

14. Zupčani prijenosnici

14. Zupčani prijenosnici.....	1
14.1 Osnove zupčanih prijenosnika	2
14.1.1 Uvod	2
14.1.2 Struktura i nazivlje zupčanika	4
14.1.3 Vrste zupčanika.....	5
14.1.4 Osnovne karakteristike zupčanih prijenosnika.....	7
14.1.5 Sistematizacija zupčanih prijenosnika	9
14.2 Oblikovanje zupčanika.....	13
14.2.1 Zupčani parovi	Error! Bookmark not defined.
14.2.2 Karakteristike ozubljenja	16
14.2.3 Geometrija ozubljenja.....	Error! Bookmark not defined.
14.2.4 Opterećenje zuba.....	24
14.2.5 Materijali za izradu zupčanika	18
14.2.6 Ozubljenje zupčanika.....	Error! Bookmark not defined.
14.3 Usvajanje zupčanih parova.....	Error! Bookmark not defined.
14.3.1 Čelnici.....	18
14.3.2 Ozubnica	Error! Bookmark not defined.
14.3.3 Stožnici	21
14.3.4 Vijčani par	Error! Bookmark not defined.
14.3.5 Pužni par	Error! Bookmark not defined.
14.4 Primjena zupčanih prijenosnika	Error! Bookmark not defined.
14.4.1 Montaža/demontaža zupčanih prijenosnika	Error! Bookmark not defined.
14.4.2 Pogon i održavanje zupčanih prijenosnika.....	Error! Bookmark not defined.
14.4.3 Primjeri zupčanih prijenosnika	Error! Bookmark not defined.
14.4.4 Prednosti i nedostaci zupčanih prijenosnika	Error! Bookmark not defined.
Dodatak.....	36
Literatura	41

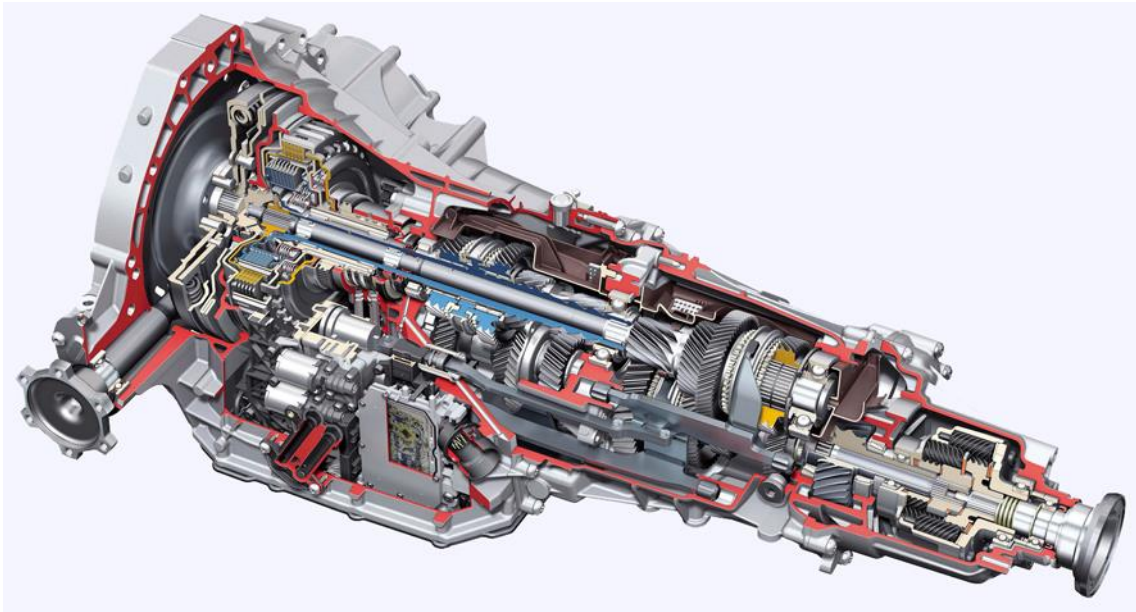
Ishodi učenja:

1. **Razumijevanje osnova zupčanih prijenosnika** (*struktura, mehanizam prijenosa, čelnici, osnovne veličine, nazivlje*).
2. **Umjeti odabrati pogodan zupčani par** (*položaji vratila, vrste zupčanih parova, veličine prijenosa*).
3. **Umjeti nacrtati zube zupčanog para čelnika** (*geometrije zuba*)
4. **Razumijevanje proračuna para čelnika** (*čvrstoća zuba*)
5. **Usvojena znanja iz primjene zupčanih prijenosnika** (*montaža/demontaža, pogon/održavanje*).

14.1 Osnove zupčanih prijenosnika

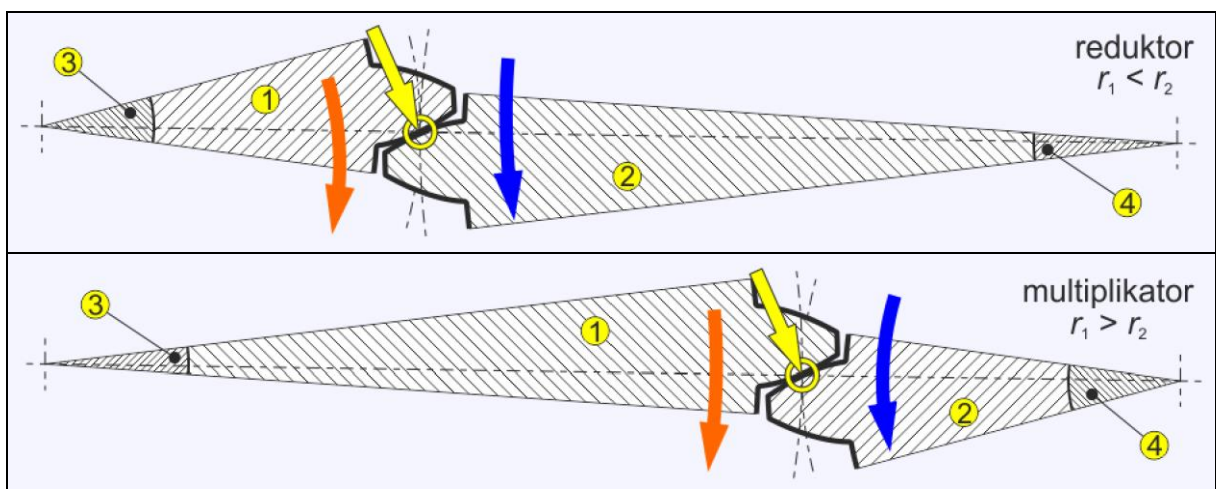
14.1.1 Uvod

Zupčani prijenosnik – sustav za neposredni oblikovni prijenos okretnog momenta (*vrtnje, energije, snage*) s dva ili više zupčanih parova. Primjer je mjenjač motornog vozila – **S-14.01**.



Slika 14.01 Zupčani prijenosnik (Audi Q5, S-Tronic mjenjač, sedam stupnjeva prijenosa, dvije spojke)

Okretni moment s jednog vratila (*S-14.02* – 3) na drugo (4) prenose dva zupčanika zupčanog para (1 i 2) uzajamnim zahvatima prikladno oblikovanih zuba prenose.



1 – pogonski zupčanik, 2 – gonjeni zupčanik, 3 – pogonsko vratilo, 4 – gonjeno vratilo

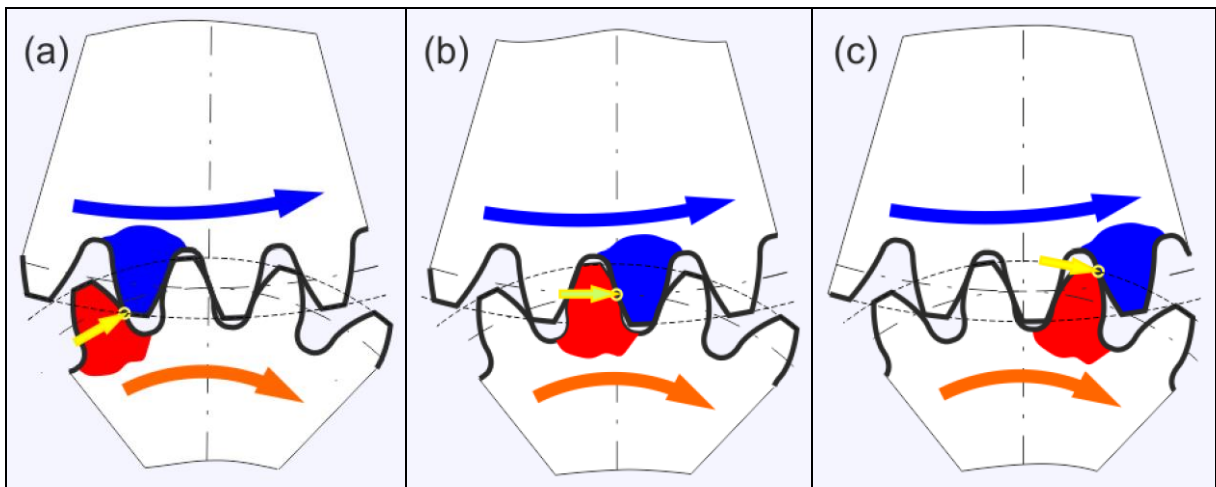
Slika 14.02 Prijenos okretnog momenta

Uvjet je prijenosa okretnog momenta uzajamna tangencijalna nepokretnost (*npr. osigurana klinom*) oba spoja vratilo/zupčanik (*S-14.02 – 3/1 i 4/2*). U protivnom se zupčanik vrti na vratilu, ili vratilo vrti u zupčaniku bez prijenosa okretnog momenta zupčanik \leftrightarrow vratilo.

Smjerovi su vrtnje zupčanika zupčanog para suprotni (*S-14.03*). Tijekom rada zupčanog para:

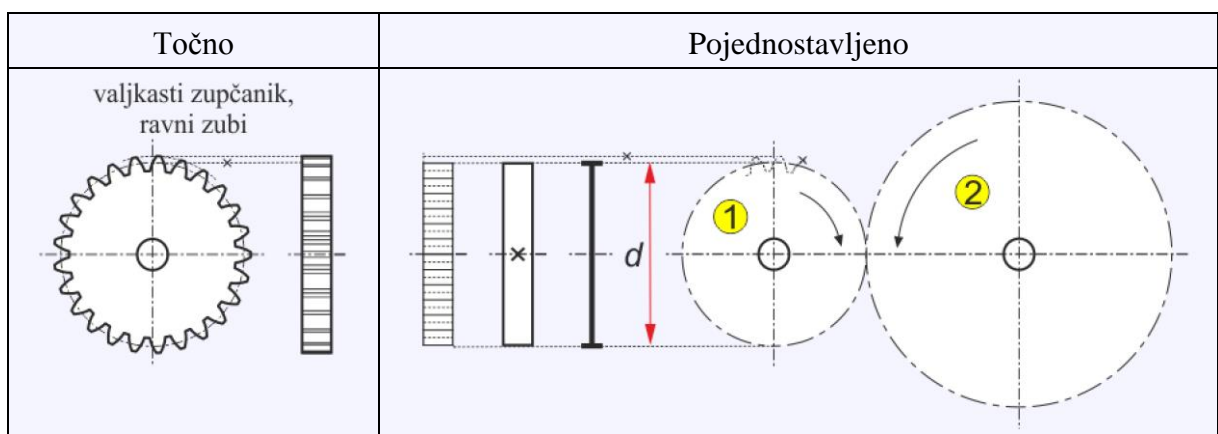
1. uspostavljaju se kontakt zuba (*S-14.03 – a*),
2. zubi se valjaju jedan po drugome (*b*) uz zaokretanje zupčanika i
3. prekida se kontakt bokova zuba (*c*).

Pritom se u svakom trenutku u zahvatu nalazi više zuba zupčastog para (*S-14.03 – dva*).



Slika 14.03 Opis rada zupčanika [*Wittel (2011), s. 68*]

Zbog složene geometrije zupčanici i zupčani parovi u literaturi se u pravilu crtaju pojednostavljeno. Pojednostavljene skice valjkastog zupčanika s ravnim zubima i zupčanog para prikazane su na **S-14.04**.



Slika 14.04 Crteži zupčanika i zupčanog para

Zupčani prijenosnici se koriste za:

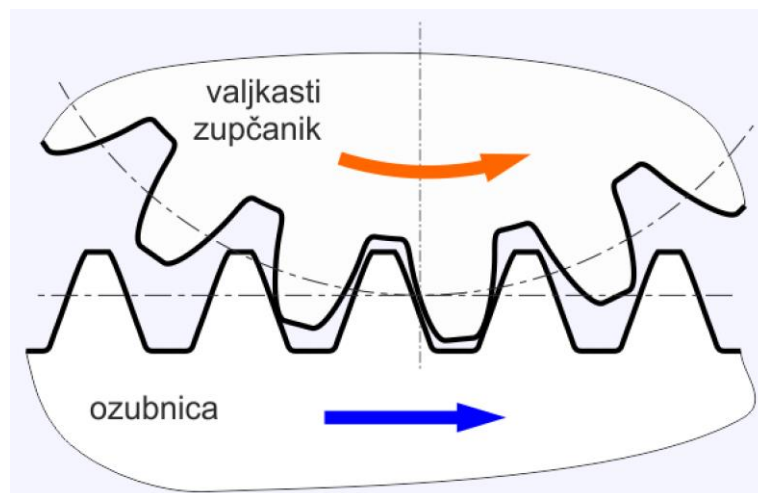
- prijenos okretnog moment (*poluga – prijenos sile*),
- promjeni brzine vrtnje vratila (*kutne brzine*),

4 Elementi strojeva 2

- promjenu smjera vrtnje vratila.

Pored toga, zupčanim parom može se pretvarati (S-14.05):

kružno gibanje \Leftrightarrow pravocrtno gibanje



Slika 14.05 Pretvorba kružno u pravolinijsko gibanje

14.1.2 Struktura i nazivlje zupčanika

Zupčanici – strojni elementi specifičnih oblika s karakterističnim prikladno oblikovani zubima (T-14.01).

Tabela 14.01 Primjeri zupčanika

Čelnik	Stožnik	Puž	Ozubnica

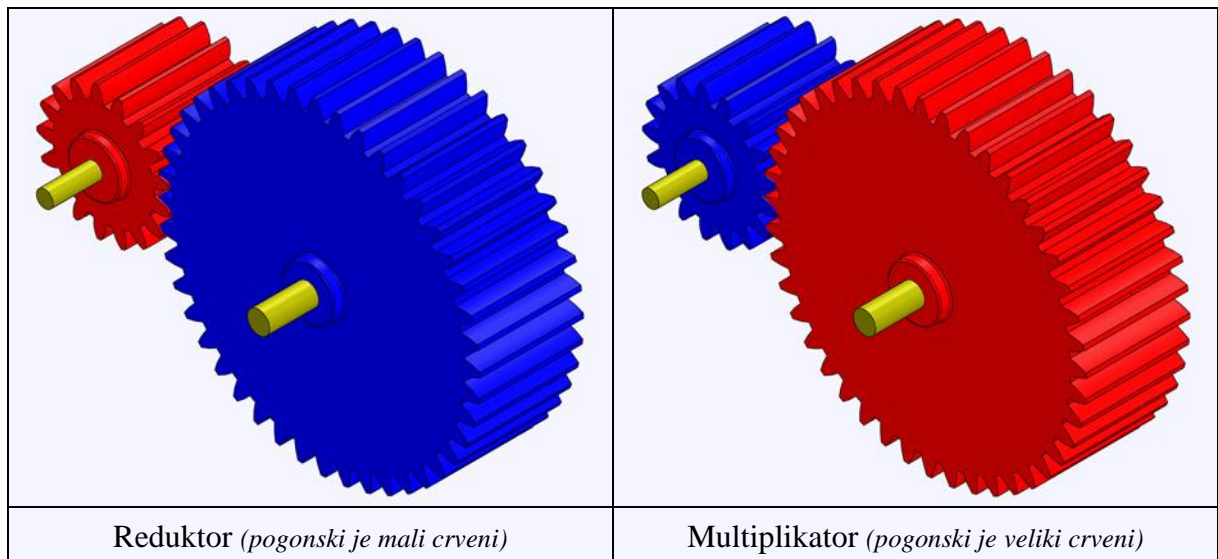
Zupčani par – dva uzajamno spregnuta zupčanika, od kojih je jedan pogonski a drugi gonjeni zupčanik (S-14.02). U pravilu su zupčanici zupčanih parova različitih promjera – jedan je mali, drugi veliki zupčanik.

Kako je prijenosni je omjer zupčanog para:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

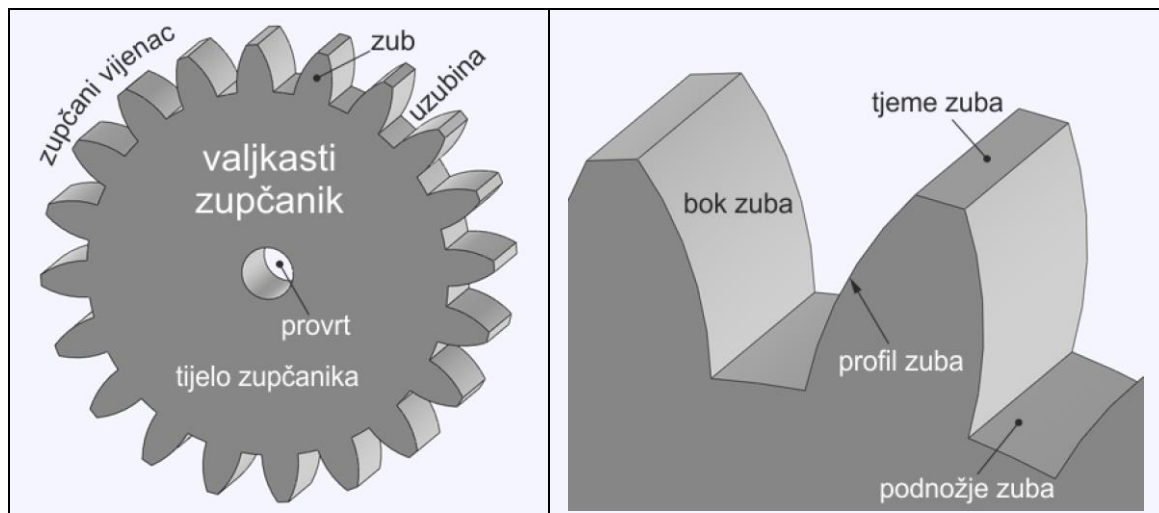
F-14.01

Kod **reduktora** (ulazna je brzina vrtnje veća od izlazne) – **S-14.04**, mali je zupčanik pogonski (veliki gonjeni zupčanik ima manju brzinu vrtnje) dok je kod **multiplikatora** (ulazna je brzina vrtnje manja od izlazne) veliki zupčanik pogonski (mali gonjeni zupčanik ima veću brzinu vrtnje).



Slika 14.06 Zupčani par reduktora i multiplikatora

Osnovni su nazivi dijelova zupčanika navedeni na S-14.07.



Slika 14.07 Nazivlje dijelova zupčanika

14.1.3 Vrste zupčanika

Prema obliku tijela zupčanika razlikuju se tri vrste:



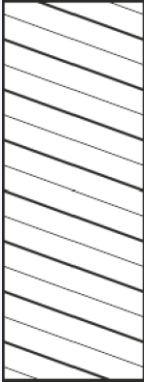
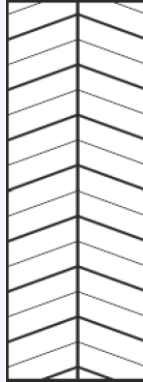
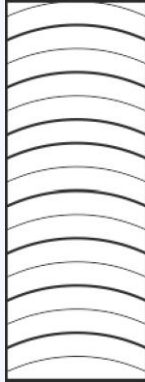
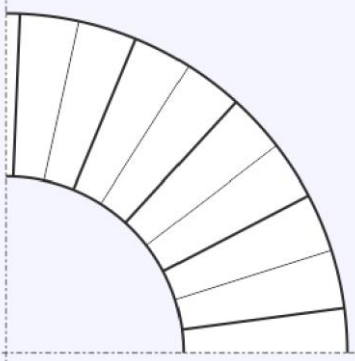
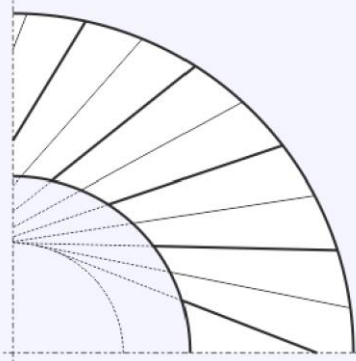
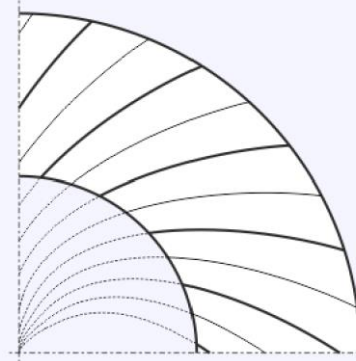


Prema uzdužnim linijama bokova zuba razlikuju se dvije vrste:

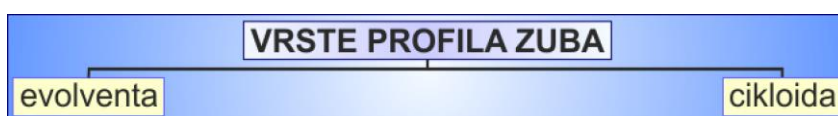


U T-14.02 prikazani različiti bokovi zuba valjkastih i stožastih zupčanika.

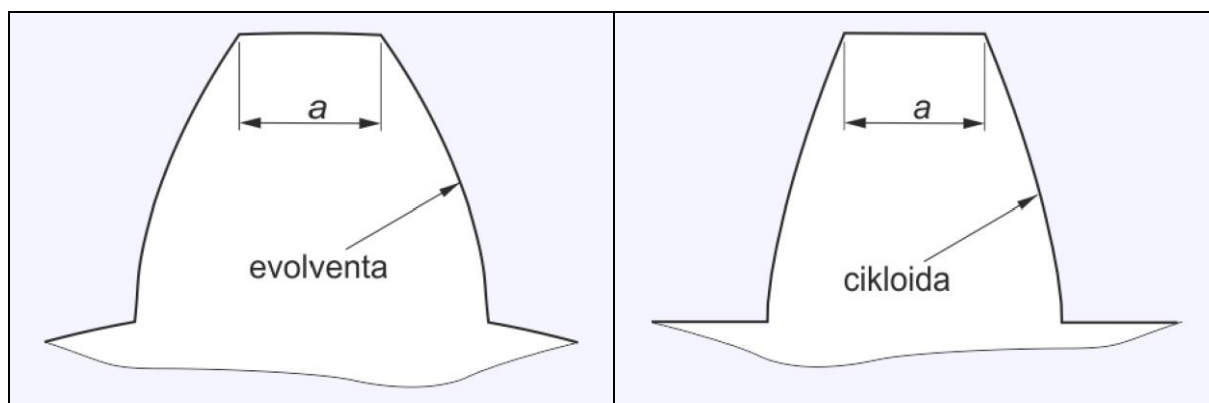
Tabela 14.02 Čelnici i stožnici s različitim pravolinijskim i krivolinijskim bokovima zuba

Oblici bokova valjkastih zupčanika				
ravni	pomaknuti	kosi	strelasti	lučni
				
Oblici bokova stožastih zupčanika				
ravni	kosi	spiralni		
				

Prema profilima bokova zuba razlikuju se dvije glavne vrste:

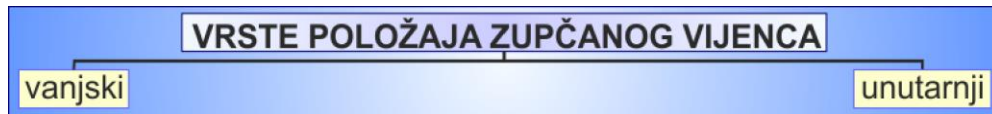


Na **S-14.08** prikazane su evolventa i cikloida.



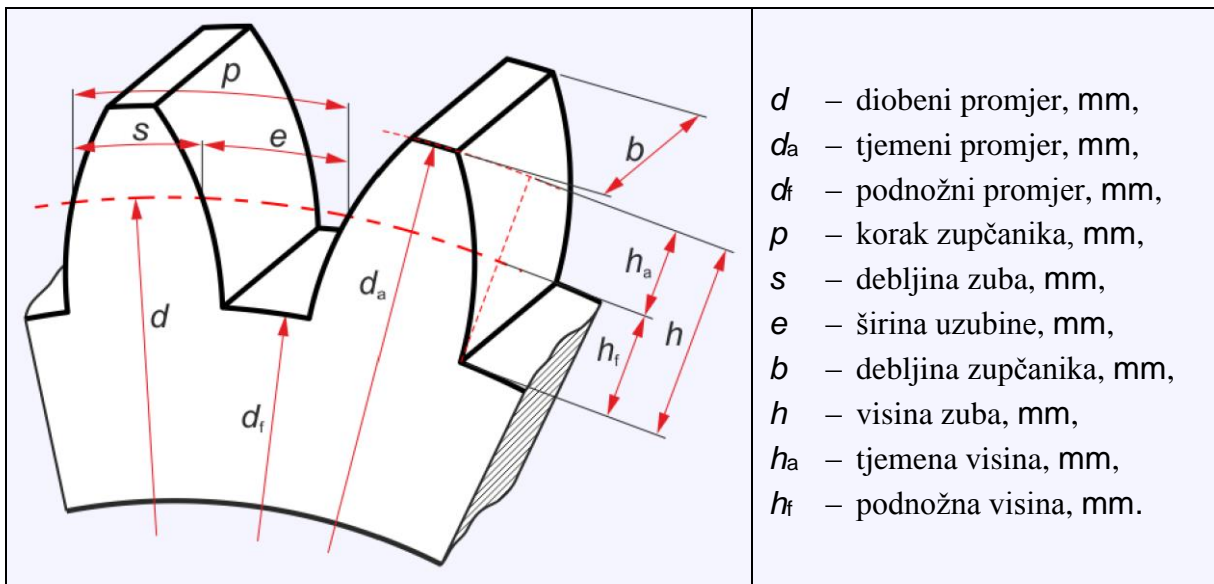
Slika 14.08 Vrste profila bokova zuba

Zupčani se razlikuju i prema položaju zupčanog vijenca:



14.1.4 Osnovne karakteristike zupčanih prijenosnika

Osnovne su dimenzije zupčanika dane na **S-14.08**. Treba imati na umu da korak zuba (p), debljina zuba (s) i širina uzubine (e) nisu mjere duljina pravih linija nego lukova.



Slika 14.09 Osnovne dimenzije zupčanika

Korak zupčanika:

$$p = s + e \quad \text{mm} \quad \text{F-14.02}$$

gdje je: s – debljina zuba (mjereno na diobnoj kružnici), mm,
 e – širina uzubine (mjereno na diobnoj kružnici), mm.

Korak zupčanika je određen zahtijevanim prijenosnim omjerom (*broj zuba*) i proračunom čvrstoće (*debljina zuba*).

Diobena kružnica (**S-14.09** – crvena linija) – teorijska je kružnica na kojoj se temelji proračun zupčanika (*ne može se jednostavno izmjeriti*). Opseg je diobene kružnice:

$$O = z \cdot p \quad \text{mm} \quad \text{F-14.03}$$

Na dionoj kružnici raspoređeno je ravnomjerno točno z zuba. Geometrijski je opseg diobene kružnice:

$$O = d \cdot \pi \quad \text{mm}$$

te slijedi **diobeni promjer**:

$$d = \frac{z \cdot p}{\pi} \quad \text{mm} \quad \text{mm}$$

Modul zupčanika:

$$m = \frac{d}{z} \quad \text{mm} \quad \text{F-14.04}$$

Modul je dio diobenog promjera i određen je u normama. Načelno se može izraditi zupčanik s proizvoljnim modulom, ali, kako bi se smanjio broj alata potrebnih za izradu zupčanika te olakšala zamjenjivost zupčanika, nizovi modula su utvrđeni u normama. Nizovi modula, prema normi DIN 780, dani su u **T-14.03**.

Tabela 14.03 Normirani nizovi modula (*DIN 780 – izvod*)

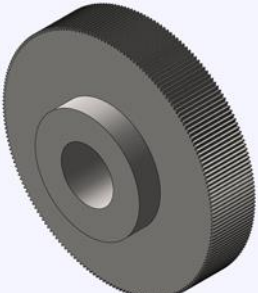
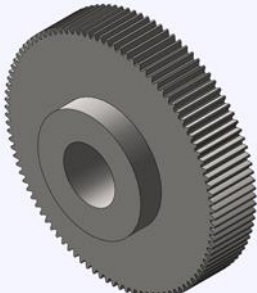

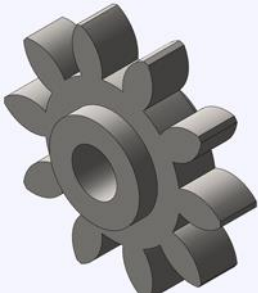
Naziv	Niz modula, $[m] = \text{mm}$																														
niz 1	0,1	0,12	0,16	0,20	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50	60
niz 2	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,125	1,375	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7	9	11	14	18	22	28	36	45	55	70

Pri usvajanju prednost imaju moduli obuhvaćeni u nizu 1.

Spregnuti zupčanici moraju imati jednake korake zuba i module zupčanika.

U **T-14.04** su prikazana četiri valjkasta zupčanika s ravnim zubima, istih diobenih promjera i različitih modula.

Tabela 14.04 Primjeri zupčanika različitih modula

$d = 100 \text{ mm}$			
$m = 0,5 \text{ mm}$	$m = 1 \text{ mm}$	$m = 5 \text{ mm}$	$m = 10 \text{ mm}$
			

Prema tome, ako su promjeri uspoređivanih zupčanika jednaki, što je manji modul zupčanika to je veći broj zuba zupčanika, što slijedi i iz **F-14.04**:

$$z \cdot m = d \quad \text{mm}$$

Broj zuba:

$$z = \frac{d}{m} \quad [z] = 1$$

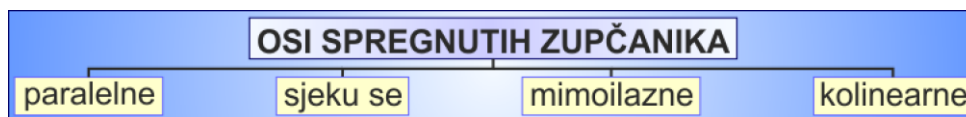
Nazivi, oznake i jedinice veličina zupčanika dane su u **T-14.05**.

Tabela 14.05 Veličine zupčanika

Naziv	Oznaka	Jedinica
visina zuba	$h = h_f + h_a$	mm
podnožna visina zuba	$h_f = 1,2 \cdot m$ (ISO: $1,25 \cdot m$)	mm
tjemena visina zuba	$h_a = 1$	mm
širina zuba	$b = \lambda \cdot m$ $\lambda = 8 \div 100$	mm
Vanjsko ozubljenje		
tjemeni promjer zupčanika	$d_a = d + 2 \cdot h_a$	mm
podnožni promjer zupčanika	$d_f = d - 2 \cdot h_f = d - 2,4 \cdot m$ (ISO: $2,5 \cdot m$)	mm
osni razmak zupčanika	$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 + z_2)}{2}$	mm
Unutarnje ozubljenje		
unutarnji promjer zupčanika	$d_a = d - 2 \cdot m$	mm
podnožni promjer zupčanika	$d_f = d + 2,4 \cdot m$ (ISO: $2,5 \cdot m$)	mm
osni razmak zupčanika	$a = \frac{d_1 - d_2}{2} = \frac{m \cdot (z_1 - z_2)}{2}$	mm

14.1.5 Sistematizacija zupčanih prijenosnika

Prema uzajamnim položajima osi zupčanika (*ujedno i osima vratila na kojima su postavljeni zupčani*) razlikuju se:

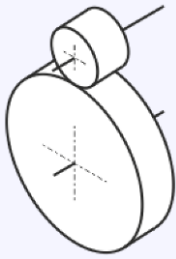
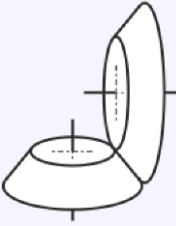
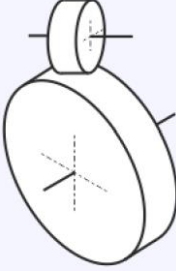
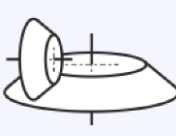
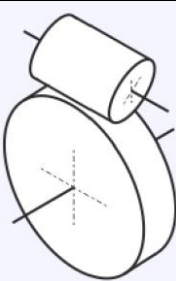


O zahtijevanim položajima osi ovisi vrsta (*oblik tijela i linije bokova*) usvojenih zupčanika te se koriste u slučajevima (**T-14.06**):

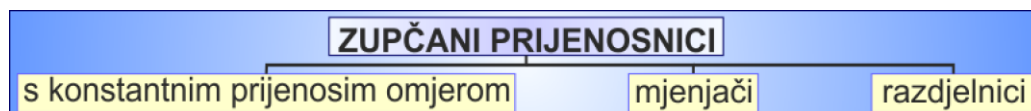
- (a) paralelnih osi vratila – valjkasti zupčanici s ravnim i kosim zubima,
- (b) osi vratila koje se sjeku – stožasti zupčanici s ravnim i kosim zubima,
- (c) mimoilaznih osi vratila – valjkasti zupčanici s krivolinijskim zubima,
– stožasti zupčanici s krivolinijskim zubima,
– puž s pužnim kolom i
- (d) suosnih vratila – harmonijski i
– planetarni prijenosnici.

Na skicama spregnutih zupčastih parova, u **T-14.06**, prikazane su samo zamišljene kinematske površine (*valjak, stožac*). Kinematske površine spregnutih zupčanih parova se dodiruju i uzajamno gibaju bez klizanja. Za razliku od para tarenica uzajamno klizanje para kinematskih površina onemogućavaju kontakti zuba.

Tabela 14.06 Veličine zupčanika [Wittel 2011, s. 680]

Vrsta prijenosnika		Površine	Osi	Kontakti	
Valjni	valjkasti zupčanici		valjak	paralelne, $\Sigma = 0$ (kut osi) $a = 0$ (razmak osi)	linija
	stožasti zupčanici		stožac	sijeku se, $\Sigma > 0$ (najčešće 90°) a – neodređeno	linija
Valjno-zavojni	valjkasti i zavojni zupčanik		valjak	mimoilaze se, $\Sigma > 0$ (najčešće 90°) $a > 0$	točka
	stožasti i zavojni zupčanik		stožac	mimoilaze se, $\Sigma > 0$ (najčešće 90°) $a > 0$	točka
Zavojni	puž i pužno kolo		valjak i globoid	mimoilaze se, $\Sigma > 0$ (najčešće 90°) $a > 0$	linija

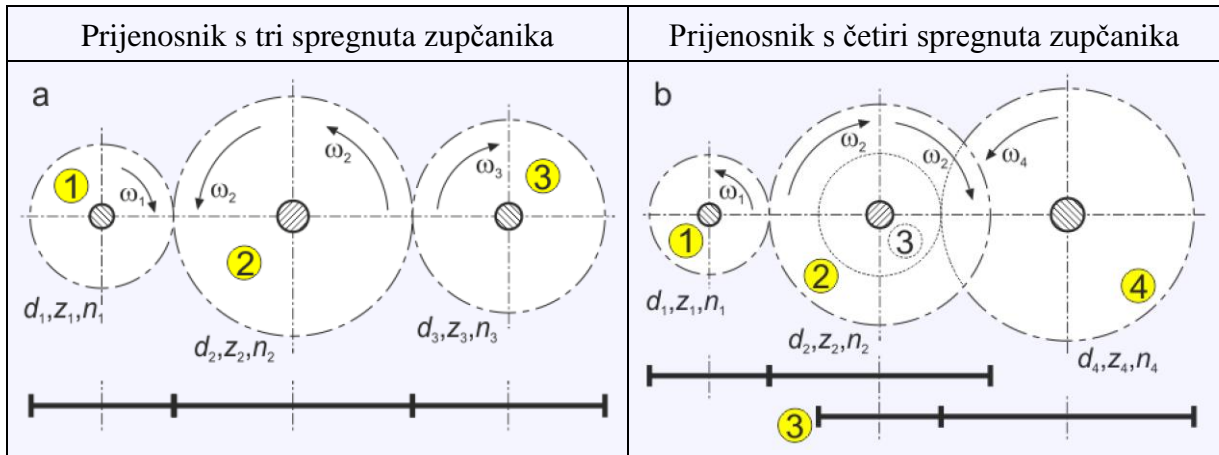
Prema prirodi prijenosa razlikuju se:



Zupčani prijenosnici s konstantnim prijenosnim omjerom koriste se kada nije potrebno koračno mijenjati omjer brzine vrtnje ulaznog vratila radnog stroja u odnosu na brzinu vrtnje izlaznog vratila pogonskog stroja (*vratila se vrte različitim brzinama ali se prenosni omjer ne mijenja tijekom vremena*). Primjeri su: (a) reduktor između radnog stroja i pogonskog elektromotora (*kada*

je brzina vrtnje elektromotora veća od potrebne) i (b) multiplikator između radnog stroja i pogonskog elektromotora (kada je brzina vrtnje elektromotora manja od potrebne) .

U prijenosniku mogu biti spregnuta dva ili više zupčanika (S-14.10):



Slika 14.10 Pretvorba kružno/pravocrtno gibanje

Treba zapaziti kako se s umetanjem međuzupčanika na posebnom vratilu mijenja smjer okretanja gonjenog vratila (S-14.10 – a). Dva zupčanika na istom vratilu imaju jednake smjerove vrtnje (b). Ako se bilo koji zupčanik u nizu može slobodno vrtiti na vratilu prijenos okretnog momenta se na tom mjestu prekida.

Kada je na svakom vratilu samo jedan zupčanik, prijenosni omjer ovisi samo o karakteristikama prvog i zadnjeg zupčanika u nizu, na primjer, u slučaju niza od tri zupčanika prikazana na S-14.10 – a.

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_3} = \frac{n_1}{n_3} = \frac{d_3}{d_1} = \frac{z_3}{z_1}$$

Kada je na jednom vratilu više zupčanika (koji se vrte istom brzinom) treba izvesti prijenosni omjer niza, na primjer, u slučaju niza od četiri zupčanika prikazana na S-14.10 – b:

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_4} = \frac{n_1}{n_4} = \frac{d_4}{d_1} = \frac{z_4}{z_1}$$

$$i_1 = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{z_2}{z_1} \quad i_2 = \frac{\omega_3}{\omega_4} = \frac{n_3}{n_4} = \frac{d_4}{d_3} = \frac{z_4}{z_3}$$

$$\omega_3 = \omega_2 \quad n_3 = n_2$$

$$i = \frac{n_1}{n_4} = \frac{i_1 \cdot n_2}{\frac{n_3}{i_2}} = i_1 \cdot i_2$$

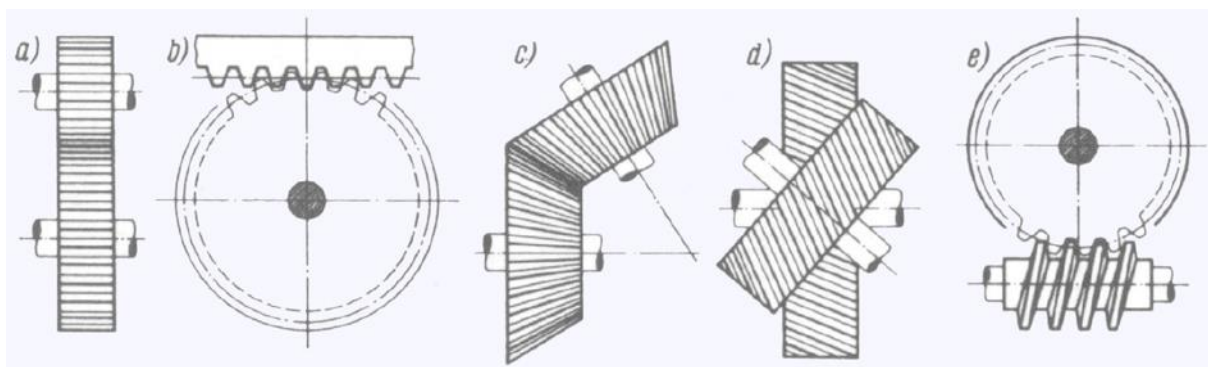
Kod **mjenjača brzine** omjer brzine vrtnje ulaznog vratila radnog stroja u odnosu na brzinu vrtnje izlaznog vratila pogonskog stroja moguće je u koracima prilagođavati potrebama (ne kontinuirano kao kod varijatora). Primjer je mjenjač automobila (S-14.01).

12 Elementi strojeva 2

Kod razdjelnika s jednog ulaznog se vratila energija prenosi na dva ili više gonjenih vratila. Primjer je diferencijal automobila u koji ulazi jedno vratilo (*povezano preko mjenjača i spojke s pogonskim SUI*) a izlaze dva vratila (*neposredno povezana s dva kotača vozila*). Vozila s prednjim i zadnjim pogonom moraju imati tri razdjelnika: srednji, prednji i zadnji.

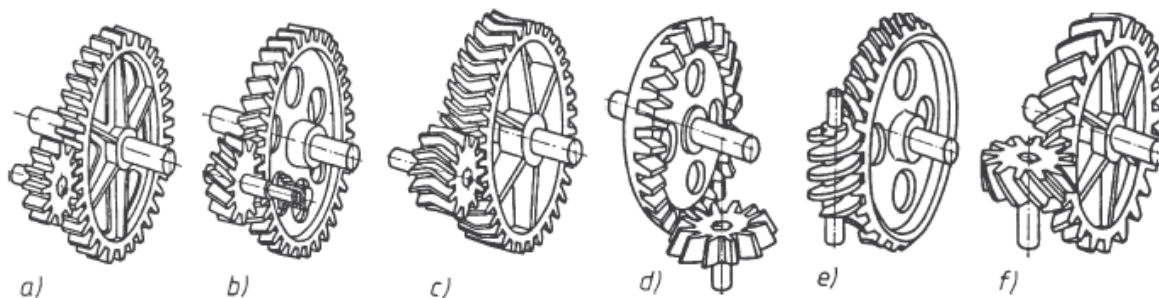
Prema međusobnom pložaju osi vratila u Decker-u [(1987), s. 323] se razlikuju se (S-14.11):

- (a) čelnici,
- (b) ozubnica,
- (c) stožnici,
- (d) vijčanici i
- (e) pužnici.



Slika 14.11 Različite vrste zupčanika

Osnovni su oblici spregnutih zupčanih parova: 1. čelnik/čelnik (*slika 1a do 1c*) kod paralelnih vratila ($i_{max} \approx 8$ po stupnju); 2. stožnik/stožnik (*Slika 1d*) kod vratila koja se sijeku ili mimoilaze ($i_{max} \approx 6$); 3. puž / pužno kolo (*Slika 1e*) kod mimoilaznih vratila ($i_{max} \approx 5$ do $i_{max} \approx 60$); izuzetno $i_{max} \geq 100$); 4. vijčanik/vijčanik (*Bild 1f*) kod mimoilaznih vratila ($i_{max} \approx 5$). [Böge (2011), s. 1179]



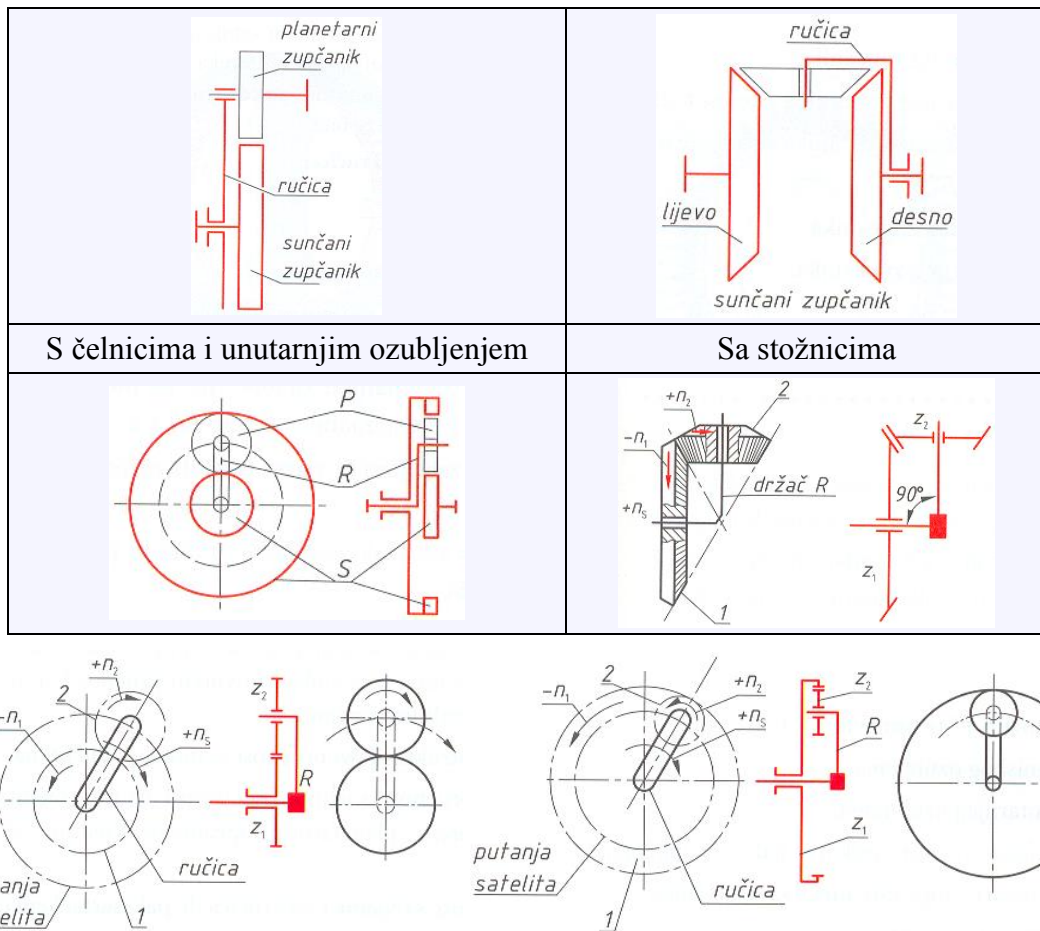
Slika 14.xx Osnovni oblici zupčanih parova

Planetarni prijenosnici

Primjeri su planetarnih prijenosnika prikazani u T-14.07.

Tabela 14.07 Primjeri planetarnih prijenosnika [Pandžić 2008, s. 189]

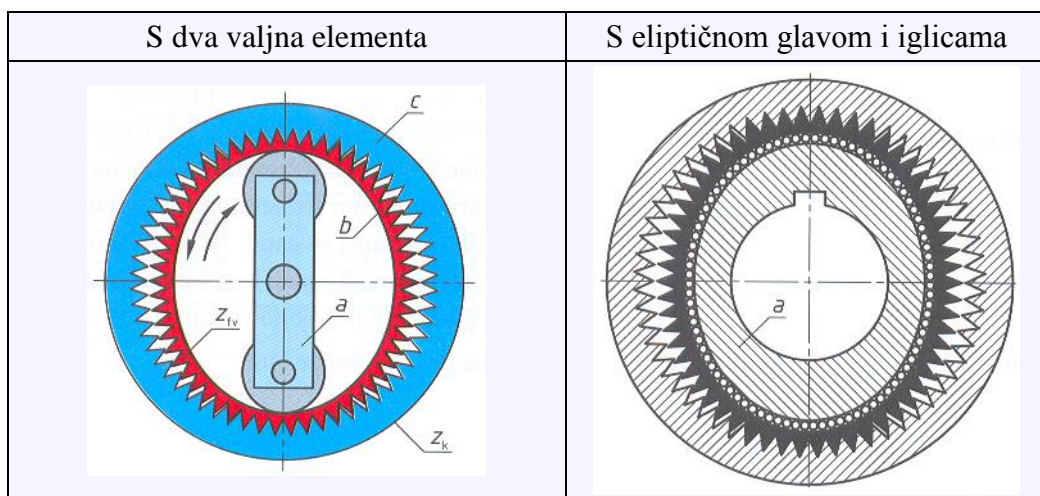
Otvoreni	Zatvoreni
----------	-----------



Harmonijski prijenosnici

Primjeri su harmonijskih prijenosnika prikazani su u T-14.08.

Tabela 14.08 Primjeri planetarnih prijenosnika [Pandžić 2008, s. 191]



14.2 Oblikovanje zupčanika

14.2.1 Profili zuba zupčanika

14 Elementi strojeva 2

Okretni moment se kod zupčanika prenosi pritiskom boka zuba pogonskog zupčanika na bok zuba gonjenog zupčanika. Tijekom rada para zupčanika zupci jednog zupčanika ulaze (*izlaze*) u (*iz*) uzubine drugog zupčanika.

Za pravilan rad zupčanog para zubi zupčanika moraju imati prikladno oblikovane profile. Najpogodniji su profili (*bokova*) zuba:



Evolventa – opisuje ju točka pravca koji se valja po kružnici (*S-03.xx*). Pravac koji se valja po kružnici je:

- (a) tangenta kružnice i
- (b) normala profila.

Dužina luka kružnice polumjera 25 mm, nad kutom od 45° ($\pi/4$ rad) jednaka je:

$$L = 2 \cdot r \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot \frac{45^\circ}{360^\circ} = \frac{25 \cdot \pi}{4} \text{ mm}$$

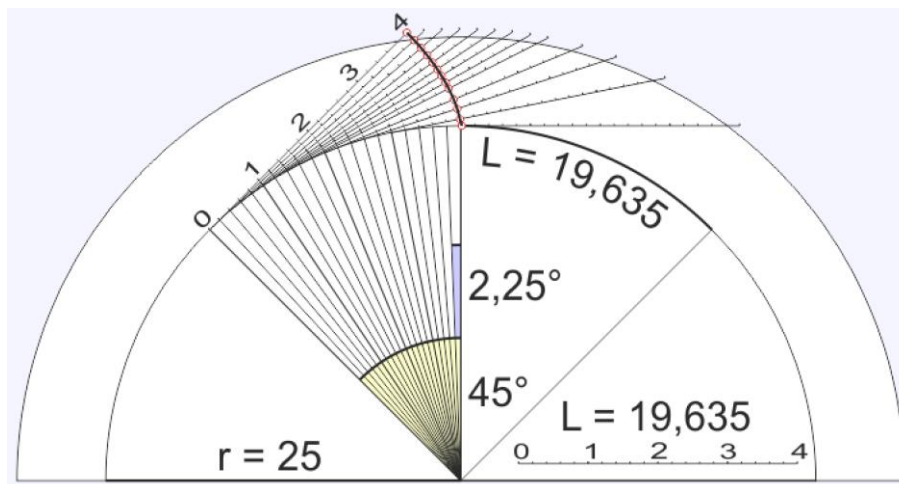
$$L = 19,63495 \text{ mm} = 19,635 \text{ mm}$$

Za potrebe oblikovanja profila su kut i „ispravljeni“ luk podijeljeni na 25 dijelova.

Karakteristike su evolventnog ozubljenja (*u odnosu na cikloidno ozubljenje*):

- manja je osjetljivost na netočnosti osnovog razmaka,
- lakša je izrada,
- trošenje je nejednoliko – veće prema korijenu zuba.

Primjenjuje se u mjenjačima motornih vozila i u alatnim strojevima.



Slika 03.xx Evolventni profil zuba

Cikloida – opisuje ju točka kružnice koja se kotrlja po pravcu (*S-03.xx*). Može biti:

- (c) *normalna* – točka je na kružnici,
- (d) *skraćena* – točka je u kružnici i

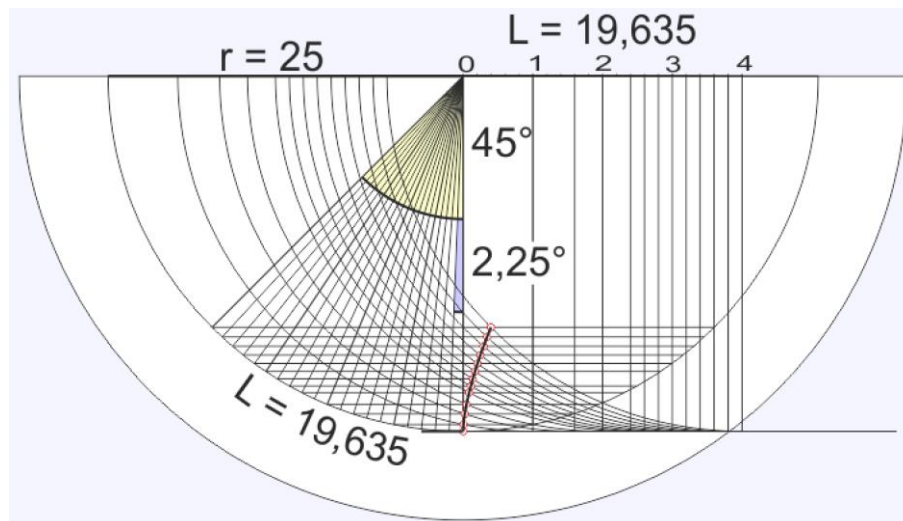
(e) *produžena* – točka je van kružnice.

Dužina luka kružnice polumjera 25 mm, nad kutom od 45° ($\pi/4$ rad) jednaka je:

$$L = 2 \cdot r \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot \frac{45^\circ}{360^\circ} = \frac{25 \cdot \pi}{4} \text{ mm}$$

$$L = 19,63495 \text{ mm} = 19,635 \text{ mm}$$

Za potrebe oblikovanja profila su kut i „ispravljeni“ luk podijeljeni na 25 dijelova.



Slika 03.xx Cikloidni normalni profil zuba

Karakteristike su cikloidnog ozubljenja:

- veća je osjetljivost na netočnosti osnovog razmaka i geometrije profila zubaca,
- teža je izrada,
- prijenos je tiši i mirniji,
- trošenje je zubaca manje i ravnomjernije raspoređeno po boku,

Primjenjuje se u urarstvu i u poljoprivrednim strojevima.

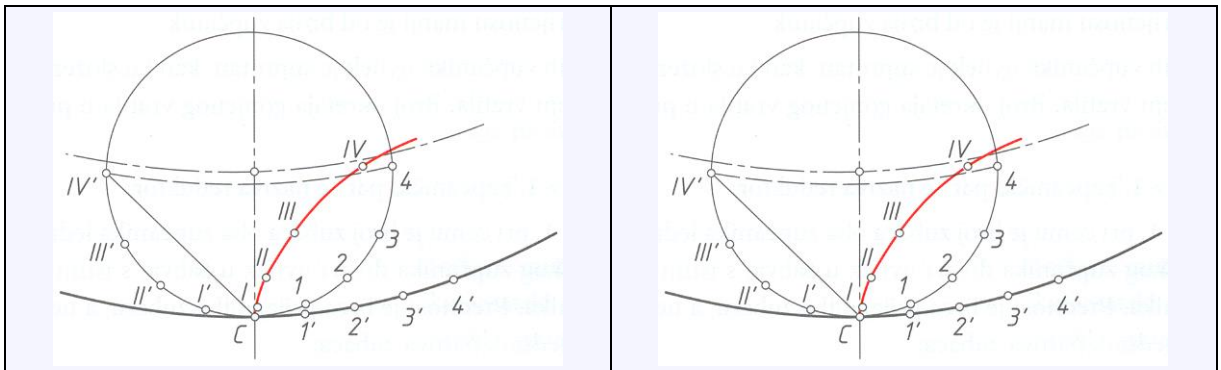
Epicikloida – opisuje ju točka kružnice koja se kotrlja vanjskoj strani druge kružnice.

Konstrukciju epicikloide opisuje Pandžić [(2008), s. 170].

Hipocikloida – opisuje ju točka kružnice koja se kotrlja unutarnjoj strani druge kružnice.

Konstrukciju hiocikloide opisuje Pandžić [(2008), s. 170].

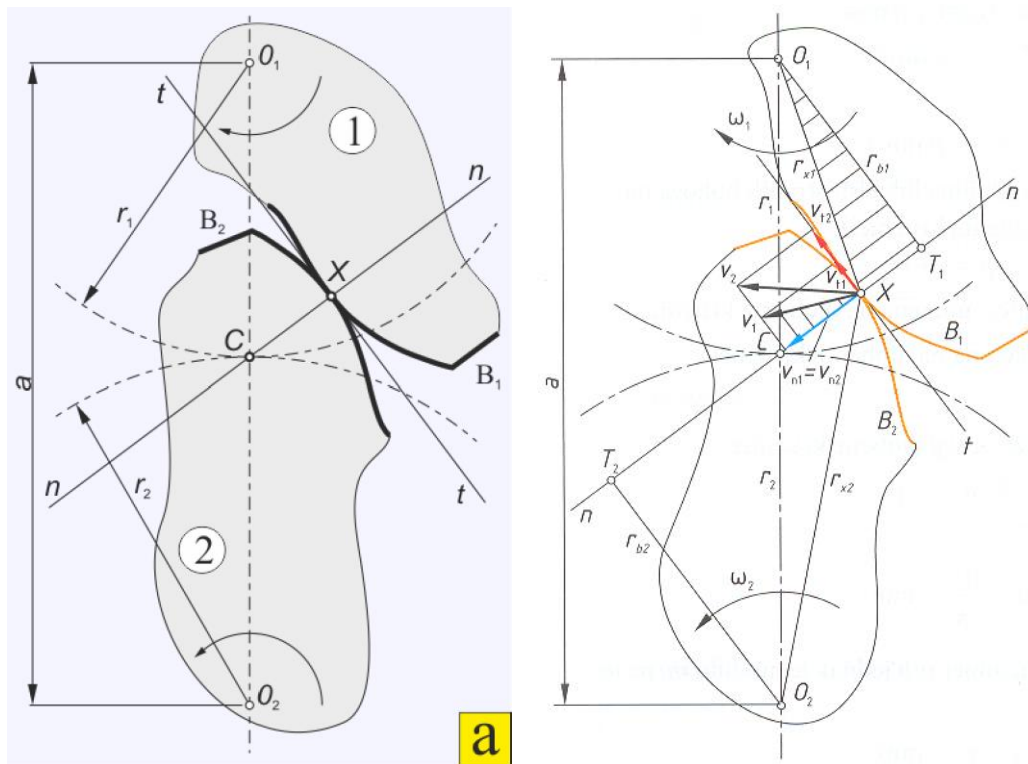
Epicikloida	Hipocikloida
-------------	--------------



Slika 03.xx Epicikloidni i hipocikloidni profili zuba [Pandžić (2008), s. 170]

14.2.2 Karakteristike ozubljenja

Kod dva spregnuta zupčanika, 1 i 2 (S-03.03, a i b), u točki X nalaze se u zahvatu dva zuba preko bokova zuba B_1 i B_2 . U točki zahvata zuba (X), okomice na profil oba zuba moraju ležati na istom pravcu, n (imaju i zajedničku tangentu, t).

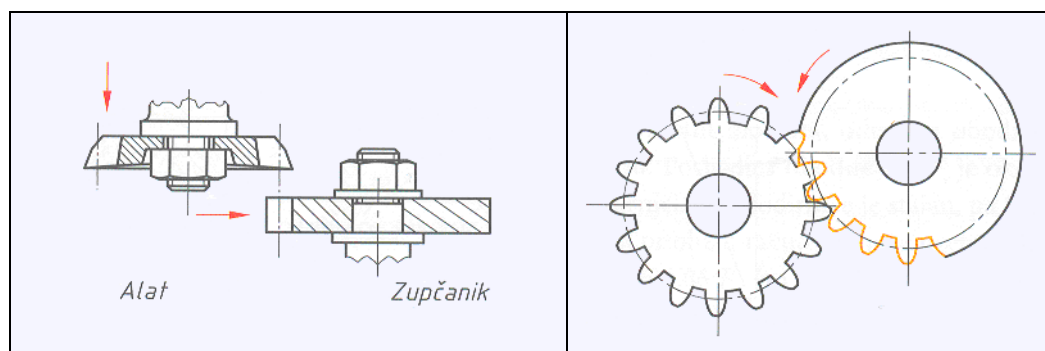


Slika S-03.03 Zahvat dva zuba

Normala (S-03.xx, nn) na tangentu (tt) trenutne točke dodira (B) dvaju bokova pogonskog (1) i gonjenog (2) zupčanika mora prolaziti kroz kinematski pol (C).

Dodirnice su zuba:

Vanjsko ozubljenje	Unutarnje ozubljenje
--------------------	----------------------

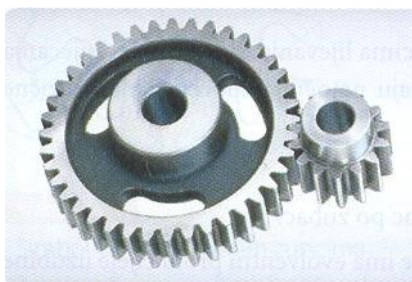


14.2.5 Preporuke za oblikovanje zupčanih prijenosnika

Materijali za izradu zupčanika

Čelnici

Čelnici s ravnim zubima



[Decker 1987, str. 349]

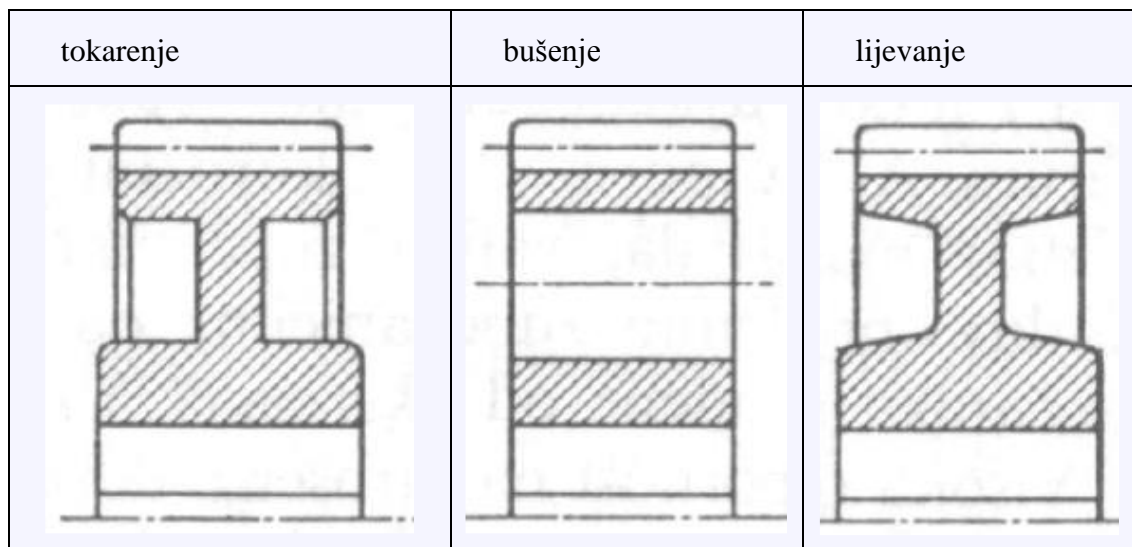
Česti su oblici izvedbe sklopova mali čelnik/vratilo prikazani na S-03.xx.

(a) jednodijelna	(b) zavarena	(c) s klinom

Slika S-03.xx Izvedbe sklopova malih čelnika i vratila

Ako mali zupčanik ima mali promjer diobene kružnice u odnosu na vratilo, zupčanik i vratilo se izrađuju kao jedan komad (sl. 364a). Koji puta se prije ozubljenja vijenac zavaruje na vratilo (sl. 364b). U ovom posljednjem slučaju je opseg potrebne obrade skidanjem čestica manji, pa izrada može biti jeftinija. Mali (pogonski) zupčanici većih dimenzija pričvršćuju se na vratilo pomoću pera (sl. 364c). Kod velikih okretnih momenata zupčanik se pričvršćuje na klinasto ili poligono vratilo. Zbog zarezanog djelovanja utora za pero, razmak između tjemene kružnice do dna utora za pero treba da iznosi najmanje $4m$ (m = modul).

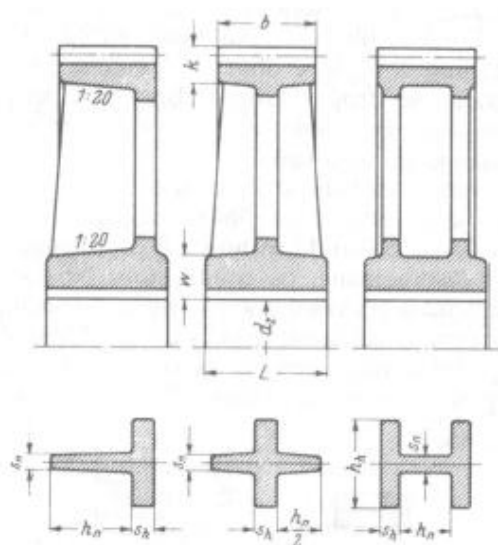
Kod većih se zupčanika prikladnim oblikovanjem smanjuje masa – **S-03.xx**.



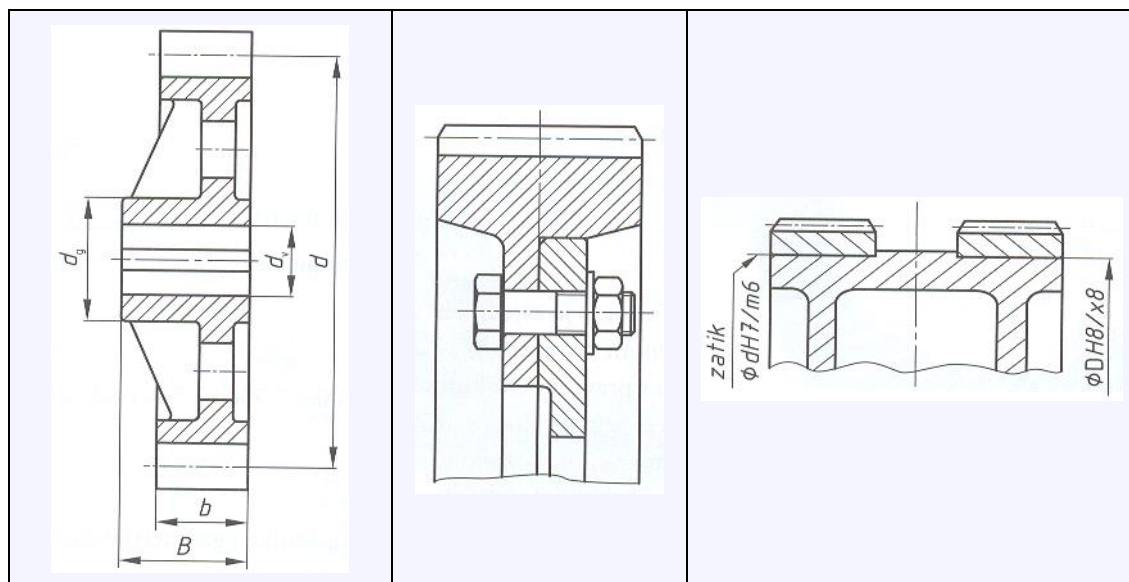
Slika **S-03.xx** Smanjenje mase većih zupčanika

Zbog smanjenja masa koje rotiraju dio materijala većih čeličnih zupčanika rađenih od punog profila odstranjuje se tokarenjem (sl. 365a) ili bušenjem (sl. 365b). Kod livenih zupčanika se glavina i vijenac povezuju tankom pločom i ojačavaju rebrima (sl. 365c). Zupčanici koji treba da imaju mogućnost uzdužnog pomicanja po vratilu dobivaju u glavini klinast profil radi mogućnosti prijenosa okretnog momenta.

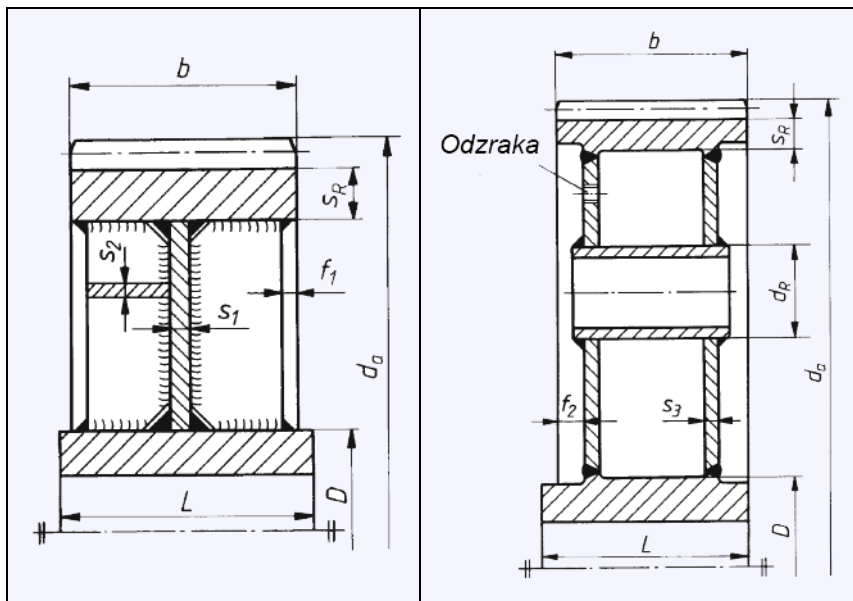
Veliki se zupčanici u pravilu lijevaju s vijencem povezanim paocima s glavinom (S-03.xx.).



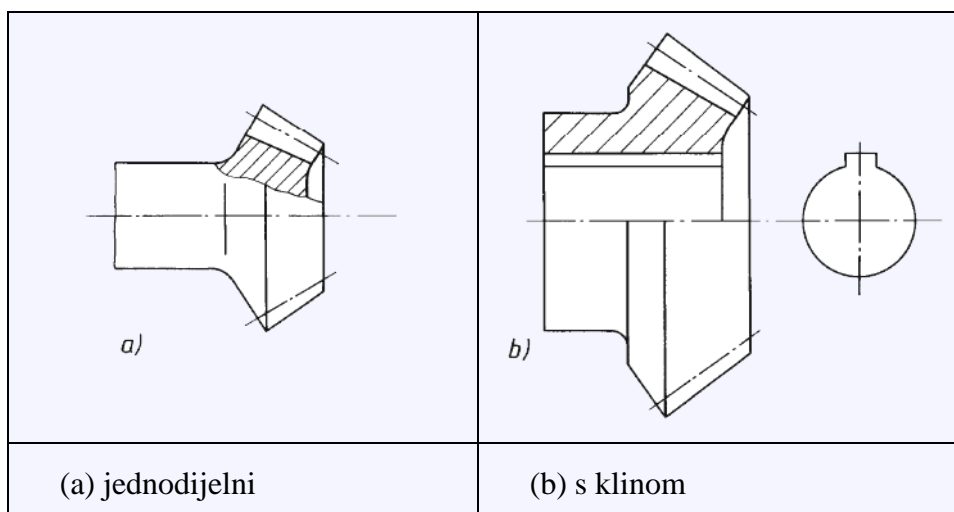
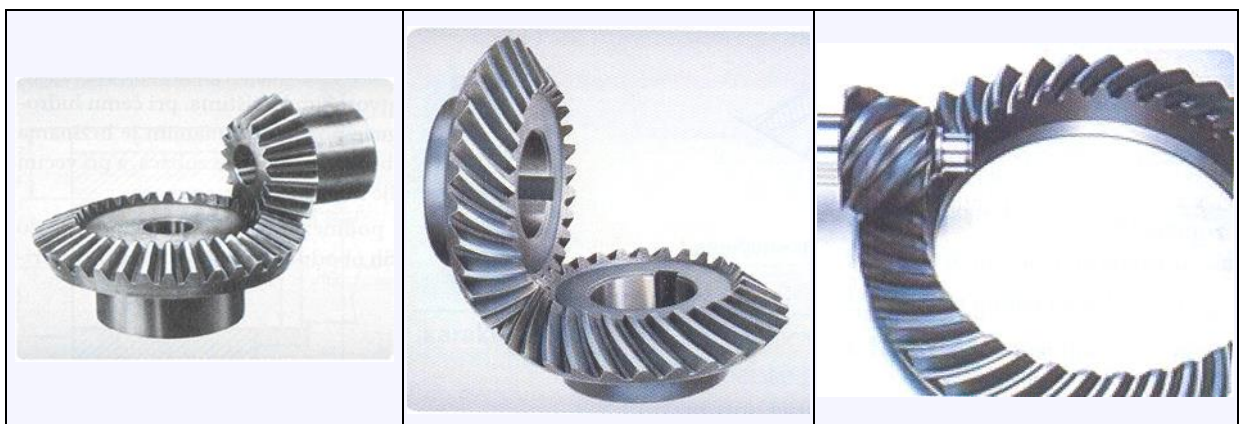
Slika S-03.xx Paoci velikih lijevanih zupčanika



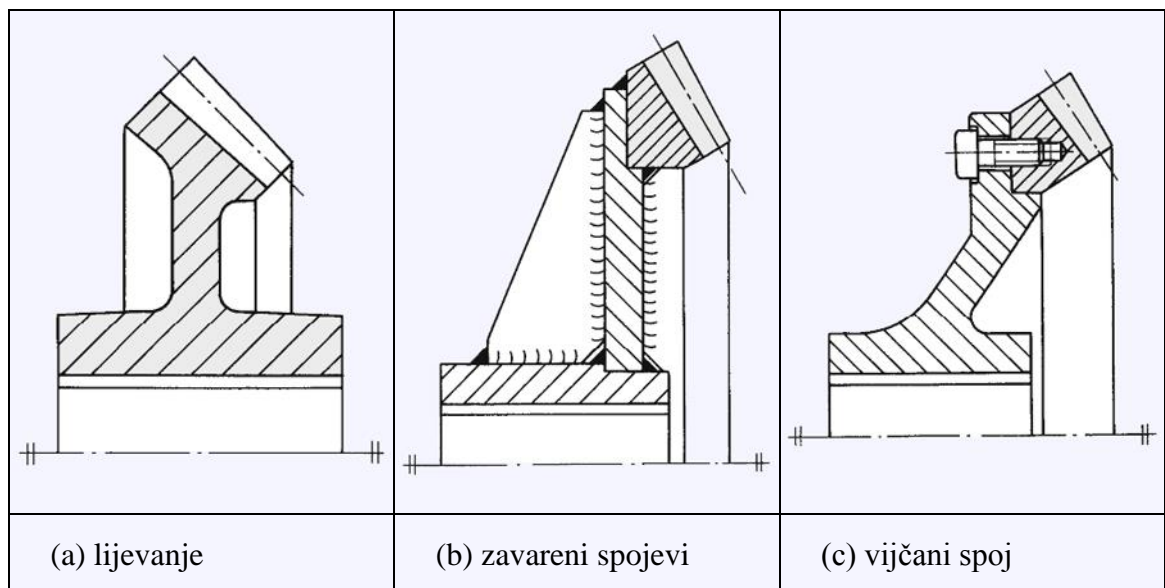
Zupčanici većeg promjera od $d = 700$ mm izrađuju se zavarivanjem prikladno oblikovanih dijelova [Wittel (2011), s. 698].



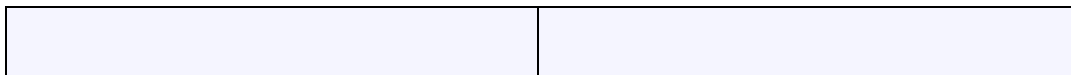
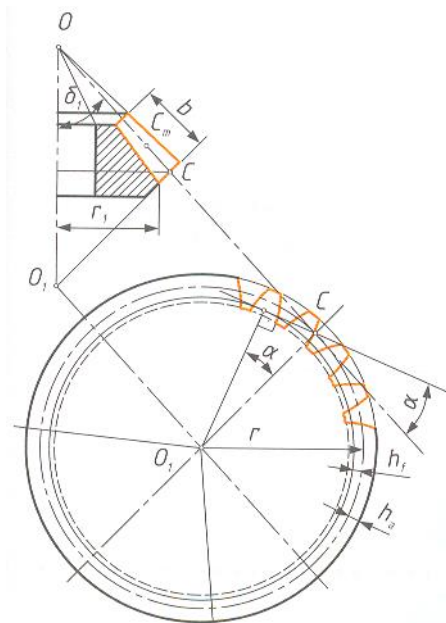
Stožnici



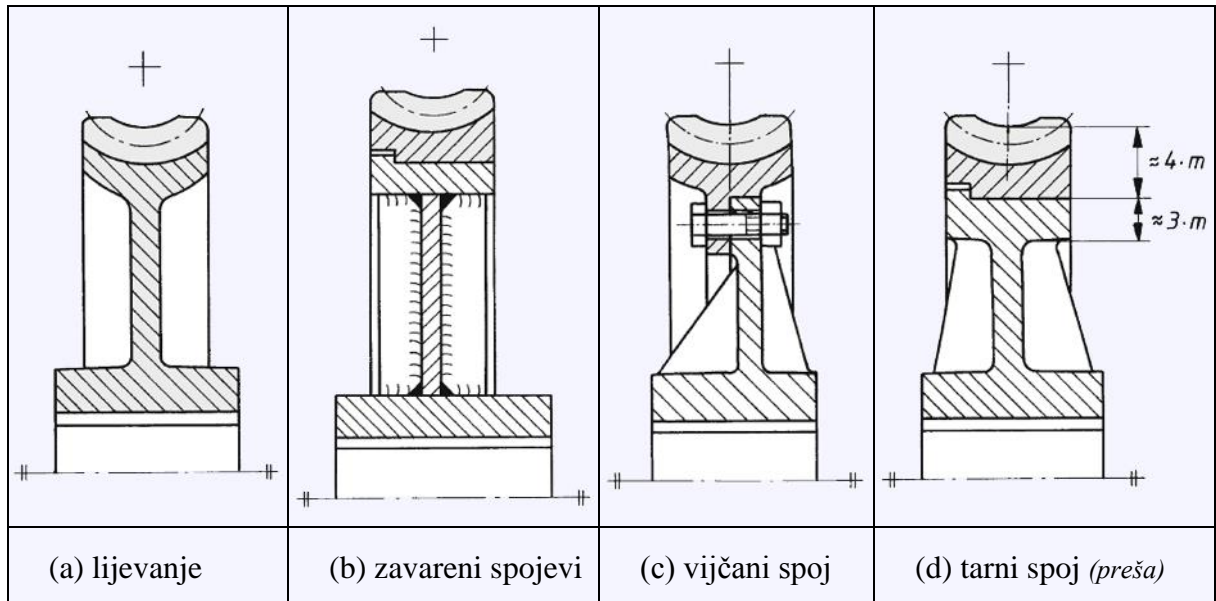
Slika S-03.xx Izvedbe sklopova stožnika i vratila [Wittel 2011, str. 699]



Slika S-03.xx Stožnici izrađeni različitim konvencionalnim strojarskim tehnologijama [Wittel 2011, str. 699]



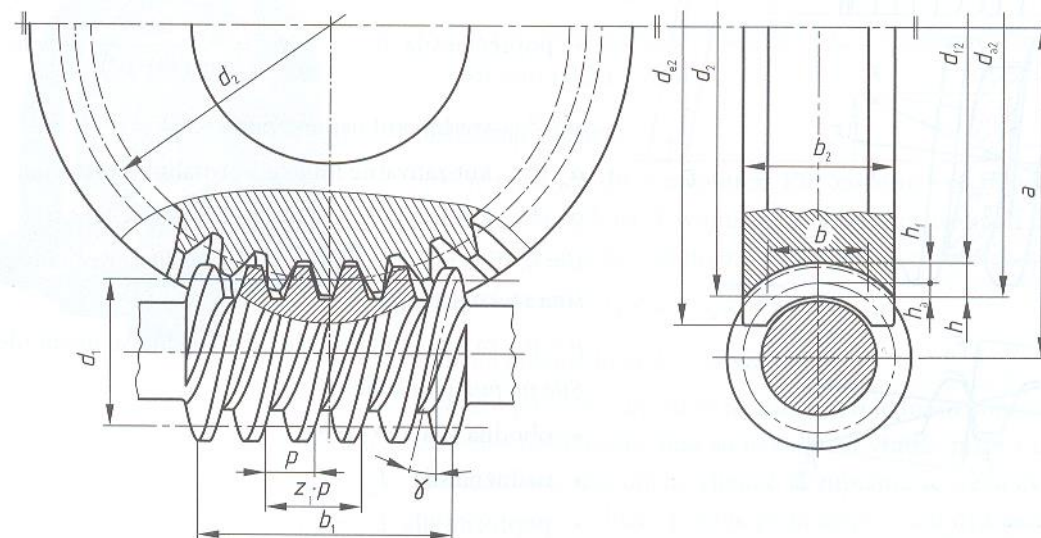
Puž s pužnim kolom



Slika S-03.xx Pužna kola izrađena različitim konvencionalnim strojarskim tehnologijama [Wittel 2011, str. 700].



cilindrični pužni prijenos	globoidni pužni prijenos		stožasti spiralni
<ul style="list-style-type: none"> • Arhimedov puž • evolventni puž 	<ul style="list-style-type: none"> • puž je globoidan, a kolo cilindrično 	<ul style="list-style-type: none"> • puž i kolo su globoidni 	<ul style="list-style-type: none"> • puž je stožast, a kolo globoidni stožnik



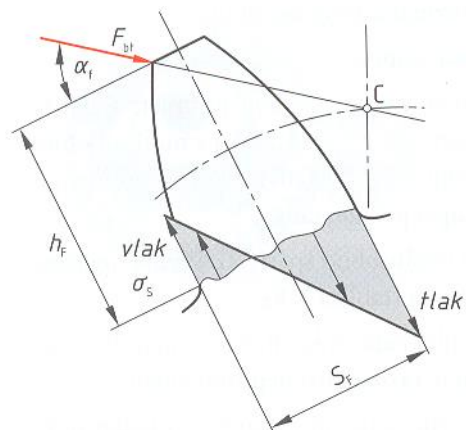
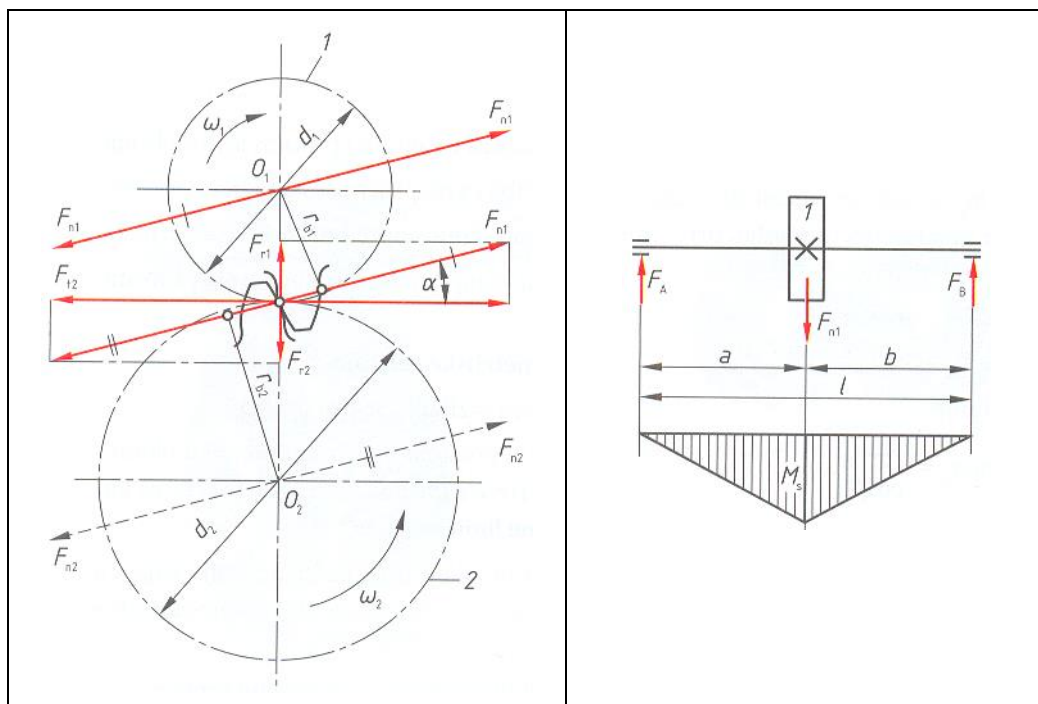
Za izradu egzaktnog detaljnog tehničkog crteža zupčanika potrebno je utrošiti dosta vremena te se često zupčanici i na tehničkim crtežima crtaju pojednostavljeno.

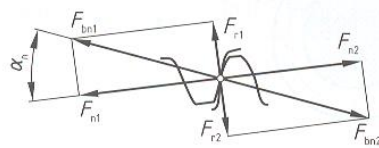
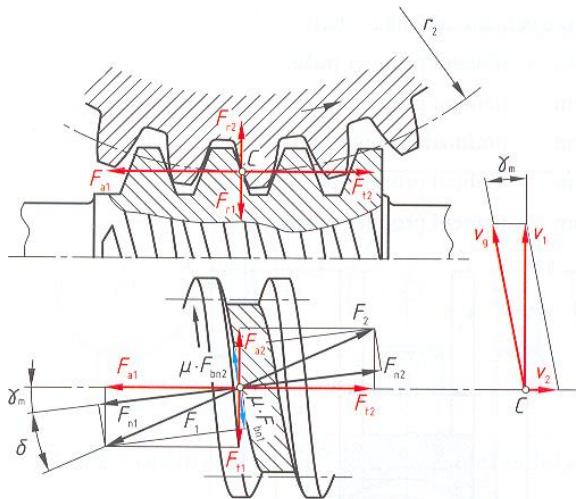
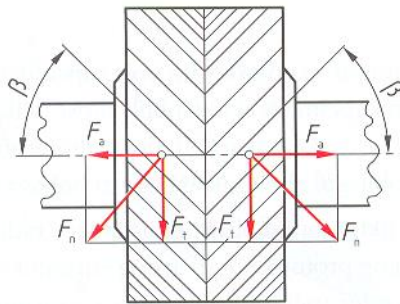
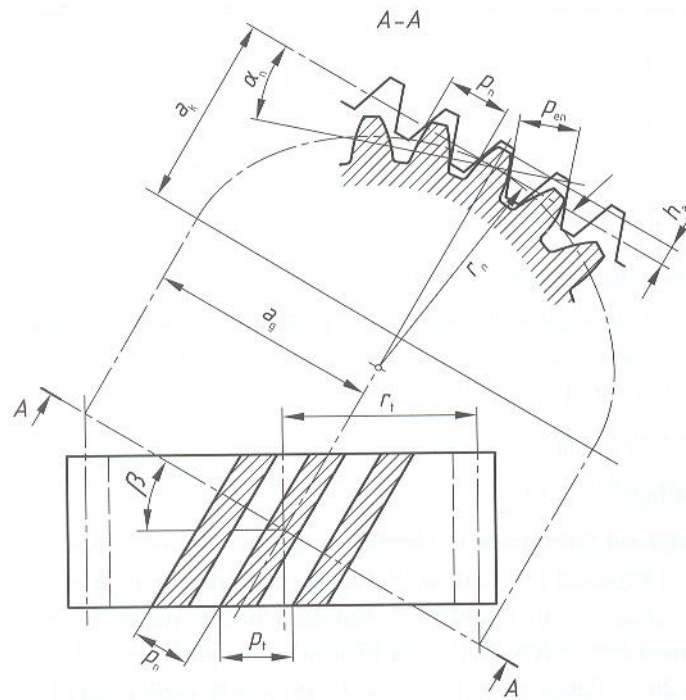
Čelnik	Stožnik
Ozubnica	Pužno kolo

14.3 Proračun zupčanih prijenosnika

14.3.1 Zahtjevi koji se postavljaju zupčanim prijenosnicima

14.3.2 Opterećenja zupčanih prijenosnika





14.3.3 Norme zupčanih prijenosnika

14.3.4 Proračun zupčanih prijenosnika

- Usvajanje čelnik s ravnim zubima – geometrija zupčanog para [Wittel 2011, str. 717]
- Usvajanje čelnik s ravnim zubima – kontrolni proračun nosivosti [Wittel 2011, str. 749]
- Usvajanje stožnika s ravnim zubima – geometrija zupčanog para [Böge (2011), s. I195], [Wittel 2011, str. 767]
- Usvajanje stožnika s ravnim zubima – kontrolni proračun nosivosti [Böge (2011), s. I203], [Wittel 2011, str. 768]
- Usvajanje pužnika – geometrija zupčanog para [Wittel 2011, str. 767]
- Usvajanje pužnika – kontrolni proračun nosivosti [Wittel 2011, str. 768]

14.3.5 Primjeri proračuna zupčanih prijenosnika

14.4 Primjena zupčanih prijenosnika

14.4.1 Primjeri primjene zupčanih prijenosnika



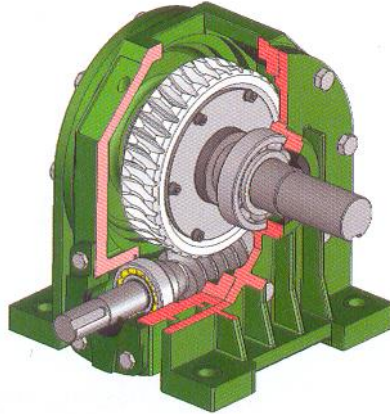
Elektromotoren, besonders die häufigen Drehstrom-Asynchronmotoren, geben bei wirtschaftlicher Auslegung nur ganz bestimmte, eng begrenzte Drehzahlen und Drehmomente an den Motorwellen ab. Der Motor wird daher oft mit einem Zahnradgetriebe und gegebenenfalls auch mit einer Bremse zu einer kompletten Einheit kombiniert.

Als Bremse empfiehlt sich eine Kegelreibungsbremse oder eine elektrisch gelüftete Scheiben- oder Doppelbackenbremse.


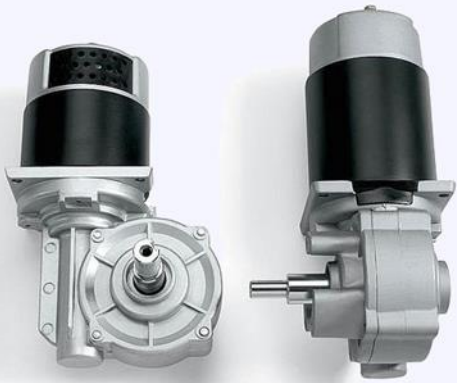
Die Hersteller bauen Getriebe- und Getriebebremsmotoren nach der Baukastensystematik. Dem Konstrukteur fördertechnischer Maschinen steht auf diese Weise eine variantenreiche Vielzahl an Antriebseinheiten zur Verfügung, aus der er entsprechend dem speziellen Einsatzfall die geeignetste nach

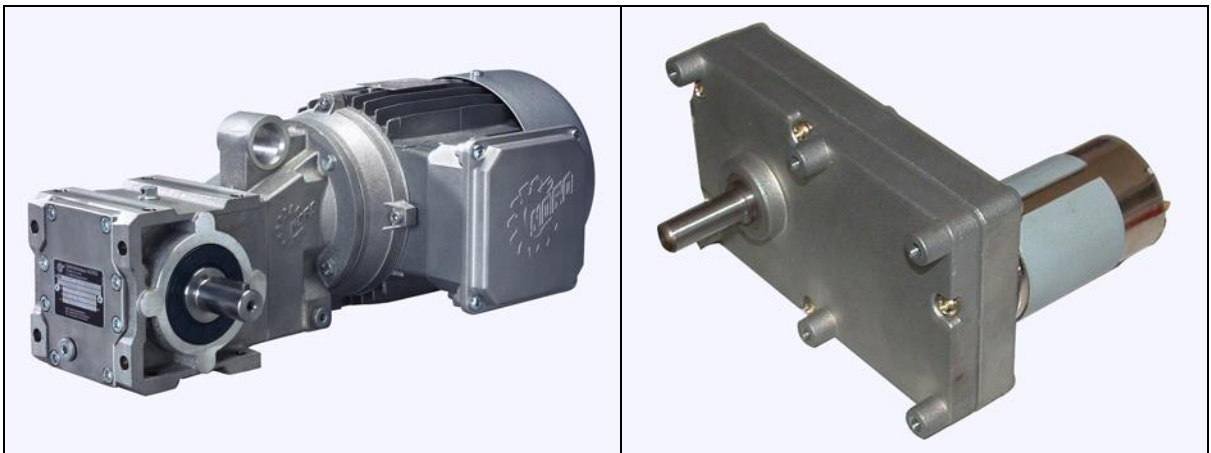
- Motor- und Getriebetyp
- Leistung, Einschaltdauer und Betriebsverhältnissen
- Drehmoment und Drehzahl
- Konstruktions- und Befestigungselementen (Füße, Flansch u.a.) auswählt.

Diesellokomotiven werden durch kompressorlose Diesel-Vorkammern angetrieben. Der verwendete Kraftstoff muss den Bedingungen des Oberbergamts entsprechen. Die Kraftübertragung erfolgt durch Strömungs- und Zahnradgetriebe oder durch stufenlos regelbare hydrostatische Getriebe. Die Auspuffgase müssen aus Sicherheitsgründen durch eine Wasservorlage geleitet werden, wo die Auspuffgase auf 70 °C abgekühlt werden.

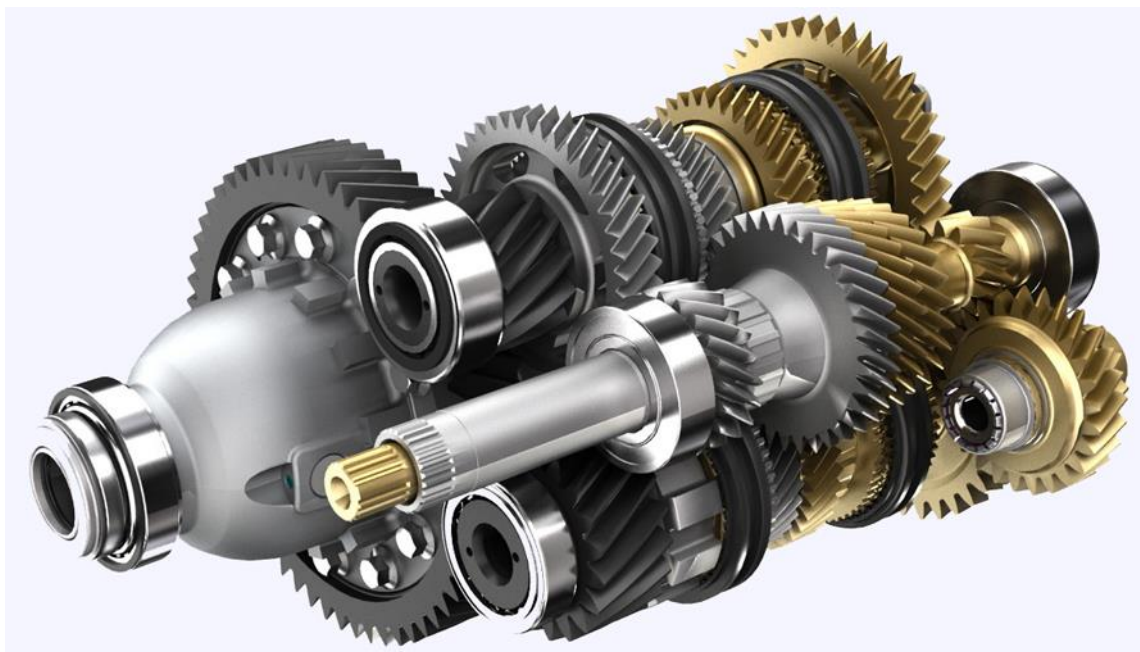


Elektromotor s reduktorom

<p>Elektromotor i reduktor s čelnicima, serija: 0,09 ÷ 22 kW</p>	<p>Elektromotor i reduktor s pužom i pužnim kolom</p>
	
<p>Elektromotor i reduktor sa stožnicima</p>	<p>Elektromotor i reduktor s čelnicima</p>

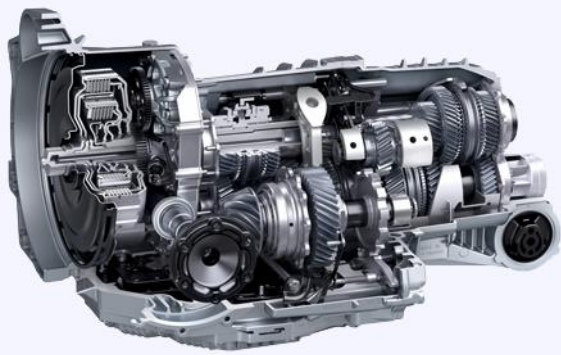
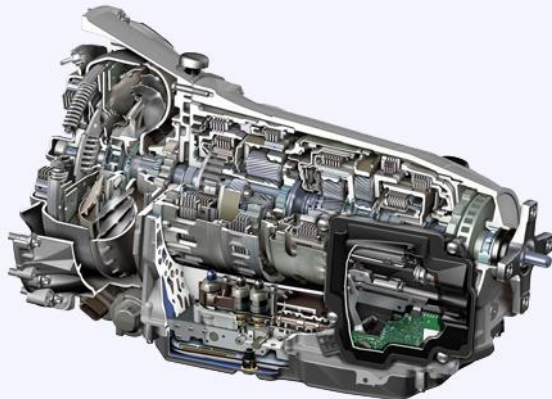
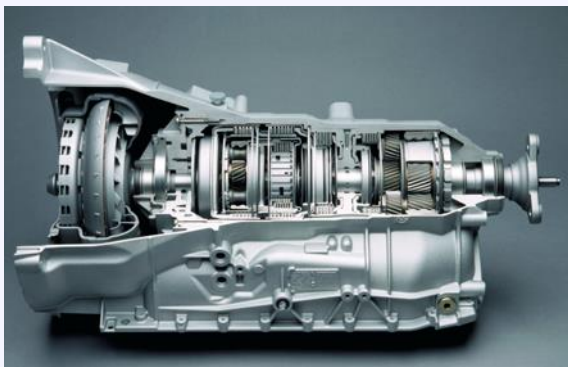


Mjenjači cestovnih vozila

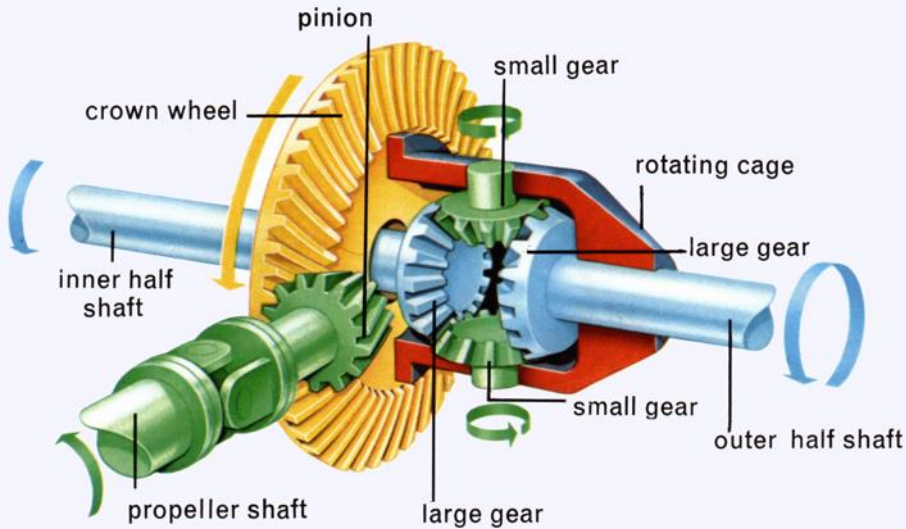


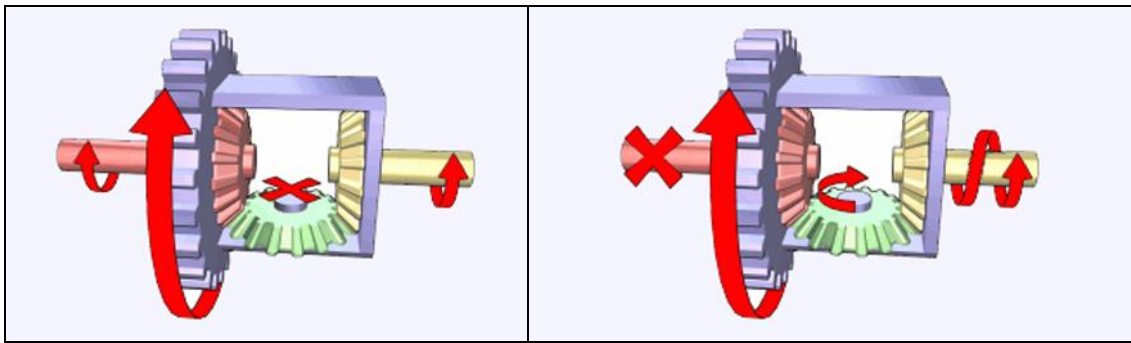
Mjenjač s dvostrukom spojnicom (en. dual-clutch transmission, nj. Doppelkupplungsgetriebe) Ford Fieste.

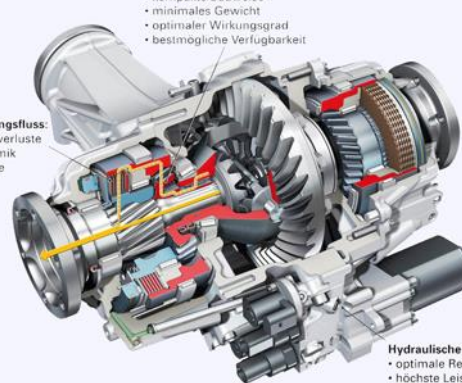
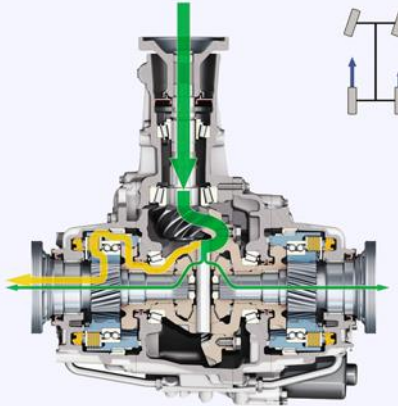
Mijenjač – Porsche	Mijenjač – Audi
--------------------	-----------------

	
<p>Mjenjač – Mercedes</p>	<p>Mjenjač – BMW</p>
	

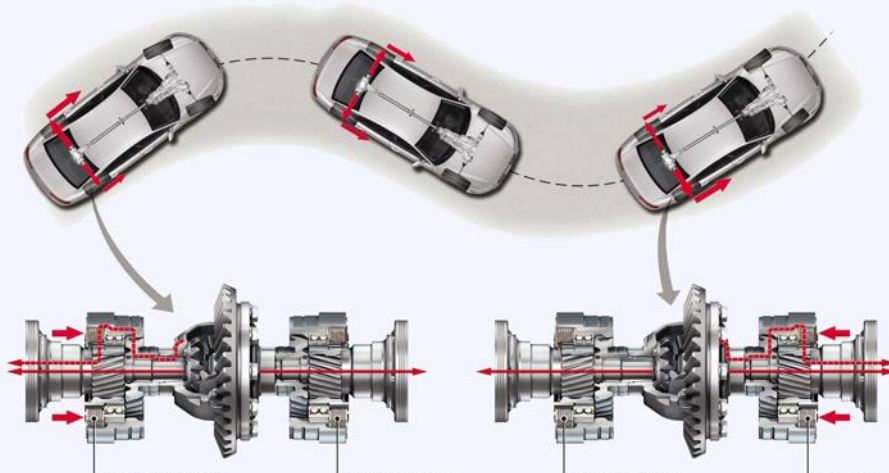
Diferencijali cestovnih vozila

<p>Diferencijal – dijelovi</p>	
	
<p>Diferencijal – slobodan</p>	<p>Diferencijal – blokiran</p>



Diferencijal – Audi S4 (<i>sport</i>)	Diferencijal – Audi A6 (2012)
<p>Übersetzungsdifferenz mittels Hohlradsstufe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • kompakte Bauweise • minimales Gewicht • optimaler Wirkungsgrad • bestmögliche Verfügbarkeit <p>Kupplung im Leistungsfluss:</p> <ul style="list-style-type: none"> • minimale Schleppverluste • höchste Stelldynamik • optimale Regelgüte  <p>Hydraulische Betätigung:</p> <ul style="list-style-type: none"> • optimale Regelgüte • höchste Leistungsdichte 	

Diferencijal – Audi A6 (2012)

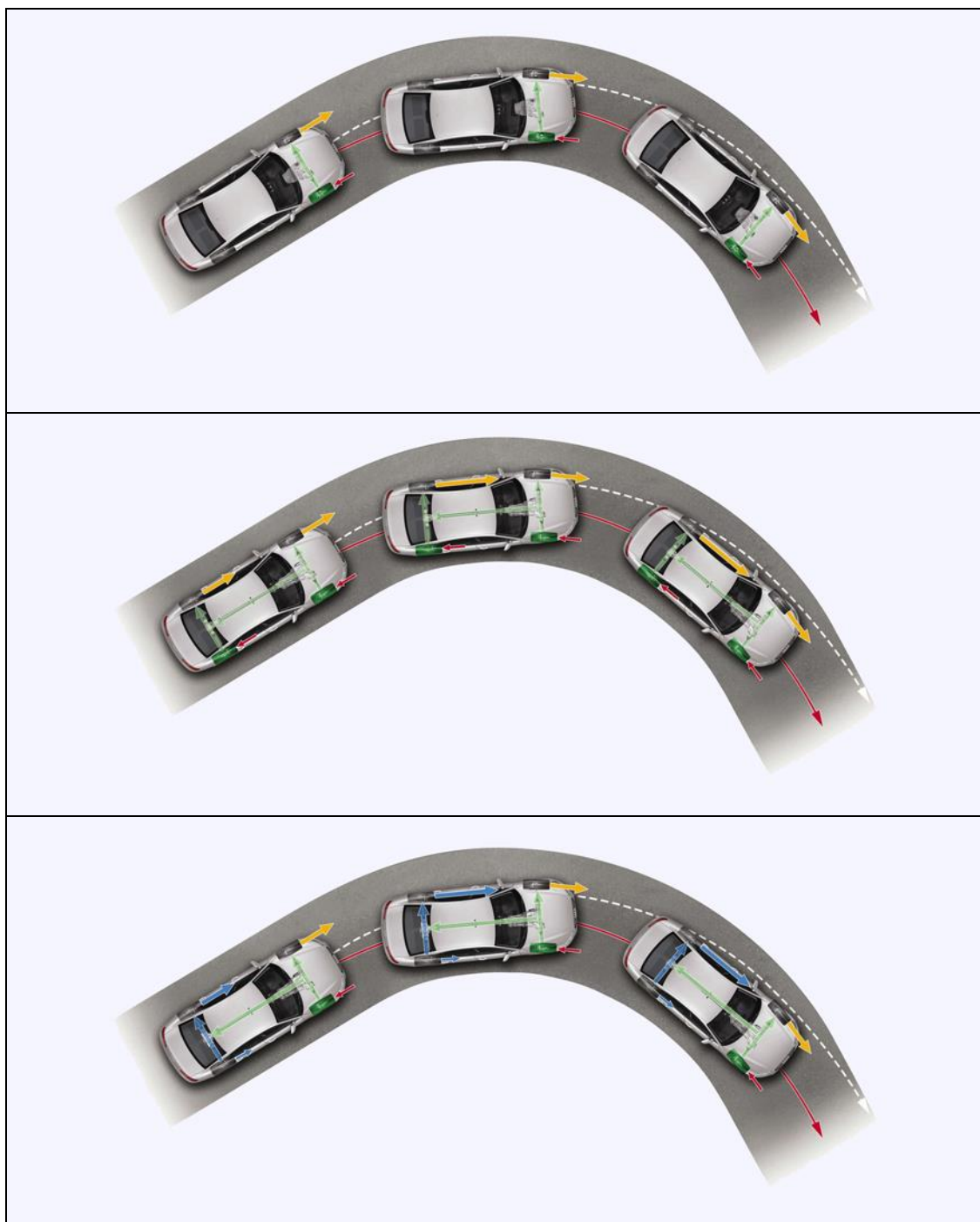


Kupplung betätigt / Clutch engaged

Kupplung offen / Clutch released

Kupplung offen / Clutch released

Kupplung betätigt / Clutch engaged


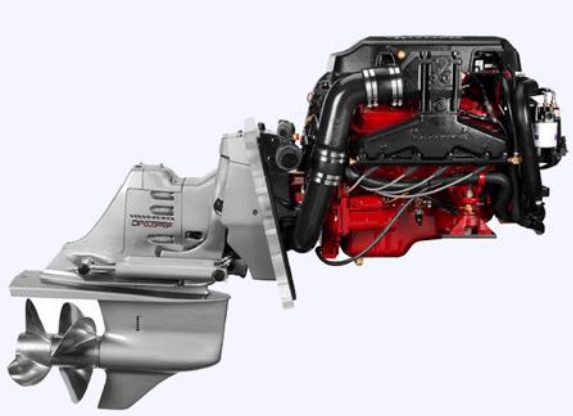
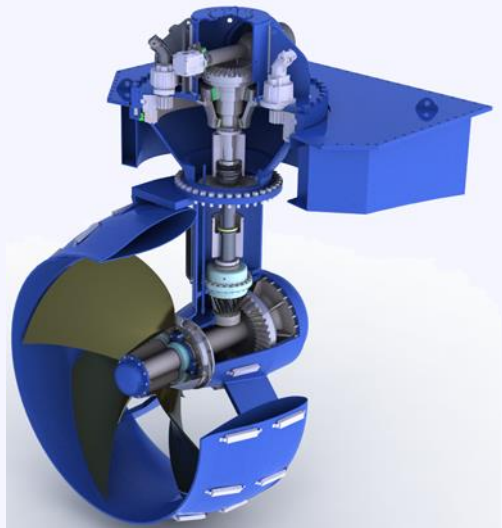



Prijenosnik volana

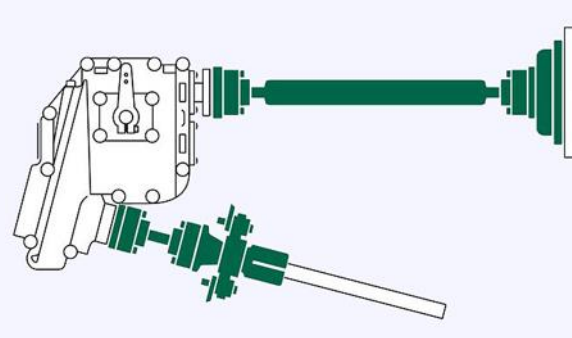

Prijenosnici plovila

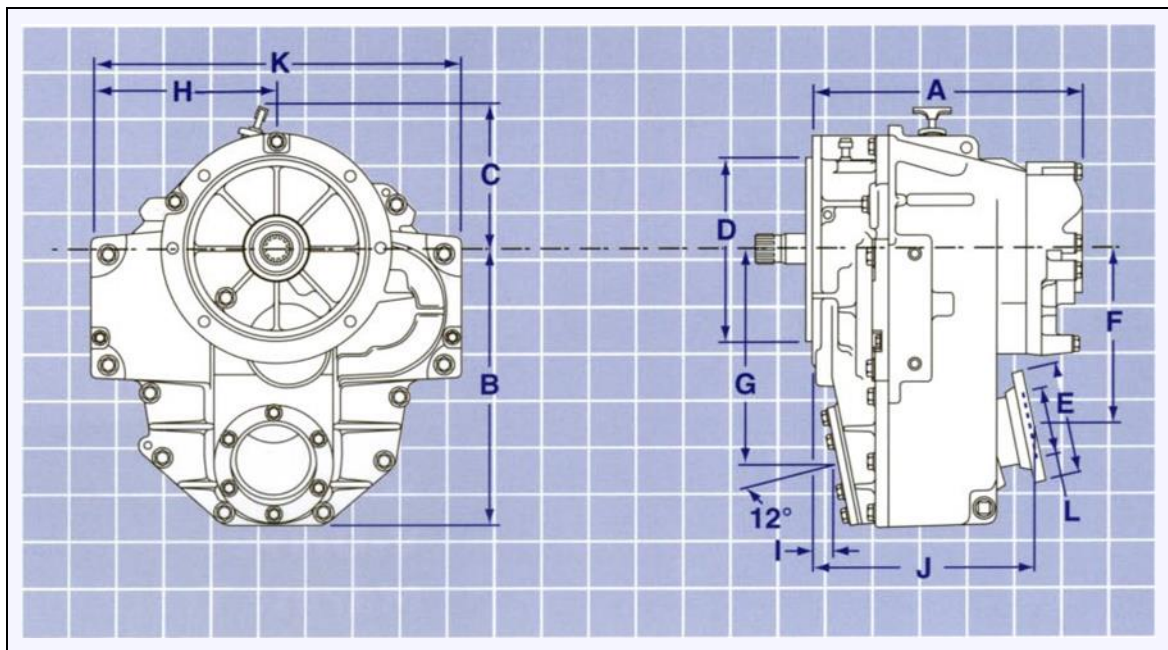
Z pogon – Yanmar

Z pogon – Volvo Penta

	
<p>Z pogon broda</p>	<p>Z pogon – Mercury</p>
	

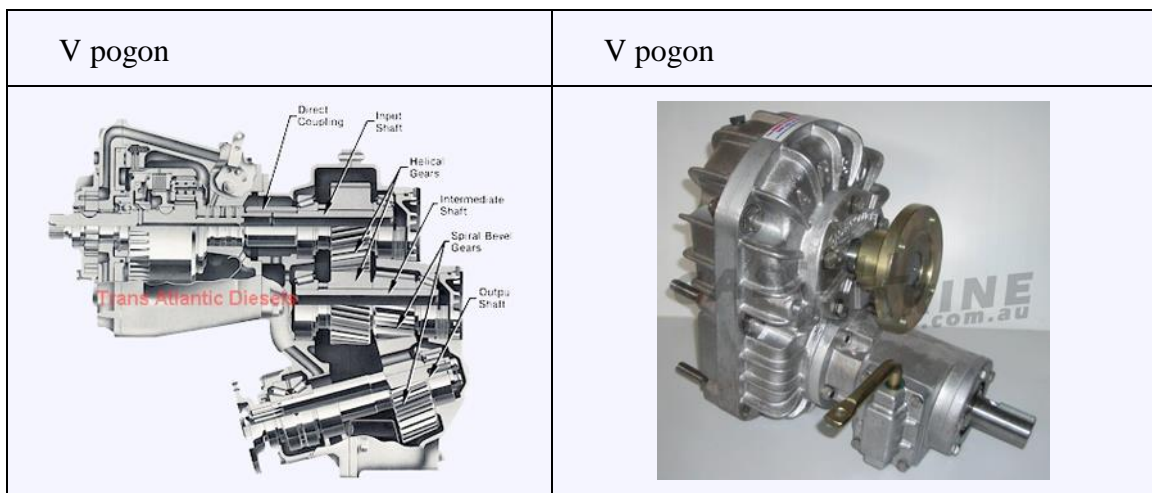
1. **V prijenos plovila**

<p>V pogon – shema</p>	<p>V pogon</p>
	
<p>V pogon</p>	



Dimensions Inches (millimeters)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
12.10 (307)	12.40 (316)	6.37 (161.8)	8.25 (209.55)	5.00 (127)	7.90 (200)	9.80 (248)	8.23 (209)	1.10 (28)	10.0 (254)	16.46 (418)	2.50 (63.50)



14.4.2 Montaža, demontaža i odlaganje zupčanih prijenosnika

Je kleiner die Umfangsgeschwindigkeit und je größer die Wälzpressung sowie die Rauigkeit der Zahnflanken sind, um so höher muss die Viskosität sein. Eine höhere Viskosität bewirkt eine größere hydrodynamische Tragfähigkeit und Belastbarkeit, und somit auch eine höhere Fresslastgrenze, bei der Riefenbildung oder Fressen der Zahnflanken einsetzt.

[Wittel 2011, str. 694]

$$\eta_{ges} = \frac{\text{abgegebene Leistung}}{\text{zugeführte Leistung}} = \frac{P_{ab}}{P_{an}} = \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_v} = \frac{T_2 \cdot \omega_2}{T_1 \cdot \omega_1} = \frac{T_2}{T_1 \cdot i_{ges}} < 1$$

$$\eta_{ges} = \eta_{Zges} \cdot \eta_{L.ges} \cdot \eta_{Dges}$$

<i>Gerad-Stirnradgetriebe</i>	η_Z bis 0,99
<i>Kegelradgetriebe</i>	η_Z bis 0,98
<i>Stirnradschraubgetriebe</i>	$\eta_Z \approx 0,50 \dots 0,95$
<i>Schneckengetriebe</i>	$\eta_Z \approx 0,20 \dots 0,97$

[Wittel 2011, str. 696]

14.4.3 Režimi rada i vijek trajanja zupčanih prijenosnika

14.4.4 Održavanje zupčanih prijenosnika

14.4.5 Prednosti, mane i pogreške u primjeni zupčanih prijenosnika

Prednosti i nedostaci zupčanih prijenosnika sudane u tabeli **T-03.xx**.

Tabela 03.xx Prednosti i nedostaci zupčanih prijenosnika

Prednosti	Nedostaci
<ul style="list-style-type: none"> • male dimenzije • velik stupanj korisnog djelovanja • konstantan prijenosni omjer • velika izdržljivost • tih rad • dug vijek trajanja 	<ul style="list-style-type: none"> • visoka cijena izrade. • velika krutost • veći šum u usporedbi s remenim prijenosnicima

Dodatak

Literatura

- 3.1 Osnove zupčanih parova** – Carvill2003/106-111 (kratko, s osnovnim formulama), **Childs2004/122÷151/152÷168** (ishodi, www), **Decker1987/323-401**, **Grote2007/525-565** (detaljan proračun), **Haberhauer2011/447÷448**, **Hering2004/457-465** (osnovne veličine), **Jelaska2005/192-207**, **Klebanov2008/159-240**, **Mabie1987/71÷130,322÷323**, **Norton1999/449÷504**, **Norton2003/462÷521,837÷838**,
- 3.2 Oblikovanje zupčanih prijenosnika** – **Fleicher2009/151÷194/195÷212**,
- 3.3 Usvajanje zupčanih parova** – **Brown2005/442÷449**, **Budynas2011/934÷951**, **Hall1968/212÷261**, **VitasIII1978/120÷124**, **Vöth2007/145÷163**, **Brown/443-465**, **Budynas/715-805**,
- 3.4 Primjena zupčanih parova** –
- 3.4.4 Prednosti, nedostaci i greške zupčanih prijenosnika** – **Grote2009/356**,
- 3.5 Primjeri zupčanih prijenosnika** – **Bonnick2011/213÷223**, **Kirchner2007**, **Budynas2007/656÷714/715÷765/766÷805**, **Haberhauer2009/455÷584**, **Kraut1988/291÷298**, **Lingaiiah2004/1008÷1027**, **Mott2003/316÷378**, **Muhs2006/248÷252/253-301**, **Muhs2007/137÷158,231÷244,317÷329**, **Norton2006/656÷759**, **Oberg2008/1853÷2188**, **Pandžić2008/165÷191**, **Parmley2005/D6**, **Podrug2008/76÷83/83÷90**, **Shigley1996/1097-1/1106-/1162-1218/1219-1240/1493-1508**, **Spotts1961/181-220**, **Steinhilper2008/375-575**, **Wittel2009/696-719/720-788**, **Lingaiiah2004/1029-1034**,
- Dodaci** <http://www.qtcgears.com/Q410alph.htm>
Literatura (obrada, rječnik)
Podloge (kratice, norme, internet, razno)
Provjere znanja (teme, pitanja, zadaci) –
- Literatura** **Avallone2006/717÷745 2**, **Böge2011/I179+I205 5** (opterećenja, proračun), **Bonnick2011/213÷223** (mijenjač) 227÷231 (diferencijal) 282÷286 (volan) 4p, **Budynas/656-714**, **Childs2004/122÷168**, **Czichos2008/K63÷K64**, **Decker/323÷418,514** **DIN2008/468-471**, **Dudas2004**, **Elčić1973/410÷524**, **Fleisher2009**, **Garett2001**, **Grote2007/525-562**, **Grote2009/356÷448**, **Haberhauer2011/447÷578**, **Jelaska/192-207**, **Klebanov2008/159÷241**, **Künne2008/368÷520**, **Margithu2001/252÷282**, **Mott/316-506**, **Steinhilper2/375-575**, **Norton/656-759**, **Oberg/2026**, **Parmley/6**, **Shigley/91-106,255-413**, **Timings2005/351÷372**, **VitasIII1978/13÷95**, **Wittel/696-807**, **Wittel2011/680÷791**

Internet

- www.bga.org.uk (*BGA – Britanska udruga za zupčanike*)
www.cross-morse.co.uk (*proizvođač*)
www.davall.co.uk (*proizvođač*)
www.geartechnology.com (*lista proizvođača*)
www.hpcgears.com (*proizvođač*)
www.khkgears.co.jp/en (*proizvođač*)
www.powertransmission.com (*lista proizvođača*)
www.qtcgears.com (*proizvođač*)
www.reliance.co.uk (*proizvođač*)

Podloge

Glosar

Rječnik

hrvatski	engleski	njemački
zupčanik	gear wheel	Zahnrad
mali zupčanik	pinion	
veliki zupčanik	gear	
čelnik	spur gear	Stirnrad
stožnik	bevel gear, helical gear	Kegelrad
puž	worm	Schnecke
pužno kolo	worm gear	Schneckenrad
hipoidni zupčanik	hypoid gear	Hypoidrad
bok zuba		Zahnflanken
pogonski zupčanik	driver gear	
gonjeni zupčanik	driven gear	

Oznake

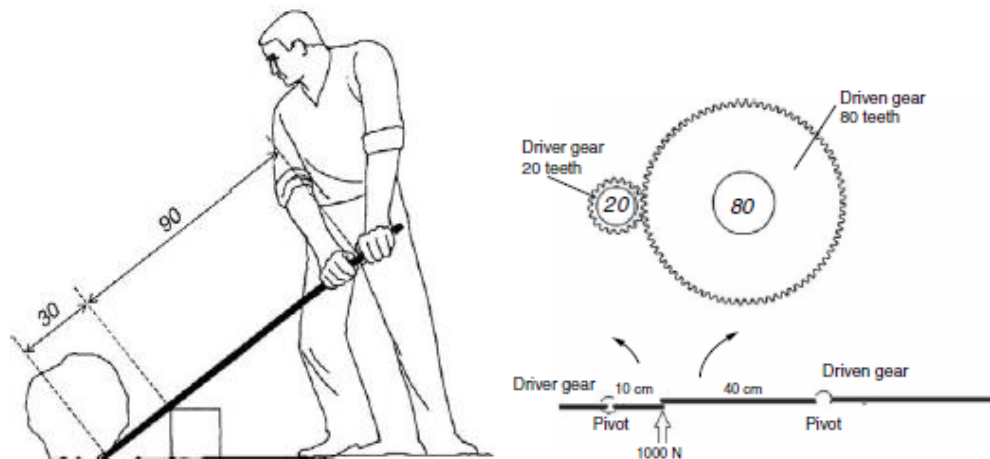
Formule

Norme

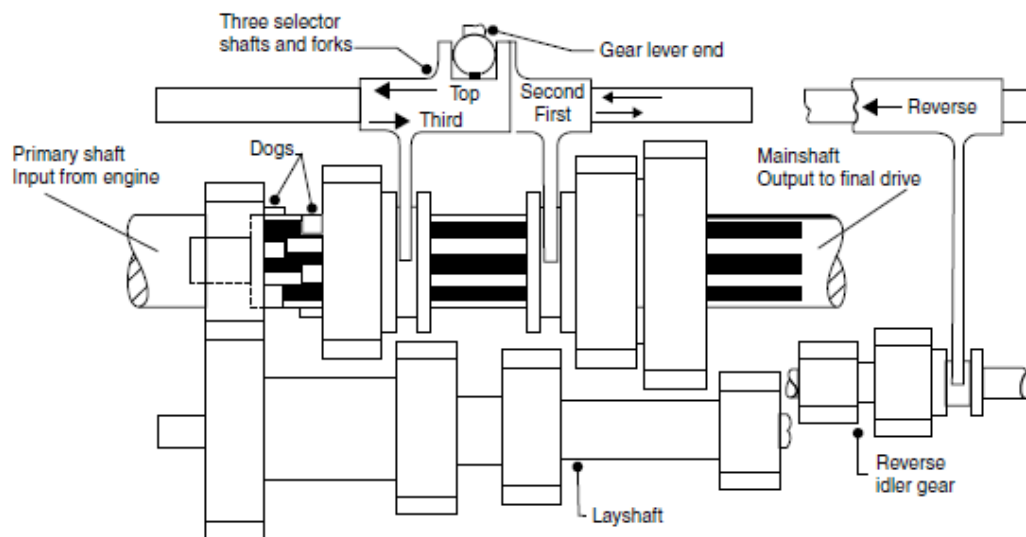
Podaci

Razno

U pojašnjavanju biti veličine prijenosni omjer, i , Bonnick [2011, s. 214] uspoređuje zupčanic s polugom. Na slikama je prikazano povećanje sile polugom i povećanje momenta zupčanim parom.

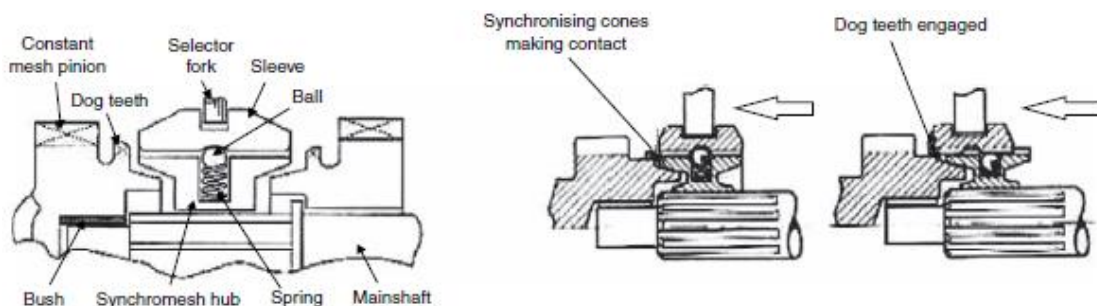


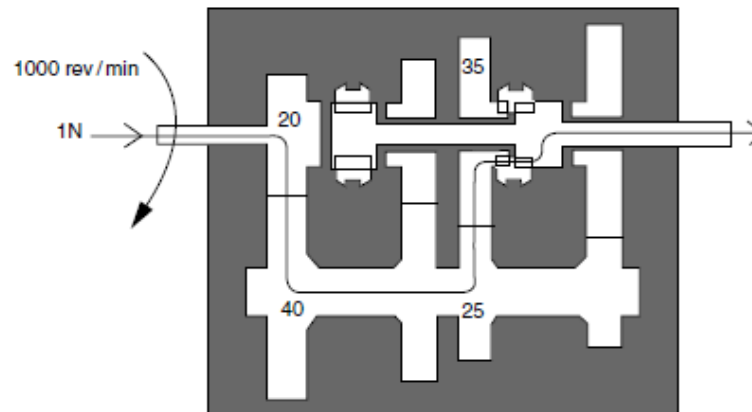
Slikovitu podlogu za opis rada mjenjača prikazuje Bonnick [2011, s. 215].



Dogs – zahvatnici

Slikovitu podlogu za opis rada sinhrona mjenjača prikazuje Bonnick [2011, s. 215].





Diferencijal i prijenosnik volana su također obrađuje Bonnick [2011, s. 227÷231 i 282÷286].

Teme

1. Definicija zupčanih prijenosnika
2. Vrste zupčanih prijenosnika obzirom na prirodu prijenosa
3. Vrste zupčanika obzirom na položaje vratila
4. Vrste zupčanika obzirom na uzdužne linije bokova zuba
5. Geometrijske veličine zupčanika
6. Geometrijske veličine zupčanih parova
7. Kinematske veličine zupčanih parova
8. Dinamičke veličine zupčanih parova
9. Materijali zupčanika
10. Oblikovanje ozubnice
11. Oblikovanje čelnika s ravnim zubima
12. Oblikovanje čelnika s kosim zubima
13. Oblikovanje stožnika s ravnim zubima
14. Oblikovanje stožnika s kosim zubima
15. Oblikovanje vijčanika
16. Oblikovanje pužnika
17. Usvajanje ozubnice
18. Usvajanje čelnika s ravnim zubima
19. Usvajanje čelnika s kosim zubima
20. Usvajanje stožnika s ravnim zubima
21. Usvajanje vijčanika s kosim zubima
22. Usvajanje pužnika
23. Izrada zupčanika
24. Montaža zupčanih prijenosnika
25. Pogon zupčanih prijenosnika
26. Održavanje zupčanih prijenosnika
27. Prednosti i nedostaci zupčanih prijenosnika
28. Greške zupčanih prijenosnika
29. Elektromotor s reduktorom
30. Mjenjač vozila
31. Diferencijal vozila
32. Z prijenos plovila
33. V prijenos plovila

Izvodi

Provjera znanja

Pitanja

Zadaci

Literatura

1. Albertos P., Mareels I.: *Feedback and Control for Everyone*; Springer, 2010.
2. Alfirevic I., Sikic Z., Budin I.: *Inzinjerski prirucnik IP 1 – temelji inzinjerskih znanja*; Skolska knjiga, 1996.
3. Ashby M., Shercliff H., Cebon D.: *Materials – Engineering, Science, Processing and Design*; Butterworth-Heinemann, 2007.
4. Astrom K. J., Murray R. M.: *Feedback Systems - An Introduction for Scientists and Engineers*; Princeton University 2008.
5. Avallone E. A., Baumeister T. Sadegh A.: *Marks' Standard Handbook for Mechanical Engineers 11th Edition*; McGraw-Hill Professional 2006.
6. Bachman V.: *Sizing Up Measurement – Activities for Grades K-2 Classrooms*; Math Solutions, 2007.
7. Baker R. C.: *Flow Measurement Handbook – Industrial Designs, Operating Principles, Performance, and Applications*; Cambridge University, 2000.
8. Battikha N. E.: *The Condensed Handbook of Measurement and Control*, 3rd Edition; ISA 2007.
9. Bau H. H., deRooij N. F., Kloeck B.: *Sensors – A Comprehensive Survey – Volume 7 Mechanical Sensors*; VCH, 2004.
10. Beeby S., Ensell G., Kraft M., White N.: *MEMS Mechanical Sensors*; Artech House 2004.
11. Berger H.: *Automatisieren Mit SIMATIC – Controller, Software, Programmierung, Datenkommunikation, Bedienen Und Beobachten*, 4. Auflage; Publics 2010.
12. Berger J.: *Klausurtrainer Technische Mechanik*, 2. Auflage; Vieweg+Teubner, 2005.
13. Bishop R. H.: *Mechatronic Systems, Sensors, and Actuators - Fundamentals and Modeling*, 2nd Edition; CRC, 2008.
14. Böge A., Schlemmer W.: *Aufgabensammlung Technische Mechanik*, 20. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
15. Böge A., Schlemmer W.: *Lösungen zur Aufgabensammlung Technische Mechanik*, 14. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
16. Böge A.: *Formeln und Tabellen zur Technischen Mechanik*, 22. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
17. Böge A.: *Handbuch Maschinenbau – Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik*, 20. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
18. Böge A.: *Technische Mechanik: Statik – Dynamik – Fluidmechanik – Festigkeitslehre*, 29. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.
19. Boyes W.: *Instrumentation Reference Book*, 3rd Edition; Butterworth-Heinemann, 2003.
20. Brandt S., Dahmen H. D.: *Mechanik - Eine Einführung in Experiment und Theorie*, 4. Auflage; Springer 2005.
21. Brown H. T.: *Five Hundred and Seven Mechanical Movements - Embracing All Those Which Are Most Important*; Brown, Coombs & Co., 1871.
22. Brown T. H. Jr.: *Mark's Calculations For Machine Design*; McGraw-Hill, 2005.
23. Budynas R. G., Nisbett J. K.: *Shigley's Mechanical Engineering Design*, 9th Edition; McGraw-Hill, 2011.
24. Carvill J.: *Mechanical Engineer's Data Handbook*; Butterworth-Heinemann, 2003.
25. Chandsekar V. C.: *Rubber Seals for Fluid and Hydraulic Systems*; Elsevier, 2010.
26. Chang K.-H.: *Motion Simulation and Mechanism Design with COSMOSMotion 2007*; Schroff Development Corporation, 2008.
27. Childs P.: *Mechanical Design*, 2nd Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.
28. Childs R. N.: *Practical Temperature Measurement*; Butterworth-Heinemann, 2001.
29. Czichos H., Habig K.-H.: *Tribologie - Handbuch Tribometrie, Tribomaterialien, Tribotechnik*, 3. Auflage - Studium; Vieweg+Teubner, 2010.
30. Czichos H., Hennecke M.: *Hütte – Das Ingenieurwissen* 33. Auflage; Springer, 2008.
31. Czichos H., Saito T., Smith L.: *Springer Handbook of Materials Measurement Methods*; Springer, 2006.
32. Czichos H.: *Tribology - A Systems Approach to the Science and Technology of Friction Lubrication and Wear*; Elsevier, 1978.
33. Dankert J., Dankert H.: *Statik, Festigkeitslehre, Kinematik / Kinetik*, 6. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.

42 Elementi strojeva 2

34. Dapkunas S. J.: Surface Engineering Measurement Standards for Inorganic Materials; NIST, 2005.
35. Davis C. S.: Statistical Methods for the Analysis of Repeated Measurements; Springer, 2002.
36. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 2. izdanje; Tehnička knjiga, 1987.
37. Decker K.-H.: Elementi strojeva, 3. izdanje; Golden marketing - Tehnička knjiga, 2006.
38. Demtröder W.: Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme, 4. Auflage; Springer, 2006.
39. Demtröder W.: Experimentalphysik 1 - Mechanik und Wärme, 5. Auflage; Springer, 2008.
40. DIN – Deutsches Institut für Normung: Klein Einführung in die DIN-Normen, 14. Auflage; B.G.Teubner – Beuth, 2008.
41. DiStefano J. J., Stubberud A. R., Williams I. J.: Schaum's Outline of Feedback and Control Systems, 2nd Edition; McGraw-Hill 1994.
42. Dixon J.: The Shock Absorber Handbook, 2nd Edition; Wiley & Sons - Professional Engineering, 2007.
43. Dorf C.: The Engineering Handbook, 2nd Edition; CRC, 2004.
44. Dorf R. C., Bishop R. H.: Modern Control Systems, 12th Edition; Prentice Hall 2010.
45. Dresig H., Holzweißig F.: Maschinendynamik, 7. Auflage; Springer, 2006.
46. Dudas I.: The Theory and Practice of Worm Gear Drives; Penton 2004.
47. Dunn W. C.: Introduction to Instrumentation, Sensors, And Process Control; Artech House, 2005.
48. Elčić Z., Grubješić N., Kostelić A., Mađarević B., Oberšmit E., Račić V., Sentič B., Skalicky B., Vojta D.: Praktičar 3 – Strojstvo 2; Školska knjiga, 1973.
49. Erdmann M.: Experimentalphysik 1 - Kraft, Energie, Bewegung - Physik Denken; Springer 2011.
50. Erdmann M.: Experimentalphysik 2 - Kollision, Gravitation, Bezugssysteme - Physik Denken; AIP - Springer 2011.
51. Erdmann M.: Experimentalphysik 3 - Schwingungen, Wellen, Körperdrehung - Physik Denken; AIP - Springer 2011.
52. Eren E.: Wireless Sensors and Instruments Networks, Design, and Applications; CRC 2006.
53. Eyres D. J.: Ship Construction, 5th Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
54. Fitney R.: Seals and Sealing Handbook, 5th Edition; Elsevier Butterworth-Heinemann, 2007.
55. Fleischer B., Theumert H.: Entwickeln Konstruieren Berechnen – Komplexe praxisnahe Beispiele mit Lösungsvarianten, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
56. Fraden J.: Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications 3rd Edition; Springer, 2004.
57. Fraden J.: Handbook of Modern Sensors - Physics, Designs, and Applications 4th Edition; Springer, 2010.
58. Frank R.: Understanding Smart Sensors, 2nd Edition; Artech House 2000.
59. Fritz A. H., Schulze G.: Fertigungstechnik; 8. Auflage; Springer, 2008.
60. Gao W.: Precision Nanometrology - Sensors and Measuring Systems for Nanomanufacturing; Springer, 2010.
61. Garrett T. K., Newton K., Steeds W.: Motor Vehicle, 13th Edition; Butterworth-Heinemann, 2001.
62. Gaura E., Newman R.: Smart Mems And Sensor Systems; ICP 2006.
63. Glegg G. L.: The Selection of Design; Cambridge University, 1972.
64. Godin B.: Measurement and Statistics on Science and Technology - 1920 to the Present; Routledge, 2005.
65. Golnaraghi F., Kuo B. C.: Automatic Control Systems, 9th Edition - Solutions Manual; 2009.
66. Golnaraghi F., Kuo B. C.: Automatic Control Systems, 9th Edition; John Wiley & Sons, 2010.
67. Grote K.-H., Antonsson E. K.: Springer Handbook of Mechanical Engineering; Springer, 2009.
68. Grote K.-H., Feldhusen J.: Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 22. Auflage; Springer, 2007.
69. Haberhauer H., Bodenstern F.: Maschinenelemente – Gestaltung Berechnung Anwendung, 16. Auflage; Springer, 2011.
70. Hall A. S. Holowenko A. R., Laughlin H. G.: Schaum's Outline of Theory and Problems of Machine Design; McGraw-Hill, 1968.
71. Hebra A. J.: The Physics of Metrology - All about Instruments - From Trundle Wheels to Atomic Clocks; Springer 2010.
72. Hering E., Schröder B.: Springer Ingenieurtabellen; Springer, 2004.

73. Hesse S., Schnell G.: Sensoren für die Prozess- und Fabrikautomation - Funktion - Ausführung - Anwendung - Praxis, 4. Auflage; Vieweg+Teubner, 2009.
74. Higuchi T., Suzunori K., Tadokoro S.: Next-Generation Actuators Leading Breakthroughs; Springer, 2010.
75. Hofmann P.: Hybridfahrzeuge - Ein alternatives Antriebskonzept für die Zukunft; Springer, 2010.
76. Jackson R. G.: Novel Sensors and Sensing; IOP, 2004.
77. James K.: PC Interfacing and Data Acquisition - Techniques for Measurement Instrumentation and Control; Newnes, 2000.
78. Jelaska D.: Elementi strojeva – skripta za studente Industrijskog inženjerstva; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2005.
79. Kiencke U., Nielsen L.: Automotive Control Systems - For Engine, Driveline, and Vehicle, 2nd Edition; Springer, 2005.
80. Kilian C. T.: Modern Control Technology - Components and Systems, 2nd Edition; Delmar Thomson Learning, 2000.
81. Kirchner E.: Leistungsübertragung in Fahrzeuggetrieben Grundlagen der Auslegung, Entwicklung und Validierung von Fahrzeuggetrieben und deren Komponenten; Springer, 2007.
82. Klebanov B. M., Barlam D. M., Nystrom F. E.: Machine Elements – Life and Design; CRC Taylor & Francis Group, 2008.
83. Kolumbić Z., Kozak D.: Fizika – podloge za studij strojarstva; Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, 2010. <http://www.sfsb.hr/~zkolum/Fizika/>
84. Kolumbić Z., Dunder M.: Materijali v2; Odsijek za politehniku Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, 2011. <http://www.ffri.uniri.hr/~zvonimir/Materijali>
85. König H.: Maschinen im Baubetrieb – Grundlagen und Anwendung 2. Auflage; Vieweg+Teubner, 2008.
86. Kraut B.: Strojarski priručnik, 9. izdanje; Tehnička knjiga, 1988.
87. Kreith F., Goswami D. Y.: The CRC Handbook of Mechanical Engineering, 2nd Edition; CRC 2005.
88. Künne B.: Köhler Rognitz Maschinenteile Vol 1, 10. Auflage; Vieweg + Teubner, 2008.
89. Künne B.: Köhler Rognitz Maschinenteile Vol 2, 10. Auflage; Vieweg + Teubner, 2008.
90. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 1: Materials and Mechanical Design; Wiley, 2005.
91. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 2: Instrumentation, Systems, Controls, and MEMS; Wiley, 2005.
92. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 3: Manufacturing and Management; Wiley, 2005.
93. Kutz M.: Mechanical Engineers' Handbook – Four Volume Set, 3rd Edition – Volume 4: Energy and Power; Wiley, 2005.
94. LearningExpress: 501 Measurement and Conversion Questions; LearningExpress, 2004.
95. Leckie F. A., Dal Bello D. J.: Strength and Stiffness of Engineering Systems; Springer, 2009.
96. Lerch R.: Elektrische Messtechnik - Analoge, digitale und computergestützte Verfahren, 3. Auflage; Springer 2006.
97. Levine W. S.: The Control Handbook - Control System Fundamentals, 2nd Edition; CRC 2011.
98. Lingaiah K.: Machine Design Databook, 2nd Edition; McGraw-Hill, 2002.
99. Liptak B. G.: Instrument Engineers' Handbook - Volume 1 Process Measurement and Analysis, 4th Edition; CRC, 2003.
100. Lotter B., Wiendahl H.-P.: Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis; Springer, 2006.
101. Lunze J.: Regelungstechnik 1 - Systemtheoretische Grundlagen Analyse und Entwurf einschleifiger Regelungen, 8. Auflage; Springer, 2010.
102. Lunze J.: Regelungstechnik 2 - Mehrgrössensysteme, Digitale Regelung, 6. Auflage; Springer, 2010.
103. Lurie B. J., Enright P. J.: Classical Feedback Control - With MATLAB; Marcel Dekker, 2000.
104. Mabie H. H., Reinholtz C. F.: Mechanisms and dynamics of machinery, 4th Edition; John Wiley & Sons, 1987.
105. Mancuso J. R.: Couplings and Joints – Design, Selection and Application; Marcel Dekker, 1999.

44 Elementi strojeva 2

106. Mandal A. K.: Introduction to Control Engineering - Modeling, Analysis, and Design; New Age International, 2006.
107. Marek J., Trah H.-P., Suzuki Y., Yokomori W.: Sensors Applications - Volume 4 Sensors for Automotive Technology; Wiley-VCH 2003.
108. Marghitu D. B.: Mechanical Engineer's Handbook; Academic Press, 2001.
109. McCarthy M. J., Soh G. S.: Geometric Design of Linkages, 2nd Edition; Springer 2010.
110. McGraw Hill: McGraw Hill – Encyclopedia of Science & Technology - 19 Volume set, 10th Edition; McGraw-Hill Professional, 2007.
111. Meissner M., Schorcht H.-J.: Metallfedern - Grundlagen, Werkstoffe, Berechnung, Gestaltung und Rechnerersatz, 2. Auflage; Springer, 2007.
112. Mims F. M.: Engineer's Mini Notebook - Sensor Projects; Siliconconcept, 1996.
113. Morris A. S.: Measurement and Instrumentation Principles, 3rd Edition; Butterworth-Heinemann, 2001.
114. Mott R. L.: Machine Elements in Mechanical Design, 4th Edition; Prentice Hall, 2004.
115. Mühl T.: Einführung in die elektrische Messtechnik - Grundlagen, Messverfahren, Geräte, 2. Auflage; Teubner Verlag, 2001.
116. Muhs D., Wittel H., Jannasch D., Becker M., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Interaktive Formelsammlung auf CD-ROM, 8. Auflage; Vieweg, 2006.
117. Nawrocki W.: Measurement Systems And Sensors; Artech House, 2005.
118. Neale M.: The Tribology Handbook, 2nd Edition; Butterworth-Heinemann, 1999.
119. Niemann G., Winter H., Höhn B.-R.: Maschinenelemente – Band 1 – Konstruktion und Berechnung von Verbindungen, Lagern, Wellen, 4. Auflage; Springer, 2005.
120. Norton R. L.: Design of Machinery – An Introduction to the Synthesis and Analysis of Mechanisms and Machines, 2nd Edition; WCB/McGraw-Hill, 1999.
121. Norton R. L.: Machine Design – An Integrated Approach, 3rd Edition; Prentice Hall, 2006.
122. Nyce D. S.: Linear Position Sensors - Theory and Application; John Wiley & Sons, 2004.
123. Oberg E., Jones F. D., Horton H. L., Ryffel H. H.: Machinery's Handbook 28th Edition; Industrial Press, 2008.
124. Ogata K.: Modern Control Engineering, 4th Edition; Pearson Education International, 2002.
125. Orlowski P. F.: Praktische Regeltechnik - Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker, 8. Auflage (VDI); Springer, 2009.
126. Orlowski P. F.: Praktische Regeltechnik - Anwendungsorientierte Einführung für Maschinenbauer und Elektrotechniker, 9. Auflage (VDI); Springer, 2011.
127. Pandžić J., Pasanović B.: Elementi strojeva – udžbenik s DVD-om za 2. razred tehničkih škola u području strojarstva i brodogradnje; Neodidacta, 2008.
128. Parmley R. O.: Machine Devices and Components Illustrated Sourcebook; McGraw-Hill, 2005.
129. Parthier R.: Messtechnik - Grundlagen und Anwendungen der elektrischen Messtechnik für alle technischen Fachrichtungen und Wirtschaftsingenieure, 4. Auflage; Vieweg & Sohn, 2008.
130. Pawlak A. M.: Sensors and Actuators in Mechatronics - Design and Applications; CRC, 2007.
131. Perneder R.: Handbuch Zahnriementchnik - Grundlagen, Berechnung, Anwendungen; Springer, 2009.
132. Petruzzellis T.: Electronics Sensors for the Evil Genius - 54 Electrifying Projects; McGraw-Hill 2006.
133. Placko D.: Fundamentals of Instrumentation and Measurement (Instrumentation and Measurement Series); ISTE, 2007.
134. Podrug S.: Elementi strojeva – predavanja za stručni i preddiplomski studij brodogradnje; Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Splitu, 2008.
135. Polak T. A., Pande C.: Engineering Measurements - Methods and Intrinsic Errors; Professional Engineering Publishing Limited 1999.
136. Pons J. L.: Emerging Actuator Technologies - A Micromechatronic Approach; John Wiley & Sons, 2005.
137. Regtien P. P. L., van der Heijden F., Korsten M. J., Otthius W.: Measurement Science for Engineers; Elsevier Science & Technology, 2004.
138. Reif K.: Bosch Autoelektrik und Autoelektronik - Bordnetze Sensoren und elektronische Systeme, 6. Auflage; Vieweg+Teubner, 2011.

139. Reif K.: Konventioneller Antriebsstrang und Hybridantriebe - mit Brennstoffzellen und alternativen Kraftstoffen; Vieweg+Teubner, 2010.
140. Reif K.: Sensoren im Kraftfahrzeug; Vieweg+Teubner, 2010.
141. Ripka P., Tipek A.: Modern Sensors Handbook; ISTE, 2007.
142. Rothbart H.: The CAM Design Handbook; McGraw-Hill, 2004.
143. Sacks E. Joskowicz L.: The Configuration Space Method for Kinematic Design of Mechanisms; MIT, 2010.
144. Salkind N. J., Rasmussen K.: Encyclopedia of Measurement and Statistics, 2 Volume Set; Sage, 2007.
145. Sandin P. E.: Robot Mechanisms and Mechanical Devices Illustrated; McGraw-Hill, 2003.
146. Sclater N., Chironis N. P.: Mechanisms and Mechanical Devices Sourcebook, 4th Edition; McGraw-Hill Professional, 2006.
147. Scott D. M.: Industrial Process Sensors; CRC, 2008.
148. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 2nd Edition; McGraw-Hill Professional, 1996.
149. Shigley J. E., Mischke C. R.: Standard handbook of machine design, 3rd Edition; McGraw-Hill Professional, 2004.
150. Sinclair I. R.: Sensors and Transducers, 3rd Edition; Newnes, 2001.
151. Singh U. K., Dwivedi M.: Problems and Solutions in Mechanical Engineering; New Age International, 2007.
152. Smith C. A., Corripio A. B.: Principles and Practice of Automatic Process Control, 2nd Edition; John Wiley & Sons, 1997.
153. Smith E. H.: Mechanical Engineer's Reference Book 12th Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
154. Sobey E.: A Field Guide to Automotive Technology; Chicago Review, 2009.
155. Sobey E.: A Field Guide to Household Technology; Chicago Review, 2006.
156. Soloman S.: Sensors and Control Systems in Manufacturing, 2nd Edition; McGraw-Hill, 2010.
157. Spotts M. F.: Design of Machine Elements; 3rd Edition; Prentice Hall, 1961.
158. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology, 2nd Edition; Butterworth-Heinemann, 2000.
159. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology, 3rd Edition; Elsevier - Butterworth-Heinemann, 2005.
160. Stachowiak G. W., Batchelor A. W.: Engineering Tribology; Elsevier, 1993.
161. Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 1 – Grundlagen der Berechnung und Gestaltung von Maschinenelementen, 7. Auflage; Springer, 2008.
162. Steinhilper W., Sauer B.: Konstruktionselemente des Maschinenbaus 2 – Grundlagen von Maschinenelementen für Antriebsaufgaben, 6. Auflage; Springer, 2008.
163. Stolarski T.A.: Tribology in Machine Design; Butterworth-Heinemann, 1990.
164. Strothman J.: ISA Handbook of Measurement Equations and Tables, 2nd Edition; ISA, 2006.
165. Šurina T.: Automatska regulacija, 3. izdanje; Školska knjiga, 1987.
166. Takadoun J.: Materials and Surface Engineering in Tribology; ISTE, Wiley, 2008.
167. ten Hompel M., Büchter H., Franzke U.: Identifikationssysteme und Automatisierung (VDI); Springer, 2008.
168. Thomas M.: Einführung in die elektrische Messtechnik - Grundlagen, Messverfahren, Geräte, 2. Auflage; Teubner 2006.
169. Timings R.: Mechanical Engineer's Pocket Book, 3rd Edition; Newnes, 2005.
170. Tompkins - Interfacing Sensors to the IBM-PC 0134690818 1998
171. Tönshoff I. I.: Sensors Applications - Volume 1 Sensors in Manufacturing; Wiley-VCH 2001.
172. Totten G. E., Liang H.: Mechanical Tribology - Materials Characterization and Applications; Marcel Dekker, 2004.
173. Totten G. E.: Handbook of Lubrication and Tribology - Volume I Application and Maintenance, 2nd Edition; CRC, 2006.
174. Tremayne D.: The Science of F1 Race-Car Design - Expert Analysis of the Anatomy of the Modern Grand Prix Car; Heynes Publishing, 2004.
175. Trzesniowski M.: Rennwagenteknik – Grundlagen, Konstruktion, Komponenten, Systeme, 2. Auflage; Vieweg + Teubner, 2010.

176. Tumanski S.: Principles of Electrical Measurement; CRC, 2006.
177. Ulbrich H., Weidemann H.-J., Pfeiffer F.: Technische Mechanik in Formeln Aufgaben und Lösungen; Teubner, 2006.
178. van Basshuysen R.: Fahrzeugentwicklung im Wandel- Gedanken und Visionen im Spiegel der Zeit - Polulär; Vieweg + Teubner, 2010.
179. Vinogradov O.: Fundamentals of Kinematics and Dynamics of Machines and Mechanisms; CRC, 2000.
180. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi I, 10. izdanje; Naucna knjiga, 1990.
181. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi II, 9. izdanje; Naucna knjiga, 1988.
182. Vitas D. J., Trbojevic M. D.: Masinski elementi III, 4. izdanje; Naucna knjiga, 1978.
183. Vöth S.: Maschinenelemente Aufgaben und Lösungen - Festigkeit, Verbindungen, Antriebe; Teubner, 2007.
184. Walsh R. A.: Electromechanical Design Handbook, 3rd Edition; McGraw-Hill, 2000.
185. Webster J. G.: The Measurement, Instrumentation and Sensors Handbook on CD-ROM; CRC, 1999.
186. Weck M., Brecher C.: Werkzeugmaschinen - 4 Automatisierung von Maschinen und Anlagen, 6. Auflage; Springer, 2006.
187. Whitney D. E.: Mechanical Assemblies: Their Design, Manufacture, and Role in Product Development; Oxford University Press, 2004.
188. Wilson J. S.: Sensor Technology Handbook; Elsevier - Newnes, 2005.
189. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Aufgabensammlung – Aufgaben, Lösungshinweise, Ergebnisse, 14. Vieweg + Teubner, 2010.
190. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Lehrbuch und Tabellenbuch – Normung, Berechnung, Gestaltung, 19. Auflage; Vieweg + Teubner, 2009.
191. Wittel H., Muhs D., Jannasch D., Voßiek J.: Roloff/Matek Maschinenelemente – Normung, Berechnung, Gestaltung, 20. Auflage; Vieweg + Teubner, 2011.
192. Xue D., Chen Y.-Q., Atherton D. P.: Linear Feedback Control - Analysis and Design with MATLAB; SIAM, 2001.
193. Yamasaki H.: Handbook of Sensors and Actuators - Volume 3 Intelligent Sensors; Elsevier, 1996.
194. Youden W. J.: Experimentation and Measurement; DoC, TA, NIST, 1997.
195. Yurish S. Y., Smart Sensors and MEMS; Kluwer, 2004.
196. Zacher S., Reuter M.: Regelungstechnik für Ingenieure - Analyse Simulation und Entwurf von Regelkreisen, 13. Auflage; Vieweg + Teubner, 2011.