

船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构分析

船舶电力推进系统作为现代船舶的重要组成部分，其安全性和可靠性直接关系到船舶的航行性能和安全。随着科技的发展，特别是智能化技术的进步，船舶综合电力推进安全控制系统的智能体系结构不断优化和完善。该系统不仅具有较高的安全可靠性和易于工程实现，还可以提高智能决策能力和决策速度。本文旨在探讨船舶综合电力推进安全控制系统的智能体系结构。首先介绍了船舶综合电力推进系统的基本组成与特点，分析了安全控制系统的重要性。随后深入研究了智能体系结构中的关键要素，阐述了各层的功能与实现技术。

1 船舶综合电力推进安全控制系统的重要性

船舶综合电力推进系统主要由发电系统、配电系统、推进电机及其控制器、能量存储系统等部分组成。发电系统产生电能，通过配电系统将电能分配到各个用电设备，包括推进电机。推进电机将电能转化为机械能，驱动船舶螺旋桨转动，从而推动船舶前进或后退。综合电力推进系统能够更灵活地分配和利用电能，实现船舶动力的优化配置。但同时，其电力网络的复杂性和设备之间的强耦合性也使得系统的安全控制面临巨大挑战。安全控制系统是船舶综合电力推进系统的核心保障，负责实时监测系统的运行状态，及时发现故障隐患并采取相应的控制措施，防止故障的进一步扩大。如，在发电系统中，安全控制系统要监测发电机的输出电压、电流、频率等参数，确保其稳定运行。

2 船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构

船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构包括智能感知层、决策层和执行层、监控与反馈层等。感知层通过高精度传感器采集系统运行数据，采用分布式传感器网络、数据融合和无线传输技术提高数据准确性和可靠性。决策层接收数据，运用智能算法进行故障诊断、风险评估和控制策略制定。智能执行层负责将控制策略转化为实际动作，采用高性能执行机构和先进技术确保可靠性和快速响应。监控与反馈层连接执行层与决策层，实现实时监控、异常检测、状态反馈及性能优化。

2.1 智能感知层

智能感知层是整个智能体系结构的基础，其主要功能是利用各种传感器采集船舶综合电力推进系统的运行数据。这些传感器包括电压传感器、电流传感器、温度传感器、压力传感器、转速传感器等，分布在发电系统、配电系统、推进电机等各个关键部位。通过高精度的传感器，能够实时获取系统的电气参数、机械参数和环境参数等信息。如，电压传

感器可以准确测量电力线路的电压值，温度传感器可以监测电机的绕组温度。采集到的数据经过预处理后，传输到智能决策层，为后续的故障诊断和控制决策提供数据支持。为了提高数据采集的准确性和可靠性，智能感知层采用了多种先进技术。如，采用分布式传感器网络技术，实现对系统各个角落的全面监测；运用传感器数据融合技术，将多个传感器采集到的同一参数或相关参数进行融合处理，提高数据的精度和可信度。

2.2 智能决策层

智能决策层是安全控制系统的核心部分，接收来自智能感知层的大量数据，并运用先进的智能算法进行分析和处理。主要功能包括故障诊断、风险评估和控制策略制定。在故障诊断方面，采用基于模型的故障诊断方法、人工智能故障诊断方法（如神经网络、专家系统等）相结合的方式。基于模型的故障诊断方法通过建立船舶综合电力推进系统的数学模型，将实际运行数据与模型预测数据进行对比，从而发现故障。人工智能故障诊断方法则利用大量的历史故障数据和专家经验，对系统的故障特征进行学习和识别。如，神经网络可以通过训练学习不同故障情况下的传感器数据特征，当新的数据输入时，能够快速准确地判断是否存在故障以及故障类型。风险评估是根据故障诊断结果和系统的运行状态，对可能出现的安全风险进行评估。评估指标包括故障发生的概率、故障的严重程度、对船舶航行安全的影响程度等。

2.3 智能执行层

智能执行层负责将智能决策层制定的控制策略转化为实际的控​​制动作，对船舶综合电力推进系统的各个设备进行控制。它包括各种执行机构，如，断路器、接触器、变频器、电机控制器等。当智能决策层发出控制指令后，智能执行层的执行机构迅速响应，调整设备的运行状态。如，当需要调整推进电机的转速时，变频器根据控制指令改变输出频率，从而实现电机转速的精确控制；当检测到电力系统出现短路故障时，断路器迅速动作，切断故障电路，保护系统的其他部分。为了确保智能执行层的可靠性和快速响应能力，采用了高性能的执行机构和先进的控制技术。如采用智能型断路器，具有快速分断能力和故障自诊断功能；电机控制器采用先进的矢量控制技术或直接转矩控制技术，实现电机的高效、精确控制。

2.4 智能监控与反馈层

智能监控与反馈层作为连接智能执行层与智能决策层的桥梁，扮演着至关重要的角色，不仅实时监控执行机构的动作状态和系统响应，还负责将这些关键信息反馈至智能决

策层，形成一个闭环控制系统。这一层的主要功能包括实时监控、异常检测、状态反馈及性能优化。实时监控功能通过高频率的数据采集与分析，确保对船舶综合电力推进系统的每一个细微变化都能迅速捕捉。这不仅包括执行机构的物理位置、工作状态，还包括系统整体的能效、稳定性等关键性能指标。通过图形化界面或远程监控平台，操作人员可以直观地了解系统当前状态，为即时决策提供视觉支持。异常检测机制则利用机器学习算法，对监控数据进行深度挖掘，识别出任何偏离正常操作范围或预设阈值的异常情况。一旦检测到异常系统会立即触发报警，并通过多种通信渠道通知相关人员，同时自动记录异常事件，为后续分析提供数据支持。

3 船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构的应用

船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构作为现代船舶技术的核心组成部分，其应用范围广泛，不仅提升了船舶的航行性能和安全性，还推动了船舶工业的智能化发展。船舶综合电力推进安全控制系统智能体系结构在军用舰船、大型民用船舶和特殊用途船舶等领域具有广泛的应用前景。通过智能控制、故障诊断、能效管理、远程监控等功能，该智能体系结构能够实现对船舶电力推进系统的全面监控和优化运行，提高船舶的航行性能和安全性，推动船舶工业的智能化发展。

3.1 舰船领域的应用

在舰船领域，智能体系结构的应用显得尤为重要。舰船需要面对复杂多变的战场环境，对电力推进系统的要求极高，既要具备快速响应的能力，又要保证高度的可靠性。智能体系结构通过集成先进的传感器、数据处理算法和智能控制策略，实现了对舰船电力推进系统的全面监控和精确控制。

实时监控与预警：智能体系结构能够实时监测电力推进系统的运行状态，包括电流、电压、温度等关键参数，一旦发现异常，立即发出预警信号，确保舰船能够及时采取应对措施。

故障诊断与排除：通过集成的故障诊断模块，智能体系结构能够自动分析电力推进系统的故障信息，快速定位故障点，并提供相应的维修建议，大大缩短了故障排除的时间，提高了舰船的作战效能。

智能调度与优化：智能体系结构能够根据舰船的航行任务和战场环境，智能调度电力推进系统的输出功率和转速，实现能源的最优利用，同时降低噪音和排放，提高舰船的隐蔽性和环保性能。

3.2 大型民用船舶领域的应用

在大型民用船舶领域，智能体系结构的应用同样具有重要意义。大型民用船舶需要长时间、远距离的航行，对电力推进系统的稳定性、高效性和经济性有着极高的要求。智能体系结构通过智能决策和优化控制，实现了对大型民用船舶电力推进系统的智能管理和优化运行。

智能航行规划：智能体系结构能够根据船舶的航行路线、天气条件、海况等因素，智能规划航行路线和速度，确保船舶能够安全、高效地到达目的地。

能效管理与优化：通过实时监测和分析电力推进系统的能耗数据，智能体系结构能够智能调整系统的运行参数，实现能源的最优利用，降低运营成本。

远程监控与维护：智能体系结构支持远程监控和维护功能，使得船东和运营商能够实时了解船舶的运行状态，及时发现并处理潜在问题，提高船舶的可靠性和可用性。

3.3 特殊用途船舶领域的应用

在特殊用途船舶领域，如科考船、救援船等，智能体系结构的应用更是不可或缺。这些船舶需要面对复杂多变的作业环境和任务需求，对电力推进系统的灵活性和智能化程度有着极高的要求。智能体系结构通过模块化和可扩展的设计，实现了对特殊用途船舶电力推进系统的灵活配置和智能控制。

定制化解决方案：智能体系结构能够根据特殊用途船舶的具体需求，提供定制化的解决方案，包括电力推进系统的配置、控制策略的优化等，确保船舶能够顺利完成各项任务。

智能作业辅助：通过集成先进的传感器和数据处理算法，智能体系结构能够为特殊用途船舶提供智能作业辅助功能，如自动避障、精准定位等，提高作业效率和安全性。

远程协作与指挥：智能体系结构支持远程协作和指挥功能，使得地面控制中心能够实时了解船舶的作业情况，提供必要的支持和指导，确保船舶能够安全、高效地完成作业。

船舶综合电力推进安全控制系统的智能体系结构通过智能感知层、智能决策层和智能执行层的协同工作，实现了对船舶综合电力推进系统的全面监测、智能诊断、风险评估和精确控制。这种智能体系结构能够有效提高系统的安全性和可靠性，降低故障发生的概率和影响程度，保障船舶的航行安全。随着人工智能、传感器技术、通信技术等的不断发展，船舶综合电力推进安全控制系统的智能体系结构将不断完善和优化，为船舶电力推进技术的发展提供更加强有力的支撑。

高善彬，罗朝发，陶凤虎
(国家电投集团山东海洋能源发展有限公司，山东省青岛市 266001)