

工程动力系统优化设计方法的探讨

黄金福

福建华电可门发电有限公司, 福建省福州市, 350500;

摘要: 工程动力系统优化设计方法是本论文深入探讨的核心, 并且论文阐述了工程动力系统优化设计的重大意义, 也分析了传统设计方法存在的问题, 还系统地介绍了像智能优化算法、仿真技术等现代优化设计理论与技术在工程动力系统优化设计中的应用, 通过实际案例分析展示优化设计方法的有效性以及展望工程动力系统优化设计未来的发展趋势, 本论文旨在为工程动力系统优化设计提供理论参考和实践指导以提升工程动力系统性能。

关键词: 工程动力系统; 优化设计; 智能优化算法; 仿真技术

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 04. 029

1 引言

各类工程里工程动力系统是核心部分, 在工业、交通、能源等好多领域都广泛应用, 工程整体的效率、安全性和经济性取决于工程动力系统性能的好坏, 能源短缺且环境问题越来越严重的情况下, 优化设计工程动力系统、提高能源利用效率、降低运行成本、减少污染物排放是工程领域急需解决的重要课题, 计算机技术、控制理论和数学优化方法不断发展使工程动力系统优化设计方法不断革新从而为提升系统性能提供新方法, 深入探讨工程动力系统优化设计方法有着重要的理论意义和现实价值。

2 工程动力系统优化设计的重要性

2.1 提高能源利用效率

当今能源紧张且工程动力系统能耗大, 提升其能源利用效率相当关键, 优化设计能合理配置动力系统各部分以减少能量传输损耗并提高能源转化和利用效率, 就像工业生产里的热力动力系统, 优化锅炉、汽轮机等设备参数和运行方式就能有效提高热能转化为机械能的效率并降低能源浪费。

2.2 降低运行成本

工程动力系统要满足工作要求靠优化设计就能选合适设备和运行方案进而减少设备投资和运行维护费用。系统布局和设备选型合理可避免过度配置从而降低初期建设成本, 运行策略优化也有用, 依据负荷变化实时调整动力系统输出功率能降低能耗进而减少长期运行成本。

2.3 增强系统稳定性和可靠性

工程动力系统的结构和控制策略能被科学合理的

优化设计所优化, 从而提高系统应对各种工况变化与外部干扰的能力, 增强稳定性和可靠性。在电力动力系统方面, 优化电网结构与电力调度策略可有效减少停电事故, 保障电力稳定供应。

2.4 减少环境污染

环保要求不断提高, 工程动力系统运行过程中降低污染物排放成必然趋势, 采用高效燃烧技术、尾气处理技术等先进技术和设备来优化设计, 可减少废气、废水和废渣产生, 减轻对环境的污染。

3 传统工程动力系统设计方法及存在的问题

3.1 传统设计方法概述

传统工程动力系统设计大多以经验和简化的理论计算为基础, 设计人员凭以往类似工程经验, 结合基本数学模型与公式初步设计动力系统, 经反复试验和调整使设计方案逐步完善, 这种设计法常取决于设计人员个人经验和专业水准, 设计过程较繁琐且设计周期长。

3.2 存在的问题 (见图 1)

设计精度有限: 传统设计方法用简化数学模型描述工程动力系统复杂物理过程和实际运行工况, 因这模型难以准确描述, 设计结果跟实际情况偏差较大, 系统最优设计实现不了。

优化能力不足: 设计过程主要靠经验和人工调整, 想全面、系统地优化大量设计参数和方案不容易, 往往只能在有限范围找较优解而找不到全局最优解, 这限制了系统性能进一步提升。

设计效率低下: 大型复杂工程动力系统的试验和调整需反复进行, 这会消耗大量时间和资源且设计周期长, 难以满足现代工程快速发展需求。

缺乏动态适应性：传统设计方法常以静态工况和参数为基础来设计，由于工程动力系统运行时工况动态变化且受不确定性因素的影响，它很难适应，从而使得系统实际运行中的性能下降。



图 1 传统工程动力系统弊端

4 现代工程动力系统优化设计理论与技术

4.1 智能优化算法

遗传算法：遗传算法这种随机搜索算法模拟生物进化过程，靠它通过选择、交叉和变异等操作来优化设计参数，在工程动力系统优化设计时，可用遗传算法优化动力系统的结构参数、运行参数等，在发动机动力系统里，用遗传算法优化发动机进气系统、燃烧系统等参数就能提高发动机的动力性能和燃油经济性，遗传算法全局搜索能力强且对目标函数和约束条件要求不高，但容易出现可计算效率低、早熟收敛这些问题。

粒子群优化算法：粒子群优化算法属于群体智能优化算法，其模拟鸟群觅食或者鱼群游动的行为来搜索最优解，在工程动力系统优化设计中可用于优化系统控制策略与参数，在风力发电动力系统里用其优化风力发电机桨距角控制策略能提高风能利用效率，该算法收敛快且易于实现，但处理复杂问题时容易陷入局部最优解。

模拟退火算法：模拟退火算法这种以物理退火过程为基础的随机搜索算法靠着模拟固体退火时的降温过程来搜索最优解，在工程动力系统优化设计中，像动力系统多目标优化设计这样复杂的非线性优化问题可用其求解，该算法全局搜索能力强且能跳出局部最优解，但计算时间长且退火参数得合理选择。

4.2 仿真技术

数值仿真：工程动力系统的数值仿真是靠建立其数学模型再用计算机做数值计算来模拟系统运行过程与性能的，工程动力系统优化设计时数值仿真能预测系统在不同设计参数和运行工况下的性能并给优化设计提供数据支持，液压动力系统设计中数值仿真可分析液压系统压力、流量、温度等参数的变化规律从而优化液压系统结构与参数。

物理仿真：实际的物理模型被构建起来用于物理仿真，从而模拟工程动力系统的运行状况，虽然物理仿真成本不低、周期也长，但它能更如实反映系统的实际性能，数值仿真结果的验证以及复杂系统的研究常会用到它，航空发动机动力系统研发时，不同工况下发动机的性能和可靠性测试也能通过物理仿真来进行。

联合仿真：数值仿真和物理仿真的优点被联合仿真所结合，不同领域的模型经它集成、协同仿真，从而能更全面、准确地模拟工程动力系统复杂行为。在汽车动力系统优化设计时，联合仿真可以把发动机模型、传动系统模型以及车辆动力学模型集成起来分析整个动力系统在不同行驶工况下的性能，进而让系统整体得到优化。

4.3 多学科优化设计方法

机械、热工、控制等多个学科领域与工程动力系统有关，多学科优化设计方法能综合考量各学科相互影响和耦合关系从而让系统整体得到优化，一般用协同优化、并行子空间优化等策略把复杂系统优化问题分解成多个子问题求解再经协调机制让各子问题间信息交互整合优化结果，在大型船舶动力系统设计时可综合船舶推进系统、动力装置系统和电力系统等多学科因素实现船舶动力系统最优设计。

5 工程动力系统优化设计案例分析

5.1 案例一：某工业锅炉动力系统优化设计

项目背景：某工业企业的锅炉动力系统能源利用效率低且运行成本高，企业要节能减排降成本就得对其优化设计。

优化设计过程：数值仿真技术被用来建立锅炉动力系统的数学模型以分析系统当前运行工况下热效率、能耗等性能指标，接着遗传算法用于优化锅炉燃烧器结构参数、炉膛尺寸等且模拟退火算法被拿来优化锅炉运行参数如燃料供应量、空气流量等，优化时考虑环保要求并将废气排放指标作为约束条件。

优化效果：优化设计后，工业锅炉动力系统热效率提高 12%、能耗降 15%、废气污染物排放量减 20%，有效降低了企业运行成本和环境污染。

5.2 案例二：某电动汽车动力系统优化设计

项目背景：电动汽车市场快速发展，提高其续航里程和动力性能成了关键，某汽车企业为提升产品竞争力对电动汽车动力系统进行优化设计。

优化设计过程：电动汽车的电池模型、电机模型、

传动系统模型和车辆动力学模型通过联合仿真技术被集成起来以建立完整的电动汽车动力系统仿真模型,并且使用粒子群优化算法优化电池管理系统的控制策略、电机的调速控制参数等并用上多学科优化设计方法,综合考虑车辆动力性能、续航里程、安全性等多个目标。

优化效果:电动汽车动力系统经优化后,续航里程提高了20%且加速性能提升15%,能量消耗降低,车辆整体性能得以提高,详见表1。

表1 电动汽车动力系统优化前后数据对比表

性能指标	优化前	优化后	提升幅度
续航里程	300km	360km	20%
0-100km/h 加速时间	10s	8.5s	15%
百公里能耗	15kWh	13kWh	约 13.3%

6 工程动力系统优化设计的发展趋势

6.1 智能化与自动化程度不断提高

人工智能、机器学习等技术不断发展,智能化算法和自动化工具会被工程动力系统优化设计越来越多地采用,智能化算法处理复杂非线性问题与不确定性因素的能力更强,能达成更高效、精准的优化设计,而且自动化工具可减少人工干预,提高设计效率与质量,使设计过程智能化、自动化。

6.2 多学科融合与协同优化成为主流

工程动力系统挺复杂的,这就使得在对其做优化设计时得综合考虑好多学科的因素,以后工程动力系统优化设计主流会是多学科融合和协同优化,建个多学科联合仿真平台,搞个优化算法,让各学科能共享信息协同优化,从而使工程动力系统在性能、可靠性、经济性等多方面的要求能更好地被满足。

6.3 基于大数据与云计算的优化设计

当下数字化转型浪潮全球席卷,工程动力系统优化设计深度融入大数据与云计算技术,带来前所未有的变革机遇,工程动力系统运行时会产生海量数据,其中涵盖设备工况参数、能耗数据、故障预警信息等多维度信息,部署传感器网络和数据采集系统就能实时收集这些数据,再运用大数据分析技术靠机器学习算法挖掘数据背后隐藏规律,分析历史能耗数据与环境参数的关联就能精准预测不同工况下能源消耗趋势,从而为运行策略优化提供依据。

数据处理与复杂优化计算方面,云计算技术给予了强大的算力支持,而传统优化算法在处理大规模数据和复杂模型时,本地计算资源常限制它从而导致计算效率不高,云计算平台能按任务需求动态分配计算资源并将复杂优化问题拆成多个子任务并行计算,就拿某大型工业园区动力系统优化项目来说,在云计算平台上运行遗传算法优化系统参数,计算时间从传统单机计算的数周减少到数小时,优化设计效率大大提高了。

6.4 绿色化与可持续发展要求更高

全球气候变化问题日益严峻且各国管控碳排放越来越严格,这使得“双碳”目标成为工程动力系统优化设计的重要指引,在此背景下工程动力系统全生命周期贯穿绿色化与可持续发展理念,能源利用上工程动力系统里太阳能、风能、氢能等清洁能源占比逐渐提高,就新建商业建筑动力系统设计来说光伏储能一体化系统和传统电力系统协同运行能大大减少对化石能源的依赖。

污染物减排技术一直在创新,通过优化燃烧技术并采用高效尾气净化装置,就能把氮氧化物、颗粒物等污染物排放控制在极低水平,就拿重型卡车柴油发动机动力系统优化来说,改进燃油喷射系统和后处理装置,氮氧化物排放量相比传统发动机能减少80%。

7 结论

提高工程动力系统性能、降低成本、减少污染,工程动力系统优化设计是重要手段,而传统设计方法有很多局限,现代优化设计理论和技术,像智能优化算法、仿真技术、多学科优化设计方法等,给工程动力系统优化设计提供了更有效途径,且实际案例分析表明,现代优化设计方法能让工程动力系统性能显著提升,随着技术不断发展,工程动力系统优化设计会朝着智能化、多学科融合、基于大数据与云计算、绿色化可持续发展的方向发展,在未来工程实践中,要不断探索应用新的优化设计方法,推动工程动力系统优化设计水平进一步提高,以满足社会发展对工程动力系统不断增长的需求。

参考文献

- [1] 朱宗才. 汽车工程中的空气动力学优化设计[J]. 2024.
- [2] 刘祥环, 孙印程, 刘平, 等. 基于整车工况的电动汽车动力总成系统效率优化设计方法[J]. 汽车制造业, 2020(11): 4.
- [3] 徐娇艳. 自发电站动力传动系统的优化设计[D]. 兰州理工大学, 2013.