

Navigare in SILENZIO 2 Sailing in Silence 2

I sistemi ibridi proposti dai produttori sono molteplici e con varie filosofie. Diamo uno sguardo, da lontano, a qualcuna delle tecnologie presenti sul mercato

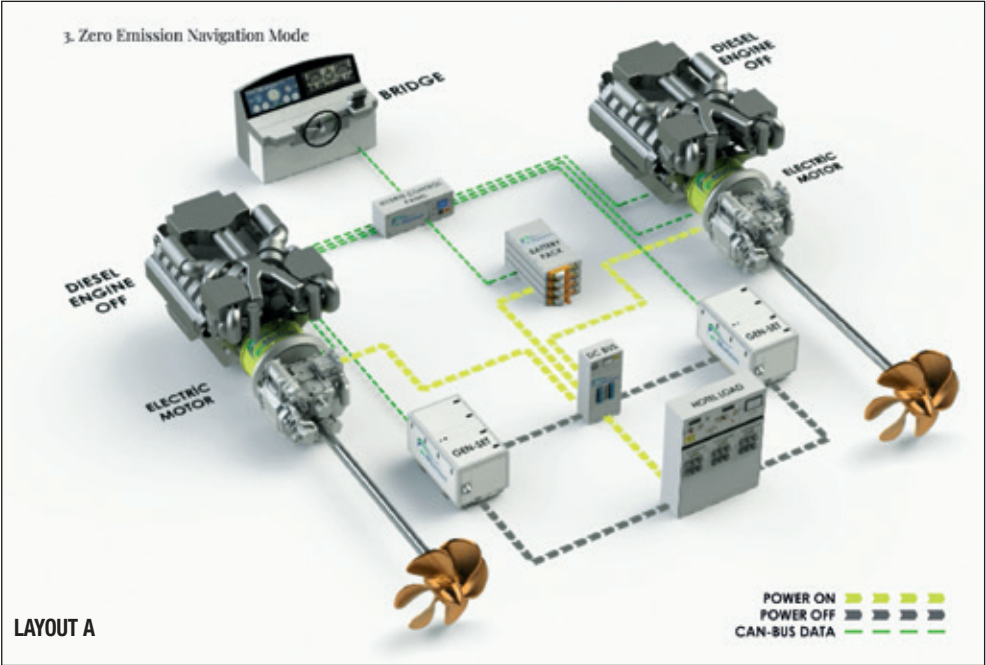
Manufacturers offer multiple hybrid systems based on different philosophies. Here we provide an impartial overview of some of the technological options available on the market

by Gian Piero Repetti

AFFERMANDO CHE L'IBRIDO SIA DIVENTATO DI GRAN MODA NELLA NAUTICA DA DIPORTO, credo di non dire niente di nuovo, avendone l'evidenza dei fatti: ogni cantiere prevede come minimo un'alternativa ibrida alla standard con motore diesel, ma, lasciatemelo dire, con premesse dai contorni non così chiaramente definiti. Sarà perché la svolta sull'ibrido ha una grossa componente emotiva che deriva dall'automotive, ma dove l'esperienza è di più vecchia data, a mio avviso, ci sono idee più chiare per il suo utilizzo; o forse perché le proposte arrivano diversificate da tutte le parti, anche se poi le installazioni che attualmente navigano si contano sulle dita di una mano. La tendenza, se ci riferiamo a unità sotto i 50 m, è l'ibrido parallelo, quella tipologia che prevede il motore diesel

direttamente collegato alla linea d'asse propulsiva. E gli ingegneri hanno dato sfogo alla fantasia: dai sistemi con presa di forza (PTI/PTO) sul riduttore di giri, ai sistemi con motore elettrico interposto tra motore e riduttore, coassiali o con asse parallelo. E poi tipologie diverse di motori elettrici, sistemi di innesto, per non parlare dell'*energy storage*, con batterie di tipo e caratteristiche diverse. Proviamo a dare un'occhiata, da lontano, a qualcuna delle tecnologie presenti sul mercato, senza avere la pretesa di elencare tutti i costruttori né dare un giudizio di preferenza sull'una o sull'altra. Ogni produttore ha la sua logica, che risponde principalmente ad esigenze specifiche di installazione. Bene, partiamo dal più tradizionale di tutti e da quello che risulta anche meno invasivo: **PTI/PTO sul riduttore**.





La figura mostra lo schema di una propulsione ibrida, con motore elettrico montato sulla presa di forza del riduttore.

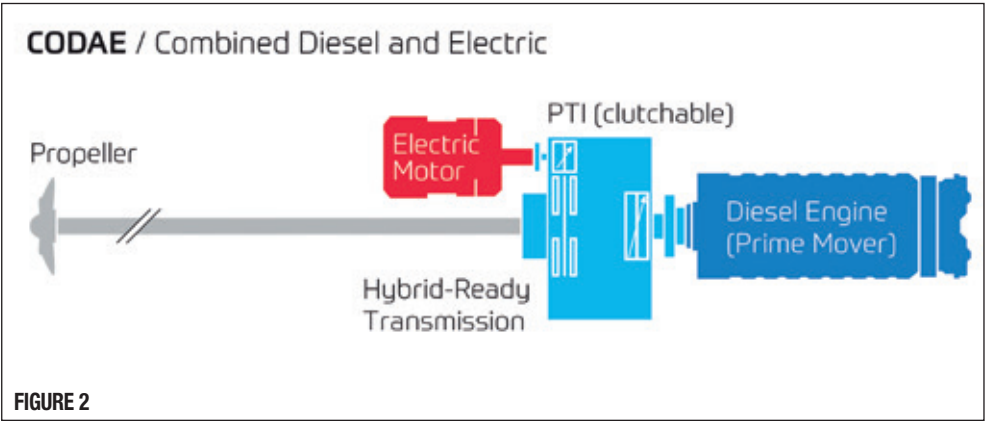
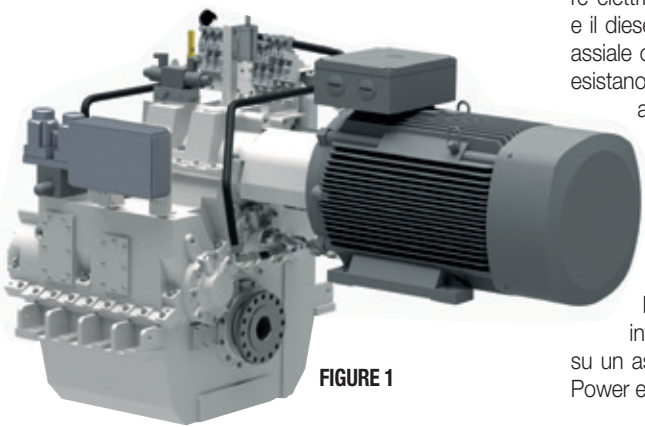
The figure shows a hybrid drive layout with the electric motor fitted on the gearbox power take-off.

Non c'è da meravigliarsi che tutti i costruttori di riduttori ne propongano una propria variante. **(SCHEMA A)**

Il grande vantaggio è l'applicazione, che resta del tutto simile a una diesel tradizionale, con interferenza quasi nulla con la propulsione diesel. ZF, Reintjes, Twin disc e altri, meno diffusi in Italia, propongono un proprio sistema. **(FIGURA 1 E 2)**

Proviamo a spostarci sui sistemi interposti, e coassiali, tra motore e riduttore, quali Auxilia, E-motion, MAN, Volvo, MTU, FNM, etc. **(FIGURA 3 E 4)**

La soluzione concettuale è la medesima, ma questi sistemi si distinguono per la tipologia di motore elettrico e per modalità di innesto tra l'elettrico e il diesel. I motori a magneti permanenti, a flusso assiale o flusso radiale, sono i più diffusi, sebbene esistano soluzioni valide e innovative adottate da alcuni produttori, come ad esempio i motori sincroni a riluttanza variabile. Per l'innesto/disinnesto elettrico-diesel si usano frizioni elettromagnetiche monodisco, frizioni a denti o frizioni centrifughe, a seconda del profilo di utilizzo o della filosofia costruttiva del produttore. E, come ultima variante, la soluzione che prevede il motore elettrico interposto tra motore e riduttore con rinvio su un asse parallelo a quello di propulsione. Esco Power e Transfluid, ad esempio. **(FIGURA 5)**



Valutiamo ora vantaggi e svantaggi dei vari sistemi. **La PTI sul riduttore** è concettualmente la più semplice, apparentemente meno invasiva, in caso di avaria dell'elettrico, si trova totalmente esterna al treno propulsivo. Da inventare la struttura di supporto del motore elettrico e trovarne lo spazio necessario a poppa. La PTI è un accessorio importante del riduttore e come tale costa. L'inversione del moto deve essere operata dal motore elettrico, non potendo utilizzare l'inversione del riduttore. Nessun problema sulla manutenzione al motore diesel, in quanto il motore elettrico si trova su una ramificazione secondaria del sistema. Pensiamo ora a **un sistema tra motore e riduttore coassiale**. Progettazione compatta ed un sistema che possiamo definire modulare. Si allunga un po' il sistema propulsivo, ma senza ingombri nelle direzioni trasversali: più pesante, ma estremamente pratico, addirittura nel caso di Auxilia, una frizione che non ha bisogno di essere alimentata (frizione centrifuga). Qualche perplessità in caso di malfunzionamento sul motore elettrico: esso si trova proprio in asse con il motore diesel e, nel caso di manutenzione, si inibisce l'utilizzo del diesel. La terza opzione, **elettrico tra motore e riduttore**, con rinvio su un asse parallelo. Si hanno certo molti dei vantaggi relativi ai sistemi già descritti, gli ingombri laterali aumentano, ed il motore elettrico va supportato in qualche modo. **(LAYOUT C)**

In tutti i sistemi descritti sono possibili diverse combinazioni di funzionamento: elettrico puro, booster, generazione di corrente, opzioni che complicano più o meno il sistema. Ma la domanda che dobbiamo porci è: cosa vogliamo ottenere da una

La scelta della soluzione ibrida richiede grande competenza e accurata valutazione nella scelta del sistema più adatto alle proprie esigenze.

Choosing a hybrid system requires great skill and accurate assessment to identify the system most suited to your needs.

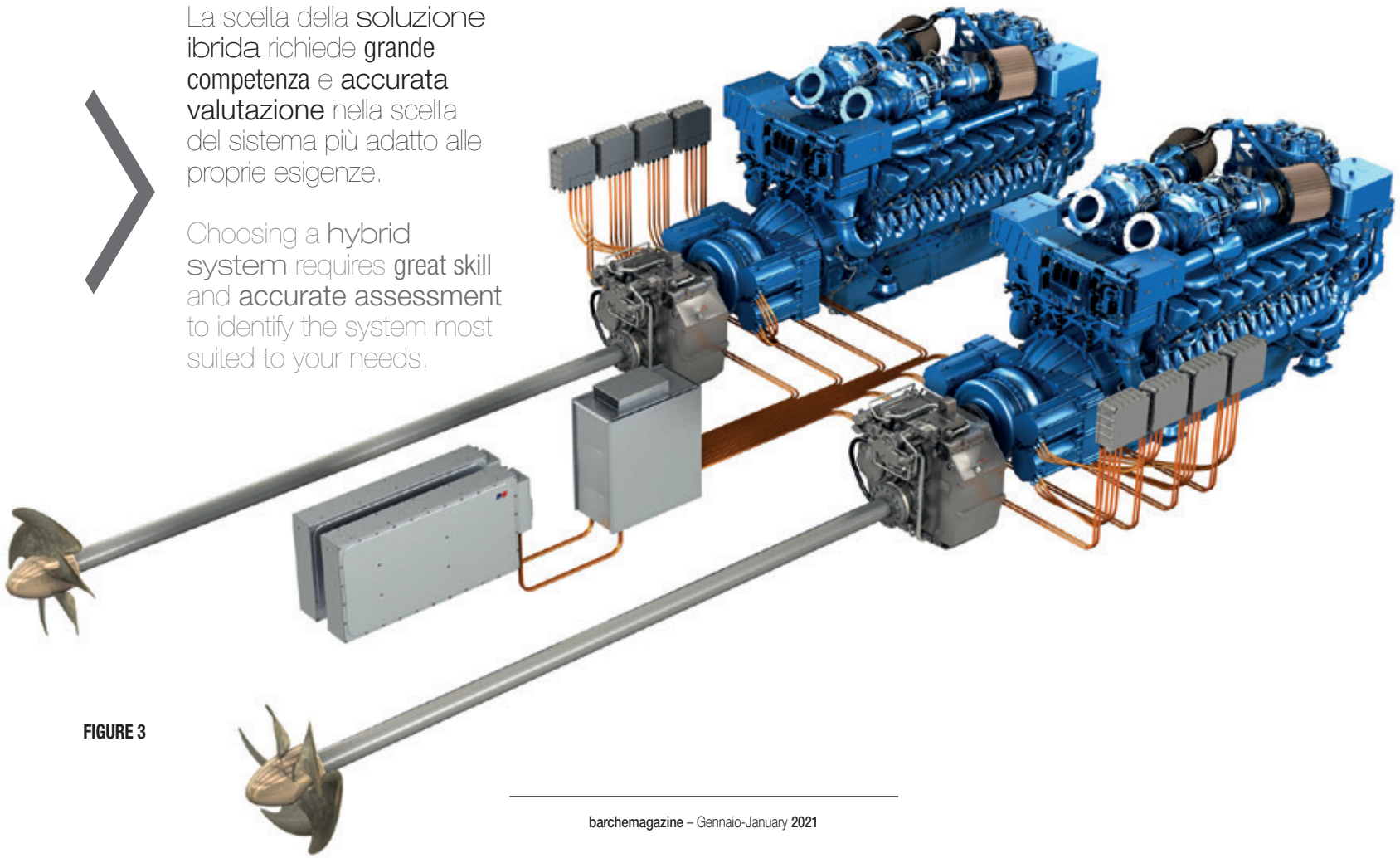


FIGURE 3

Cell type	Cell name	Advantages	Disadvantages	Failure mechanisms
Aqueous (Lead-Acid)	Lead-acid	Low cost	Low energy density	Short circuit, loss of electrolyte
Aqueous (Alkaline)	Nickel cadmium	Durable, good low-temperature performance	Low energy density	Gas barrier failure, short circuit, loss of electrolyte
	Nickel-metal hydride Nickel-zinc	High energy density Low cost	Poor charge retention Low energy density	Thermal imbalance Zincate deposits on nickel electrode
	Silver-oxide	High energy density low self-discharge	High cost, poor performance at low temperatures, poor lifecycle	Shape change and dendrites
Non-aqueous	Lithium-ion	High energy density low self-discharge	Cannot withstand overcharge, degrade when over-discharged, safety concerns	Under/over-voltage thermal runaway

Conventional Batteries

- **Lead-based Batteries** Pb-acid / Pb-C
- **Nickel-based Batteries** NiCd / NiMH

Advanced Batteries

- **Lithium-based Batteries** Li-ion / LMP
- **Sodium-based Batteries**
High-temperature - Sodium Sulphur (NaS)
- **Hydrogen Cells / Fuel Cells**

Flow Batteries

- **Energy is stored as the electrolyte material**
- **Liquid electrolyte (Vanadium, ZnBr)**

Supercapacitors Ultracapacitors

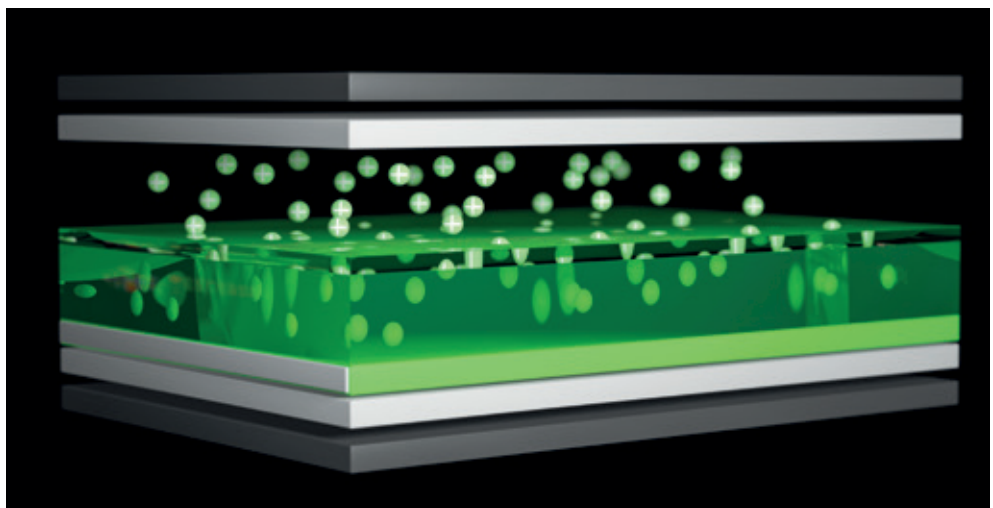
- **Capacitors without conventional solid dielectric**
- **Families depending on electrode design**

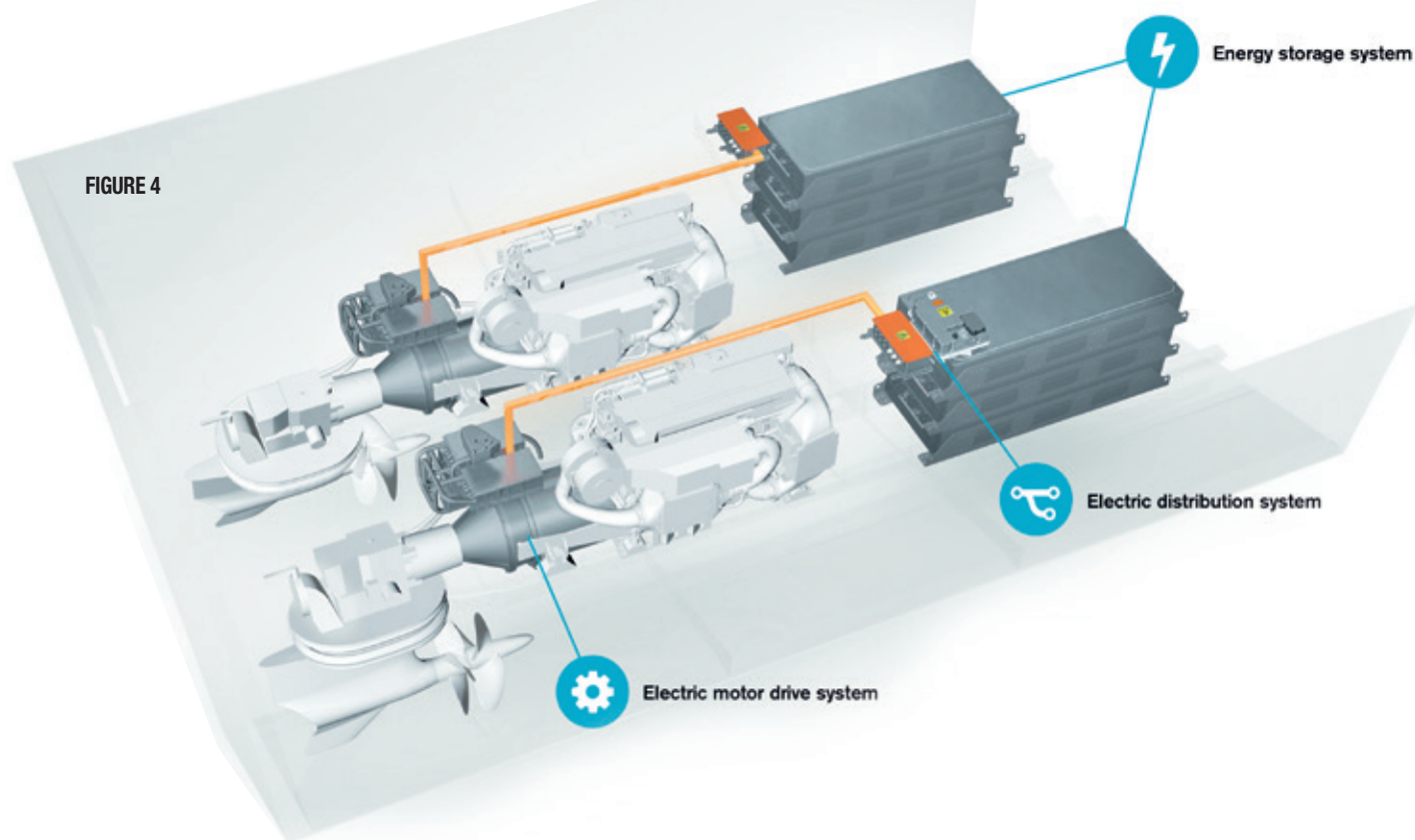
barca con propulsione ibrida? Sogno del navigare in silenzio a parte, che si ottiene con il puro elettrico, l'ibrido può offrire una serie di combinazioni: produzione di energia elettrica quando si viaggia con il diesel, o una riserva di potenza da utilizzare come booster, ad esempio. In fin dei conti abbiamo a disposizione un propulsore somma di un motore diesel e di un motore elettrico, che insieme sviluppano una potenza maggiore, permettono di ridurre i consumi (e quindi le emissioni inquinanti) parzializzando la potenza del diesel e di trasformare il motore elettrico in un generatore di corrente. Con ingombri che in ultima analisi possano competere con la propulsione diesel singola, ma concedendo una versatilità decisamente maggiore. Ma attenzione a fare i conti senza l'oste: l'accumulo di energia. Per funzionare in elettrico il sistema va alimentato: le batterie, dunque, giocano un ruolo fondamentale. Anche qui ci possiamo sbizzarrire. Le batterie agli ioni di litio sono tra le più diffuse e le più efficienti, ma ne esistono di tipi diversi e per ognuno possono essere individuate caratteristiche che le possano far preferire ad altre. (**SCHEMA B**).

LAYOUT B

Le batterie agli ioni di litio sono tra le più diffuse e le più efficienti, ma ne esistono di tipi diversi e per ognuno possono essere individuate caratteristiche che le possano far preferire ad altre.

Lithium-ion batteries are among the most common and efficient, but there are other types and each has characteristics that might make them preferable to the others.





Perché quando si parla di immagazzinare energia la prima domanda è il fabbisogno che abbiamo per la propulsione e quanta autonomia ci consentono, ma gli altri aspetti? Facilità di gestione, sicurezza, peso ed ingombri, ed i consumi non riferiti alla propulsione, ma necessari per raffreddare le stesse batterie, quando si opta per l'opzione della modalità elettrica. L'utente valuta la prestazione del sistema, spesso trascurando quanto la soluzione tecnica sia più o meno adatta alla specifica richiesta dell'utenza.

Tirando le somme: un sistema in generale complesso, più complesso di uno tradizionale, deve offrire un valore aggiunto che soddisfi le nostre esigenze, al di sopra della pura emotività, della moda e della navigazione più confortevole. La scelta della soluzione ibrida è una cosa da specialisti nella progettazione, che richiede grande competenza e accurata valutazione del sistema più adatto alle proprie esigenze. Perché non esiste il sistema migliore, ma quello che può avvicinarsi di più alle nostre aspettative. Nel prossimo numero vi racconterò qualcosa delle mie esperienze e dell'importanza della scelta di un sistema piuttosto che un altro per non avere semplicemente un sistema ibrido a bordo, ma

dare alla nostra barca un valore aggiunto in termini di comfort, che una tecnologia come la propulsione ibrida ci può sicuramente garantire.

SAYING THAT HYBRID SYSTEMS HAVE BECOME HIGHLY FASHIONABLE In recreational boating can hardly be considered as news, instead of being rather obvious, with every shipyard offering at least one hybrid alternative to their standard diesel engine models. However, bear with me, since the issue is perhaps not as cut and dried as it appears, perhaps because the shift towards hybrids includes a significant emotional component deriving from the automobile world. In the latter there is more experience and, I believe, clearer ideas about its application. It might also be because different ideas are arriving from all over the place, while the installed systems currently on the water can be counted on one hand. The trend as regards vessels under 50 m is the parallel hybrid, a setup with the diesel engine connected directly to the drive shaft. The engineers have cut their imaginations loose, ranging from systems with power take-off (PTI/PTO) on the reduction gearbox to systems with in-line electric

motors between the engine and gearbox, coaxially or on parallel axles. Then there are different types of electric motors, coupling systems, not to mention energy storage with batteries of different types and characteristics. We will try to give an overview of some of the technologies available on the market, without claiming to list all the manufacturers nor to express a preference for anyone in particular. Every manufacturer applies its logic, mainly to satisfy specific installation requirements. We will start from the most traditional of all, and also the least invasive: **PTI/PTO on the gearbox**. It is no surprise that all the gearbox manufacturers offer their variant. **(LAYOUT A)**

The great advantage is an installation that remains just like any traditional diesel engine, with almost zero interference on the diesel drive. ZF, Reintjes, Twin Disc, and others less common in Italy all offer their systems. **(FIGURES 1 AND 2)**

We then consider coaxial in-line systems between the engine and gearbox, like Auxilia, E-motion, MAN, Volvo, MTU, FNM, etc. **(FIGURES 3 AND 4)**

The concept is the same, but these systems are distinguished by the type of electric motor and

LAYOUT C

	Vantaggi	Svantaggi
PTI/PTO sul riduttore	• Manutenzione semplice • Nessun impatto sull'operatività del motore diesel	• Struttura di supporto motore elettrico • Spazio minore a poppa • Riduttore più costoso • Inversioni di moto operata da motore elettrico
Motore elettrico tra motore e riduttore (coassiale)	• Compatto • Modulare • Inversione moto operata da riduttore	• Diesel non utilizzabile, in caso di manutenzione sul motore elettrico
Motore elettrico tra motore e riduttore (su asse parallelo)	• Quasi tutti i vantaggi delle precedenti	• Maggiori ingombri laterali • Struttura di supporto del motore elettrico

These systems are by nature much more complicated than traditional drives and need to offer added value that satisfies real needs, above and beyond mere technical thrills, fashion, and boating convenience.

Un sistema in generale complesso, più complesso di uno tradizionale, deve offrire un valore aggiunto che soddisfi le nostre esigenze, al di sopra della pura emotività, della moda e della navigazione più confortevole.

Different operating combinations are possible with all the systems described above: pure electric, booster, generating current, options that complicate the system to a lesser or greater degree. However, the question we need to pose ourselves is: what do we want to obtain from a hybrid drive boat? Apart from the dream of silent boating, which is possible with pure electric drive, the hybrid can offer a series of combinations: producing electrical energy when travelling with diesel, or a power reserve for use as a booster, for example. At the end of the day, we have a drive system available that combines a diesel engine and an electric motor, which together produce more power, making it possible to reduce fuel consumption (and therefore also exhaust emissions) dividing the power of the diesel and transforming the electric motor into a current generator. The overall bulk, in the end, is much the same as the diesel drive alone but offers considerably greater versatility. However, be careful not to overlook one critical factor: energy storage. To run under electric power the system needs a supply, and so the batteries play a critical role. Once again there is a plethora of choice. Lithium-ion batteries are among the most common and efficient, but there are other types and each has characteristics that might make it preferable to the others. **(LAYOUT B)**

When thinking about energy storage, the first question is how much we need to drive power and how much autonomy this gives us. The other considerations include ease of management, safety, weight and bulk, and power consumption not from the drive but instead required to cool the batteries themselves when operating in electric mode. Users tend to only weigh up overall system performance while neglecting to assess how well the technical solution suits their specific requirements for use.

At the end of the day, these systems are by nature much more complicated than traditional drives and need to offer added value that satisfies real needs, above and beyond mere technical thrills, fashion, and boating convenience. Choosing a hybrid system is an issue for design specialists, requiring great skill and accurate assessment to identify the system most suited to your needs. This is because there is no single ideal option, but one that best fulfils our expectations. In the next issue, I will recount something of my own experience and the importance of choosing one system rather than another in order not to just have a hybrid on board, but to lend your boat added value in terms of comfort, which technology like the hybrid drive can certainly provide. ▴



FIGURE 5

66 form of coupling between electrical and diesel. Permanent magnet motors, with axial or radial flux, are the most widespread, even though other valid and innovative alternatives have been adopted by a few manufacturers, like for example variable reluctance synchronous motors. The electric/diesel coupling/decoupling is achieved using single disc electromagnetic clutches, toothed clutches, or centrifugal clutches, according to the conditions of use or the constructional philosophy of the manufacturer. The final variant considered is when the electric motor is inserted between the engine and the gearbox, coupled to an axle parallel to the drive shaft. Examples include Esco Power and Transfluid. **(FIGURE 5)**

The advantages and disadvantages of the various systems are as follows. **A PTI on the gearbox** is the conceptually simplest and least invasive since in cases of electrical faults it is located completely outside of the drivetrain. An adequate support structure must be provided for the electric motor, together with the necessary space in the stern. A PTI is a substantial accessory for the gearbox

and as such is not cheap. Drive inversion must be implemented by the electric motor because it is not possible to use the gearbox reverse mechanism. There are no problems with the maintenance of the diesel engine since the electric motor is on a secondary branch of the system. Next, we consider **a coaxial system between the engine and gearbox**. The design is compact and the system could be defined as modular. The drivetrain is slightly elongated, but without bulk in the transverse directions. It is heavier but extremely practical, and in the case of the Auxilia even has an unpowered clutch (centrifugal clutch). The reverse drive is managed by the gearbox.

There are some concerns about faults in the electric motor since it is in-line with the diesel engine and this excludes the use of the diesel during maintenance. The third option is an **electric motor between engine and gearbox**, with the transmission on a parallel axle. This has many of the advantages of the systems already described, but the lateral bulk is increased and the electric motor has to be supported in some way. **(LAYOUT C)**

LAYOUT C

	Advantages	Disadvantages
PTI/PTO on the gearbox	• Easy maintenance • No impact on the operation of the diesel engine	• Needs electric motor support structure • Takes up space in the stern • More expensive gearbox • Reverse drive implemented by the electric motor
Electric motor between engine and gearbox (coaxial)	• Compact • Modular • Reverse drive managed by gearbox	• Diesel unusable during maintenance on the electric motor
Electric motor between engine and gearbox (on the parallel axle)	• Almost all the advantages of the above	• Increased lateral bulk • Needs electric motor support structure