

Volle Kraft voraus!

Innovative Antriebe für Marineschiffe

Dieter Stockfisch

Innovative Entwicklungen und Trends in der Antriebstechnik von Marineschiffen, insbesondere bei Fregatten, Korvetten und U-Booten, schreiten zunehmend voran. Dabei zeichnet sich ab, dass sich elektrische Antriebssysteme schrittweise durchsetzen werden.

Ein entscheidendes Kriterium für die Auswahl von Antriebssystemen für Marineschiffe ist nicht nur ihre Leistungsdichte, sondern auch Aspekte wie Wartungsfreundlichkeit und Total Cost of Ownership (TCO), die immer mehr in den Vordergrund treten. Der Platzbedarf auf Marineschiffen ist grundsätzlich knapp bemessen. Daher muss immer auch der Raumbedarf des Antriebssystems im Schiffsdesign berücksichtigt werden. Mittelschnell laufende Dieselmotoren mit etwa 26 Megawatt Leistung besitzen ein Leistungsgewicht von acht bis 20 Tonnen pro Megawatt, wohingegen schnell laufende Dieselmotoren mit neun Megawatt von drei bis fünf Tonnen pro Megawatt angesetzt werden müssen. Demgegenüber verfügen Gasturbinen mit Leistungen von 20 bis 40 Megawatt über ein Leistungsgewicht von weniger als einer Tonne pro Megawatt. Neben der hohen Leistungsdichte einer Gasturbine sind aber auch ihre Wartungsfreundlichkeit und die Fähigkeit, sehr kurzfristig große Leistungen bereit zu stellen, als Auswahlkriterien zu erwähnen. Daher sind Gasturbinen als Antriebssysteme

häufiger auf Marineschiffen als auf Handelsschiffen anzutreffen. Vor- und Nachteile der einzelnen Antriebe, wie Gasturbine, Dieselmotor oder E-Motor, sind genau gegeneinander abzuwägen und auf die Forderungslage abzustimmen. Dabei ist beispielsweise der extrem hohe spezifische Brennstoffverbrauch einer Gasturbine im niedrigen Teillastbereich zu beachten.

Marineschiffe mit einem Antriebsbedarf bis 25 Megawatt besitzen meist ein Antriebssystem aus zwei oder vier schnell laufenden Dieselmotoren (Combined Diesel And Diesel, CODAD). Bei Leistungsanforderungen über 25 Megawatt wird das Antriebssystem um die Gasturbine erweitert, was zu Antriebssystemen mit unterschiedlichen Kombinationen von Gasturbinen und Dieselmotoren führt, beispielsweise CODOG (Combined Diesel Or Gas) oder CODAG (Combined Diesel And Gas). Damit werden höhere Leistungen im Rahmen der gegebenen Beschränkungen bei Bauraum und Verdrängung erzielt. Hier bieten die kombinierten Antriebsanlagen die Möglichkeit, die Vorteile der einzelnen Antriebskomponenten so einzusetzen, dass deren Vorteile maximal genutzt werden können. Mit dem CODOG-System sind beispielsweise die Fregatten der Klasse 123 ausgerüstet. Bei CODAG-Konzepten bildet heute die Version mit zwei Dieselmotoren und einer Gasturbine die Standardausführung, wobei das Dreh-

moment über ein sogenanntes Cross-Connect-Getriebe und das jeweilige Backbord- und Steuerbord-Hauptgetriebe auf zwei Propellerwellen aufgeteilt wird. Mit dieser Version wurden weltweit erstmals die Fregatten der Klasse 124 versehen. Das Fahrprofil dieser Fregatten ermöglicht zu 80 Prozent einen Betrieb mit nur einem Fahrdiesel, was signifikante Vorteile bezüglich des Brennstoffverbrauchs und der Wartung der Diesel bedeutet und damit einen bedeutenden Einfluss auf die TCO hat.

Moderne Schiffsantriebssysteme

Renk-Antriebssysteme und Getriebesysteme kommen weltweit auf über 500 Einheiten (Schnellbooten, Minenjagdbooten, Korvetten, Fregatten, Zerstörern) von rund 40 Marinen zum Einsatz. Dabei zeichnen sich die für jeden Schiffstyp maßgeschneiderten Getriebe durch hohe Zuverlässigkeit und Robustheit sowie Geräuscharmheit und relativ niedriges Gewicht aus. So sind die Fregatten der Klassen 123, 124 und 125 sowie die Korvetten des zweiten Loses der Klasse 130 der Deutschen Marine mit Renk-Getriebesystemen ausgerüstet.

Renk verfügt über die europaweit größten und modernsten Prüffeldanlagen für Schiffsgetriebe. Der Multifunktionsprüfstand dient dem Test von Spezialgetrieben

und Antriebssystemen sowie der Weiterentwicklung von Antriebssystemen. Hier können komplette Schiffsantriebsanlagen inklusive Schaltanlage, Frequenzumrichter, Kompensationsanlage, Fahrmotor und Getriebe in Nieder- und Mittelspannung in jeglicher Konfiguration erprobt werden. Die komplexesten Getriebeanlagen werden Funktions- und Leistungsprüfungen bis hin zu Messungen von Prozessparametern und dem akustischem Verhalten von Körper- und Luftschall unterzogen. Die hier gewonnenen Erprobungsergebnisse sind von höchster Qualität und gewährleisten beste Prognoseresultate für zukünftige Neubauprojekte. Durch die Vollasterprobung bis zwölf Megawatt können Antriebsanlagen nicht erst im Schiffsbetrieb, sondern bereits vor der Inbetriebnahme komplett getestet werden. So

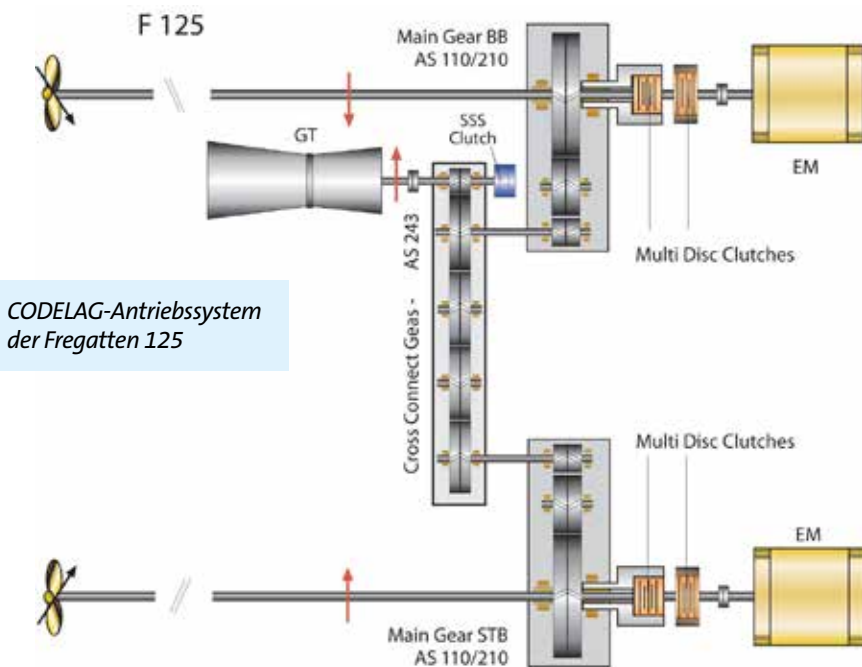
kann der Zeit- und Kostenaufwand für Tests an Bord beachtlich reduziert werden.

Elektrische Antriebe

Die Entwicklung moderner Leistungselektronik und der ständig steigende Bedarf an elektrischer Energie an Bord durch neue Waffen- und Sensorsysteme machen den Hybrid-Elektroantrieb immer attraktiver. Das ist mit ein Grund, weshalb Elektromotoren zunehmend ihren Platz als sehr leise Schiffsantriebe finden. U-Boote wurden schon immer elektrisch betrieben. Doch auch bei Überwassereinheiten kommt der elektrische Antrieb immer häufiger zur Anwendung. So wird der elektrische Antrieb mit Pods bereits bei amphibischen Joint Support Ships genutzt.

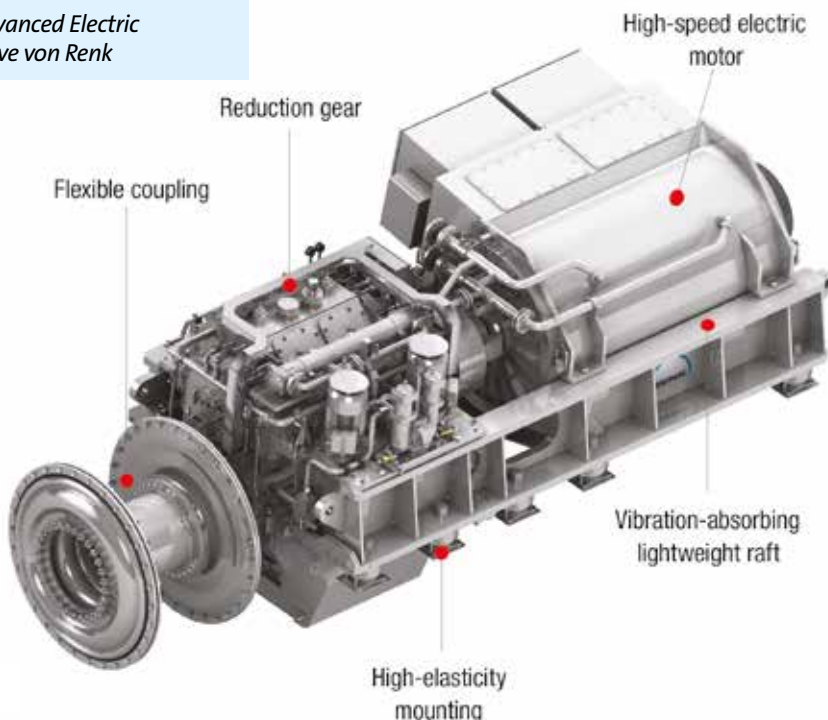
Für eine gegebene Nennleistung ist ein elektrischer Direktantrieb oftmals sehr schwer, teuer und benötigt mehr Bauraum als ein mechanischer Antrieb. Das CODELAG (Combined Diesel-Electric And Gas) ist ein hybrides Antriebssystem, das Vorteile bei der Nutzung von Gasturbine und Elektromotor bietet. Dabei wird für niedrige Geschwindigkeiten ein elektrischer Antrieb verwendet, der bei der U-Jagd besonderen Anforderungen an eine geringe Geräuschkulisse genügen muss. Für höhere Geschwindigkeiten wird ein mechanischer Antrieb mit Zuschaltung einer Gasturbine eingesetzt. CODELAG verbindet die Vorteile von elektrischem und mechanischem Antrieb. Das System arbeitet geräuscharm bei niedrigen Geschwindigkeiten und besitzt ausreichende Energie, um den hohen Geschwindigkeitsbereich abzudecken.

Mit einem CODELAG-System der Firma Renk sind die Fregatten 125 ausgerüstet und setzen damit einen neuen Maßstab bei den komplexen Antriebssystemen für diesen Schiffstyp. Der Antrieb besteht aus je einem Hauptgetriebe an Backbord- und Steuerbordseite, die über ein Cross-Connect-Getriebe miteinander verbunden sind. Mit zwei je 4,5 Megawatt leistenden direktantriebenen Mittelspannungs-Elektromotoren, die im E-Betrieb durch die stillstehenden Hauptgetriebe treiben, und einer am Cross-Connect-Getriebe angeordneten Gasturbine mit 20 Megawatt Leistung werden beide Propellerwellen angetrieben. Langsam- und Marschfahrt werden mit den Elektromotoren durchgeführt, bei Schnelfahrt kommt die Gasturbine hinzu. Das dafür von Renk entwickelte Großgetriebe ist 6,50 Meter lang, zwölf Meter breit und drei Meter hoch. Bei einem Gewicht von 137 Tonnen verfügt es über eine Übertragungsleistung von 29.000 Kilowatt.



CODELAG-Antriebssystem der Fregatten 125

Advanced Electric Drive von Renk



Grafiken: Renk

Advanced Electric Drive

Die Nachfrage nach elektrischen Antrieben für Marine- und Forschungsschiffe wächst zunehmend. Renk hat daher den Advanced Electric Drive (AED) als Alternative zu den schweren und viel Bauraum beanspruchenden direktantriebenen E-Antrieben entwickelt. Die Neuentwicklung vereint E-Motor und Getriebe auf einem Rahmen. Die Lagerung auf weich-elastischen Dämpfungselementen in Kombination mit einer hochelastischen Propellerkupplung gewährleistet extrem niedrige Körperschallemissionen. Diese Tendenz wird durch den Mantel des wassergekühlten E-Motors sowie das doppelschragverzahnte Untersetzungsgetriebe unterstützt.

Mit der kompakten, modularen Leichtbauweise und einer geringen Einbauhöhe von nur 2,20 Metern ist dieses vormontierte System schnell und platzsparend an Bord installiert.

Indienststellung des japanischen U-Boots ORYU, das erstmals mit neuen Lithium-Ionen-Batterien ausgerüstet wurde



Foto: Japanische Marine

Das modular aufgebaute Antriebssystem wird in vier Größen von 1,4 bis 6 Megawatt Leistung hergestellt. Der Antrieb wiegt zudem rund 40 Prozent weniger als ein herkömmlicher direktantriebender E-Motor. So wiegt der AED 37 mit 3,7 Megawatt Leistung nur 23 Tonnen. Eine deutliche Gewichtseinsparung im Vergleich zu den knapp 60 Tonnen eines gleichstarken Direkt-Fahrmotors. Für Anwendungen, die einen größeren Leistungsbedarf erfordern, wird die Leistungselektronik des nächstgrößeren E-Motors einfach angepasst. Damit kann die gesamte Leistungsbandbreite individuell und zugleich wirtschaftlich abgedeckt werden. Die Motoren arbeiten mit Niedrig- oder Mittelspannung und sind je nach Antriebsgröße ausgelegt für Propellerdrehzahlen von 190 bis 450 U/min. Mit diesen Eigenschaften kann der AED als Hauptantrieb dienen oder übernimmt als Zusatzantrieb in einer CODELAG-Anlage Schleich- und Langsamfahrt für Korvetten und Fregatten. Finnlands Marine beschafft vier Mehrzweck-Korvetten der POHJANMAA-Klasse, die 2021 auf Kiel gelegt und ab 2028 ausgeliefert werden. Diese Korvetten werden mit dem AED-Antriebssystem ausgerüstet.

U-Boot-Antriebssysteme

Die U-Boote der Klasse 212A der Deutschen Marine besitzen ein hochmodernes und leistungsfähiges außenluftunabhän-

diges Antriebssystem auf Brennstoffzellenbasis (Air Independent Propulsion, AIP). Die Brennstoffzellen wandeln Wasserstoff und Sauerstoff in elektrische Energie – geräuschlos und abgasfrei. Thyssenkrupp Marine Systems (TKMS) arbeitet bereits an Brennstoffzellensystemen der vierten Generation mit Verbesserungen bei Verfügbarkeit, Redundanz und Tarnung. Die Weiterentwicklung ist als hochverfügbares modulares System konzipiert, das aus redundanten Komponenten besteht, um jederzeit eine maximale Leistung zu gewährleisten.

Mit Blick auf die Speicherung von Wasserstoff stützen die Systeme auf das bewährte und sichere System von Metallhydridzylindern. Diese enthalten keine aktiven Komponenten, daher wird das Ausfallrisiko minimiert. Die Wasserstoffmoleküle werden sicher im Kristallgitter des Hybrids gespeichert. Da dem System Wasserstoff in reiner Form zugefügt wird, ist keine chemische Umwandlung erforderlich und der Wirkungsgrad des Systems bleibt sehr hoch. Das einzige Nebenprodukt ist reines Wasser, das als Gewichtsausgleich an Bord gespeichert wird. Im Gegensatz zu TKMS-Systemen erzeugen Reformsysteme immer CO₂ und möglicherweise andere im Dieselöl enthaltene Nebenprodukte wie Schwefel, die ins Meerwasser gepumpt werden müssen. Gleiches gilt für AIP-Systeme, die auf anderen Prinzipien basieren, wie etwa Sterlingmotoren, Dieselmotoren oder Dampfturbinen mit geschlossenem Kreislauf.

Schließlich hat TKMS Lithium-Ionen-Fahrbatterien entwickelt, die die Blei-Säure-Batterien der U-Boote ersetzen sollen. Gegenüber den alten Systemen benötigen die neuen Fahrbatterien weniger Wartung und Instandsetzung, besitzen eine längere Lebensdauer, haben geringere Ladezeiten und verleihen dem U-Boot höhere Geschwindigkeiten und eine längere Einsatzdauer. Die neuen U-Boote vom Typ 212CD des deutsch-norwegischen Gemeinschaftsprojektes werden Lithium-Ionen-Batterien erhalten. Möglicherweise werden auch die U-Boote der Klasse 212A mit dem neuen Batteriesystem nachgerüstet. Japans Marine hat Anfang März 2020 mit der ORYU, das elfte U-Boot der SORYU-Klasse in Dienst gestellt. Das Boot verfügt über ein neu entwickeltes Lithium-Ionen-Fahrbatteriesystem. Mit der TORUYU folgt 2021 die zwölfte Einheit, die das gleiche Batteriesystem erhält. Die ersten zehn Boote wurden noch mit Blei-Säure-Fahrbatterien ausgerüstet. Dieses verleiht den U-Booten der getaucht 4.200 Tonnen verdrängenden SORYU-Klasse bei niedriger Geschwindigkeit eine 50 Prozent höhere Reichweite und eine vierfach gesteigerte Reichweite bei Höchstgeschwindigkeit gegenüber den alten Systemen. Daher sind diese U-Boote gerade im Einsatz durchhaltefähiger und verfügen über eine hohe Sprintfähigkeit, um dem Ortungsbereich von U-Jagdeinheiten ent-rinnen zu können. ■