负荷导致的设备损耗。除此之外，在包含 200 个分布式配电终端的系统中，边缘节点会在 15 毫秒内检测到电压异常并定位故障点，相较于传统系统的检测时间缩短约 90%。电力企业部署自主学习的边缘设备，还能将故障恢复时间从 2 分钟缩短至 30 秒以内，降低配电系统的故障率 25%以上。

结束语：

电力自动化控制技术的引入，使得电力系统的运行管理迈入智能化、精细化的新时代。电力自动化控制技术在电网系统中能起到提升系统稳定性、优化电网调度、精确监测数据等作用，提升负荷管理的灵活性。而在设备故障预测、负荷分配优化以及分布式能源接入管理等方面，电力企业借助智能调度技术，能使电力系统实现更高效的资源配置。

[参考文献]

- [1]姜维. 电力系统中的电力自动化技术应用[J].通讯世界, 2024, 31 (01) : 100-102.
- [2]陈齐荣. 电力系统中的自动化控制技术分析[J].集成电路应用, 2024, 41 (01) : 200-201.
- [3]江拼, 游世辉, 李伟, 刘艳金, 雷增强. 电气自动化控制在电力系统中的应用[J].中国高科技, 2023, (14) : 32-33+36.
- [4]陈妍. 电力自动化系统中的控制技术优化分析[J].电子技术, 2023, 52 (05) : 282-283.

上接第 171 页

定。由于风力资源分配的限制，大多数风电场都建在电网的末端，那里的电网结构相对较弱，因此电网电压的质量和稳定性将不可避免地受到影响。并网断路器的功能是，当发电机离网时，它可以确保机组的安全关闭，在机组运行时，它可以检测和记录风力状况，机组和电网的运行状态，可以自动识别异常情况，并采取适当的保护措施。当发生系统故障或线路故障导致线路关闭时，运输检查员必须检查线路故障的原因或触发器，在系统恢复正常后，重新启动机组，并通过计算机连接到电网。运输检查员还必须定期检查和连接连接到电网的断路器外壳，以避免断路器本身的机械故障，即使是由于连接到电网的断路器的频繁操作可能影响安全稳定运行。

4.3 处理建议。疲劳裂纹的来源在齿轮箱沟槽附近发芽每个末端表面都有一个近似的裂纹形状，只是齿轮箱裂纹表面的扩散区域不同。多个信息源疲劳裂纹扩展行为表明这些齿轮加工初始缺陷较多，开采过程中负荷高齿轮材料的化学成分含量高，表明存在重大风险为齿轮加工产品质量稳定准备成品齿轮箱。齿轮箱损伤表面硬度测量显示加工后表面硬度大大高于齿轮箱材料硬度值土著齿轮表面符合国家标准，但硬度分布不均所以当齿轮表面粘贴，齿轮由于硬度差容易接触疲劳导致表面磨损，通过拉伸试验和比较齿轮材料，试验材料的弹性极限略高拉伸强度不足，断裂伸长率和变形收缩率高于全国数

值，表明原材料的强度良好齿轮箱静态性能也符合国家标准；然而低温冲击性能非常差，对内环断裂的抵抗表明在内环断裂后裂缝倾向于扩大，这也与对内环断裂的分析结果一致。结合齿轮箱运行和维护，通过测试和分析技术，分析了风力齿轮箱运行 5 年后齿轮箱疲劳引起的故障。通过大幅低速和其他分析判断，齿轮加工存在缺陷和控制化学组成合金不够严格，表面硬度不均变速箱，机械性能、冲击特性和技术要求具有一定差异，很多因素表明，早期设计和管理进程还不够成熟因此成品齿轮箱的质量不同可靠性高。

结论

基于上述分析，基于衰退风力齿轮箱维修，提出新的可能性和动态服务作为关键门槛，特别是主要显示技术服务逐步固定服务，可以完美适应特征在齿轮箱中从而提高了相关部件的维护效率。

[参考文献]

- [1]李兵. 风电机组齿轮箱故障分类方法研究[J].机械设计与制造, 2024 (02) : 177-180.
- [2]刘敏. 风机运行中常见故障原因分析及处理[J].现代制造技术与装备, 2024 (5) .
- [3]乔建丽, 陈江蓓. 风电场并网布局对系统稳定性的影响研究[A].大规模储能技术的发展与应用研讨会论文集[C], 2023