

电气与自动化技术在新能源船舶动力系统中的优化设计

周佩琪

捷方新能源科技(江苏)有限公司

DOI:10.12238/etd.v6i1.11724

[摘要] 新能源船舶作为航运业的重要发展方向,面临着提升能源效率和降低环境影响的迫切需求。电气与自动化技术在新能源船舶动力系统中的应用,能有效提升系统的能源利用效率和航行性能。本文研究了这些技术在新能源船舶动力系统中的优化设计,探讨了能源管理、动力控制及故障诊断等方面的具体应用。同时研究指出了当前设计中的不足,并展望了未来智能化控制和多能源系统集成应用的潜力。该研究为新能源船舶的设计与应用提供了理论基础和技术支持,具有重要的工程实践价值。

[关键词] 新能源船舶; 电气与自动化技术; 动力系统; 优化设计

中图分类号: TU241.91 文献标识码: A

Optimized Design of Electrical and Automation Technology in the Power Systems of New Energy Vessels

Peiqi Zhou

Jiefang New Energy Technology (Jiangsu) Co., Ltd.

[Abstract] As an important development direction of the shipping industry, new energy ships face an urgent need to improve energy efficiency and reduce environmental impact. The application of electrical and automation technology in the power system of new energy ships can effectively improve the energy utilization efficiency and navigation performance of the system. This article studies the optimization design of these technologies in the power system of new energy ships, and explores their specific applications in energy management, power control, and fault diagnosis. At the same time, the study pointed out the shortcomings in the current design and looked forward to the potential of future intelligent control and multi energy system integration applications. This study provides theoretical basis and technical support for the design and application of new energy ships, and has important engineering practical value.

[Key words] New energy vessels; electrical and automation technology; power systems; optimized design

引言

随着全球环保意识的提升与能源危机的加剧,航运业面临着减少环境污染和提高能源效率的双重压力。传统船舶大多依赖化石燃料,排放的温室气体和污染物对环境造成了显著影响。为了应对这些挑战,新能源船舶作为可持续发展的重要方向,逐渐成为船舶设计与建造的研究热点。新能源船舶采用电池、氢燃料电池、太阳能等绿色能源,能够显著降低温室气体排放和能源消耗,符合环保要求,推动绿色航运的发展。

新能源船舶的动力系统通常由多个能源和能量转换装置组成,系统复杂度较高。如何实现这些能源系统的高效协同与稳定运行,成为设计新能源船舶的关键问题。电气与自动化技术的引入为解决这一问题提供了新的思路和方法。通过应用电气自动化控制技术,可以实现船舶动力系统的智能管理与优化控制,从而提高能源利用效率、增强系统稳定性,并减少维护成本。本研究

聚焦于电气与自动化技术在新能源船舶动力系统中的优化设计,探讨能源管理、控制策略与系统稳定性等方面的应用。

1 新能源船舶动力系统概述

1.1 新能源船舶动力系统的构成

1.1.1 动力源: 新能源船舶的动力源包括电池系统、氢燃料电池、太阳能和风能等。

(1) 电池系统: 主要包括锂电池和铅酸电池,适用于短途航行。电池系统具有充电高效、维护简单等优点,是新能源船舶最常用的动力源。(2) 氢燃料电池: 氢燃料电池通过氢气与氧气的化学反应生成电力,排放水蒸气。它适合用于长途航行,但技术尚在发展阶段,面临氢气储存与运输的难题。(3) 太阳能与风能: 这两种能源作为辅助能源广泛应用于新能源船舶,用于减少燃料消耗,提供可持续的补充能源,尤其适合近海航行。

1.1.2 能量转换设备: 能量转换设备主要包括电动机和电力

电子变换器等。电动机负责将电能转化为机械动力,是船舶驱动的核心组件。电力电子变换器则用于调节电动机的输出功率,提升能效。

1.1.3 能源管理系统(EMS): 能源管理系统负责实时监控和优化能源的使用,确保不同能源单元之间的合理调度。通过能源调度与优化,EMS能够平衡各类能源的负载,提升系统的整体效率,确保船舶在不同航行阶段的稳定运行。

1.1.4 电气控制系统: 电气控制系统对各个能源单元和设备进行实时监控与控制,确保动力系统、导航系统及其他船舶功能的协调工作。现代船舶控制系统采用高度自动化技术,可以根据航行状态自动调整航速和能源分配,优化船舶运行。

1.2 新能源船舶动力系统的特点与优势

1.2.1 环保性: 新能源船舶的主要优势在于其环保性,减少了对环境的污染,尤其是温室气体和有害物质的排放。采用氢燃料电池和电池系统的船舶,排放仅为水蒸气或氧气,符合全球绿色航运的要求。

1.2.2 高效能与低碳排放: 新能源船舶的动力系统能通过电气自动化技术优化能源管理,实现高效能运行。尤其在混合动力系统中,不同能源形式能够根据需求智能调度,最大化能源利用率,减少碳排放。

1.2.3 运营成本低: 新能源船舶通过减少燃料消耗和降低维护成本,具有较低的运营成本。电动船舶尤其适用于短途运输,能够有效降低燃料和人工费用。

1.2.4 适应性强: 新能源船舶的动力系统能够根据不同的航程需求灵活选择能源系统,短途航行主要依赖电池和太阳能等,长途航行则可结合氢燃料电池和电池系统,具有较强的适应性。

1.3 新能源船舶动力系统的应用现状

尽管新能源船舶在技术上取得了显著进展,但在实际应用中仍面临挑战。目前,新能源船舶主要应用于短途运输和港口物流。例如,欧洲和中国一些港口已开始应用电动船舶,而在远洋航行中,氢燃料电池和混合动力系统正在进行技术验证。

然而,新能源船舶面临氢气存储、燃料电池技术成熟度、太阳能和风能的不稳定性等问题。为了克服这些困难,需要依靠电气与自动化技术不断优化系统设计,提升新能源船舶的性能与稳定性。

2 电气与自动化技术在新能源船舶中的应用原理

2.1 电气与自动化技术的基本原理

2.1.1 电气技术原理: 电气技术在新能源船舶中主要体现在能源转换设备、电力电子装置和电动机等方面。电池、燃料电池和电动机之间的能量转换依赖于高效的电力电子控制器,确保能源的高效传输与利用。通过逆变器、变频器等电力电子设备,船舶能够实现对不同类型能源的高效转换,从而提高动力系统的效率。

2.1.2 自动化控制原理: 自动化技术通过传感器、执行器和数据采集系统,实时监控船舶的运行状态。控制系统根据实时数据,调节能源输出、航速、负载等,以优化船舶的能效和稳定性。

自动化系统的核心是能源管理系统(EMS),它根据航行需求、环境条件和能源状况进行智能调度,确保系统的高效运行。

2.2 能源管理系统(EMS)中的应用

2.2.1 能源调度与优化: EMS根据船舶的航行需求、各类能源的剩余量及环境条件(如风速、太阳辐射等),动态调节不同能源的工作状态,优化能源使用。例如,近岸航行时优先使用电池,而远洋航行时则可根据需要启动氢燃料电池系统,以满足航行需求。

2.2.2 负载平衡与功率分配: 在多能源系统中,EMS通过实时监控各个能源单元的功率输出,调整负载分配,避免单一单元过载或能源浪费。混合动力船舶根据电池电量和燃料电池功率的关系,智能调节负荷,确保系统稳定运行。

2.2.3 故障检测与预警: EMS利用传感器和监控系统,实时检测系统故障并发出预警。发生故障时,EMS自动调节系统状态,确保船舶安全运行,并通知船员进行处理。

2.3 电动机与动力控制系统

2.3.1 电动机驱动控制: 电动机通过变频器调整转速,优化功率输出。结合EMS,电动机根据航程和负载需求自动调整功率,减少能源消耗,提高能效。此外,电动机控制系统还能根据环境条件(如海浪、风速等)动态调整功率输出,提升航行稳定性。

2.3.2 航速与航向控制: 航速和航向控制依赖电动机调速与动力系统协同工作。自动化控制系统实时反馈航速、航向和能源使用情况,系统根据数据优化控制策略,确保船舶在最优状态下运行。

2.4 故障诊断与维护

2.4.1 故障监测与预警: 嵌入式传感器和监控系统能够实时反馈设备的工作状态,控制系统分析数据,发现异常时自动发出故障预警,并可根据故障类型切换到备用系统,确保系统稳定运行。

2.4.2 智能维护: 结合数据分析与机器学习技术,自动化系统对设备进行预测性维护。系统通过长期数据积累识别潜在故障,提前安排维修或更换,减少突发故障,延长设备使用寿命。

3 新能源船舶动力系统优化设计方法

3.1 动力系统优化设计的基本原则

3.1.1 能效最大化: 通过合理配置不同类型的能源系统,确保船舶在航行过程中能够以最低的能源消耗满足航行需求。设计应最大化系统的能源利用率,并减少能量损失。

3.1.2 系统稳定性: 确保动力系统在各种工况下都能稳定运行。设计过程中应考虑各种可能的故障模式,并采取冗余设计与容错技术,以提高系统的可靠性。

3.1.3 环保性与低排放: 优化设计应减少温室气体及有害物质的排放,符合环保法规和行业标准,推动绿色航运的发展。

3.1.4 经济性: 通过降低船舶的燃料消耗和维护成本,优化系统的经济效益,提升船舶的长期运营盈利能力。

3.2 能源选择与配置优化

3.2.1 电池系统与燃料电池的组合: 电池系统适用于短途航

行,而燃料电池适合远洋航行。通过组合使用这两种能源,能够在不同航行阶段提供稳定的动力供应。设计时需根据航程、负载和充电需求进行优化配置,保证各能源单元能够高效协同工作。

3.2.2多能源系统的集成:在新能源船舶中,除了电池和燃料电池,还可以通过太阳能、风能等可再生能源来辅助能源供应。太阳能和风能系统的设计应根据航行区域的气候特点进行定制,确保能量输出稳定并有效补充船舶的电池系统。

3.2.3混合动力系统优化:对于多能源系统,合理配置电池、燃料电池和可再生能源的比例至关重要。优化设计应综合考虑各能源单元的能效、功率输出和成本,避免单一能源系统的过度依赖,以实现负载平衡和最大能效。

3.3能源管理与调度优化

3.3.1基于需求的能源调度:能源管理系统根据船舶的航行速度、负载要求和环境因素(如风速、太阳辐射等),动态调节各能源的输出。EMS根据船舶的实际需求合理分配能源,避免能源浪费,同时确保航行性能。

3.3.2优化负载分配:在混合动力系统中,EMS需要智能调度电池和燃料电池之间的功率输出,确保系统的负载平衡。例如,电池在低负载下提供高效的动力,而燃料电池在高负载时发挥主导作用。通过这种负载分配策略,船舶能够在不同工况下实现最优能效。

3.3.3故障诊断与应急调度:当船舶系统出现故障时,EMS能够自动检测并启动备用能源系统,避免能源供应中断。设计过程中,应考虑系统冗余和备份机制,确保即使在单一能源单元故障的情况下,系统仍能稳定运行。

3.4动力控制策略优化

3.4.1电动机与燃料电池的协调控制:电动机作为船舶的核心驱动装置,在不同航行工况下需要根据负载要求调整功率输出。电动机在工作时,会根据船舶使用的不同能源(如电池、燃料电池)的实际情况来调整自身的功率输出,避免过度依赖某一单元,达到最优的能源利用效率。

3.4.2动态航速调节:船舶的航速对能源消耗有直接影响。在航行过程中,基于实时的船舶状态数据(如航速、负载、航行环境等),控制系统可以动态调整船舶的航速,以实现最佳的能源消耗效率。例如,在平稳的海况下,船舶可以降低航速以节省能源,而在复杂的海况下,则可以适当提高航速保证航行稳定性。

3.4.3多目标优化:动力控制系统不仅要考虑能源效率,还要考虑航速、航向、稳定性等因素。通过多目标优化控制算法,系统能够在多种因素之间进行权衡,确保船舶能够在各种工况下平稳运行并满足性能要求。

4 结语与展望

在全球积极推动绿色发展、倡导可持续航运的当下,新能源船舶成为航运领域转型的关键。本文深入探讨电气与自动化技术在新能源船舶动力系统中的应用及优化设计方法。

在新能源船舶动力系统里,能源管理、动力控制和故障诊断的优化策略极为关键。能源管理方面,合理配置太阳能、风能、氢能及新型电池等多种能源,并根据船舶航行工况,如近海低速巡航、远洋高速行驶,智能化调度能源,实现高效利用。动力控制上,先进的自动化控制算法精准调节动力输出,确保船舶在各种海况下稳定航行。故障诊断则依靠传感器与数据分析算法,实时监测运行状态,快速定位故障点并报警,保障船舶安全。研究显示,通过这些措施,船舶能源效率显著提高,能源利用率大幅度提升;稳定性大大增强,减少恶劣海况下的摇晃;安全性大幅提升,故障发生率有效降低,有力推动新能源船舶在绿色航运中的应用。

不过,当前新能源船舶动力系统的设计和应用面临诸多挑战。多能源系统集成复杂,不同能源特性不同,其存储、转换和分配环节存在大量技术难题。实时数据处理能力亟待提升,船舶传感器增多使数据量剧增,需短时间内精准分析处理,为决策提供支持。智能化控制系统的可靠性也至关重要,一旦故障,可能导致动力系统失控,引发严重事故。

展望未来,伴随人工智能、大数据、物联网等智能化、数字化技术的发展,船舶动力系统优化设计将发生变革。智能化技术实现实时智能监控与自主决策,根据海况、能源储备动态调整参数。数字化技术为多能源系统集成提供支持,通过虚拟仿真优化设计,提高效率与准确性。新能源船舶将朝着更高效、环保、智能的方向发展,电气与自动化技术在提升系统稳定性、降低能耗、推动航运可持续发展中,将发挥无可替代的重要作用。

【参考文献】

- [1]李世臣.船舶电气与自动化.船舶自动化[M].大连海事大学出版社,2013.
- [2]孙玉伟,胡克容,严新平,等.新能源船舶混合储能系统关键技术问题综述[J].中国造船,2018,59(1):11.
- [3]王景云.新能源船舶电气系统设计与性能分析[J].船舶物资与市场,2024,32(3):72-74.
- [4]姜耀杰.船舶电气自动化的发展及其设备故障排除[J].船舶物资与市场,2024,32(3):107-109.
- [5]刘世涛.船舶电气自动化技术应用及发展趋势[J].船电技术,2024(003):044.

作者简介:

周佩琪(1985--),男,汉族,江苏泰州人,中级工程师,从事电气与自动化技术研究。