

Проектирование судовых систем с помощью технологии 1D-моделирования

На сегодняшний день, согласно данным Международной морской организации (International Maritime Organization, IMO), судостроительная промышленность ответственна за 2,5% выбросов диоксида углерода (CO₂). Это больше, чем суммарные выбросы диоксида углерода такими странами, как Германия, Франция и Великобритания, взятые вместе. Любой рост этого фактора загрязнения окружающей среды в судостроительном секторе приведет в обозримом будущем к прямому конфликту с Парижским соглашением об изменении климата, который констатирует необходимость двукратного снижения вредных выбросов к 2050 году для сохранения средних значений температур на планете максимум на 2°C выше по сравнению с доиндустриальной эпохой. В ответ на это IMO ужесточила требования по выбросам кораблей и судов, введя индекс энергоэффективности разрабатываемого изделия (Energy Efficiency Design Index, EEDI). К 2025 проектируемые суда должны быть на 30% более энергоэффективны, чем спроектированные до 2014 года. Кроме того, новые правила Европейского Союза обязывают судовладельцев отчитываться о вредных выбросах принадлежащих им судов, причем эксплуатационные ограничения по этому показателю являются более строгими, чем требования IMO.

У судостроителей не остается иного выбора, кроме как разрабатывать новые суда, которые удовлетворяют всем ограничениям по

вредным выбросам. В дополнение к экологическим требованиям регулирующих организаций судостроительная продукция должна также удовлетворять и требованиям, идущим от компаний-эксплуатантов, – понятно, что чем меньше топлива потребляет судно, тем меньше будут эксплуатационные расходы для компании.

Все вышеперечисленное выдвигает новые требования к конструкции и эксплуатационным характеристикам проектируемых кораблей и судов для достижения следующих целей:

- ▶ сокращения вредных выбросов для сохранения климата и защиты от загрязнений морской среды;
- ▶ обеспечения топливной экономичности, низких эксплуатационных расходов;
- ▶ получения улучшенных динамических характеристик.

Ввиду значительного развития в последние несколько десятилетий электроприводных систем и систем накопления заряда наиболее распространенным путем уменьшения выбросов и оптимизации ходовых качеств проектируемых судов является гибридная пропульсивных систем. В то же время, применение гибридных пропульсивных систем требует значительных усилий от инженеров компаний-разработчиков.

Один из наиболее очевидных способов гибридной пропульсивных систем – улучшение существующих технологий. Гибридная пропульсивная системы – сложная задача, которая, однако, отчасти уже была решена 20 лет

назад, когда были созданы дизель-генераторные системы для ледоколов, где они были применены ввиду лучших характеристик по регулированию привода. Именно концентрация на вопросах улучшения конструкции судовых двигателей или отдельных компонентов пропульсивной системы позволяет добиться требуемых результатов. Однако достижение этой цели осложняется тем, что время разработки всегда ограничено, поскольку для сохранения своей конкурентоспособности верфь должна максимально быстро вывести разрабатываемое изделие на рынок, жесткие сроки выпуска могут быть прописаны и в контрактных обязательствах.

Ускорение процесса разработки гибридных пропульсивных систем – нетривиальная задача, решение которой лежит в общем русле цифровизации процесса проектирования. Сегодня это становится возможным с помощью высокопроизводительных систем так называемого 1D-моделирования, использующих имитационные модели разрабатываемого изделия для анализа работоспособности, энергоэффективности или реализуемости архитектур систем и подсистем изделия начиная с ранних стадий проектирования. Применение 1D-моделирования кратно сокращает время разработки конечного изделия.

Одним из наиболее продвинутых инструментов 1D-моделирования является интегрированная платформа мультифизического моделирования сложных технических

систем Simcenter™ Amesim™ компании Siemens Digital Industries Software. Она позволяет судостроителям разрабатывать высокопроизводительные и экологичные пропульсивные системы посредством использования специализированных библиотек функциональных моделей, включенных в комплект поставки. Simcenter Amesim дает пользователям возможность эффективно оценивать и исследовать работу взаимосвязанных систем, таких как двигатели внутреннего сгорания (ДВС), электрогенераторы, редукторы, трансмиссия, силовая электроника или охлаждающая система и др. Задача исследования взаимодействия систем разного физического принципа действия и назначения может возникнуть на любом этапе процесса проектирования – от разработки общих архитектурных концепций построения пропульсивной системы до стадии исследования работы или проектирования конкретной подсистемы и определения характеристик составляющих ее компонентов. Также комплексное моделирование изделия как “системы систем” необходимо для отработки стратегии управления пропульсивной системой и разработки управляющих алгоритмов.

Таким образом, уже на ранних этапах разработки пользователь может проанализировать результаты моделирования для достижения оптимальной архитектуры пропульсивной системы, которая позволит обеспечить минимальное потребление топлива и минимизировать вредные выбросы. Построение интегрированных моделей судов в Simcenter Amesim дает проектировщику возможность увидеть, какое влияние оказывает та или иная выбранная архитектура пропульсивной системы на ходовые характеристики судна.

Например, компания Hyundai Heavy Industries (HHI), один из лидеров мирового судостроения,

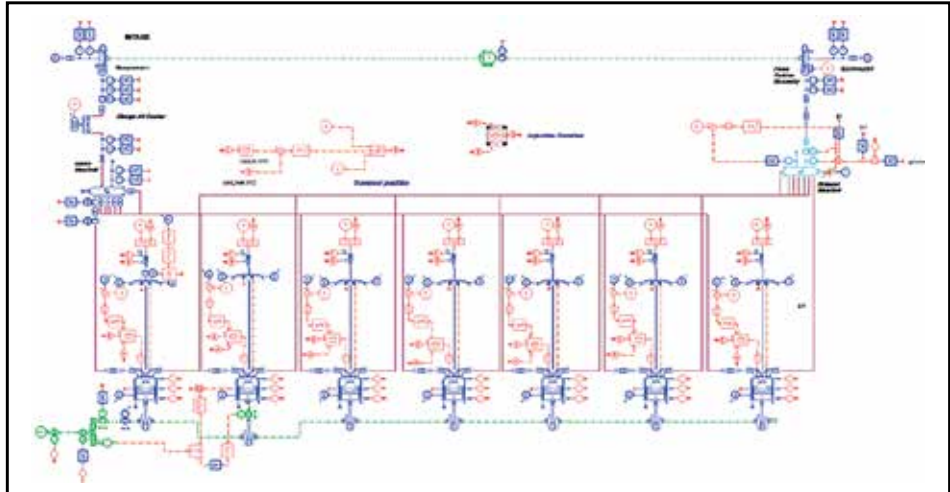


Рис. 1. Расчетная модель морского ДВС Hyundai Heavy Industries

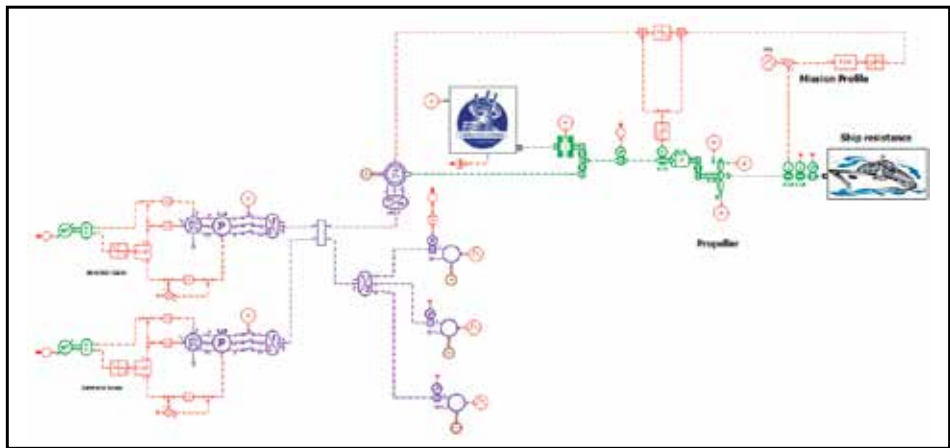


Рис. 2. Расчетная модель гибридной пропульсивной системы Hyundai Heavy Industries

применяет Simcenter Amesim для разработки и оптимизации ДВС для гибридных пропульсивных систем. Компания строит подробные модели ДВС низкого уровня с целью выявления путей оптимизации стратегий управления и факторов, влияющих на работу самого ДВС, а затем размещает модель разработанного двигателя в общей архитектуре гибридной пропульсивной системы и проводит уже второй этап проектирования – доводку и оптимизацию характеристик всей системы.

Примеры разработанных HHI моделей в Simcenter Amesim приведены на рис. 1 и 2. Так, на рис. 1 представлена подробная расчетная модель ДВС, которая дает возможность оценить его работоспособность как продукта интеграции его подсистем – архитектуры, системы цилиндров, конструкций впускного и выпускного трактов, системы впрыска топлива, механизмов газораспределения, про-

цессов, происходящих в цилиндропоршневой группе.

На рис. 2 показана интегрированная расчетная модель гибридной пропульсивной системы. Она состоит из механической части, которая включает в себя модель движимого судна (учет массы и сопротивления движению морской среды), приводного тракта (передача момента от ДВС), двигателя внутреннего сгорания и электрической приводной системы, которая, помимо обеспечения момента для работы собственно пропульсивной системы, питает также и бортовую электрическую сеть. Снижение энергопотребления судна в данном случае достигается за счет оптимизации работы электрического привода и его алгоритмов управления: в зависимости от требуемого момента на винте и загрузки электрической бортовой сети судна алгоритм управления решает, сколько генераторов в конкретный момент должно работать и под-

ключать или не подключать ДВС для создания дополнительного момента на винте или зарядки компенсирующих аккумуляторных батарей (АКБ) при их наличии.

В отношении аккумуляторных батарей следует отметить, что

Simcenter Amesim обладает комплексным инструментарием для решения задач, связанных с их выбором с учетом архитектуры электрических сетей судна и условий эксплуатации. Имеется, например, возможность исследовать работу

электрических систем в зависимости от размерности и типа аккумуляторной батареи, количества ячеек, их параметров и взаимного расположения в аккумуляторной сборке.

Кроме того, программное обеспечение позволяет исследовать процессы старения и потери емкости АКБ, влияния на них стратегий зарядки-разрядки и температурных режимов эксплуатации (рис. 3).

Важным аспектом при проектировании гибридных пропульсивных систем является решение вопросов терморегулирования. Охлаждение и отвод тепла необходимы практически всем компонентам пропульсивной системы – от ДВС до механических компонентов и аккумуляторных батарей. Поэтому моделирование всех систем, будь то механические или электрические, в полной термодинамической постановке задачи является ключевой особенностью Simcenter Amesim (рис. 4). С помощью программного обеспечения возможно моделирование систем смазки и охлаждения различных типов, включая учет влияния на процессы терморегулирования конкретных типов и конструкций сборок теплообменников, а также систем рекуперации остаточного тепла.

Для быстрого внедрения 1D-моделирования в процесс разработки в программном обеспечении Simcenter Amesim имеется обширная коллекция готовых к применению демонстрационных моделей (рис. 5), которые пользователь может применить при моделировании своего изделия.

Таким образом, применение 1D-моделирования помогает улучшать как характеристики разрабатываемых морских ДВС, так и характеристики пропульсивных систем в целом, помогая исследовать вопросы в различных областях, таких как разработка механических и электрических подсистем, алгоритмов управления и исследование вопросов терморегулирования. Simcenter Amesim – важный инструмент в области оценки топливной эффективности и вредных выбросов (включая NOx) разрабатываемых гибридных судов в различных условиях эксплу-

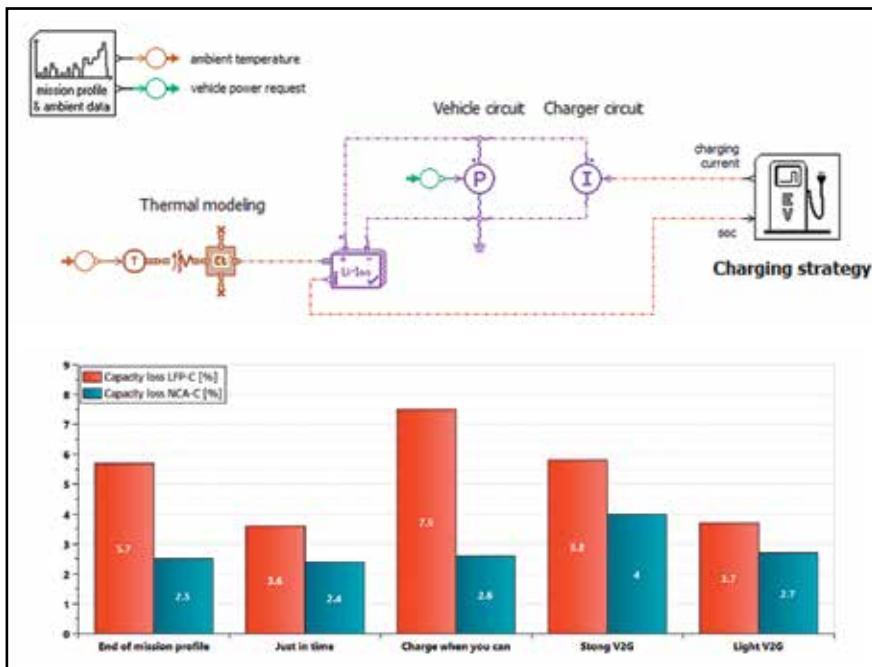


Рис. 3. Расчетная модель и результаты моделирования потерь емкости аккумуляторных батарей типов LFP-C и NCA-C в зависимости от различных циклов зарядки-разрядки

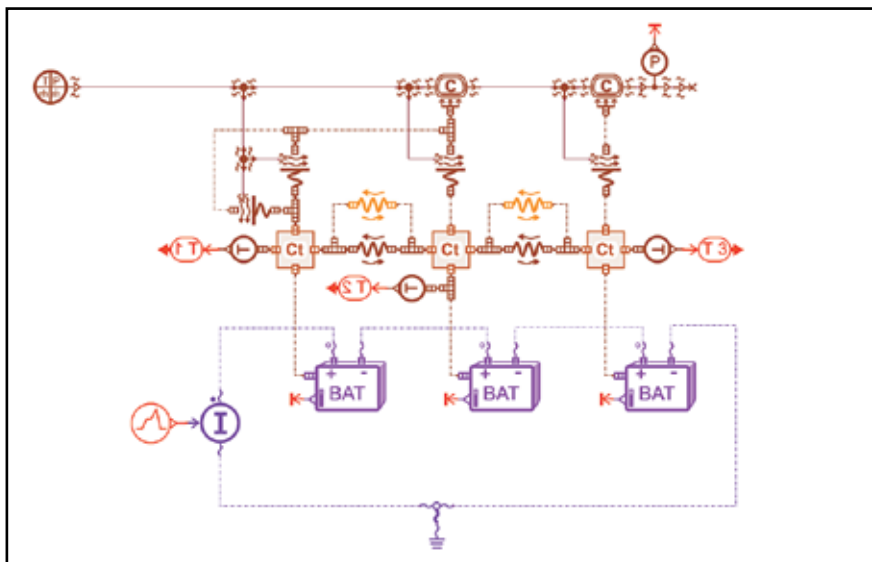


Рис. 4. Расчетная модель системы охлаждения сборки аккумуляторных батарей

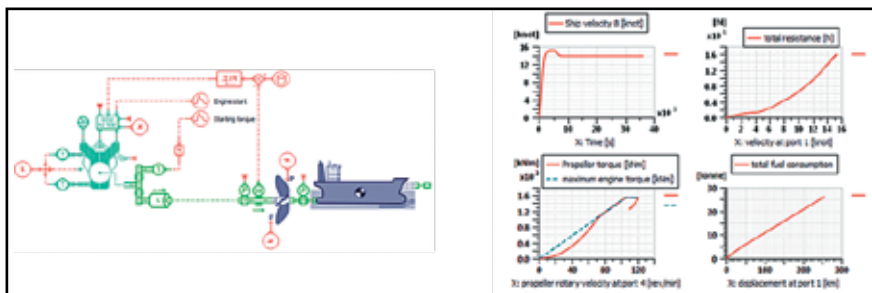


Рис. 5. Демонстрационная модель из коллекции Simcenter Amesim 2019.1

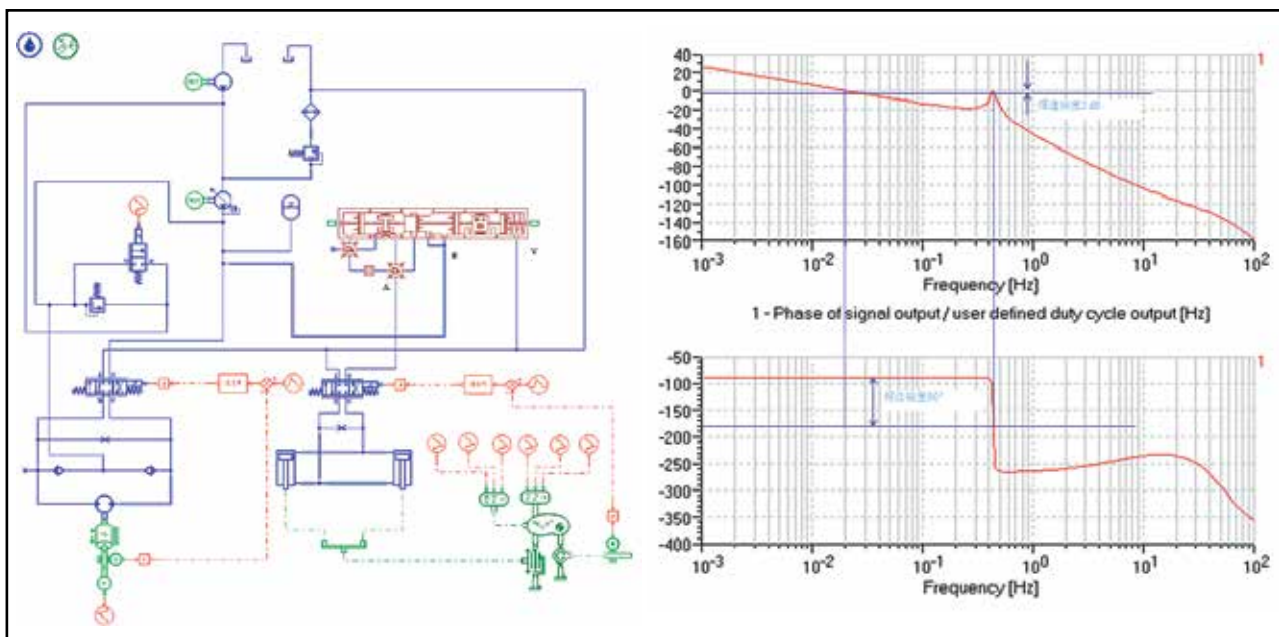


Рис. 6. Расчетная модель исследования устойчивости системы управления гидропривода позиционирования платформы

атации, с помощью которого разработчики компании могут оценить, в каком направлении нужно двигаться, чтобы достичь желаемых технических характеристик.

Помимо двигательных установок любой произвольной архитектуры (классических, гибридных, электрических, на топливных элементах и т.п.) и пропульсивных систем кораблей и судов Simcenter Amesim обеспечивает функциональное моделирование, анализ и оптимизацию работы всех судовых систем: гидравлических (включая топливную систему, системы смазки, пожаротушения, питьевой воды и воды для бытовых нужд), механических (включая редукторы, трансмиссии) и систем палубного оборудования (краны, лебедки, платформы или системы наведения,

управляемые следящим приводом) (рис. 6).

С помощью Simcenter Amesim возможна разработка и моделирование систем подготовки воздуха и обеспечения микроклимата – для этих задач имеется функционал по созданию моделей систем кондиционирования, вентиляции и жизнеобеспечения (рис. 7), включающий контроль процентного содержания газов в воздушной смеси замкнутых отсеков, а также контроль давления, температуры и влажности. Данное ПО позволяет также разрабатывать системы с терморегулированием – системы охлаждения оборудования и агрегатов, отопления, обеспечения требуемых уровней температуры в заданных зонах и уровней температуры работающего оборудования.

В заключение следует отметить, что применение имитационного моделирования при проектировании кораблей и судов и построение с его помощью интегрированных расчетных моделей позволяет осуществить оптимальную интеграцию систем и обеспечить их слаженную совместную работу, а также провести оптимизацию управляющих алгоритмов систем управления и контроля и оптимизацию энергетического баланса изделия с целью минимизации расхода топлива при условии обеспечения требуемой функциональности.

Применение Simcenter Amesim в качестве инструмента 1D-моделирования в процессе проектирования кораблей и судов поможет инженерам-разработчикам или экспертам в области морского машиностроения принимать обоснованные решения относительно архитектур судовых систем, разрабатывать судовые системы с учетом требований к их функциональным характеристикам, определять требуемый набор и оптимальные характеристики входящих агрегатов, оценивать работоспособность и энергоэффективность разрабатываемых изделий, их соответствие требованиям технического задания и ожиданиям потребителей.

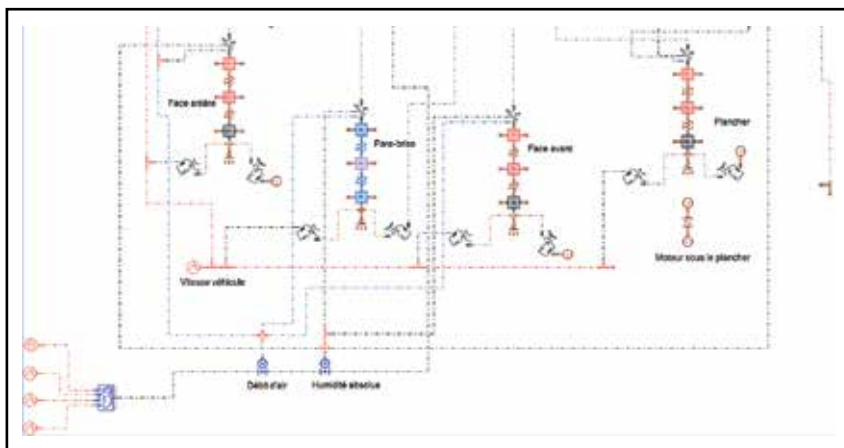


Рис. 7. Расчетная модель системы кондиционирования и вентиляции судовых помещений

Д. А. Хламов, инженер по системному моделированию, ГК "ПЛМ Урал"

Simcenter Amesim

Эффективный инструмент для физического моделирования мехатронных систем

Контроль процесса разработки от эскиза до испытаний

ООО «ПЛМ Урал» занимается поставкой лицензий Simcenter™ Amesim™, проводит обучение специалистов, оказывает техническую поддержку, осуществляет консультации по использованию Simcenter Amesim для решения инженерных задач предприятия. А также выполняет моделирование и анализ систем заказчика:

- Исследование работоспособности имеющихся конструкторских или схмотехнических решений и влияния внесенных изменений в архитектуру изделия или параметров оборудования.
- Отработку взаимодействия систем и подсистем проектируемого изделия до создания конструкторской документации.
- Проведение виртуальных испытаний готового изделия.

ООО «ПЛМ Урал» является авторизованным партнером компании Siemens Digital Industries Software, ведущего поставщика программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделия, и предлагает следующие решения от Siemens Digital Industries Software, позволяющие полностью реализовать концепцию PLM: NX™, Teamcenter®, Tecnomatix®, Simcenter™ Amesim™, QMS Professional, а также систему Solid Edge® для предприятий малого и среднего бизнеса.

Подробнее на сайте plm-ural.ru/amesim

