

# Łączenie wału śrubowego z silnikiem

Połączenie silnika spalinowego czy elektrycznego z wałem śrubowym (lub wcześniej z wałami pośrednimi) może wydawać się prostą czynnością. W praktyce wymaga to jednak znajomości pewnych zasad, które omówione są w niniejszym artykule.

**S**potyka się różne rozwiązania tych połączeń uzależnione od:

- rodzaju zamocowania silnika i przekładni na fundamencie,
- sposobu połączenia silnika z przekładnią,
- sposobu łożyskowania wału śrubowego.

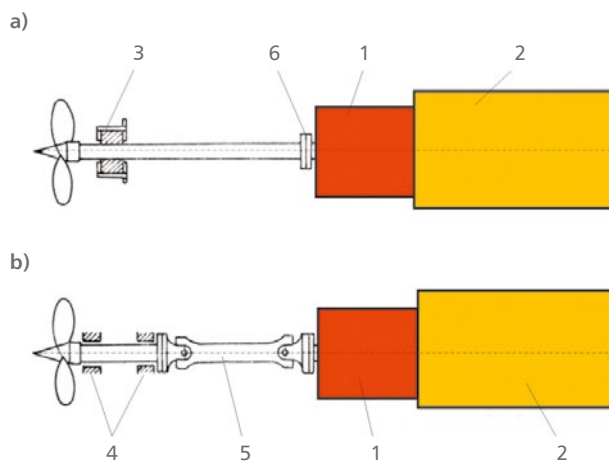
Przed przystąpieniem do montażu napędu uwzględnia się wszystkie trzy wymienione rozwiązania i wzajemne związki między nimi.

Na rysunku 1 pokazano napęd, w którym silnik (2), zblokowany z przekładnią (1), zawieszony jest na fundamencie elastycznie, czyli zamocowany na gumowo-metalowych podkładkach nazywanych popularnie poduszkami gumowymi. Całość, tzn. silnik-przekładnia, może być połączona z wałem śrubowym łożyskowanym elastycznie (3) (rys. 1a) bądź z wałem śrubowym łożyskowanym sztywno (4) (rys. 1b).

W pierwszym wypadku silnik wolno połączyć tylko za pomocą sprzęgła sztywnego wykonanego często w postaci kołnierzy (6). Stosowane jest tu również innego typu sprzęgło, z rozciętą dwustożkową tuleją (rys. 2).

Ma ono tę szczególną zaletę, że nie wymaga wykonania na końcówce wału odpowiedniego wpustu. Ustawienie silnika w linii elastycznie łożyskowanego wału śrubowego odbywa się zgodnie z obowiązującymi zasadami osiowania.

W drugim wypadku, gdy silnik współpracuje z wałem śrubowym łożyskowanym sztywno, połączenie musi być podatne (elastyczne). Może być ono zrealizowane jak na omawianym rysunku, za pomocą krzyżakowego wału przegubowego, stosowanego często w starszych napędach. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie sprzęgła podatnego, a najlepszym – specjalnego przegubu. Na rysunku 3 przedstawiono dwa sprzęgła podatne. Są one przykładami stosunkowo prostych konstrukcji. Spotyka się rozmaite konstrukcje



Rys. 1. Połączenie wału śrubowego z silnikiem zblokowanym z przekładnią i zamocowanym elastycznie

a – połączenie z wałem śrubowym łożyskowanym elastycznie,

b – połączenie z wałem śrubowym łożyskowanym sztywno

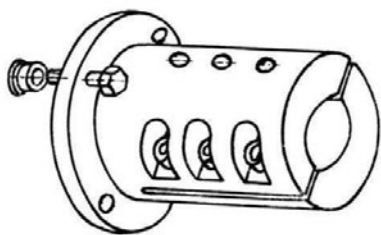
1 – przekładnia, 2 – silnik spalinowy, 3 – wał śrubowy łożyskowany elastycznie,

4 – wał śrubowy łożyskowany sztywno, 5 – wał przegubowy,

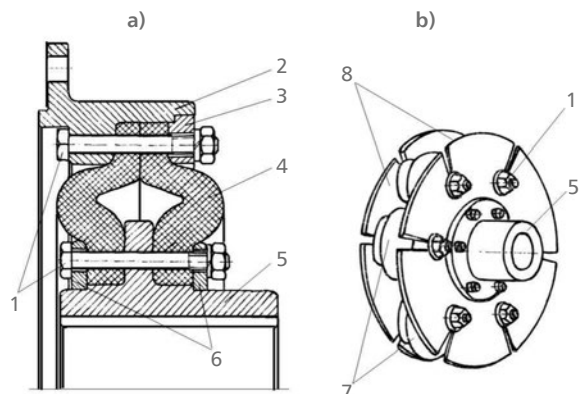
6 – sprzęgło sztywne

sprzęgieł podatnych. Na szczególną uwagę zasługują sprzęgła firmy VETUS o nazwie Uniflex oraz Bullflex. To drugie charakteryzuje się wysoką podatnością i bardzo skutecznym tłumieniem drgań skrętnych, może pracować nawet przy odchyłce około  $2^\circ$  od osiowego ustawienia wału.

Przegubowe wały krzyżakowe (rys. 1b) są coraz rzadziej stosowane ze względu na pewne wady. Przede wszystkim nie mogą być montowane w liniach wałów o dużym kącie załamania osi, gdyż przyspieszenia kątowe w zakresie jednego obrotu wywołują duże szybkozmienne siły masowe. Aby wały napędzający (przekładni) i napędzany (śrubowy) w warunkach dużych kątów załamania miały jednakowe prędkości kątowe, musi być zastosowane inne rozwiązanie, np. przegub homokineetyczny (gr. *homos* – taki sam, równy). W nowoczesnych napędach takie przeguby oferowane są między innymi przez firmy VETUS, Marco-Motors, Python-Drive i inne. Widok i wymiary jednego z przegubów firmy Python-Drive pokazano na rysunku 4. Przeznaczony jest on do silnika o mocy wynoszącej 70 KM przy 2600 obr./min. Odpowiednio duże przeguby przeznaczone są do silników o mocach rzędu 1000 KM. Wszystkie mają wbudowane łożyska oporowe.



Rys. 2. Sprzęgło z dwustożkową tuleją

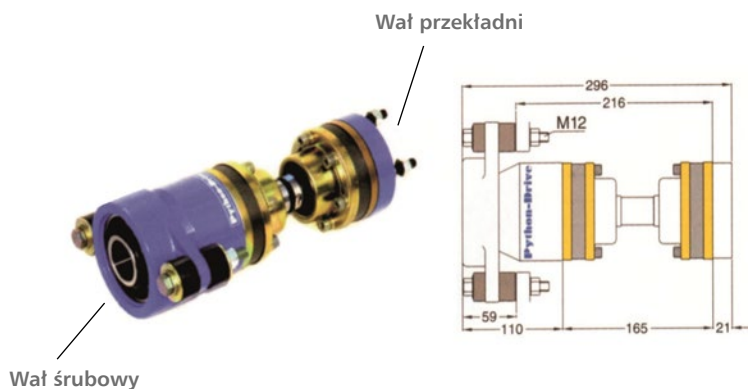


Rys. 3. Sprzęgła podatne  
a – sprzęgło z elastyczną przeponą, b – sprzęgło z elastycznymi tulejami

1 – śruby ściągające, 2 – obudowa, 3 – pierścień dociskowy, 4 – przepona, 5 – piasta, 6 – pierścienie dociskowe, 7 – tuleje elastyczne, 8 – kołnierze

W większości napędów nie zaleca się mocowania silnika na sztywno, czyli bez elastycznych podkładow. Bezpośrednie związanie silnika z fundamentem jachtu pozwala precyzyjnie połączyć go z wałem śrubowym za pomocą sprzęgła sztywnego. Pociąga to jednak za sobą, zwłaszcza przy lekkich fundamentach niewielkich jachtów i silnikach o małej liczbie cylindrów, przenoszenie się drgań na kadłub, co osłabia węzły konstrukcyjne jachtu. Jeśli jednak rozwiązanie takie zostanie przyjęte, jak ma to miejsce w napędach bardzo dużych mocy, to muszą być wbudowane w odpowiednich miejscach przekładni (rys. 5) dwie śruby pasowane do przejmowania bocznego ruchu napędu.

Dla pełnego obrazu zagadnienia przedstawiono na rysunku 6 ogólny przypadek łączenia silnika z wolnostojącą przekładnią, która dalej sprzęgnięta jest z łożyskiem oporowym linii wałów, przy czym silnik i przekładnia ułożone są elastycznie, wał śrubowy ułożyskowany jest natomiast sztywno. W pierwszej kolejności ustawia się łożysko oporowe (3) do wału śrubowego tak, aby osie obydwu wałów pokrywały się. Ewentualne różnice poziomów wyrównuje się dopasowanymi podkładkami, które wsuwa się pod obudowę łożyska. Po przykręceniu łożyska do fundamentu sprawdza się ich wzajemne ustawienie. Po wzmocnieniu łożyska śrubami pasowanymi (4) ustawia się do niego przekładnię (1), a do niej silnik (2), stosując do tego celu specjalne klocki wsunięte pod łapy przekładni i silnika. Na nich przeprowadza się osiowanie i połączenie za pomocą sprzęgła podatnego

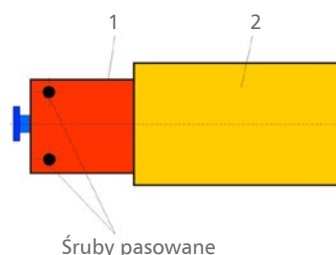


Rys. 4. Przegub Python-Drive

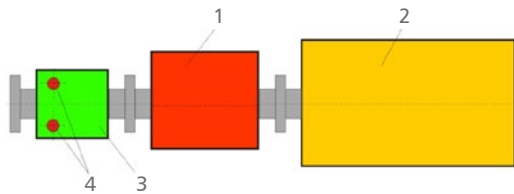
lub przegubu przekładni z łożyskiem oraz silnika z przekładnią. Po ustawieniu całej linii wałów klocki zastępuje się podkładkami gumowo-metalowymi, a po napełnieniu układu olejem i wodą przeprowadza się ponownie kontrolę ustawienia poszczególnych członów napędu. Na odcinku między łożyskiem oporowym a przekładnią może znajdować się w razie potrzeby zwykły krzyżakowy wał przegubowy.

Oprócz omówionych rozwiązań istnieje możliwość łączenia sztywno ułożonego silnika ze sztywno ułożoną przekładnią, jak również elastycznie ułożonego silnika ze sztywno ułożoną przekładnią. Wszelkie połączenia poszczególnych elementów napędowych dokonywane są dopiero po opuszczeniu jachtu na wodę. Jest to uzasadnione odkształcalnością kadłuba, z powodu której współosiowość wcześniej ustawionych elementów może ulec zmianie. Mając również na uwadze możliwość odkształceń kadłuba i osiadanie fundamentu w miarę upływu czasu, przeprowadza się okresową kontrolę dokonanych wcześniej ustawień.

Istotne znaczenie, obok wyboru odpowiedniego sprzęgła, ma tu dokładność ustawienia osi łączonych wałów. Aby nie dopuścić do uszkodzenia wału śrubowego, wału przekładni bądź wału korbowego oraz ich łożysk, a nadto nie spowodować drgań napędu, należy silnik tak ustawić do linii wału, żeby oś wału silnika była przedłużeniem osi wału śrubowego (rys. 7). Przy czym, przez określenie „wał silnika” należy rozumieć wał wychodzący z silnika zaopatrzony w kołnierz do połączenia silnika z dalszymi elementami napędowymi.



Rys. 5. Sztywne ułożenie silnika z przekładnią  
1 – przekładnia, 2 – silnik



Rys. 6. Połączenie wolnostojącej przekładni z silnikiem i łożyskiem oporowym  
1 – przekładnia, 2 – silnik spalinowy, 3 – łożysko oporowe, 4 – śruby pasowane

Dla silnika zablokowanego z przekładnią redukcijną omawianym wałem będzie wał przekładni, a nie wał korbowy. Mówiąc o ustawieniu silnika, należy rozumieć także ustawienie innych elementów napędu. Tak więc podczas omawianego ustawienia zachowana musi być współosiowość obydwu wałów.

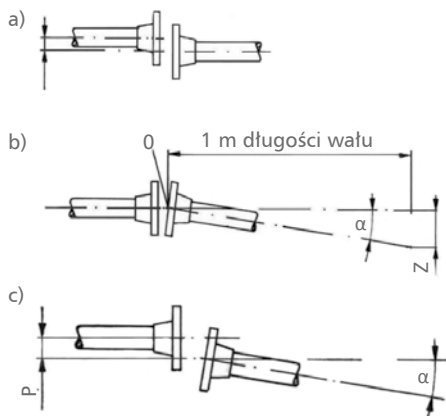
W rzeczywistości dokładne ustawienie wału silnika „oś w oś” z wałem śrubowym jest niewykonalne. Możliwe jest natomiast, a zarazem konieczne, wzajemne ustawienie wałów z określoną dopuszczalną odchyłką od współosiowego położenia, przewidzianą przez odpowiednią instrukcję montażową. Tak więc po dostawieniu silnika do wału śrubowego przeprowadza się kontrolę omawianego połączenia, która polega na ustaleniu odchyłek osi wału silnika od osi wału śrubowego.

Rozróżnia się trzy przypadki niezgodności osi (niewspółosiowości) łączonych wałów (rys. 8):

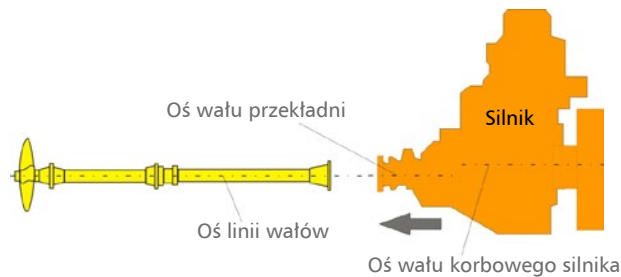
- przesunięcie osi,
- załamanie osi,
- przesunięcie osi z ich załamaniem.

Zakładając, że wałem ułożonym jest wał śrubowy, wówczas wielkość  $P$  oznaczać będzie przesunięcie osi wału sprawdzanego, czyli w tym wypadku wału silnika. Widać, że wielkość przesunięcia sprawdzanego wału może okazać się różna co do wartości jak i kierunku, przyjmując dowolne położenie według tworzącej walca o średnicy  $2P$ .

Podobnie wielkość załamania może być różna, a jego kierunek zgodny z dowolną tworzącą stożka o kącie  $2\alpha$  i wierzchołku w punkcie  $O$ . Załamanie osi wału silnika (wymiar  $Z$ ) w stosunku do osi wału śrubowego wyraża się zwykle w mm na 1 m długości wału



Rys. 8. Niezgodności osi łączonych wałów  
a – przesunięcie osi, b – załamanie osi, c – przesunięcie i załamanie osi



Rys. 7. Dostawienie silnika do linii wałów

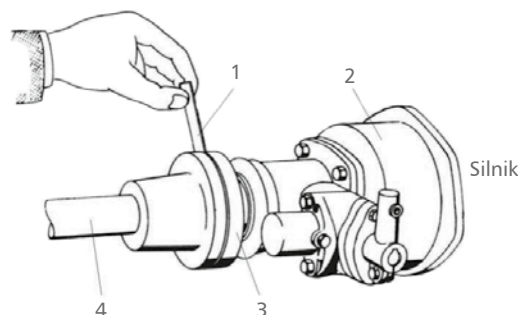
(rys. 8 b). Pomiary niewspółosiowości wałów przeprowadza się różnymi sposobami w zależności od istniejących warunków i wymagań. Bardzo prostą metodę pomiaru załamania wału za pomocą szczelinomierza pokazano na rysunku 9.

Wymaganą zgodność łączonych wałów uzyskuje się w wyniku odpowiedniego przesuwania silnika oraz za pomocą podkładek z cienkiej blachy wsuwanych pod łapy silnika. Dopuszczalne wartości odchyłek zależą m.in. od takich czynników, jak konstrukcja i sposób połączenia poszczególnych części napędu, sposób ich montażu na fundamencie, jak również konstrukcja i materiał, z jakiego wykonany jest kadłub jachtu. Na ogół można przyjąć, że przesunięcie osi wałów (odchyłki promieniowe), jak i załamanie osi wałów (odchyłki osiowe) nie powinny przekraczać 0,3 mm, a w zależności od wspomnianych czynników są często mniejsze. Przy połączeniu przekładni i silnika ułożonych elastycznie na fundamencie wymaga się, aby odchyłki promieniowa i osiowa nie przekraczały wartości 0,3 mm. W innym przypadku, gdy silnik z przekładnią zamontowane są na sztywno (bez elastycznych podkładek), przy połączeniu wału śrubowego z wałem przekładni odchyłki promieniowa i osiowa nie powinny przekraczać wartości 0,05 mm. Dokładne ustalenie wartości omawianych odchyłek uzyskuje się z pomiarów za pomocą czujników zegarowych. Wartości odchyłek powinny być kontrolowane ściśle według wskazań wytwórcy napędu. [7]

Dr inż. Krzysztof Zbierski

## Literatura

- [1] Zbierski K.: Dieslowskie napędy jachtów. Wydawca Studio M, Łódź 2012.



Rys. 9. Pomiary załamania osi wału  
1 – szczelinomierz, 2 – przekładnia, 3 – wał przekładni, 4 – wał śrubowy