

基于机电一体化的电梯曳引系统节能优化研究

姚鹏

苏州江南嘉捷电梯有限公司杭州分公司, 浙江杭州, 310000;

摘要: 随着城市化进程的不断加快, 高层建筑数量激增, 电梯作为现代建筑中不可或缺的垂直交通工具, 其运行效率与能耗问题日益突出。本文以电梯曳引系统为研究对象, 从机电一体化的角度出发, 探索其节能优化路径。通过对曳引电机、控制系统与能量回馈装置的综合分析, 提出适应现代建筑需求的系统优化策略。研究表明, 通过合理配置驱动装置、优化电气控制算法与构建能量回收机制, 能够显著降低电梯运行能耗, 提高系统整体效能, 为绿色建筑的发展提供了技术支撑。

关键词: 机电一体化; 电梯曳引系统; 节能优化; 能量回馈; 控制系统

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 02. 052

引言

机电一体化属于现代工程技术领域里的一个重要发展趋势, 是把机械系统和电子控制系统非常深入地融合到了一起, 具备像结构比较紧凑、响应相当灵敏、智能化程度也比较高等一系列的优势, 这就给电梯曳引系统在节能优化方面提供了一种全新的思路。本文是基于机电一体化技术的具体应用情况, 通过针对曳引电机、控制系统以及能量回馈机制展开系统的研究工作, 进而去探索那种能够适应未来建筑发展需求的节能型曳引系统的设计方案。

1 曳引系统的机电一体化结构优化

1.1 曳引电机的选型与配置优化

电梯曳引电机可以说是整个系统当中的‘动力心脏’, 其自身的性能参数以及结构配置, 对于整机的能效发挥着极为关键的决定性作用。在以往传统的应用场景当中, 异步电动机因为自身技术发展得较为成熟, 而且成本相对来说也比较低, 所以曾经一度被广泛地加以采用。然而, 随着如今电梯朝着高层化以及高频次使用这样的趋势不断发展, 异步电动机自身原本就固有的一些缺点开始日益凸显出来, 比如它的启动电流很大, 运行效率的波动性也很强等。尤其是处在变载荷以及频繁启停这样的情况之下, 对其能耗进行控制的难度着实不小。与之相较而言, 永磁同步电机(PMSM)依靠着自身所具备的无励磁电流、有着较高的功率密度以及高控制精度等一系列特性, 在电梯系统当中逐渐占据了主导地位。PMSM是通过高性能的永磁材料来形成稳定磁场的, 在额定负载以及部分负载这样的工况之下, 都能够维持比较高的效率, 特别能够与当下追求节能以及噪声控制的电梯运行要求相适配。当它和变频驱动技术相结合的时候, 曳引系统不但能够实现软启动, 还能够做到精准的速度

调节, 并且还可以依据轿厢负载的实际情况实时地去调整电机的输出功率, 以此来降低在空载状态下电能被白白浪费掉的情况。

合理的电机选型, 得同时考虑结构紧凑性、安装便捷性以及散热性能等方面。特别是在高层建筑里, 电梯井空间是有限的, 这种情况下, 就得凭借一体化设计来对电机体积和性能指标间的权衡加以优化。就目前来看, 曳引电机的先进性以及适配性, 已然变成了现代电梯朝着节能化、智能化方向发展的关键突破口。

1.2 曳引轮与钢丝绳匹配设计

曳引轮和钢丝绳二者间的匹配关系, 实则是对曳引效率、系统稳定性以及部件寿命产生影响的极为关键的技术环节所在。传统的曳引装置在多数情况下都是采用标准化的组件, 其参数选型往往是依照经验来做相应调整的, 然而却并没有充分地去考量系统在面临动态载荷、运行频率以及处于制动状态之时所产生出来的那种复杂的应力变化情况。按照机电一体化的思路来考量的话, 应当借助三维建模技术以及动力学仿真技术, 针对曳引轮的槽型角度、表面材料、摩擦系数以及绳径这些方面来开展联合优化方面的工作, 以此达成实现最优摩擦力与接触面积之间平衡的目的。曳引轮一般来说会选用高强度铸钢或者是复合材料来进行制造, 在确保结构具备足够刚度的基础之上, 进一步去减少其旋转惯量, 进而达到降低电机启动负担的效果。

钢丝绳的选择已然不再仅仅局限于传统的镀锌钢材了, 完全能够依据不同建筑所具备的功能来引入高强度合金钢丝绳或者复合包覆绳索, 以此来提升其耐磨性以及柔韧性。并且, 合理地去设定绳比还有曳引半径, 是能够有效地对负载平衡状态加以调节的, 这样就可以避免因为负载不平衡而出现能量损耗或

者系统震动的情况。

1.3 系统集成模块化设计

电梯曳引系统在以往的传统工程设计过程当中,存在着结构显得颇为臃肿、布线情况十分繁杂以及设备安装还有后期维护的难度都比较大等一系列问题,这些问题毫无意外地直接对系统运行的效率以及能量传输所具有的完整性产生了影响。而模块化设计理念被引入之后,就为电梯系统的集成优化开辟出了一条颇具创新性的路径。具体来说,就是通过把曳引电机、驱动器、控制模块、传感器以及制动装置等这些关键的部件全都整合到一个模块化的平台之内,如此一来,一方面能够达成对空间结构的高效利用这一目标,另一方面还可以最大限度地让布线的长度得以减少,并且同时也能够最大程度地降低信号所受到的干扰。

机电一体化设计让各模块凭借标准化接口以及总线技术达成即插即用的效果,着实提升了系统装配的效率,也让调试具备了更强的灵活性。就散热和能量耦合来讲,对模块内部的布风结构与热交换通道加以优化,能够提高组件的散热效率,还可延长关键器件的使用寿命。并且,模块化结构方便制造商开展系列化产品的开发工作,也能针对不同楼层高度、负载等级的建筑给出多样化的定制方案。在建筑施工周期比较紧张、空间资源颇为宝贵的项目当中,这种有着高集成度且较为轻量化的系统设计形式呈现出了很不错的工程适应性与节能方面的潜力,给构建新一代高效智能电梯系统打下了较为良好的基础。

2 电梯控制系统的智能节能策略

2.1 基于变频技术的速度控制优化

伴随变频技术于机电设备控制领域达成成熟应用的状况,它在电梯系统里的推广已然化作提升能效以及舒适性的关键举措。变频调速器具备依据电梯当下载荷和去往目标楼层的距离来实时调控驱动电机输出频率与电压的能力,进而达成在轿厢运行的整个流程中实现动态把控,由此让其在启动、运行、减速以及制动等各个阶段都能维持平稳的运行状态,并且能使能耗达到最低程度。

特别是在城市写字楼或者住宅这类有着高频率使用情形的场所当中,传统工频启动的方式不但会造成能量方面的浪费,还会给电网带去较为明显的冲击,而变频器借助软启动以及斜坡减速的方式,不但降低了对电机产生的机械冲击,更是极大地延长了设备能够使用的寿命。当代的高性能变频系统多数会采用矢量控制算法,借助该算法能够实现针对电机磁通和转矩展开独立的调节,促使转速响应变得更为快捷、控

制也更为精确,哪怕是处在轻载或者重载这样不同的状态之下,整个系统依旧可以维持在高效率运行的状态。

2.2 多模式运行控制系统

电梯的使用频次以及乘梯需求,在各个不同的时段、多样的场景当中,都展现出了颇为明显的差异。要达成运行效率和能源利用两者间的平衡状态,控制系统所具备的多模式运行功能正变得越来越重要起来。在高峰时段的时候,电梯得用最快速度去回应乘客的呼叫需求,以此来削减乘客的等待时长,同时缓解拥堵这类现象。在这个时候,控制系统能够自动地切入到高响应模式当中,促使运行速度得以提升,并且让停站间隔也相应缩短。然而到了夜间或者是处于低流量的时段,那么就可以转变成节能模式,适当地把轿厢速度降低一些,延长开关门的时间,使得电机负载以及空载运行的频率都有所下降,进而减少能源方面的损耗情况。

除此之外,设置像是检修模式或者是消防应急模式等,这对于应对特殊的运维状况或者是安全场景之下的运行控制,也是很有帮助的。再进一步来讲,随着人工智能以及大数据技术不断地发展进步,现代的电梯控制系统能够凭借着对乘客流量、楼层分布、出行高峰时段等等这些行为数据展开长期的采集以及学习活动,从而对用户的乘梯行为做出预测,并且提前去调度那些空载的轿厢前往目标楼层,以此来实现所谓的“待命式调度”。这种带有智能化特点的调度策略,不但能够避免轿厢毫无目的地运行,而且还可以在多个电梯系统之间达成协同优化的效果,促使群控效率得以提高。控制逻辑所具备的多模式适应能力,正在逐步成为推动电梯从“被动运行”朝着“主动响应”去升级转变的极为关键的要素,其在节能方面的意义以及对用户体验的提升作用,是同步展现出来的,在未来,它将会在智慧建筑体系当中发挥出更为重要的价值。

2.3 故障自诊断与能效监测系统

在传统的电梯系统里面,能耗方面的问题往往要等到系统运行了一段时间之后才会被察觉到。而这个时候呢,一般都已经伴随着像设备磨损变得更加严重、电机出现过热的状况或者是运行发生异常等这样一些情况了,进而会引发潜在的安全隐患,还会使得维修成本不断上升。要想有效地去解决这一难题,现代的电梯控制系统就把高灵敏度的传感器以及数据处理单元给集成到一起了,从而搭建起了一个以故障能够自我诊断以及能效可以进行监测作为核心内容的智能运维平台。该系统会对温度、电压、电流、振动

频率还有功率因数等诸多维度的参数展开实时的采集工作,以此来建立起关于运行性能的数据库,再结合历史数据所形成的趋势分析模型,针对可能会出现故障去做出预判并且发出报警信息。

当系统察觉到电机负载在较长时间内高于正常数值,又或者功率因数一直处于偏低的状态时,能够主动去对运行策略做出调整,或者提醒维护方面的人员来实施干预举措,以此避免能耗不停地往上攀升,防止设备出现失效的情况。并且,能效监测系统还具备可视化图表展示的功能,借助图形化平台,把不同时间段以及不同运行模式之下的能耗变化情况展示出来,方便管理人员清楚地掌握节能方面所取得的成效,进而制定出具有针对性的优化方案。该系统一方面提升了电梯能耗管理的精细程度,另一方面也为构建起全过程的能源监控以及绩效评估体系奠定了技术方面的基础,是推动运维朝着数字化方向发展、实现节能高效的关键构成部分。

3 能量回馈机制的构建与优化

3.1 回馈装置的结构设计与运行原理

在传统电梯运行期间,特别当轿厢处于下行状态或者制动减速阶段的时候,驱动电机其实是处在一种‘发电’的状态当中。要是所产生的能量没能得到有效的利用,那么大多数情况下,这些能量会通过制动电阻器,以热量的形式被白白耗散掉。这不但造成了资源的浪费,而且还使得机房的温度升高,进而增加了空调的负担,最终形成了所谓的‘二次能耗’情况。就在这样的背景之下,能量回馈装置也就随之产生了。它的基本工作原理呢,就是把这部分多余的动能先经过逆变处理,之后再输送回到电网或者建筑内的其他用电单元当中去。

典型的回馈系统是由双向变流器、隔离变压器、滤波器以及控制逻辑这些部分组成的。在这个系统里,变流器承担的任务是将直流母线上的再生电流转化成和电网能够兼容的交流电压然后输出出去,而隔离与滤波模块的作用则是要保障输出电能电气方面的安全以及波形的质量。在进行设计的时候,要特别留意逆变模块的动态响应能力以及对输出谐波的控制情况,目的是防止和电网产生频率方面的干扰,避免影响到其他设备的正常运行。与此同时,还得要确保系统具备像过载保护、短路保护、瞬态冲击抑制等等这样的电气安全功能,以此来应对建筑电网出现波动而带来的那些不稳定因素。经过合理设计的回馈系

统,不但能够提升电梯系统的能效水平,而且在绿色建筑 LEED 认证以及碳排指标考核当中也占据着十分重要的地位,进而成为了未来大型建筑标配电梯的重要评估指标其中的一个。

3.2 能量回馈系统的协调控制

能量回馈系统可不是能独立运行的,它必须得和整个电梯控制系统紧密协同起来才行,这样才能达成高效回收能源以及合理分配能源的目的。在实际运行的时候呢,主控系统得根据轿厢具体的运动状态以及负载方面的变化情况,实时去判断是不是满足能量回馈的条件,然后通过通信总线把控制信号发送给回馈单元。要是电梯进入制动或者下降的模式了,回馈模块马上就会启动,借助电流采样以及反馈调节机制来对输出功率加以控制,保证系统能和电网实现无缝对接。当有多台电梯共同使用一套回馈装置这种情况出现时,系统还得设定好优先级以及电能分配的策略,防止因为瞬时能量一下子叠加起来而致使逆变器出现过载或者输出不稳定的状况。回馈系统和主控单元融合起来进行设计,这可是实现“能耗闭环管理”以及“分布式能量调度”的技术根基,有着很广阔的应用前景呢。

4 结语

机电一体化技术在不断发展的进程中,实实在在地给电梯曳引系统的节能优化构筑起了稳固的技术根基。在具体实践里,通过对曳引结构设计予以优化,同时将智能化控制策略以及能量回馈机制融合起来并加以应用,如此一来,一方面使得系统的能源利用效率得以提升,另一方面也给建筑运行朝着绿色低碳方向转型开辟出了行之有效的路径。展望未来,随着人工智能、物联网这些新兴技术愈发深入地介入其中,电梯节能系统将会展现出更高的集成程度、更出色的响应特性以及更强的智能化水准。凭借本研究成果在实际当中的推广运用,将会为达成建筑节能的目标以及推动城市实现可持续发展给予极为有力的支撑。

参考文献

- [1] 宿爱香,张霞. 电梯节能技术研究[J]. 特种设备安全技术,2020,(01):38-39+45.
- [2] 欧哲. 电梯节能技术的运用与推广研究[J]. 机电信息,2020,(02):78-79.
- [3] 高鹏,王璇,杨阳,等. 电梯节能技术进展、发展困境和应对策略[J]. 中国特种设备安全,2018,34(07):44-48.