

BIULETYN TECHNIKI JACHTOWEJ



NR 4/2021 (11) ISSN 2657-8328 WWW.VETUS.COM

**Remont jachtu
motorowego**
na przykładzie
drewnianego jachtu
z lat 60.

**Relacja z targów
Warszawski
Salon Jachtowy**

Nowe stery
strumieniowe serii
BOW PRO Boosted
dla tuneli $\varnothing 300$ mm



Nowy generator
o niewielkich
gabarytach,
moc 5kVA



Przenoszenie mocy w napędach
spalinowo-mechanicznych

Relacja z targów
METSTRADE Amsterdam

Farby dla profesjonalistów
w branży jachtowej

Karaiby: Brytyjskie Wyspy
Dziewicze



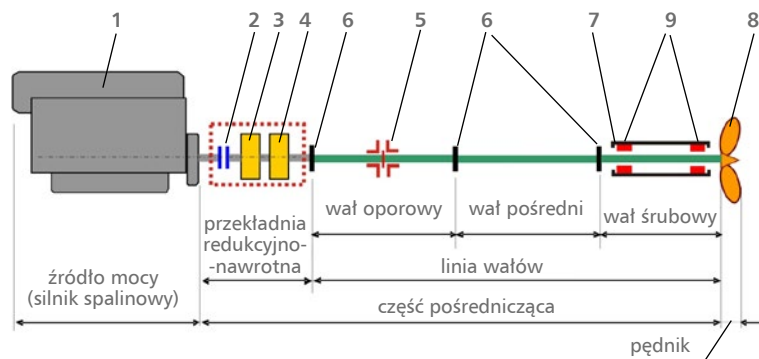
Fot. Adobe Stock / katin_timoff

Przenoszenie mocy w napędach spalinowo-mechanicznych

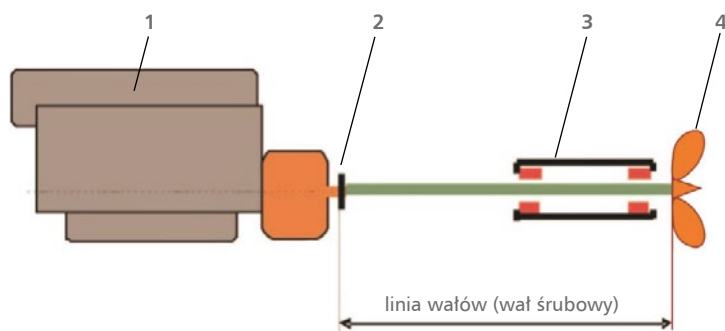
W spalinowo-mechanicznym napędzie jachtu moc wytwarzana jest przez tłokowy silnik spalinowy. Następnie przenoszona jest do pędnika za pomocą części pośredniczącej, składającej się z mechanizmów napędowych, czyli przekładni i linii wałów.

Linia wałów składa się z wału śrubowego, wałów pośrednich oraz z wału oporowego ze sprzęgłami i innymi elementami. Z racji występowania przekładni, omawiany napęd jest napędem pośrednim, w przeciwieństwie do napędu bezpośredniego, w którym moc do pędnika przenoszona jest bez udziału przekładni. Ma to jedynie miejsce w przypadku wolnoobrotowych silników okrętowych wielkiej mocy.

Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie ogólny przypadek napędu spalinowo-mechanicznego, czyli z mechanicznym przeniesieniem mocy. Spełnia on funkcje możliwie wszystkich mogących pojawić się warunków technicznych. W rozbudowanej części pośredniczącej wyodrębniono więc elementy składowe nieodzowne do realizacji ruchu jachtu naprzód i wstecz. Pierwszym elementem od strony silnika jest sprzęgło rozłączne 2 umożliwiające odłączenie silnika od pozostałych elementów. Dzięki niemu możliwy jest bieg jałowy silnika. Z drugiej strony sprzęgło łączy się



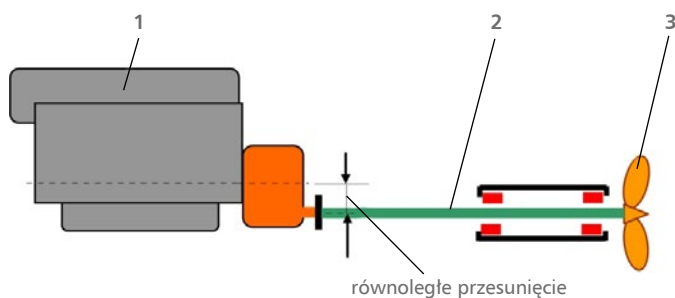
Rys. 1. Schemat napędu spalinowego z wolnostojącą przekładnią mechaniczną
1 – silnik spalinowy, 2 – sprzęgło rozłączne, 3 – przekładnia redukcyjna, 4 – mechanizm nawrotny, 5 – łożysko oporowe, 6 – sprzęgło nierozłączne, 7 – pochwa wału śrubowego, 8 – śruba napędowa, 9 – łożyska



Rys. 2. Schemat napędu z przekładnią zblokową z silnikiem spalinowym i liniowym zarysem strumienia przenoszonej mocy

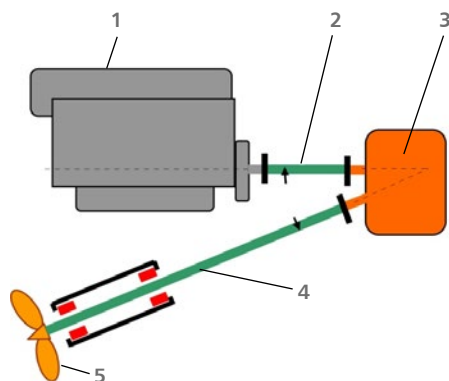
1 – silnik spalinowy z przekładnią, 2 – sprzęgło nierozłączne, 3 – pochwa wału śrubowego, 4 – śruba napędowa

z przekładnią redukcyjną 3. Taka przekładnia stoi oddzielnie na fundamencie i wymaga połączenia z silnikiem za pomocą odcinka wału. Odbywa się tu więc mechaniczne przeniesienie mocy od silnika do śruby napędowej. Oprócz przenoszenia mocy zmniejsza ona prędkość obrotową śruby w stosunku do prędkości obrotowej silnika. Zmniejszenie to daje zwiększenie sprawności napędowej śruby. Im większa jest zatem prędkość obrotowa silnika, tym większe przełożenie musi mieć przekładnia. Z przekładnią redukcyjną związany jest dalej mechanizm nawrotny 4 (przekładnia nawrotna), dzięki któremu w razie potrzeby możliwa jest zmiana kierunku obrotów wału śrubowego, a więc i ruch



Rys. 3. Schemat napędu z niewspółosiowym zarysem przeniesienia mocy

1 – silnik spalinowy, 2 – wał śrubowy, 3 – śruba napędowa



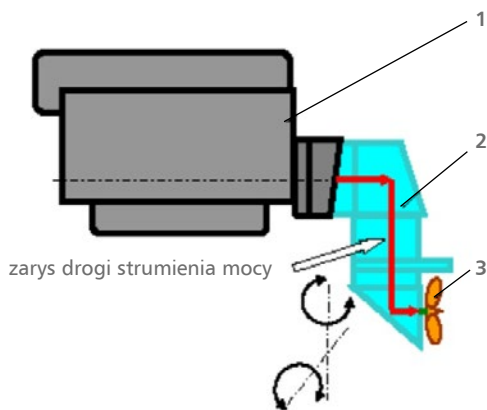
Rys. 4. Schemat napędu z zarysem przeniesienia strumienia mocy w kształcie litery V
1 – silnik spalinowy, 2 – wał pośredni, 3 – przekładnia, 4 – wał śrubowy, 5 – śruba napędowa

wsteczny jachtu. Mimo, że na schemacie napędu mechanizm nawrotny przedstawiono w postaci odrębnego elementu, to w rzeczywistych rozwiązaniach konstrukcyjnych trudno byłoby go zupełnie oddzielić.

Jego rola rozłożona jest bowiem częściowo na sprzęgło, przekładnię redukcyjną 3, jak i mechanizmy pomocnicze, np. hamulec. Wyodrębnienie to jest jednak celowe, gdyż w napędach ze śrubą nastawną zamiast mechanizmu nawrotnego znajduje się mechanizm nastawczy śruby. W tym ostatnim typie napędu nie ma zatem przekładni nawrotnej, jest natomiast w większości rozwiązań przekładnia redukcyjna. Tak więc gdy w napędzie występuje przekładnia redukcyjna i mechanizm nawrotny, mówi się wówczas o przekładni redukcyjno-nawrotnej lub o przekładni nawrotnej, jeśli jej przełożenie wynosi 1:1. Uwzględniając fakt, że przekładnia obok redukcji i nawrotności daje również możliwość biegu jałowego silnika, można połączyć sprzęgło 2, przekładnię redukcyjną 3 i nawrotną 4 w jeden wspólny blok zwany przekładnią redukcyjno-nawrotną, który na rys. 1 zaznaczono linią przerywaną.

Każdy napęd, bez względu na rodzaj części pośredniczącej, ma odpowiednio długi wał łączący śrubę napędową z przekładnią. Wał ten, w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego jachtu i napędu, może składać się z jednego lub z kilku odcinków wałów połączonych ze sobą w jedną linię nazywaną linią wałów [1, 3]. W linii wałów znajduje się łożysko oporowe 5 przekazujące kadłubowi jachtu siłę napędzającą wytwarzaną przez śrubę napędową 8. Łożysko to stanowi więc element, w którym następuje mechaniczne powiązanie między silnikiem, śrubą i kadłubem jachtu. Z łożyskiem oporowym związany jest odcinek wału oporowego, łączący się dalej z wałem pośrednim bądź od razu z wałem śrubowym prowadzonym w specjalnej rurze, zwanej pochwą 7, której podstawowym zadaniem jest zabezpieczenie szczelności w miejscu przejścia wału śrubowego przez tylnicę jachtu. Pochwę wykorzystuje się zwykle do podparcia wału, umieszczając w niej jedno bądź dwa łożyska nośne. Kolejnym elementem jest wał pośredni, który w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego napędu może być umieszczony przed łożyskiem oporowym lub za nim. Wymaga on niekiedy dodatkowego łożyskowania, a decyduje o tym jego długość i sztywność. Stosuje się również dość często, zwłaszcza w napędach jachtów motorowych, wały pośrednie z przegubami krzyżakowymi. Przy dużych naporach śrub przeguby te, ze względu na charakter pracy, umieszczane są za łożyskiem oporowym. W skład linii wałów wchodzi także sprzęgła 6, zwykle nierozłączne, które łączą ze sobą odpowiednie odcinki wałów. W połączeniach tych rozróżnia się sprzęgła sztywne i elastyczne, a o zastosowaniu określonego sprzęgła decyduje sposób podparcia linii wałów i mocowania silnika do jego fundamentu.

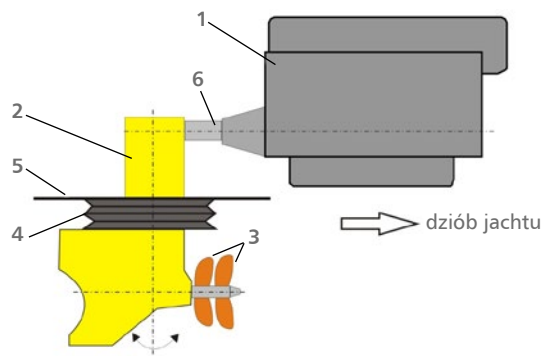
Opisany napęd, jak już wspomniano, jest ogólnym przypadkiem spalinowego napędu z mechanicznym przeniesieniem mocy. W praktyce spotyka się wiele rozwiązań, spośród których na uwagę zasługują napędy



Rys. 5. Schemat napędu z zarysem przeniesienia strumienia mocy w kształcie litery Z
1 – silnik spalinowy, 2 – przekładnia, 3 – śruba napędowa

składające się z silników zablokowanych z przekładniami redukcyjnymi lub redukcyjno-nawrotnymi, w których znajdują się także łożyska oporowe. Przedstawione na rysunku 1 silnik spalinowy, wolnostojąca przekładnia, łożysko oporowe oraz sprzęgła łączące te elementy ulegają często scaleniu w jeden blok silnik-przekładnia. Natomiast rolę wału pośredniego spełnia odpowiednio wydłużony wał śrubowy, łożyskowany w pochwie, a niekiedy dodatkowo we wsporniku rufowej części podwodnej kadłuba. W tym rozwiązaniu pozostaje tylko jedno połączenie między wałem śrubowym a wałem wyjściowym z przekładni za pomocą sprzęgła sztywne-go lub elastycznego. Tak zredukowany napęd przedstawiono na rysunku 2. Przekładnia jest tu zablokowana z silnikiem spalinowym, co ma bardzo istotną zaletę, gdyż podczas montażu napędu w kadłubie jachtu nie ma kłopotliwego osiowania wału silnika z wałem przekładni. W takich konstrukcjach linię wałów tworzy jedynie wał śrubowy. Dlatego też definiując linię wałów, mówi się tu tylko o wale śrubowym, podając jednocześnie, że jest to wał łączący śrubę z silnikiem, a nie tylko odcinek przechodzący przez pochwę.

W przedstawionych schematach napędów (rys. 1 i 2), wał napędzający silnika (wał korbowy) leży w jednej linii z napędzanym wałem śrubowym. Zatem i przekładnia jest tak zbudowana, że jej wały wejściowy i wyjściowy są współosiowe. Droga przenieszonego strumienia mocy tworzy charakterystyczny zarys, jakim jest linia prosta. Napęd taki nazywa się napędem współosiowym lub liniowym (in line). W rozwiązaniach technicznych tego rodzaju napędu, jak i podobnych, spotyka się napędy pochylone w stosunku do linii wodnej kadłuba jachtu, co wynika z niedogodnych warunków ich zabudowy. Kąt takiego pochylecia ograniczony jest jednak względami konstrukcyjnymi samego silnika, jak również dopuszczalnym nachyleniem osi śruby. W miarę bowiem pochylania wału śrubowego zmniejsza się efektywna wartość siły napędzającej. Złagodzenie lub całkowite wyeliminowanie pochylecia napędu, obok wykorzystania pośredniego wału z przegubami krzyżakowymi lub innymi, umożliwia zastosowanie napędu niewspółosiowego zwanego drop center (rys. 3). Jak



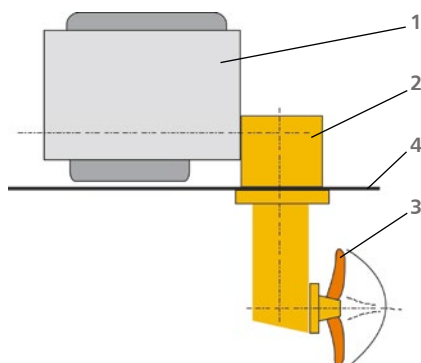
Rys. 6. Napęd spalinowy IPS
1 – silnik spalinowy, 2 –przekładnia, 3 – śruby napędowe przeciwbieżne, 4 – uszczelnienie przekładni, 5 – poszycie dna kadłuba jachtu, 6 – pośredni wał napędowy

widać na rysunku, zarys drogi przenieszonego strumienia mocy jest inny w porównaniu z poprzednim; uży-skano go dzięki odpowiedniej konstrukcji przekładni, w której wały wejściowy i wyjściowy leżą względem siebie równolegle w pewnej odległości, lub też wał wyjściowy może być pochylony o kilka stopni. Przyjmując dalej zarys drogi przenieszonego strumienia mocy jako podstawę podziału napędów, można wyróżnić inne ich rodzaje. Na rysunku 4 pokazano napęd V.

Silnik 1 umieszczony w części rufowej jachtu przez przekładnię 3 napędza wał śrubowy 4, który przecho-dzi pod silnikiem. Oś wału śrubowego tworzy z osią wału korbowego silnika i wału pośredniego 2 mniejszy lub większy kąt α . Ponieważ zarys drogi przenieszonego strumienia mocy przypomina literę V, dlatego ten rodzaj napędu przyjął jej nazwę. Należy zwrócić uwagę, że wał pośredni może występować między silnikiem a przekładnią. Stosuje się także odmiany konstrukcyjne z przekładnią zablokowaną z silnikiem, jak na rysunku 2.

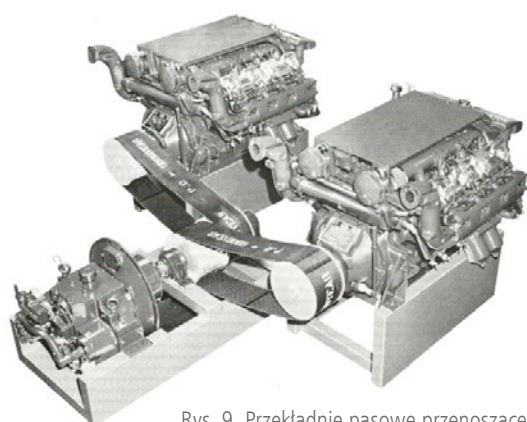
Zarys drogi przenieszonej mocy	Nazwa napędu	Zastosowanie napędu
	Współosiowy (liniowy)	Jachty żaglowe Jachty motorowe
	Niewspółosiowy (mimoosiowy)	Jachty żaglowe Jachty motorowe
	V	Jachty żaglowe Jachty motorowe
	Z S	Jachty motorowe Jachty żaglowe
	IPS	Jachty motorowe
	L	Jachty motorowe Jachty żaglowe

Tabela 1. Nazwy napędów spalinowo-mechanicznych w zależności od zarysu drogi przenieszonej mocy

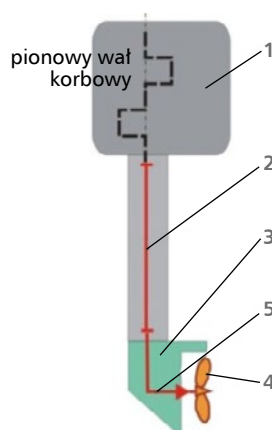


Rys. 7. Napęd spalinowy S

1 – silnik spalinowy, 2 – przekładnia S, 3 – śruba napędowa, 4 – poszycie dna kadłuba jachtu

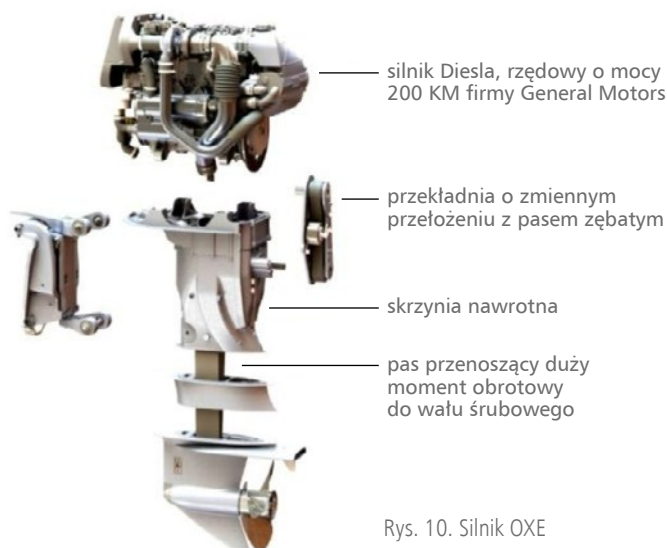


Rys. 9. Przekładnie pasowe przenoszące napęd z dwóch silników spalinowych do przekładni redukcyjno-nawrotnej



Rys. 8. Schemat napędu L

1 – silnik spalinowy, 2 – wał pośredni, 3 – przekładnia, 4 – śruba napędowa, 5 – wał śrubowy



Rys. 10. Silnik OXE

Innym rodzajem napędu jest napęd Z (rys. 5). Tu zarys drogi przenieszonego strumienia mocy ukształtowany jest w zasadzie przez przekładnię i w tym przypadku przypomina literę Z.

Wał pośredni między silnikiem a przekładnią jest bardzo krótki, co sprawia wrażenie, jakby go w ogóle nie było – tym bardziej, że znajduje się on na ogół pod osłoną obudowy przekładni. W obudowie przekładni, w jej dolnej części, łożyskowany jest również krótki wał śrubowy. W napędzie Z cała część pośrednicząca jest scalona i nazywa się popularnie przekładnią Z. Ten rodzaj napędu stosowany jest w jachtach motorowych, przy czym cała przekładnia znajduje się na zewnątrz kadłuba jachtu. Ma ona możliwość częściowego obrotu w płaszczyźnie równoległej do płaszczyzny symetrii jachtu lub do niej równoległej w przypadku większej liczby napędów niż jeden oraz w płaszczyźnie do niej prostopadłej, dzięki czemu odbywa się sterowanie jachtem.

Pewne podobieństwo do napędu Z, ale o nieporównywalnych zaletach w stosunku do napędu Z i poprzednio opisanych, ma napęd IPS (Inboard Performance System), co oznacza wewnętrzny wysokowydajny napęd. Wprowadzony on został na rynek w 2005 r. przez szwedzką wytwórnię Volvo Penta.

Napęd ten, przeznaczony do jachtów motorowych, składa się z dwóch bliźniaczych silników połączonych ze swoimi kolumnami podwodnymi, z których każda posiada na wale śrubowym dwie przeciwbieżne śruby ciągnące (rys. 6). Kolumny te mogą się obracać wokół osi pionowych niezależnie od siebie, dzięki czemu można manewrować jachtem we wszystkich kierunkach, nie potrzeba więc w zasadzie sterów strumieniowych. Zarys drogi przenieszonego strumienia mocy przypomina odbicie lustrzane zewnętrznego obrysu litery E lub też podobny jest do złożonych dwóch liter L. Idea takiego napędu znana jest w okrętownictwie od dawna jako śrubostery, czyli śruby napędowe z możliwością obrotu wokół osi pionowej, które mogą być śrubami pchającymi lub ciągnącymi, jak w omawianym przypadku.

W napędach jachtów żaglowych również stosuje się przeniesienie strumienia mocy od silnika do śruby, które swym zarysem przypomina literę Z. Mimo takiego samego zarysu przyjęto dla niego nazwę napędu S (S-Drive, a dokładniej Sail Drive). Napęd ten (rys. 7) istotnie różni się od poprzedniego. Z silnikiem zblokowana jest przekładnia S, składająca się z części we wnętrzu kadłuba i części podwodnej połączonej ze śrubą napędową, często ze śrubą składaną. Miejsce, w którym przekładnia przenika dno jachtu, jest dokładnie uszczelnione.



Ten napęd ma wiele zalet w stosunku do napędów osiowych i niewspółosiowych, bowiem nie ma tradycyjnej linii wałów, a tym samym wyeliminowane są ewentualne przecieki na dławicy wału śrubowego. Umożliwia ponadto wygodniejszą zabudowę w kadłubie jachtu.

Do grupy napędów spalinowych należy jeszcze napęd, w którym zarys przenoszonej mocy od silnika do śruby przypomina literę L (rys. 8).

Moc przenoszona jest więc z silnika 1 o pionowym wale korbowym do przekładni 3 przez odpowiedniej długości wał pośredni 2, łożyskowany w obudowie napędu. Na wale śrubowym 5, prostopadłym do wału pośredniego 2, wychodzącym z przekładni wyposażonej najczęściej w mechanizm nawrotny, osadzona jest śruba napędowa 4. Napędy realizowane według omawianej odmiany mają jedną obudowę i znane są pod nazwą silników przyczepnych lub zaburtowych.

Zarysy drogi przenoszonej mocy od silnika do śruby napędowej w opisanych wyżej napędach spalinowych, w których moce przenoszone są za pomocą przekładni mechanicznych, widoczne są w tabeli 1 [3]. Wyszczególnione zostały w niej także zastosowania poszczególnych napędów.

Oprócz opisanych sposobów przenoszenia mocy i przyporządkowaniu ich zarysów odpowiednim literom alfabetu nie sposób pominąć jeszcze dwóch nietypowych, w stosunku do opisanych. Chodzi tu o sposób wykreowany niegdyś przez firmę Perkins w odniesieniu do dwóch silników napędowych, jak na rysunku 9. Wiadać, że do przenoszenia mocy z dwóch silników spalinowych do jednej przekładni redukcyjno-nawrotnej i dalej do śruby napędowej mogą służyć przekładnie pasowe.

Niezwykłe rozwiązanie przenoszenia mocy za pomocą przekładni pasowych znajduje się w napędzie zaburtowym OXE szwedzkiej firmy Cimco Marine [4]. Właściwie cały zaburtowy napęd (rys. 10) jest niezwykły, choćby dlatego, że silnik ułożony jest poziomo, do tego jest to silnik Diesla – w przeciwieństwie do wszystkich napędów zaburtowych, posiadających silniki z zapłonem iskrowym i pionowe wały korbowe, a zarys przenoszonej mocy odpowiada literze L.

Napęd OXE ma silnik Diesla o mocy 200 KM przy 4100 obr./min. Jak widać na rysunku, silnik spalinowy połączony jest z przekładnią pasową o zmiennym przełożeniu, ta z kolei przez skrzynię nawrotną z przekładnią mającą pas do przenoszenia dużych momentów obrotowych. [4]

dr inż. Krzysztof Zbierski

Literatura

- [1] Cudny K.: Linie wałów okrętowych. Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1976.
 [2] Zbierski K.: Dieslowskie napędy jachtów. Wydawca Studio M, Łódź 2012.
 [3] Charchalis A.: Siłownie okrętowe. Wyższa Szkoła Marynarki Wojennej, Gdynia 1980.
 [4] www.oxe-diesel.com

Nowy generator o niewielkich gabarytach

model GHX5 o mocy 5 kVA

VETUS prezentuje nowy dodatek do obecnej serii generatorów, model GHX5!

Ten najnowszy członek rodziny generatorów VETUS jest oparty na wydajnym jednocylindrowym silniku C LINE VC1.08 i bardzo dobrze nadaje się do montażu na niewielkich jachtach. Waga prezentowanego generatora to 135 kg. Ten mały, ale mocny zespół prądotwórczy posiada generator sterowany AVR, a elektroniczna regulacja prędkości obrotowej czyni go solidnym zawodnikiem. Dzięki stabilnej fali sinusoidalnej urządzenie to nadaje się do stosowania w połączeniu z bardzo czułą elektroniką, np. komputerem. Innymi słowy, jest to kompaktowy i niezawodny partner dla Twojej łodzi.

Wymiary przedstawia rysunek 2, zaś więcej informacji o produkcie podano w najnowszym katalogu VETUS na stronach 252-253. [4]



Rys. 1. Widok generatora



Rys. 2. Wymiary generatora 5 kVA, model GHX5