

СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ДЛЯ СУДОВ С ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЕМ

Материал подготовил к.т.н. Г.В. Мельник

Принцип электродвижения судов известен давно, однако его использование традиционно было ограничено, в основном, отдельными специфическими классами судов, такими как, например, ледоколы и подводные лодки, где на первое место выступали специальные требования — высокая маневренность, бесшумность и т. д. Препятствиями к более широкому его применению являлись относительно высокая начальная стоимость оборудования и повышенные эксплуатационные расходы. В последние годы наблюдается тенденция к расширению области применения гребного электропривода. Это связано с появлением новых технологий, благодаря которым перечисленные выше недостатки уже не выглядят столь очевидными. Предлагаемый вниманию читателей материал содержит сведения о некоторых судах с дизель-электрическими пропульсивными установками, построенными за последние годы.

СПРОС НА ДИЗЕЛЬ-ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ГРЕБНЫЕ УСТАНОВКИ РАСТЕТ

Наблюдаемая в последнее время тенденция к более широкому применению дизель-электрических установок на флоте объясняется многими причинами — технологическими, конструктивными и эксплуатационными, а также, соображениями здравого смысла. Это может быть проиллюстрировано на примере исследовательского судна, принадлежащего Университету Делавэра (США).

Одним из основных требований, предъявляемых к судну для подводных исследований, является минимизация шума. Дизель-электрический привод устраняет шум, производимый валопроводами и открытыми винтами. В данном случае для электродвижения используются четыре дизель-генератора с двигателями Cummins KT-19A, подключенные к общему распределительному щиту. От этого щита получают питание две винторулевые колонки, носовое подруливающее устройство и все вспомогательные потребители. Дизели и генераторы установлены на упругих опорах, чтобы вибрация не передавалась на корпус.

Система электродвижения особенно удобна в сочетании с системой динамического позиционирования, используемой для стабилизации положения судна, а возможность отключения одного или двух дизель-генераторов при работе

на долевых режимах способствует экономии топлива и улучшению экологических показателей. Отсутствие механической связи между двигателями и винтами позволяет скомпоновать машинное отделение намного более рационально.

На верфи VT Halter Marine достраивается серия из четырех более крупных (63,4 м) дизель-электрических судов по заказу Национальной администрации США по океану и атмосфере (NOAA). Силовая установка каждого судна включает два дизель-генератора с двигателями Caterpillar 3512 и два дизель-генератора с двигателями Caterpillar 3508, обеспечивая суммарную мощность 4500 кВт. Имеется еще аварийный дизель-генератор с двигателем Caterpillar 3306 мощностью 170 кВт для обеспечения требований SOLAS. Два последовательно соединенных электродвигателя Ansaldo приводят один пятилопастный Rolls-Royce диаметром 4300 мм. Винт почти не создает шума, поскольку частота его вращения составляет всего 134 об/мин. Кроме того, имеется носовое подруливающее устройство мощностью 720 кВт.

Отмечается, что дизель-электрические установки нередко включают в себя двигатели разных типоразмеров, что позволяет более гибко маневрировать мощностью.

Три года назад по проекту фирмы Guido Perla & Associates было построено 10 судов снабжения (длиной 64 м) с дизель-электрическим приводом. В настоящее время по проекту той же фирмы строятся еще 32 дизель-электрохода аналогичного назначения несколько меньшего размера (длина 58 м) серии GPA-654 (10 — на верфи Bollinger Shipyards Луизиана, США и 22 — в Китае). Новая серия отличается не только размерами, но и новыми конструктивными решениями. Наиболее радикальное из них состоит в выносе машинного отделения на палубу. Это позволило освободить значительную часть трюмного пространства для транспортируемых материалов, таких как вода, топливо и пульпа. Кроме того, существенно сокращается протяженность вентиляционных каналов и облегчается техобслуживание. Силовая установка состоит из двух генераторов с двигателями Cummins KTA-50DM1 мощностью 1235 кВт каждый, двух генераторов с двигателями Cummins KTA-19DM1 мощностью 425 кВт каждый и аварийного дизель-генератора с двигателем Cummins 6BTA5.9G мощностью 85 кВт. Еще одно отличие новой серии заключается в том, что гребные электродвигатели работают не на

переменном, а на постоянном токе от выпрямителя с тиристорным управлением. В качестве двигателей используются две винторулевые колонки и два носовых подруливающих устройства.

В Европе электродвижение на судах традиционно применяется значительно шире, чем в США. Именно в Европе строятся гигантские круизные лайнеры, для которых использование гребных агрегатов, состоящих из мощного электродвигателя с винтом, является стандартным решением.

В Северном море, где большую часть года господствуют штормы, работает множество спасательных судов. Для таких судов типичным является режим аварийной готовности с минимальным потреблением мощности. В этом случае применение дизель-электрического привода также является оптимальным.

Датский оператор ESVAGT заказал 6 таких судов (длиной 45,8 м). На каждом установлено по 5 генераторов с двигателями Cummins KTA-19D мощностью 485 кВт каждый, а движение обеспечивается двумя винторулевыми колонками мощностью по 715 кВт и двумя носовыми подруливающими устройствами.

Долгое время применение электродвижения в торговом флоте считалось экономически нецелесообразным из-за более высокой стоимости оборудования и усложнения его обслуживания. Сейчас, по мере того как подобные установки получают все более широкое распространение, они не только быстро дешевеют, но и становятся намного удобнее в обслуживании.

В последнее время электродвижение все чаще используется на маломерных судах, таких как яхты, речные паромы и водные такси. Эта тенденция, зародившаяся в Европе, постепенно распространяется и на Северную Америку.

Diesel-Electric Propulsion Intensifies in Newbuilds Diesel & Gas Turbine Worldwide, March 2008

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ МАЛОЙ МОЩНОСТИ

Фирма Fischer Panda (Германия) специализируется на выпуске генераторов и систем распределения электроэнергии небольшой мощности, в том числе дизель-электрических установок типа DE-Whisperprop для электродвижения яхт и прогулочных судов. Эти системы отличаются исключительно низким уровнем шума, связанного с движением судна. Даже звук, создаваемый дизелем, может быть практически полностью заглушен. Тяга создается винторулевой колонкой Aziprop с электродвигателем мощностью до 150 кВт и углом поворота до 180°.

Система состоит из генератора и электродвигателя с контроллером. При необходимости

она может быть дополнена устройством для зарядки аккумуляторов.

Генераторы

Для электродвижения используются преимущественно генераторы типа AGT-DE (где DE означает дизель-электрическую установку). Генератор вырабатывает напряжение 400 В переменного тока с частотой 400 Гц (при 3000 об/мин). Напряжение не регулируется и может меняться в зависимости от нагрузки, поэтому для питания бытовых потребителей использовать его нельзя.

Отличительные особенности этой серии генераторов:

- компактность и высокий КПД;
- возможность оптимизации частоты вращения;
- возможность работ в двух скоростных режимах — большой и малой мощности;
- возможность переключения звезда—треугольник;
- возможность использования генератора в сочетании с зарядным преобразователем Fischer Panda HTL-G для питания вспомогательных (бытовых) потребителей.

Типичная конфигурация системы обеспечивает возможность работы в одном из двух режимов. Режим переменного тока: работа во всем диапазоне мощности генератора, при повышении его скорости вплоть до максимальной (например, 3000 об/мин). Эта максимальная скорость может быть задана вручную исходя из требуемой мощности. Режим постоянного тока: управление скоростью осуществляется зарядным преобразователем HTL-G, обычно в режиме низкой скорости (например, 1600 об/мин). В режиме постоянного тока генератор работает только на инверторы и на заряд аккумуляторной батареи. Электродвижение при этом невозможно.

Электродвигатели на постоянных магнитах

Электродвигатели на постоянных магнитах выпускаются в диапазон мощности от 12 до 50 кВт (по требованию заказчика — до 150 кВт). Все они рассчитаны на напряжение переменного тока 250—480 В (при номинале 400 В) и управляются контроллером (в этом качестве может использоваться частотный инвертор или контроллер Fischer Panda BDC).

Применение постоянных магнитов обеспечивает максимальный КПД на номинальной скорости. Максимальная скорость оговаривается при заказе и является фиксированной для каждого конкретного электродвигателя. Наиболее типичным значением является 1200 об/мин. При увеличении скорости электродвигателя растет его мощность. Крутящий момент электродвигателей данной серии является постоянным во всем диапазоне скорости.

В настоящее время электродвигатели могут поставляться в следующих исполнениях:

- ВТ: для носового подруливающего устройства;
- RT: с редуктором, без упорного подшипника;
- LD: со встроенным упорным подшипником
- CV: с электромагнитной муфтой;
- SD: с угловым редуктором (в этом случае электродвигатель имеет угловой редуктор с передаточным отношением 1:1,7. До настоящего времени поставляется только один типоразмер данного исполнения — на мощность 45 кВт);
- AZ: электродвигатель винторулевой колонки типа Aziprop (именуемый также DE-Outboard).

Электродвигатели поставляются без каких-либо крепежных или управляющих устройств (например, рулевого управления), которые обеспечиваются заказчиком. Собственно двигатель может иметь только один или два присоединительных фланца. Электродвигатели заполняются маслом и нуждаются во внешнем охлаждении с помощью теплообменника (за исключением погружных моделей для носового подруливающего устройства и для винторулевой колонки, естественно охлаждаемых морской водой).

Контроллеры

Для управления скоростью и направлением вращения электродвигателя необходим контроллер. Он управляется джойстиком, имеющим три положения: нейтральное, вперед и назад.

При мощности до 30 кВт может быть использован контроллер типа BDC. Это компактный контроллер с водяным охлаждением, имеющий два рычага управления.

При больших мощностях используются контроллеры серии UD с воздушным охлаждением.

Питание бытовых потребителей

Генераторы AGT предназначены для питания современных систем постоянно-переменного тока. Для получения постоянного тока используется зарядный преобразователь типа HTL-G (состоящий из трансформатора, выпрямителя и электронного блока управления VCS), соединенный с аккумуляторной батареей. Токовая нагрузка преобразователя может достигать 280 А при напряжении 12, 24 или 48 В= (по требованию заказчика возможна поставка генераторов с другими номинальными значениями тока и напряжения).

Источником питания собственных нужд напряжением 230 В~ служит инвертор, например, Victron Energy Phoenix Inverter. Такой источник питания доступен всегда, даже когда дизель-генератор простаивает. Если потребляемая мощность превысит заданный лимит, дизель-генератор запустится автоматически. После этого генератор

возьмет на себя всю нагрузку, так что заряд батареи расходоваться не будет.

В общем случае установка может включать в себя следующие компоненты (рис. 1):

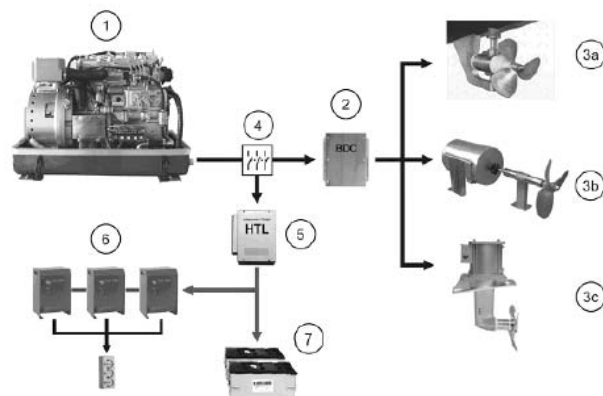


Рис. 1. Схема установки:

1 — генератор AGT-DE; 2 — контроллер электродвигателя BDC; 3 — электродвигатель на постоянных магнитах (PM) в различных исполнениях (3a — привод винторулевой колонки Aziprop; 3b — привод гребного вала; 3c — привод углового редуктора); 4 — распределительное устройство постоянного тока; 5 — зарядный преобразователь типа HTL-G; 6 — инверторы Victron Energy; 7 — аккумуляторная батарея

К шинам нагрузки можно параллельно подключить до пяти инверторов Victron Energy Phoenix мощностью 2,5 кВт каждый, обеспечив таким образом суммарную мощность до 12,5 кВт.

Возможно также подключение трех и более инверторов по трехфазной схеме с линейным напряжением 400 В.

Кроме того, когда доступно береговое питание, инверторы типа Victron Energy Phoenix Multi plus могут использоваться в качестве зарядного устройства повышенной мощности.

Такое решение является оптимальным для генераторов мощностью 30–40 кВт, а также для систем DC/AC мощностью 4–8 кВт и более (при этом нагрузка генератора должна составлять не менее 40–50 % от номинальной). Если при работе в пропульсивном режиме (т. е. на переменном токе) необходимо обеспечить также питание потребителей постоянного тока, есть смысл использовать отдельный генератор постоянного тока (мощностью до 2 кВт) или генератор Fischer Panda HTG (мощностью 4 кВт).

В некоторых случаях, при наличии достаточно больших постоянных нагрузок, можно использовать также небольшой стандартный асинхронный генератор.

Определение необходимой мощности

Как правило, для парусных яхт и водоизмещающих лодок номинальная скорость достигается при удельной мощности порядка 2,5 кВт на тонну водоизмещения. Для обеспечения нормальной крейсерской скорости (составляющей

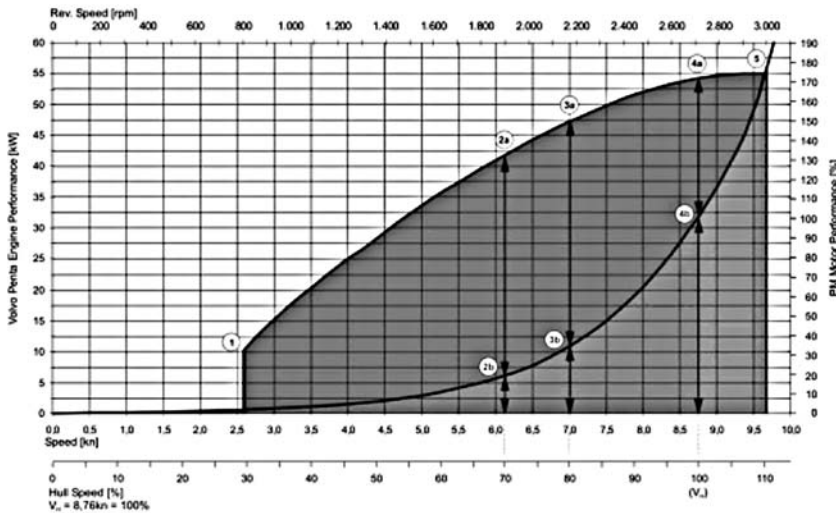


Рис. 2. Винтовая характеристика двигателя Volvo Penta D2-75

порядка 70 % от номинальной) достаточно 20 % этой мощности (т. е. 0,5 кВт на тонну водоизмещения).

На рис. 2 показана типичная винтовая характеристика двигателя Volvo Penta D2-75.

Винт создает упор 9,6 кН при частоте вращения двигателя 3000 об/мин. При номинальной скорости величина упора составляет 8,76 кН.

Нижняя кривая представляет зависимость потребляемой мощности от скорости судна. В случае превышения номинальной скорости величина потребляемой мощности возрастает также непропорционально (при увеличении мощности на 70 % прирост скорости составляет лишь 0,8 узла).

Использование электродвижения дает преимущества и при плохой погоде, так как генератор всегда может работать в оптимальном режиме, а электродвигатель способен развивать полный крутящий момент при любой скорости.

Для снижения мощности при движении с крейсерской скоростью можно либо снизить обороты дизель-генератора вручную, либо использовать другой генератор меньшей мощности, чтобы избежать проблем, связанных с работой двигателя при малых нагрузках.

<http://www.fischerpanda.de>

НОВАЯ СИСТЕМА ЭЛЕКТРОДВИЖЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОВОЗОВ

Приобретя достаточный опыт поставок систем электродвижения с асинхронными электродвигателями для ВМС США и Великобритании, а в последнее время и для круизных судов, французская компания Converteam обратилась к нефтегазовому рынку, традиционно являющемуся более консервативным. Фирме удалось получить заказ на оборудование семи новых судов для перевозки сжиженного газа. Строительство этих судов идет в Корее, в том числе два газозова ем-

костью по 170 000 м³ строятся на верфях Samsung, еще два газозова емкостью по 166 000 м³ и три газозова емкостью по 173 000 м³ строятся на верфях Daewoo.

Номенклатура Converteam до недавнего времени включала асинхронные электродвигатели мощностью от 12,7 до 16,5 МВт, однако уже сейчас проходят опытную эксплуатацию более мощные двигатели, и заканчивается постройка агрегатов мощностью 24 МВт при 130 об/мин для круизных лайнеров. Концепция малооборотных электродвигателей прямого привода, позволяющая отказаться от редуктора, может оказаться особенно перспективной для судов ледового класса.

Фирма начала поставки систем электродвижения для газозовов еще в 2002 г., оборудовав такой системой газозов емкостью 74 000 м³ для оператора Gaz de France Energy. В этой системе по требованию заказчика были использованы более привычные синхронные электродвигатели.

Обращение к электрическим пропульсивным системам было продиктовано стремлением повысить эффективность, надежность и управляемость силовой установки, упростить ее обслуживание, и, улучшить ее экологические характеристики.

Силовая установка с газодизелем и асинхронным электродвигателем оказалась на 30 % экономичнее традиционных паротурбинных установок, применявшихся на газозовах первого поколения. Столь значительное снижение расхода топлива не только существенно снижает эксплуатационные затраты оператора, но и позволяет соответственно снизить загрязнение окружающей среды.

В чем преимущества асинхронных электродвигателей перед синхронными в качестве привода пропульсивной установки?

Асинхронный электродвигатель — самая простая и надежная из всех электрических машин. В нем отсутствуют прямые гальванические связи между ротором и системой питания, поскольку энергия от статора к ротору передается посредством магнитного поля в воздушном зазоре. Ротор состоит только из медных стержней, накоротко замкнутых кольцами; в нем нет ни изолированных обмоток, ни возбуждителя, ни вращающихся диодов, ни постоянных магнитов, требующих обслуживания.

Поэтому естественно, что асинхронный электродвигатель при прочих равных условиях пре-

восходит синхронный в отношении надежности и эксплуатационной готовности. Кроме того, он имеет лучшие, по сравнению с синхронным двигателем, виброакустические характеристики.

Фирма Converteam создала специальный асинхронный гребной электродвигатель с повышенным крутящим моментом, специальной системой охлаждения и большим воздушным зазором, отличающийся малым уровнем потерь в меди и в железе благодаря оптимизации интерфейса с преобразователем частоты.

В зависимости от требований заказчика электродвигатели могут поставляться в малооборотном и среднеоборотном исполнениях. Регулирование скорости обеспечивается преобразователями частоты семейства PWM MV7000 с усовершенствованной системой управления.

Семейство средневольтных преобразователей частоты MV7000 использует принцип широтно-импульсной модуляции (ШИМ).

Каждый электродвигатель питается от отдельного преобразователя, работающего от главного распределительного щита через пропульсивный трансформатор. По требованию заказчика, для повышения надежности цепь питания, включающая преобразователь, может быть выполнена двухканальной (т. е. с резервированием). В случае отказа одного преобразователя электродвигатель будет продолжать работать от другого (оставшегося) преобразователя, хотя и с пониженным крутящим моментом.

В схеме MV7000 используются мощные биполярные транзисторы с изолированным затвором (IGBT) последнего поколения в пластиковом плоском корпусе. Применение таких преобразователей в сочетании с асинхронными электродвигателями позволило существенно повысить КПД силовой установки, улучшить ее виброакустические характеристики и облегчить ее техническое обслуживание. Схема электродвижения спроектирована таким образом, что оказалось возможным ликвидировать наиболее мощные гармонические составляющие тока. Тем самым устраняется необходимость в фильтрации гармоник.

Высокая эффективность преобразователя частоты достигается не в последнюю очередь за счет усовершенствованного алгоритма работы системы ШИМ. Он включает возможность автоматического изменения как частоты импульсов, так и их формы, что позволяет, в частности, поддерживать постоянство активной мощности на выходе при изменяющемся значении косинуса ϕ электродвигателя. В традиционных схемах требуемый запас мощности с учетом диапазона изменения косинуса ϕ создавался за счет использования за-

ведомо переразмеренных преобразователей. Теперь необходимость в этом отпала. Таким образом, оптимизация конструкции электродвигателя позволила повысить его КПД, который достиг уровня, типичного для существующих синхронных двигателей. Вместе с тем присущие этой конструкции простота и прочность сделали возможным заметное повышение надежности и готовности электродвигателя. Наличие диодного каскада дало возможность поддерживать во всем диапазоне скорости коэффициент мощности близким к 1, снизив тем самым потребление реактивной мощности пропульсивной системой. Это, в свою очередь, позволило оптимизировать конструкцию силовой установки, взяв за основу схемы, типичные для генераторов меньшей мощности, которые рассчитаны на значение косинуса $\phi = 0,9$.

Преобразователи PWM MV7000 размещены в шкафах, имеющих доступ только с лицевой стороны, что позволяет устанавливать их вдоль стенок машинного отделения. Оптимизация всех компонентов электропередачи с асинхронными электродвигателями дает возможность существенно сократить занимаемое ею место, освободив значительную часть пространства в корпусе судна.

Традиционные дизель-электрические установки чаще всего выполняются по схеме, унаследованной от паротурбинных агрегатов, когда два среднеоборотных двигателя работают на общий редуктор, который приводит во вращение единственный винт, расположенный вдоль оси установки.

В данном случае каждый из двух асинхронных электродвигателей работает на собственный редуктор и винт. Иначе говоря, на судне существуют две совершенно независимые силовые установки, что является дополнительным фактором надежности.

В дальнейшем, как это уже имело место на судах другого назначения, возможно использование в газовазах малооборотных асинхронных электродвигателей. Это позволит соединять электродвигатель с гребным валом напрямую, т. е. без редуктора.

*Propulsion First for LNG Carriers
Diesel & Gas Turbine Worldwide, March 2008*

НОВЫЕ СУДА ЛЕДОВОГО КЛАССА

Недавно со стапелей завода Aker Yards сошли два совершенно разных судна, предназначенных для плавания в экстремальных условиях Северного Ледовитого океана. Одно из этих судов — контейнеровоз принципиально нового типа, построенный по заказу компании «Норильский никель» и предназначенный для плавания в тяжелой ледовой обстановке без ледокольного

сопровождения. Теплоход «Норильский никель», построенный на верфи Aker Yards в Германии, является первым из четырех однотипных судов, которые должны быть поставлены в 2008–2009 гг. и предназначены для перевозки продукции металлургического комбината из Находки в Мурманск по Северному морскому пути.

Теплоход «Норильский никель», спущенный на воду в 2006 г., прошел вполне успешно ледовые испытания в Карском море. Важнейшими отличительными особенностями судов этой серии являются конструкция корпуса, рассчитанная на движение во льдах как передним, так и задним ходом, и система движителей.

Столкнувшись с тяжелыми льдами, судно меняет направление движения на 180°, и, двигаясь кормой вперед, делает проход во льду, толщина которого может достигать 1,5 м, со снежным покровом толщиной до 20 см.

Достигнув чистой воды или полыньи, судно после очередного реверса продолжает плавание в обычном положении, т. е. носом вперед. На теплоходе есть два мостика — передний и задний, что значительно облегчает управление при частых реверсах.

Судно, имеющее максимальный валовое регистровое водоизмещение 16 486 т, может брать на борт до 648 контейнеров в двадцатифутовом эквиваленте, из которых 259 располагаются на палубе, а остальные — в корпусе судна. Теплоход имеет 18 кают для экипажа, каюту для лоцмана и три двухместных каюты для возможных пассажиров. Имеется также сауна, спортзал и бассейн с морской водой.

Гребные электродвигатели получают питание от трех V-образных 12-цилиндровых двигателей Wartsila 32 мощностью 6000 кВт каждый при 750 об/мин. Три генератора переменного тока АВВ общей мощностью 18 МВт при напряжении 8314 КВА питают единственную тяговую управляемую двигательную установку типа Azipod мощностью 13 МВт с диаметром винта 5,6 м.

При этом обеспечивается скорость на открытой воде до 16,1 узла. Судно обладает специальной навигационной системой, позволяющей получать информацию о ледовых условиях по курсу следования в реальном времени.

Основное электрооборудование производства АВВ включает распределительный щит, силовые трансформаторы и систему дистанционного управления. Собственные нужды обеспечиваются стояночным дизель-генератором Volvo мощностью 750 КВА и аварийным дизель-генератором мощностью 414 КВА.

Другое судно — «Fesco Sakhalin», построенное на верфи «Far East Shipping Co.» по заказу «Экссон Нефтегаз», предназначено для ледо-

кольной службы и вспомогательных операций на Сахалинском шельфе. Оно будет нести круглогодичную вахту по обслуживанию морской платформы «Орлан» в качестве ледокола-снабженца.

Судно специально спроектировано для работ в тяжелой ледовой обстановке при температуре до –40 °С. Подобно «Норильскому никелю», дизель-электроход способен двигаться как передним, так и задним ходом, имея возможность колоть лед кормовой частью.

Такие возможности судна основаны на концепции ледоколов «двойного действия», которая была разработана Морским северным исследовательским центром, являющимся частью «Kvaerner Masa-Yards Inc.». Согласно этой концепции, судно даже в самых суровых ледовых условиях может двигаться кормой вперед, используя горизонтальное электродвижение. При этом носовой изгиб судна может быть оптимизирован для эффективной работы в открытой воде. Силовая установка состоит из трех 8-цилиндровых дизель-генераторов Wartsila 38В общей мощностью 5800кВт при 600 об/мин, приводящих два пропульсивных агрегата АВВ Azipod V16 DAS, удовлетворяющих требованиям ледового класса 10 Норвежского Веритаса. Агрегаты способны «перемалывать» льдины, в то время как поток воды омывает корпус судна. Каждый агрегат Azipod имеет четыре винторулевых колонки с гидромоторами. Гидроагрегат с двумя электродвигателями приводит в действие насосы системы управления, при этом один из электродвигателей работает от главной пропульсивной системы, а другой — от аварийной. Два туннельных подруливающих устройства Ulstein TT2200 высокого ледового класса обеспечивают судну хорошую маневренность. Питание гребной установки обеспечивается синхронным генератором типа АВВ мощностью 6847 КВА, с выходным напряжением 3,3 кВ при 50 Гц. Вспомогательный (стояночный) генератор мощностью 1080 кВт при 1000 об/мин приводится от 6-цилиндрового двигателя Wartsila 20.

Система транспортировки и обработки сыпучих грузов полностью укомплектована оборудованием фирмы Rolls-Royce. Это оборудование включает в себя 6 танков емкостью по 50 м³ с компрессорами, клапанами и системой управления, куда входит, в числе прочего, мнемосхема на приборном пульте капитанского мостика. Система погрузки, работающая под давлением 5,6 бар, устроена таким образом, что обеспечивает возможность одновременной транспортировки двух различных видов сыпучих грузов.

Diesel-electric Propulsion Intensifies in Newbuilds Diesel & Gas Turbine Worldwide, March 2008