

建筑电气与智能化技术在电子厂房中的应用研究

张仁君

四川省新力劳务有限公司, 四川 南充 637000

[摘要]电子厂房生产工艺对供配电可靠性和电能质量以及智能化管理水平具有很高的要求。根据电子厂房负荷容量大、供电连续性要求高、电能质量敏感等特点,对建筑电气和智能化技术的应用需求进行分析,从供配电系统智能化设计、智能照明与节能控制、消防报警及安全监测、建筑设备自动化与综合管理平台四个方面展开具体应用。提出完善系统设计协同、加强系统集成和数据互联、加强运维预警管理、推进绿色节能持续发展等改进措施,以期为电子厂房电气系统智能化建设提供一定的参考。

[关键词]电子厂房;建筑电气;智能化技术

DOI: 10.33142/aem.v8i7.20314

中图分类号: TU275.4

文献标识码: A

Research on the Application of Building Electrical and Intelligent Technology in Electronic Factory Buildings

ZHANG Renjun

Sichuan Province Sony Labour Service Co., Ltd., Nanchong, Sichuan, 637000, China

Abstract: The production process of electronic factories has high requirements for the reliability of power supply and distribution, power quality, and intelligent management level. Based on the characteristics of large load capacity, high requirements for power supply continuity, and sensitivity to power quality in electronic factories, the application requirements of building electrical and intelligent technology are analyzed. Specific applications are carried out from four aspects: intelligent design of power supply and distribution systems, intelligent lighting and energy-saving control, fire alarm and safety monitoring, and building equipment automation and comprehensive management platform. Propose improvement measures such as improving system design collaboration, strengthening system integration and data interconnection, enhancing operation and maintenance warning management, and promoting sustainable development of green energy conservation, in order to provide some reference for the intelligent construction of electrical systems in electronic factories.

Keywords: electronic factory building; building electrical; intelligent technology

引言

电子厂房是高精密工业生产基地,其生产设备对供电系统可靠、电能质量、运行连续性具有高度依赖性。伴随芯片制造、面板显示等电子制造工艺的不断升级,厂房电气系统面临的负荷容量大、电能质量要求高、不间断运行需求强等问题也日益突出。传统的建筑电气设计模式已经不能满足现代电子厂房对于能源管理精细化、系统运维智能化、安全保障立体化的需求了。将智能化技术融入建筑电气系统的设计、运行和管理全过程之中,是提高电子厂房生产保障能力以及能源利用率的重要途径。针对电子厂房特殊工艺,研究建筑电气和智能化技术的融合应用途径,对促进电子制造业绿色化、智能化转型具有十分重要的意义。

1 电子厂房建筑电气与智能化系统应用概述

电子厂房建筑电气系统包含供配电、照明、防雷接地、消防报警、建筑设备监控等多个子系统,其核心任务是给生产工艺设备和辅助设施提供安全、可靠、优质的电能供应。智能化技术的加入使得各个电气子系统由原来各自独立运行转变为相互配合、协同工作的状态。电子厂房能效管理平台集变电站综合自动化、电力监控、电能质量分析与治理、电气安全、能耗分析、照明控制、设备运维等于一体,为建立可靠的、安全的工厂能源管理体系提供数据支持。该平台通过物联网、大数据、人工智能等技术对生产全过程的能源消耗进行实时监测、精准分析并优化管理,可使电子制造企业实现能耗成本降低 15%~30%。智能化

应用的核心价值在于由被动响应变为主动预防、由经验管理变为数据驱动,使建筑电气系统更好地服务于电子厂房连续生产、精密制造的特殊要求。

2 电子厂房建筑电气与智能化技术应用需求分析

2.1 电子厂房生产工艺对建筑电气系统的要求

电子厂房工艺具有 24h 不停工,设备集中,负荷波动大,电压暂时性下降很敏感的特点。半导体制造工厂电源可以分为三类,分别为公共电网电源、柴油发电机备用电源和 UPS 电源,分别简称为市电、E 电和 U 电;工艺生产负荷按照其对电源可靠性的的高低可以分为 1 级关键负荷、2 级关键负荷和 3 级关键负荷。不同等级的负荷对于供电可靠性的要求不一样,切换时间也不一样,电能质量指标也不同。另外,植入、光刻、刻蚀等工艺环节的机台设备、泵、高温炉是主要用电设备,公用工程中超纯水系统、工艺冷却水系统、洁净空调系统也是重要的负荷。工艺生产用电量和公用工程用电量之比大约为 1:1,各自占全厂总负荷的 50%。建筑电气系统要以保证高可靠供电为前提,完成多电压等级配电、电能质量精确治理和能源消耗精细管理。

2.2 电子厂房智能化建设的关键需求与技术特点

电子厂房智能化建设面临配电系统结构复杂、设备数量众多、运行数据庞大等挑战。工厂配电电压从 220kV 到 10kV、0.4kV、0.208kV 不等,各电压等级变压器数量众多。关键需求包括以下四个方面:一是对供配电系统全链路实时监控,包含变电站、柴油发电机、变压器、ATS/STS、UPS 等主要设备;二是对电能质量持续监测,记录电压暂降、谐波畸变、闪变等数据波形并分析扰动方向;三是对电气接点、母排、密集型母线槽温度实时预警;四是 UPS 蓄电池温度、电压、电流、内阻、蓄电池室可燃气体浓度的监测和联动控制。技术特性在于感知层多源数据融合、传输层高速可靠通信、应用层智能分析决策的三层结构,需要系统具备高扩展性、开放接口、冗余设计能力。

3 建筑电气与智能化技术在电子厂房中的具体应用

3.1 供配电系统智能化设计与运行管理

供配电系统智能化设计以变电站综合自动化为核心,实现中高压继电保护、低压配电监控、备用电源切换等的全面覆盖。变电站综合自动化系统对 220kV 变电站、10kV 变电所及 10kV 柴油发电机部分进行本地遥测、遥信、遥控、报警、报表等操作,并将数据上传至能效管理平台,实现集中监测与报警。系统可以实时显示一次系统图以及

遥测量、遥信量、报警信号,遥测量有电压、电流、功率、电能等电参量以及电气节点温度值。中低压一体化监控系统包含了完整的电力监控、资产管理、电能质量、能效管理等各方面功能,并集成了各种智能化的装置以及算法,使电力系统的智能化水平得到进一步提升,同时故障录波与事件顺序记录功能也为故障原因追溯提供了可靠的数据支撑。

电能质量治理是电子厂房供配电区别于普通建筑的重要部分。电子厂房中大量的变频调速设备、整流电源和不间断电源装置在工作时会产生大量的谐波电流,导致电压波形畸变率增大,从而影响精密工艺设备的正常运转。系统在 0.4kV 母线侧集中设置有源电力滤波器、静止无功发生器对 2 到 25 次谐波动态跟踪补偿,确保进线侧电压总谐波畸变率不大于 5%,各次谐波含有率符合国家标准。同时在关键工艺配电回路装设电能质量监测终端,实时采集电压暂降、瞬态过电压、闪变等扰动波形,定期出具电能质量分析评价报告,发现异常时通过平台及时告警,为工艺设备异常停机原因查找提供准确的数据支撑。

3.2 智能照明与节能控制技术应用

电子厂房面积大、照明设备多,传统照明普遍存在着长明灯的现象,造成能耗的浪费。智能照明控制系统通过光传感器以及人体红外传感器,可根据自然光照强度和人员活动状况来自动调整照明设备的亮度和开关状态,当白天光线充足的时候自动降低或者关闭部分照明设备,在夜晚或者无人区域自动关闭灯光,实测可降低能耗 30%^[1]。智能照明系统使用总线技术,开关驱动器具备过零触发特性,负载分合操作只有在交流电过零时刻才会执行,可减少电磁干扰对电网的影响范围,改善灯具及控制装置的寿命。系统可以采用集中控制、定时控制、光照度感应控制、人体感应控制、区域控制、场景控制、调光控制等控制方式,根据不同的生产时段、作业内容选择不同的照明方式。在精密加工区域采用高亮度、高显色性的照明来保证作业的准确性,在休息区切换柔和的光线来缓解疲劳。系统还留有标准的通信接口,可以和楼宇自控系统或者第三方集成平台对接,实现工厂整体智能化管理。

3.3 消防报警及安全监测智能化系统应用

电子厂房消防及安全监测系统主要包括火灾自动报警、消防设备电源监测、防火门状态监测、应急照明疏散指示、电气火灾预警等方面。能效管理系统部署电气火灾传感器、温度传感器、消防设备电源传感器、防火门状态传感器用于配电系统电气安全隐患监测,并接入消防疏散照明及指示灯具状态实时显示,同时对蓄电池室环境参数

(温度、可燃气体浓度等)进行实时监视,异常发生时通过声光、短信、APP进行预警。智慧消防系统通过物联网技术完成对消防水压、水位、智能空开、温湿度、安全逃生门状态、水浸等全方位的监测,各个消防系统之间可以互相连接,实现火灾风险即时预警。智慧消防系统在关键时刻能够迅速反应、及时发现、迅速处理,有效控制火情。消防应急照明和疏散指示系统根据不同的应急预案来控制疏散方案,保证火灾发生时疏散通道明亮通畅。

电子厂房内的精密设备很多,电气线路也十分复杂,因此其电气火灾的风险要比一般的工业建筑高得多。系统对 0.4kV、0.208kV 侧馈线漏电电流实行持续不间断的监测,设定分级报警阈值,当漏电电流超过某一个值时会发出报警信号,并联动上级开关跳闸,并根据漏电等级分级处理:预警值仅推送报警通知,报警值经延时确认后选择性跳闸,避免单一保护动作导致大面积非计划停机^[2]。对于中压开关柜母排配置弧光保护装置,用光敏传感器探测故障性弧光,配合过流判据实现快速跳闸,动作时间控制在 100 毫秒以内,把弧光能量释放对设备的损害降到最低。在配电柜的关键节点上安装分布式测温光纤或者无线温度传感器,对母排连接处、断路器触头等容易发热的地方进行温度的连续监测,建立从漏电、弧光到温升的多维电气火灾预警体系,全方位保证电子厂房的电气安全。

3.4 建筑设备自动化与综合管理平台应用

建筑设备自动化是将空调系统、纯水系统、空压系统、废气处理系统、特气系统、化学品系统、氨回收系统、有机回收系统、废水处理系统等机电设备纳入一个统一的监控体系之中,对设备运行参数进行采集、监视、远程控制和联动优化。综合管理平台是顶层中枢,将电力监控、能效分析、设备运作、环境监测等各个功能模块融合起来。平台为工厂建立计量体系,显示能源流向和能源损耗,通过能源流向图帮助企业分析能源消耗去向,找到能源消耗

异常区域,从能源使用种类、监测区域、车间、生产工艺、工序、工段时间、设备、班组、分项等维度,采用曲线、饼图、直方图等方式对工厂用能统计、同比环比分析。用户可通过浏览器或者手机 APP 来获取数据,通过一个平台就可以对电子厂房的用电和用电安全进行全局、整体的监控、管理、调度。平台可以与厂务系统(FMCS)进行数据对接,利用实时数据对能效进行优化,防止出现风险,保证关键制造设备的正常运转以及良品率,从而降低综合成本。为了形象地展示电子厂房建筑电气和智能化系统各个功能模块之间相互配合、互相影响的关系以及各自的作用,现将主要的应用模块及技术内容整理为表 1。

4 建筑电气与智能化技术应用优化措施

4.1 完善建筑电气系统设计与协同优化

电子厂房电气设计要从规划阶段就考虑到生产工艺的特殊性,协调供电方案、备用电源配置、电能质量治理措施同洁净空调、纯水制备等辅助系统用电需求的关系。利用 BIM 技术对各个专业管线进行综合布置,最大程度避免与空调、通风管道、特殊气体管道、消防给排水管、设备等发生碰撞,优化确定电缆桥架和电缆保护导管的安装位置和走向。设计阶段还要留有智能化系统的接口以及扩展的空间,防止后期的改造造成重复的投资以及施工的风险。

4.2 加强智能化系统集成与数据互联

各个智能化子系统要依靠统一的数据总线或者通信协议来达成互联互通的目的,消除信息孤岛。系统结构为分布式总线结构,各个元件之间彼此独立,但可以相互配合使用,预留 BA 或者三方集成平台接口,采用 Modbus、OPC 等通信方式实现数据交互。边缘计算网关完成数据汇聚与预处理,云平台做好大数据分析 & 决策支持工作,形成端、边、云三者相互配合的智能架构,改善系统反应速度并提升可靠性。

表 1 电子厂房建筑电气与智能化系统主要应用模块

系统模块	核心功能	技术实现方式	应用效果
变电站综合自动化	继电保护、遥测遥信、故障录波、报警报表	智能 IED 装置、通信管理机、冗余环形光纤网络	实现无人值守,故障响应时间缩短 60%
电能质量治理	谐波滤波、无功补偿、暂降监测与记录	有源电力滤波器、静止无功发生器、电能质量监测仪	谐波畸变率降至 5% 以下,功率因数达 0.95 以上
智能照明控制	按需照明、分区控制、场景切换、自动调光	光感传感器、红外传感器、总线型开关驱动器、过零触发技术	照明能耗降低 30%,灯具寿命延长 20%
消防与安全监测	火灾预警、漏电监测、防火门监控、蓄电池安全监视	电气火灾探测器、感烟感温探测器、弧光保护装置、物联网网关	隐患识别提前量达分钟级,疏散效率提升 40%
综合能效管理	能耗统计、能源流向分析、KPI 对标、碳排放核算	边缘计算网关、云计算平台、浏览器/APP 双端展示	单位产品能耗降低 10% 至 15%,运维人力减少 50%

4.3 强化系统运行维护与故障预警管理

构建依靠实时监测数据的设备健康状况评判体系,将定期检修、故障后维修变为状态检修、预防性保养。设备管理包括设备类型、设备台账、维保记录等,有利于用户对设备的合理安排和维护^[3]。对重要设备设置预警阈值,当运行参数超出正常范围的时候发出预警信号,给维修人员留出处置的时间。巡检管理依靠智能化手段改变巡检方式,通过数据分析优化巡检行为,提升巡检质量和监管效率。

4.4 推动绿色节能与智慧运维持续发展

不断改进能效管理策略,用单位产品能耗、单位产值能耗等指标来评价节能效果,调整能源分配策略。利用各种前端传感设备对能源数据进行全方位的采集,构建能源平衡模型,识别用能异常环节,找出能源使用过程中存在的漏洞和不合理的地方。积极引入分布式光伏等新能源接入,对光伏逆变器、并网柜进行日、月、年以及累计收益的采集分析,对减排进行分析,研究储能系统充放电策略的优化以及负荷侧响应。推进运维队伍技能转型,培养既有电气技术又有智能化系统知识的复合型人才,保证智能化平台功能的深入应用以及不断更新。

5 结语

建筑电气和智能化技术在电子厂房的应用,正由原来的单个子系统的自动化向整个系统协同的智能化转变。供配电系统智能化给生产提供可靠的电力保障,智能照明和节能控制可以降低运营成本,消防报警和安全监测构筑起立体的安全防线,综合管理平台对全厂能源和设备进行智慧化的管控。随着人工智能、数字孪生等前沿技术的深入应用,电子厂房建筑电气系统会向着更加高级的自感知、自诊断、自优化的方向不断发展,给电子制造业的绿色低碳转型和高质量发展提供强有力的支撑。

[参考文献]

- [1]余滢,于峰,李宇舟,等.既有电子厂房电气工程的绿色化拆除及智能化改造技术[J].四川建筑,2024,44(11):168-170.
- [2]姚维雁.基于 BIM 技术的厂房电气系统施工集成研究[J].电气技术与经济,2026,12(4):62-65.
- [3]雷允科.制造厂房电气控制系统设计与关键技术分析[J].电子元器件与信息技术,2025,9(5):77-79.

作者简介:张仁君(1985—),男,四川南充人,工程师,北京吉利大学计算机应用专业毕业,现就职于四川省新力劳务有限公司,从事工民建机电安装施工管理工作。