

开关柜智能化技术在电力工程中的发展与应用

李华平

海宁市金能电力实业有限公司 浙江嘉兴 314000

DOI:10.12238/ems.v7i6.13759

[摘要] 随着电力系统的不断发展和智能化需求的提升,开关柜智能化技术在电力工程中发挥着日益重要的作用。本文详细探讨了开关柜智能化技术的发展历程、关键技术要点、在电力工程中的具体应用以及面临的挑战与未来发展趋势。通过对相关内容的深入分析,旨在为进一步推动开关柜智能化技术在电力工程中的广泛应用和持续创新提供理论支持与实践参考。

[关键词] 开关柜; 智能化技术; 电力工程; 发展; 应用

引言

电力作为现代社会的重要能源,其稳定供应对于经济发展和人民生活至关重要。开关柜作为电力系统中用于控制、保护和监测电气设备的关键装置,其智能化水平直接影响着电力系统运行的安全性、可靠性和高效性。近年来,随着信息技术、自动化技术和传感器技术的飞速发展,开关柜智能化技术取得了显著进步,为电力工程的智能化升级提供了有力支撑。

1、开关柜智能化技术的发展历程

1.1 传统开关柜阶段

早期的开关柜主要以机械结构为主,通过手动操作实现电路的通断控制。其功能相对单一,主要侧重于基本的电气隔离和短路保护,缺乏对设备运行状态的实时监测和智能控制能力。

1.2 自动化开关柜阶段

随着电子技术的发展,开关柜开始引入自动化控制元件,如继电器、接触器等,实现了部分操作的自动化。这一阶段的开关柜能够根据预设的逻辑进行自动分合闸操作,提高了操作的准确性和效率,但在数据采集和处理方面仍存在较大局限。

1.3 智能化开关柜阶段

进入信息时代,计算机技术、通信技术和传感器技术的融合促使开关柜向智能化方向发展。智能化开关柜具备强大的数据采集、分析和处理能力,能够实时监测设备的运行参数、故障诊断和预测,并通过网络实现远程监控和控制,大大提升了电力系统的运维管理水平。

2、开关柜智能化技术的关键要点

2.1 传感器技术

传感器是智能化开关柜获取设备运行信息的关键部件。通过安装各类传感器,如电流传感器、电压传感器、温度传感器、局部放电传感器等,可以实时监测开关柜内电气设备的运行参数和状态信息。这些传感器应具备高精度、高可靠性和良好的抗干扰能力,以确保采集到的数据准确可靠。

2.2 数据采集与处理技术

采集到的大量传感器数据需要进行有效的处理和分析,才能转化为有价值的信息。数据采集系统应具备高速数据采集能力和大容量数据存储能力,能够实时采集并存储传感器数据。同时,采用先进的数据处理算法,如数字滤波、信号增强、特征提取等技术,对采集到的数据进行预处理,去除噪声干扰,提取出反映设备运行状态的关键特征参数。

2.3 故障诊断与预测技术

基于采集到的数据和处理后的特征参数,利用故障诊断模型和算法对开关柜设备的运行状态进行评估和故障诊断。常见的故障诊断方法包括基于阈值判断的传统方法、基于机器学习的智能诊断方法(如神经网络、决策树、支持向量机等)。此外,通过对历史数据的分析和挖掘,结合设备的运行规律和老化特性,还可以实现对设备潜在故障的预测,提前采取维护措施,避免故障的发生。

2.4 通信技术

为了实现开关柜的远程监控和智能化管理,需要可靠的

通信技术将开关柜与上级监控中心连接起来。常用的通信方式包括有线通信(如光纤、电缆等)和无线通信(如 ZigBee、Wi-Fi、4G/5G 等)。不同的通信方式具有各自的优缺点,应根据实际应用场景和需求选择合适的通信方案,确保数据传输的稳定性和实时性。

2.5 智能控制技术

智能化开关柜应具备智能控制功能,能够根据预设的规则和实时监测到的设备运行状态自动进行分合闸操作、调节设备参数等。智能控制技术可以有效提高电力系统的自动化水平和响应速度,减少人工干预,降低运维成本。

3、开关柜智能化技术在电力工程中的应用

3.1 变电站中的应用

在现代化的变电站体系中,智能化开关柜占据着举足轻重的核心地位,堪称整个变电站稳定运行的关键枢纽之一。它所肩负的使命极为重要且繁杂,全面承担着对各类高压电气设备精准控制、可靠保护以及全方位监测的重任。

对于开关柜内的诸多关键设备,如断路器、隔离开关、互感器等,智能化开关柜具备强大的实时监测能力。借助先进的传感器技术与精密的数据采集系统,能够对这些设备的每一个细微运行参数进行精确捕捉与分析。无论是断路器的分合闸状态、触头的温度变化,还是隔离开关的位置准确性、互感器的电流电压数据,都能被详细监测记录。一旦发现任何异常波动或潜在的故障迹象,系统会立即发出预警信号。

更为关键的是,智能化开关柜配备了高效的远程通信模块。这一模块如同一条坚固的信息桥梁,能够迅速且准确地将所获取的故障信息毫无延迟地上传至变电站监控系统。运维人员坐在监控中心,便能第一时间接收到这些详尽的故障报告,从而依据丰富的经验和专业知识,迅速做出科学合理的决策,并及时采取相应的维护措施。如此一来,极大地降低了故障对变电站运行造成的影响,有力地保障了变电站的安全稳定运行。

不仅如此,智能化开关柜的智能控制功能更是为变电站的运行带来了质的飞跃。它能够依据预设的程序和算法,结合实时的电网运行状况,实现对站内设备的自动化调度。通过优化设备的启停时间与运行模式,使得整个变电站的运行更加高效有序,有效提升了运行效率,同时也显著降低了运营成本,创造出可观的经济效益。

3.2 工业企业中的应用

在工业企业的供配电系统中,开关柜智能化技术同样具有重要应用价值。工业企业的生产过程对电力供应的可靠性要求较高,一旦发生停电事故可能会造成巨大的经济损失。智能化开关柜可以实时监测企业内部供配电系统的运行状况,对关键设备进行故障预警和诊断,帮助企业提前安排检修计划,避免因设备故障导致的停电事故。此外,通过对用电数据的分析和统计,还可以为企业提供节能优化建议,降低企业的用电成本。

3.3 城市配电网中的应用

随着城市的快速发展,城市配电网的规模不断扩大,对供电可靠性和智能化管理水平提出了更高的要求。智能化开关柜在城市配电网中得到了广泛应用,通过与配电网自动化

系统的集成,实现对配电网的实时监测和智能控制。例如,当配电网发生故障时,智能化开关柜能够快速定位故障点,并自动隔离故障区域,恢复非故障区域的供电,大大缩短停电时间,提高供电可靠性。同时,利用智能化开关柜采集到的配电网运行数据,可以对配电网的运行状态进行评估和分析,为配电网的规划、建设和改造提供依据。

4、开关柜智能化技术应用面临的挑战

4.1 标准规范不完善

目前,开关柜智能化技术相关的标准规范尚不够完善,不同厂家生产的智能化开关柜在接口标准、通信协议、数据格式等方面存在差异,导致设备之间的互操作性和兼容性较差,给电力工程的建设和运维带来了一定困难。

4.2 网络安全问题

随着智能化开关柜与网络的深度融合,网络安全问题日益凸显。智能化开关柜面临着黑客攻击、病毒感染、数据泄露等安全威胁,一旦发生网络安全事件,可能会导致开关柜的误动作、数据丢失或被篡改,严重影响电力系统的安全稳定运行。

4.3 成本较高

智能化开关柜由于采用了先进的传感器、通信和智能控制技术,其制造成本相对较高。这在一定程度上限制了智能化开关柜的大规模推广应用,特别是对于一些对成本较为敏感的中小电力用户和偏远地区的电力工程。

4.4 运维人员技术水平有待提高

智能化开关柜的运维需要具备专业知识和技能的人员,包括电气技术、信息技术、自动化技术等方面的知识。然而,目前部分电力运维人员对智能化开关柜的技术原理和操作维护方法掌握不够熟练,难以满足智能化开关柜运维管理的需求。

5、应对策略与未来发展趋势

5.1 完善标准规范

在当今电力系统不断发展与变革的大背景下,开关柜智能化已成为行业发展的关键趋势。为更好地推动这一进程,加强开关柜智能化技术标准规范的制定和完善工作显得尤为重要且紧迫。

首先,统一设备接口标准是实现开关柜智能化设备互联互通的基础。不同厂家生产的设备接口各异,这就如同不同语言的人难以顺畅交流一样,极大地阻碍了设备之间的数据传输与协同工作。因此,必须明确各类接口的物理特性、电气参数以及信号定义等,让所有设备都能遵循同一套“语言规则”,从而实现无缝对接。

通信协议的统一同样不可或缺。通信协议犹如设备间沟通的“语法规则”,只有规则一致,信息才能准确无误地传递。通过制定统一的通信协议,规定数据的传输方式、命令格式以及响应机制等,确保设备之间能够高效、稳定地交换信息。

数据格式的标准化也是关键一环。清晰、统一的数据格式能够让设备对接收的数据进行准确解读和处理。无论是测量数据、状态信息还是控制指令,都应有明确的格式规范,避免因数据格式混乱而导致的错误判断和操作失误。

在这一过程中,相关行业协会和标准化组织要充分发挥引领作用。它们应积极组织企业和科研机构共同参与标准的制定工作。企业作为实际的生产者和应用者,拥有丰富的实践经验,能够从实际需求出发提出合理建议;科研机构则凭借深厚的技术积累和前沿研究成果,为标准的科学性提供有力支撑。各方携手合作,共同打磨出一套既符合技术发展方向,又具备高度实用性的标准体系,以此推动开关柜智能化产业的健康、有序发展。

5.2 加强网络安全防护

建立健全智能化开关柜的网络安全防护体系,采用多重加密技术、访问控制技术、入侵检测技术等手段,保障设备的网络安全。同时,加强对运维人员的网络安全培训,提高其网络安全意识和应急处理能力,定期开展网络安全演练,

及时发现和解决潜在的网络安全问题。

5.3 降低成本

在当今竞争激烈的市场环境下,降低成本对于企业的生存与发展至关重要,尤其是对于智能化开关柜制造企业而言。因此,大力鼓励企业加大研发投入具有深远意义。

技术创新和产业升级是降低智能化开关柜制造成本的核心驱动力。企业应积极投身于新技术的研究与探索,不断寻求突破。以传感器这一关键部件为例,新型材料的应用有着巨大潜力。比如一些具备高灵敏度、稳定性且成本相对较低的新型半导体材料,若能成功应用于传感器制造,不仅可以提升产品性能,还能显著降低原材料成本。同时,先进的工艺也是降低成本的有力手段。像精密成型工艺、微纳加工技术等,能够减少生产过程中的材料损耗和次品率,从源头上控制成本。

优化产品设计同样不容忽视。通过科学合理的设计,可以提高生产效率,减少不必要的工序和零部件数量。例如,运用模块化设计理念,将开关柜的各个功能模块进行标准化设计,既便于生产组装,又能降低生产过程中的复杂性和出错率,进而缩短生产周期,提高单位时间内的产量。

推动智能化开关柜的规模化生产更是实现成本有效降低的关键举措。随着生产规模的扩大,企业可以充分发挥规模经济效应。一方面,大规模采购原材料能够获得更优惠的价格;另一方面,固定成本如设备折旧、管理费用等分摊到更多的产品上,使得单位产品所承担的成本大幅下降。

总之,企业只有坚定不移地走技术创新、产业升级之路,积极采用新型材料和工艺,精心优化产品设计,并大力推动规模化生产,才能在降低智能化开关柜制造成本方面取得显著成效,从而在市场竞争中占据有利地位。

5.4 加强运维人员培训

加大对电力运维人员的培训力度,开展针对智能化开关柜技术的专项培训课程,提高运维人员的专业技术水平。同时,建立运维人员技术考核机制,激励运维人员不断学习和掌握新技术,适应智能化开关柜运维管理的新要求。

5.5 未来发展趋势

随着人工智能、大数据、物联网等新兴技术的不断发展,开关柜智能化技术将朝着更加智能化、集成化、可视化的方向发展。未来的智能化开关柜将具备更强大的数据分析和处理能力,能够实现更加精准的故障诊断和预测;通过与物联网的深度融合,实现设备之间的互联互通和协同运行;采用虚拟现实(VR)和增强现实(AR)等可视化技术,为运维人员提供更加直观、便捷的操作和维护体验。

结语

开关柜智能化技术作为电力工程领域的重要发展方向,已经在变电站、工业企业和城市配电网等多个领域取得了广泛应用,并取得了显著的经济效益和社会效益。尽管目前在应用过程中面临着标准规范不完善、网络安全、成本较高和运维人员技术水平等方面的挑战,但通过采取完善标准规范、加强网络安全防护、降低成本和加强运维人员培训等一系列措施,这些问题将逐步得到解决。展望未来,开关柜智能化技术将不断创新和发展,为电力系统的安全稳定运行和智能化升级提供更加有力的支持。电力工程从业者应密切关注开关柜智能化技术的发展动态,积极推动其在实际工程中的应用,共同促进电力行业的高质量发展。

【参考文献】

- [1] 智能变电站中压开关柜智能化解决方案. 方徐俊. 中国新技术新产品, 2018 (22)
- [2] 中压开关柜智能化方案探究和应用. 冯栋. 产品可靠性报告, 2024 (12)
- [3] 高海拔中压开关柜的设计探讨. 刘建勋. 电工技术, 2023 (22)
- [4] 智能变电站中压开关柜智能化改进研究. 林明瑞. 光源与照明, 2023 (12)