Nowoczesne przekładnie zębate

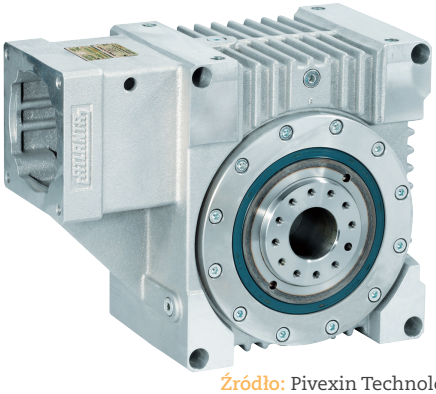
Najbardziej powszechnym rodzajem przekładni napędowych są mechanizmy, w których przenoszenie napędu następuje dzięki zastosowaniu kół zębatych. Stosowane są one zarówno jako elementy umożliwiające poprawne funkcjonowanie różnego rodzaju maszyn, jak i jako samodzielne urządzenia.

Sabina Frysztacka

Kiedy maszyny nie mogą być napędzane bezpośrednio silnikiem, korzysta się zwykle z przekładni zębatych. Przenoszą one ruch obrotowy z wału wejściowego (zwanego też czynnym lub napędzającym) na wał wyjściowy (inaczej: bierny czy napędzany). Wały zazębiają się, ewentualnie znajduje się między nimi koło pośredniczące. Podczas ich pracy dochodzi do zmiany prędkości kątowej i momentu obrotowego. Bardzo istotnymi parametrem jest tutaj przełożenie – kinematyczne, dynamiczne i geometryczne. Pierwsze z nich definiowane jest jako stosunek prędkości obrotowej koła napędzającego do prędkości obrotowej koła napędzanego. Przełożenie dynamiczne to stosunek momentu obrotowego na kole napędzanym do momentu obrotowego na kole napędzającym, a geometryczne to stosunek średnicy koła napędzanego do średnicy koła napędzającego. Jakie warunki powinny zostać spełnione, aby przekładania zębata mogła być uznana za nowoczesną? Zanim odpowiemy na to pytanie warto zapoznać się z mechanizmami napędowymi.

Klasyfikacja przekładni zębatych

Istnieje kilka sposobów podziału przekładni zębatych. Ze względu na kinematykę zazębień wyróżnia się mechanizmy czołowe i śrubowe. Jeśli weźmiemy pod uwagę miejsce zazębienia, to należy wymienić przekładnie o zazębieniu zewnętrznym oraz wewnętrznym. Można też klasyfikować je uwzględniając ruchomość osi i wówczas rozróżnia się przekładnie o osiach stałych lub planetarnych, gdzie przynajmniej jedna z osi przemieszcza się względem osi centralnej. Uwzględniając wzajemne położenie osi obrotu otrzymujemy przekładnie równoległe, kątowe i wichrowate, a ze względu na sposób przenoszenia ruchu: obrotowe oraz liniowe. Można też mówić o mechanizmach redukcyjnych (zwalniających) oraz multiplikacyjnych (przyśpieszających). Natomiast jeśli za kryterium klasyfikacji przyjmiemy konstrukcję, to wyróżniamy przekładnie: ślimakowe, stożkowe, walcowe, walcowo-stożkowe, spiroidalne i specjalne.



Źródło: Pivexin Technology

Nowoczesna przekładnia – czyli jaka?

Intuicja podpowiada, że jeśli komuś zależy na otrzymaniu lepszych osiągów technicznych i ekonomicznych, powinien zainwestować w nowoczesną przekładnię zębatą. Jednak warto najpierw odpowiedzieć sobie na pytania jakie warunki powinna ona spełniać oraz jakie korzyści można w ten sposób osiągnąć. Zdaniem Dariusza Wróbla Kierownika działu Napędy i Automatyka w firmie Pivexin Technology *dzisiejszy rynek technologii napędowej jest bardzo rozbudowany i oferuje wiele możliwości. Czasy, kiedy inżynierowie mieli do dyspozycji tylko przekładnie ślimakowe o niskiej sprawności lub też przekładnie walcowe o topornej konstrukcji, minęły już bezpowrotnie. Liczni producenci prześcigają się w tworzeniu coraz to lepszych rozwiązań lub też szlifują do granic możliwości wcześniejsze propozycje. Koncepcja nowoczesnej przekładni osadza się na kilku prerogatywach:*

- *energooszczędność – musi mieć jak najwyższą sprawność, dzięki czemu straty momentu są niższe, podobnie jak zapotrzebowanie na moc silnika i energię elektryczną (idea energooszczędności),*
- *uniwersalność – musi być ergonomiczna w montażu (najlepiej uniwersalna), łatwa w obsłudze (najlepiej całkowicie bezobsługowa), musi zapewniać duże możliwości konfiguracyjne,*
- *kompaktowość – wskazane, by przenosiła jak największe momenty przy jak najmniejszych gabarytach.*

Poza powyższymi często duże znaczenie ma precyzja przekładni (jak najniższy luz kątowy), szczególnie w ma-

Źródło: InduProgress

szynach High-Tec, lub wysoki stopień ochrony i odporność na trudne warunki panujące w miejscu pracy.

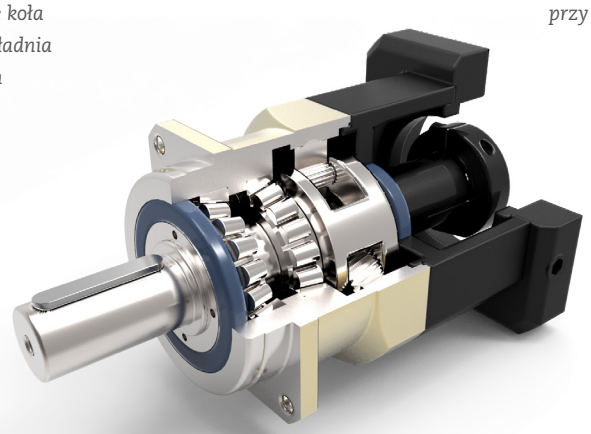
Istotna jest również odpowiednia konstrukcja przekładni, uwzględniająca długi czas pracy oraz wysoką obciążalność. Kolejnym ważnym aspektem jest brak potrzeby serwisowania mechanizmu poprzez uzupełnianie smarowania, co wpływa pozytywnie zarówno na koszt jego utrzymania, jak i na środowisko naturalne – poprzez ograniczenie przedostawania się szkodliwych substancji do otoczenia. Następną pożądaną cechą jest kultura pracy przekładni, czyli hałas, jaki generuje. – *Obecnie użytkownicy w trosce o personel obsługujący maszyny poszukują jak najcichszych rozwiązań, które mogą znacząco poprawić warunki pracy, a tym samym wydajność personelu* – mówi Konrad Nowacki Inżynier Wsparcia Technicznego w firmie InduProgress Delta Industrial Automation. Podkreśla również, że *nowoczesne przekładnie powinny charakteryzować się dowolnością montażu w przestrzeni i łatwością dopasowania ich do silnika, co usprawnia sam proces montażu oraz zwiększa żywotność takiego połączenia. Podsumowując – nowoczesna przekładnia zębata to taka, która spełnia wszelkie potrzeby jej użytkownika – począwszy od tych technicznych poprzez ekonomiczne, a kończąc na kwestiach związanych z dbałością o środowisko.*

Specjaliści z toruńskiej firmy MARGO, specjalizującej się w dystrybucji i serwisowaniu elementów przeniesienia napędu, również uważają, że nowoczesna przekładnia powinna spełniać wymagania nawet najbardziej wymagających klientów, co oznacza, że powinna charakteryzować się następującymi cechami: niezawodnością, dostępnością, konkurencyjną ceną, elastycznością adaptacji do warunków pracy, energooszczędnością, ekologicznością. Jednak przedstawiciele firmy MARGO najwięcej uwagi poświęcają kompaktowości: – *To nie sztuka zbudować duży masywny korpus, a w środku umieścić masywne koła i wielkie łożyska. Owszem, taka przekładnia będzie niezawodna przez wiele długich lat, ale z pewnością jej cena nie będzie konkurencyjna. Gabaryty i masywność, a co za tym idzie ilość materiału użyta do produkcji sprawią, że taki reduktor będzie znacznie droższy w produkcji. Tego rodzaju przekładnia nie będzie również ekonomiczna z innego powodu. Opory ruchu wynikające z większych mas wirujących, zwłaszcza przy rozpędzaniu i hamowaniu, będą przyczyniały się do znacznie większego zużycia energii. A gdy już dojdzie chociażby do wymiany oleju, łożysk itp., jej serwis będzie droższy. Sztuką jest zbudowanie reduktora, który będzie pracował niezawodnie przez z góry określony czas, będzie możliwie jak najmniejszy i najlżejszy oraz jego sprawność będzie bliska 100%, a do tego będzie tani i szybki w produkcji. Taki właśnie jest obecny trend, co wiąże się z postawieniem na zaawansowany proces projektowania nie tylko samego reduktora, ale również całego procesu produkcyjnego. Uwzględnia on optymalizację wykorzystania materiału pod względem wytrzymałościowym oraz ilościowym, a także zużycia energii i narzędzi do produkcji. Niesie to ze sobą co prawda potrzebę unifikacji konstrukcji, najczęściej tylko w obrębie danego producenta, ale możliwość konfigurowania rożnych reduktorów z wykorzystaniem możliwie jak najmniejszej liczby tych samych części daje ogromną elastyczność dostosowania modelu do wymagań klienta, przy zachowaniu niskich kosztów produkcji i magazynowania. Projektant nie może również zapominać, że nowoczesny reduktor musi być łatwy i szybki w montażu oraz serwisie. Powinien też być stosunkowo łatwo dostępny. Pojęcie dostępności wiąże się także z możliwością szybkiego zdobycia części zamiennych oraz dokumentacji 2D, 3D, DTR, która powinna znajdować się na stronie www producenta. Ułatwia to pracę zarówno projektantom maszyn jak i służbom utrzymania ruchu. Oczywiście reduktor powinien być zaprojektowany i wyprodukowany z myślą o ekologii. Producenci coraz częściej wykorzystują do produkcji własne odnawialne źródła energii, a ekologiczne powłoki lakiernicze stały się już dawno standardem. Podsumowując – pojęcie „nowoczesny reduktor" jest bardzo szerokie. Tak samo zresztą jak szerokie są wymagania współczesnych klientów co do reduktora.*

Z kolei Marek Kasielski – Kierownik działu sprzedaży w firmie Lenze Polska przekonuje, że *nowoczesna przekładnia to przekładnia wysokosprawna, będącą mechatronicznym zintegrowaniem reduktora, silnika i układu elektronicznego.*

Przykłady nowoczesnych przekładni zębatych i korzyści wynikające z ich zastosowania

Żeby przekładnia mogła być uznana za nowoczesną, powinna mieć wymienione cechy, a tym samym realizować wszelkie wymagania stawiane przez współczesny przemysł. Tak jest w przypadku konstrukcji walcowo-stożkowej. Dzięki uzębieniu skośnemu i stożkowemu zapewnia ona wysokie momenty obrotowe przy stosunkowo niewielkich gabarytach. Daje poza tym szerokie możliwości montażowe. Dariusz Wróbel zapewnia też, że *przekładnie walcowo-stożkowe są bardzo precyzyjne, luz kątowy w zależności od producenta może wynosić np. 15 arcmin przy marce Transtecno czy 7 arcmin przy marce Strojna (arcmin to minuta kątowa). Natomiast jeszcze bardziej precyzyjne są konstrukcje planetarne , zwłaszcza te przeznaczone do współpracy z silnikami serwo i spotykanymi w maszynach CNC lub innych z kręgu High-Tec. Zapewniają one najwyższą gęstość mocy oraz najniższy możliwy luz kątowy (np. Servobox marki Liming luz kątowy <=1 arcmin przy sprawności =>97%). Niegdyś takie rozwiązania ze względu na wysoki koszt zarezerwowane były wyłącznie dla drogich, specjalistycznych urządzeń, jednak obecnie stają się coraz bardziej powszechne i osiągają coraz bardziej przystępne ceny.*



Źródło: Pivexin Technology

Przedstawiciel firmy Pivexin Technology, która wspiera producentów maszyn dostarczając im niezbędne elementy oraz pomoc techniczną, a także opracowując nowe technologie, uważa, że konstrukcja przekładni planetarnej to bardzo dobra baza dla innych konceptualnych rozwiązań: – *Producenci mający szczególnie wysokie kwalifikacje w tworzeniu przekładni planetarnych oraz bogate zaplecze R&D tworzą coraz to ciekawsze propozycje, dla których bazą wyjściową jest przekładnia o korpusie liniowym. Wynika to z niezaprzeczalnych zalet przekładni planetarnych. Można dodać do nich kolejne moduły, a w efekcie powstaje nowe rozwiązanie, o nowych możliwościach, a jednocześnie zachowujące zalety modułu głównego. Tak tworzone są*

rozwiązania kątowe (LiMing SBL, PBL, SEL, SDL, ST), rozwiązania z kołnierzami obrotowymi (SD, SDL, SDD), rozwiązania do stołów obrotowych czy indeksujących (GT), a to dopiero wierzchołek góry lodowej. Należy się spodziewać, że rodzina przekładni planetarnych, a tym samym ich obecność na rynku, z roku na rok będzie się powiększać.

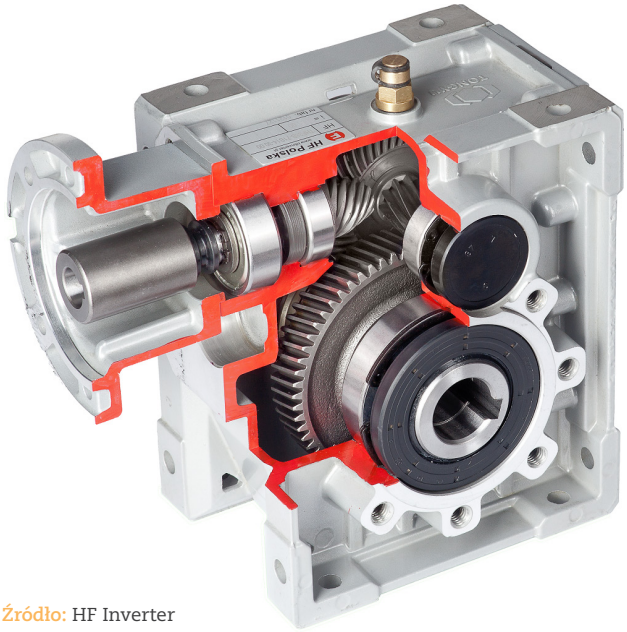
Przekładnie planetarne (redukcyjne) wykorzystywane są między innymi w urządzeniach znajdujących się w ofercie firmy Induprogress. Jak zapewnia Konrad Nowacki *stosowane przez nas nowoczesne przekładnie Shimpo oraz Sesame doskonale współpracują z naszymi serwonapędami, zapewniając niezawodność oraz wysoką wydajność, opłacalność i ciągłość produkcji. Charakteryzują się one przede wszystkim małym luzem kątowym, dzięki czemu pomimo znaczącego zwiększenia momentu obrotowego, możemy zachować wysoką dokładność pozycjonowania.*

Przekładnie walcowe i stożkowe również mogą spełniać nawet najwyższe wymogi związane solidnością, dokładnością oraz skutecznością. Dobrym przykładem są propozycje firmy Lenze g500-H i g500-B. Pierwsza z nich to konstrukcja walcowa, której główną zaletą jest precyzyjna skalowalność. Przenoszony przez nią moment obrotowy pozwala na optymalne dopasowanie do pracy danej maszyny. Z kolei przekładnia stożkowa g500-B wykazuje się wysoką odpornością na skręcanie i niewielkimi luzami skrętnymi, co sprzyja powtarzalności pozycjonowania. Zresztą niewielkie luzy charakteryzują obie te konstrukcje, podobnie jak łagodnie stopniowane przełożenie oraz wysokie dopuszczalne obciążenia promieniowe.

Firma Lenze proponuje też rozwiązanie w postaci inteligentnego napędu mechatronicznego do zastosowań intralogistycznych g350. Składa się on z przekładni hipoidalnej, silnika, układu elektronicznego oraz odpowiedniego oprogramowania. Jest to uniwersalny i energooszczędny rodzaj napędu, który został zaprojektowany z myślą o systemach transportu poziomego.

Z pewnością przekładnie hipoidalne, które można zaliczyć do mechanizmów zębatych stożkowych o osiach wichrowatych, zasługują na szczególną uwagę. Od klasycznych stożkowych różnią się tym, że mają poprzeczne przesunięcie osi zębnika w stosunku do koła talerzowego, co wpływa na wydłużenie czynnej długości zębów, a tym samym na wytrzymałość, sprawność i obciążalność przekładni. Pośród innych zalet takiego rozwiązania można wymienić: większy moment wyjściowy niż w przekładniach ślimakowych o takich samych wymiarach gabarytowych, wysoką cichobieżność w porównaniu do innych przekładni o tych samych przełożeniach, równomierność przekazywania momentu obrotowego, szeroki zakres dostępnych przełożeń dla jednej wielkości mechanicznej przekładni, korzystne warunki smarowania czy korzystny stosunek gabarytów przekładni do przenoszonej mocy. Czy oznacza to, że przekładani hipoidalna jest propozycją idealną?

Źródło: InduProgress



Źródło: HF Inverter

Dariusz Wróbel tak mówi o tego rodzaju przekładniach: – *Od kilku lat sporo mówi się o nowym typie przekładni. Konstrukcja hipoidalna miała w zamyśle zastąpić przekładnie ślimakowe, oferując parametry bliskie rozwiązaniu walcowo-stożkowemu. Wymiana tych pierwszych przełożyłaby się na wyższą sprawność układu, wyższy moment obrotowy, niższe zużycie energii, a równocześnie pozwoliłaby wpasować się w wymiary montażowe przekładni ślimakowej. Czy to jednak był trafiony pomysł? Trzeba mieć na uwadze, że producenci maszyn, którzy preferują przekładnie ślimakowe, chcą ograniczenia swoich kosztów zakupowych, nie zaś ograniczenia kosztów eksploatacyjnych użytkownika urządzenia, zatem nie przemawia do nich idea znacznie droższej przekładni hipoidalnej. Producenci, którzy pragną natomiast swoje urządzenia wyposażać w droższe, ale najlepsze rozwiązania, preferują układy walcowo-stożkowe. Przy producentach maszyn, jak widać, polaryzacja jest duża i niewiele jest miejsca pośrodku dla układu hipoidalnego. Dla końcowych użytkowników, czyli zakładów produkcyjnych, przekładnia hipoidalna może być jednak dobrą propozycją, bo pozwala na samodzielną wymianę przekładni ślimakowych o niskiej sprawności na hipoidalne, posiadające lepszą charakterystykę.*

Z pewnością jeśli porówna się właściwości techniczne, funkcjonalność oraz efektywność przekładni ślimakowych oraz hipoidalnych, to ten drugi typ wypada zdecydowanie lepiej. Jednocześnie obie mogą mieć bardzo zbliżone wymiary montażowe i można dobrać do nich te same akcesoria.

Powyższa wypowiedź potwierdza tylko, że nie można jednoznacznie wskazać konstrukcji, która będzie najlepsza dla każdego rodzaju produkcji czy działalności. Jednak niewątpliwie słusznym będzie stwierdzenie, że aby można było nazwać ją nowoczesną powinna wpływać pozytywnie na parametry techniczne urządzenia oraz koszty użytkownika. Wysoka sprawność mechanizmu powoduje, że można wykorzystać mniejszy silnik, co z kolei przekłada się na mniejsze zużycie energii oraz obniżenie rachunków. Dla obniżenia kosztów mają też znaczenie mniejsze gabaryty przekładni oraz elementów, które z nią współpracują. Bezobsługowość i wysoka żywotność, to kolejne cechy pozwalające na osiągnięcie przez przedsiębiorstwo lepszych osiągów technicznych oraz ekonomicznych. Podczas dobierania przekładni zębatej należy wziąć pod uwagę wszystkie opisane aspekty, a także pożądane parametry i specyfikę pracy urządzenia, które ma być w nią zaopatrzone. ■