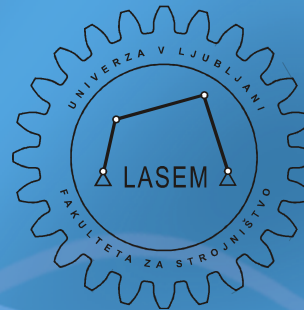


Univerza v Ljubljani
Fakulteta za strojništvo



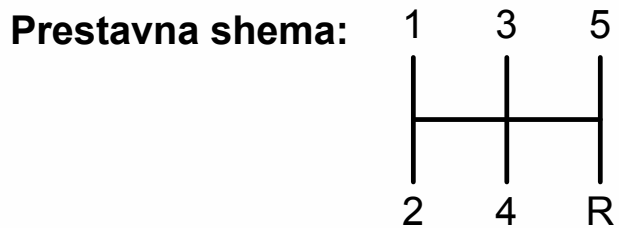
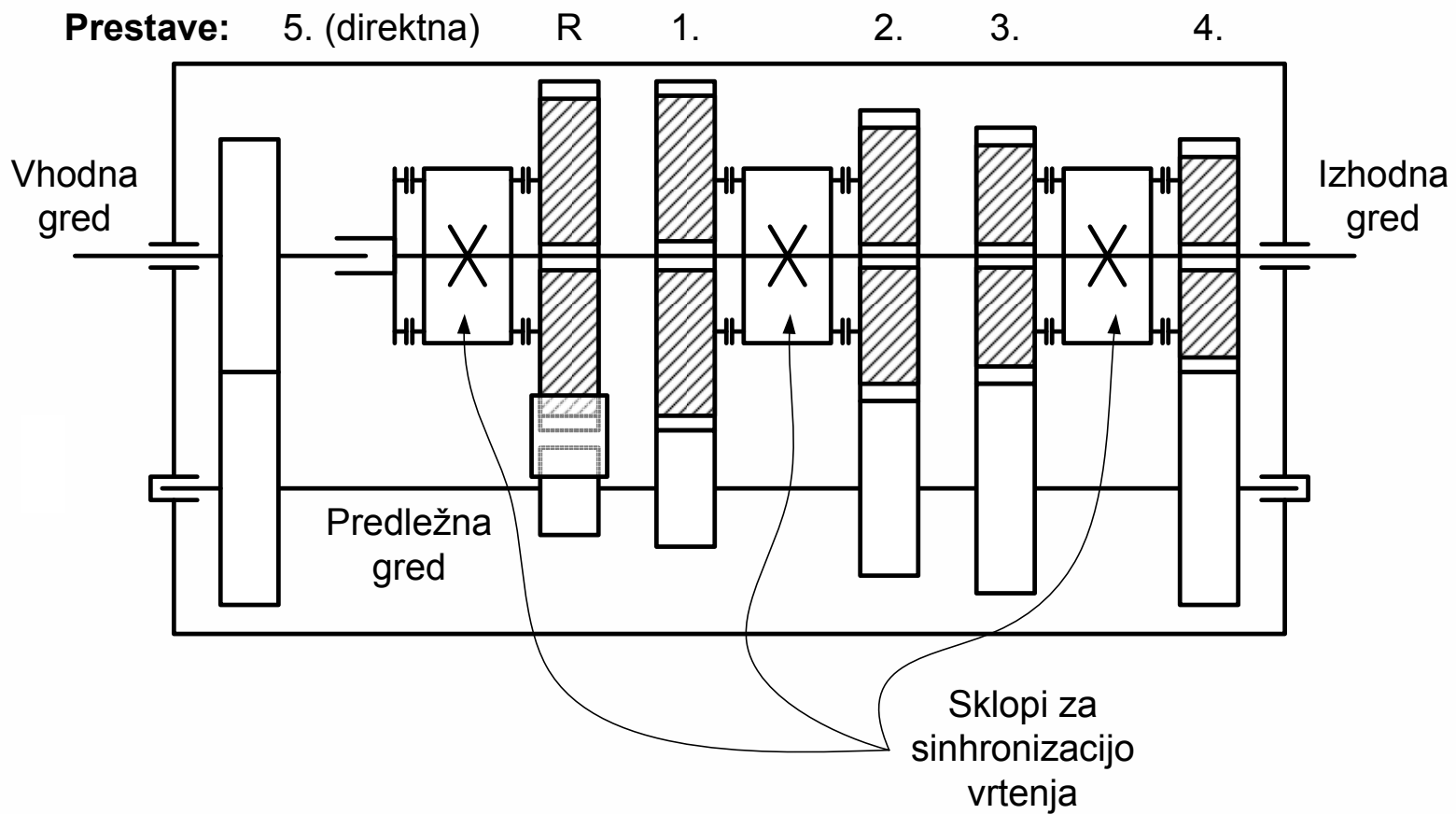
Katedra za strojne elemente in razvojna vrednotenja



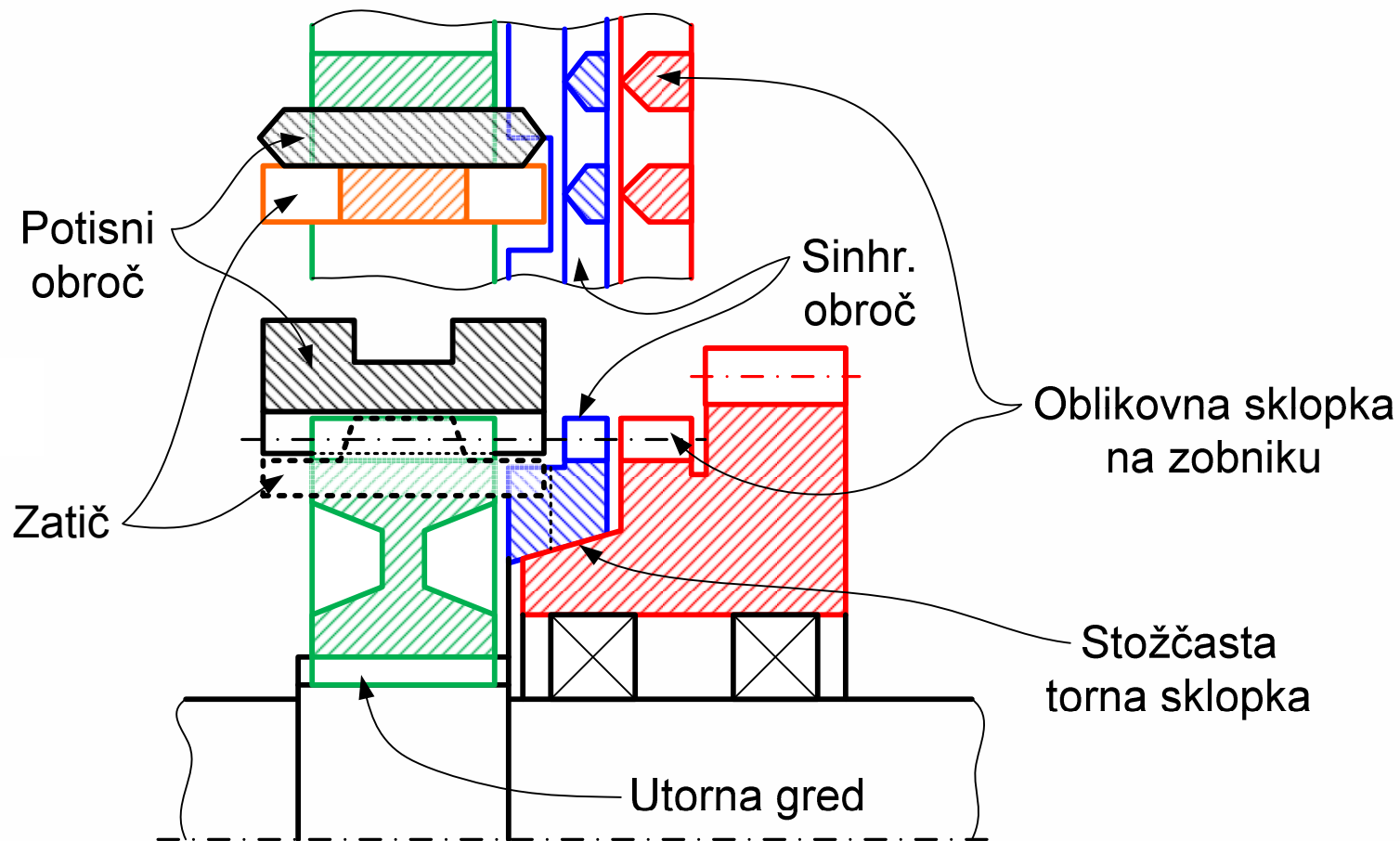
DINAMIKA VOZIL - Menjalniki

Prof. dr. Jernej Klemenc

Ročni predležni menjalnik

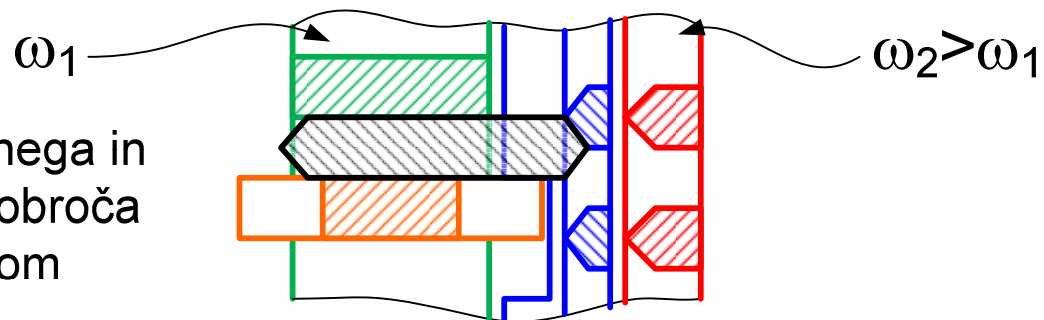


Ročni predležni menjalnik - sinhron

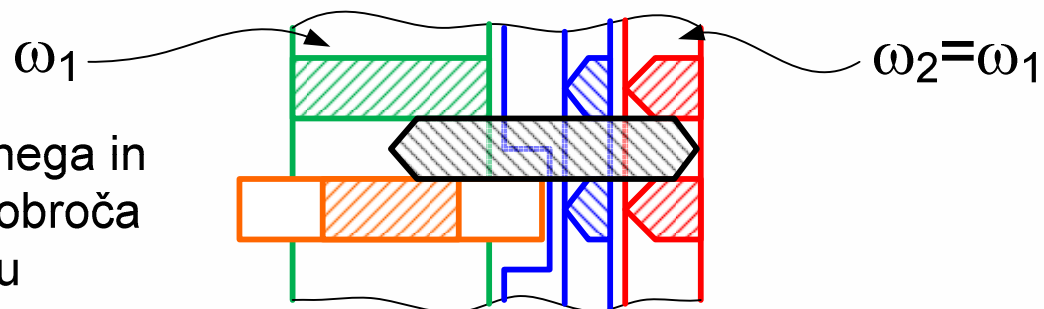


Ročni predležni menjalnik - sinhron

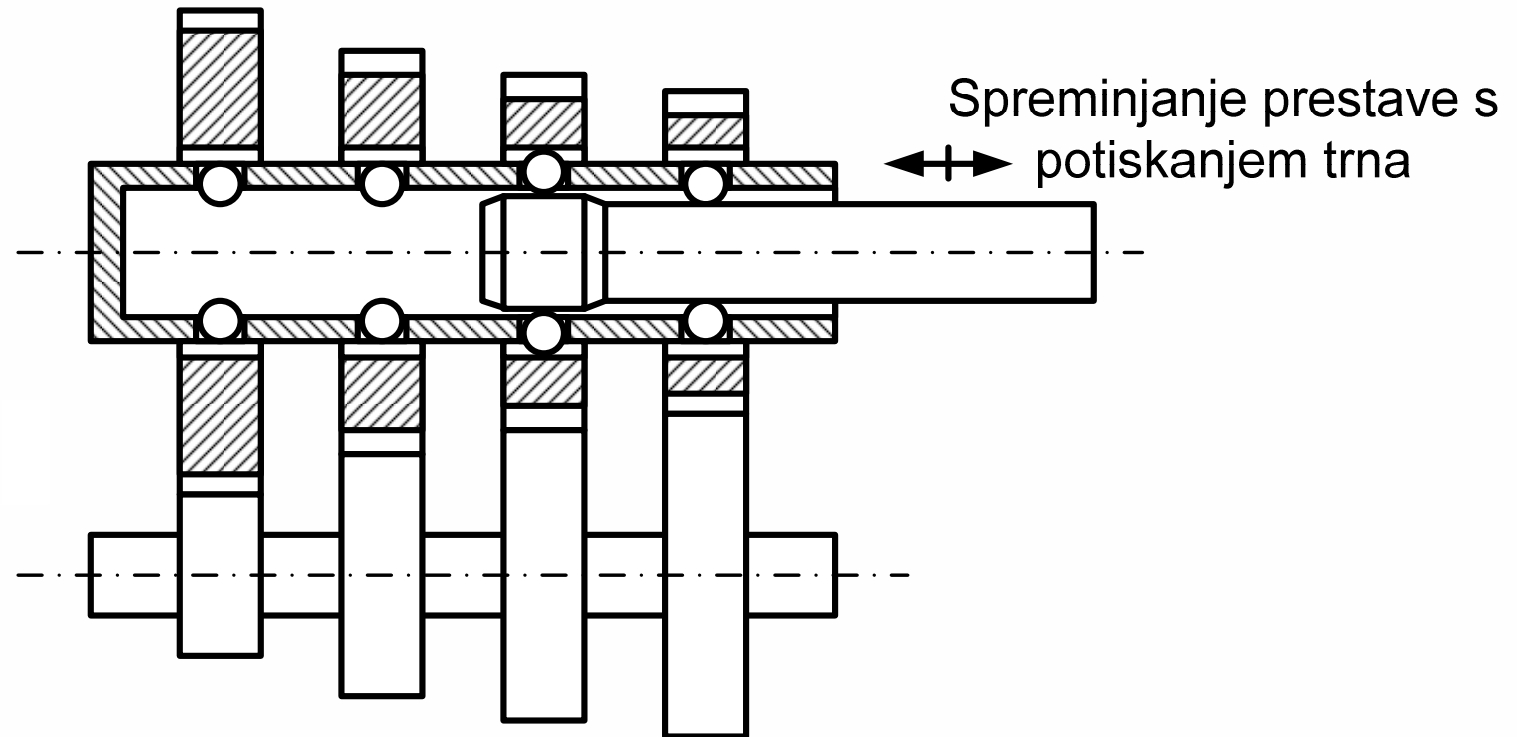
Položaja potisnega in
sinhronskega obroča
med vklopom



Položaja potisnega in
sinhronskega obroča
po vklopu

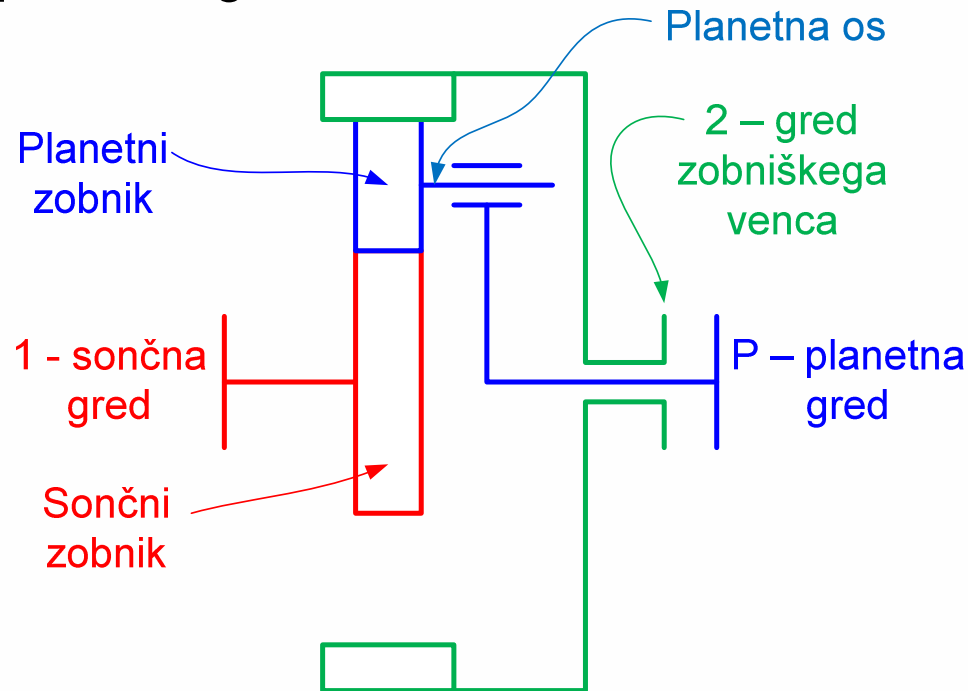


Ročni menjalnik s pomičnim trnom



Avtomatski menjalnik

■ Triosno planetno gonilo:



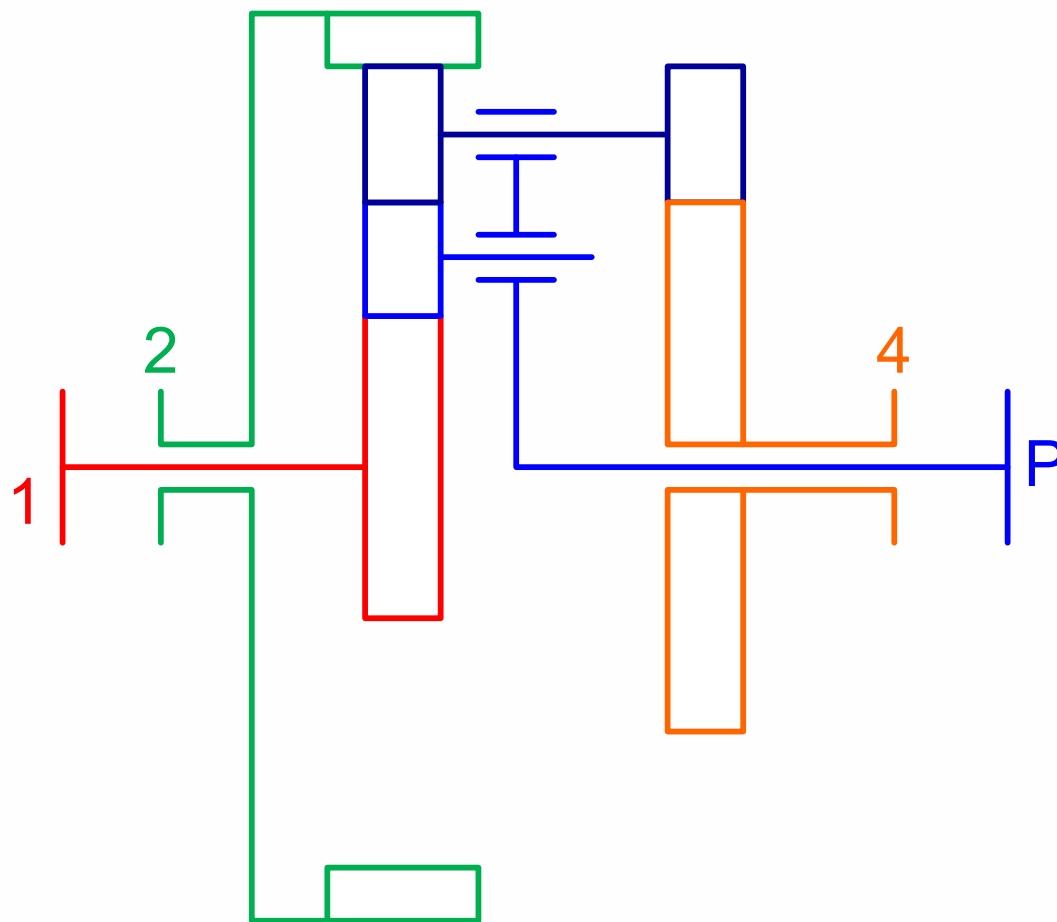
■ Možne prestave za avtomatski menjalnik:

- 1. prestava (gred 2 je blokirana, gred 1 je poganjana);
- 2. prestava (gred 1 je blokirana, gred 2 je poganjana);
- 3. prestava (vse tri gredi so povezane, gred 1 je poganjana);
- R prestava (gred P je blokirana, gred 1 je poganjana).



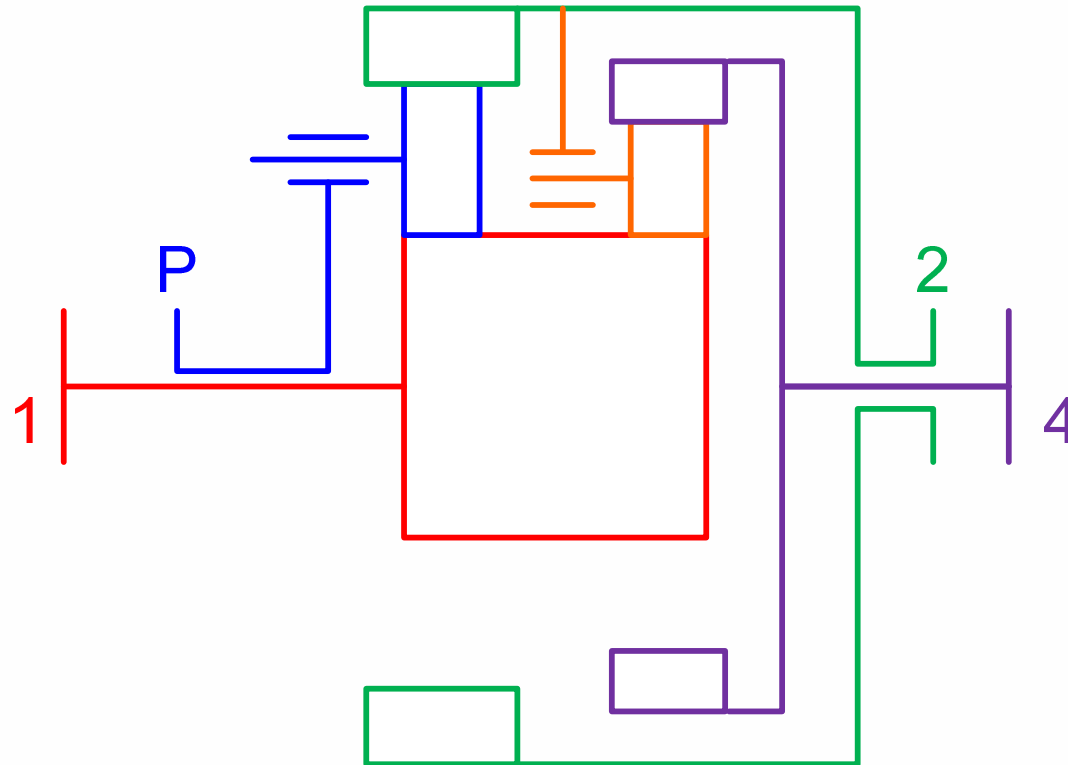
Avtomatski menjalnik

- Štiriosno planetno gonilo Ravigneaux:



Avtomatski menjalnik

- Štiriosno planetno gonilo Simpson:

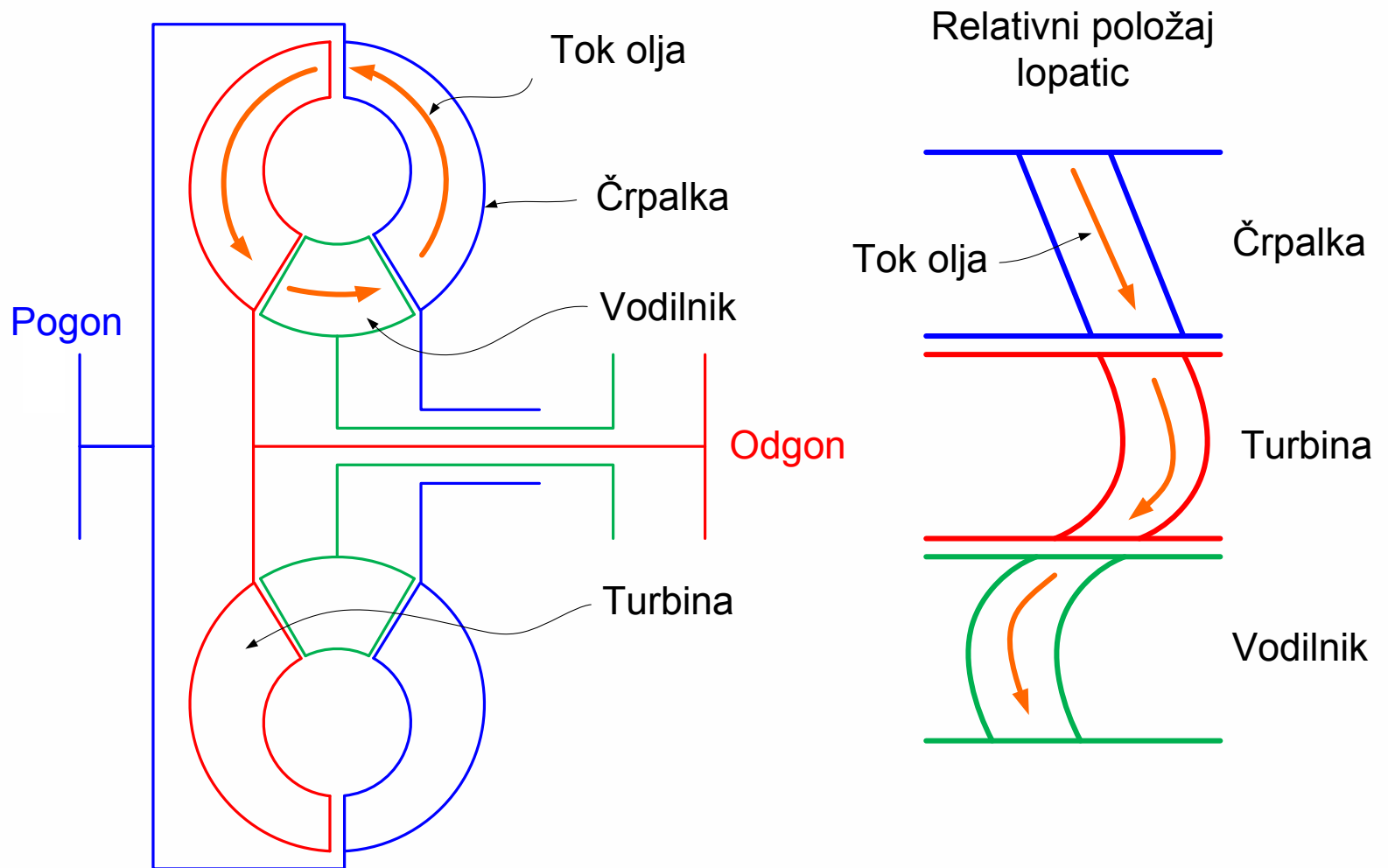


- Zaradi pomanjkljivosti se to gonilo praktične ne uporablja več za moderne avtomatske menjalnike.
- Predvsem starejši avtomatski menjalniki na ameriškem trgu so temeljili na planetnem gonilu tega tipa.



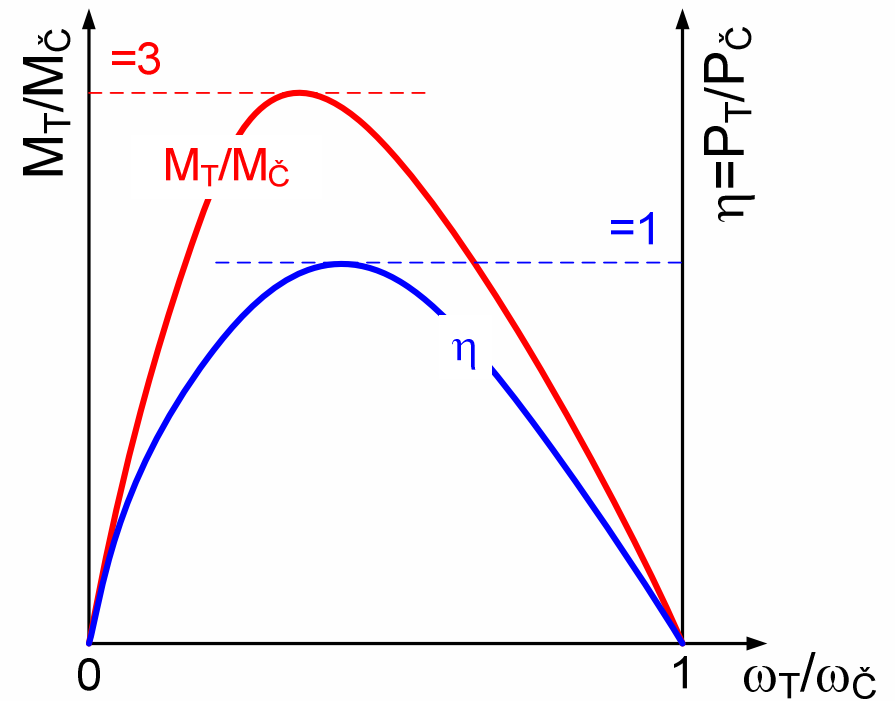
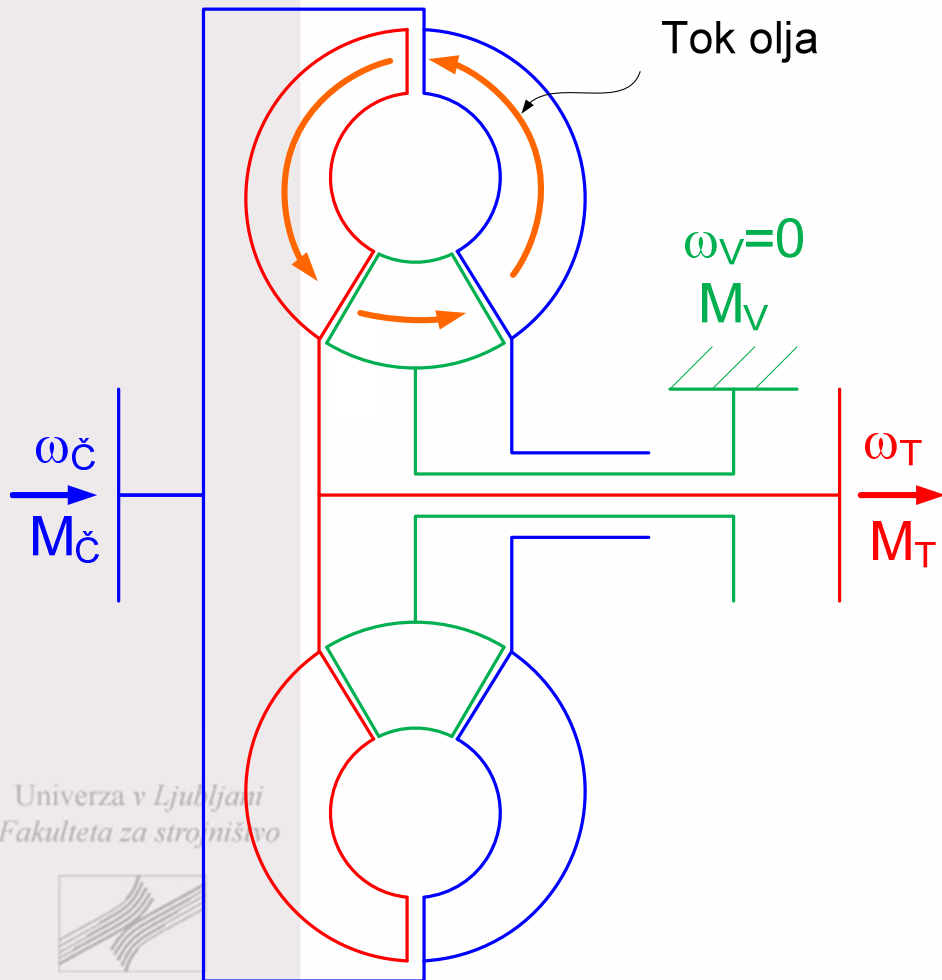
Hidravlični menjalnik

- Zgradba hidravličnega menjalnika (ang. "torque converter):



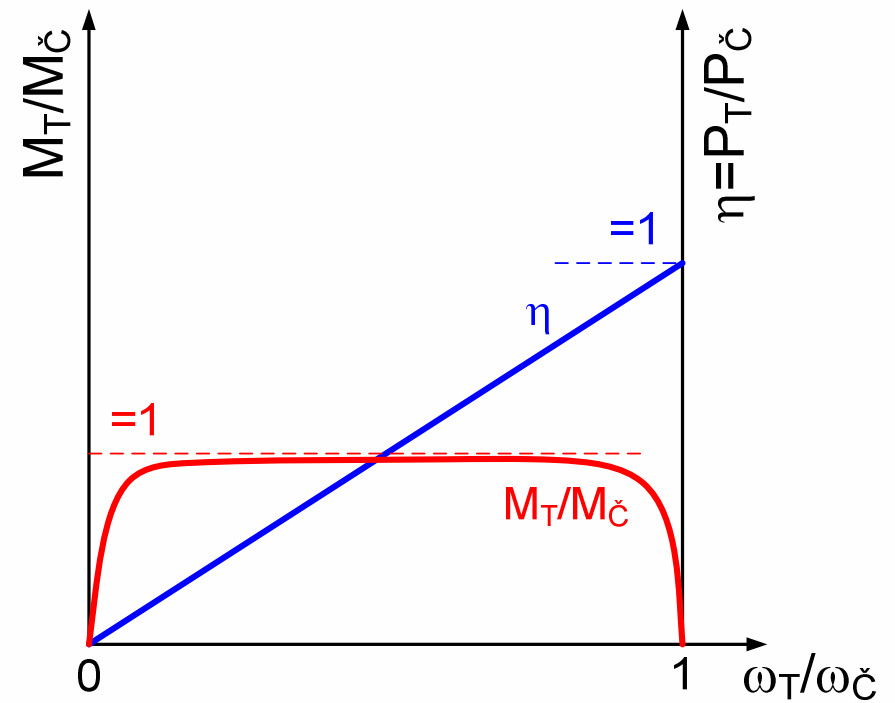
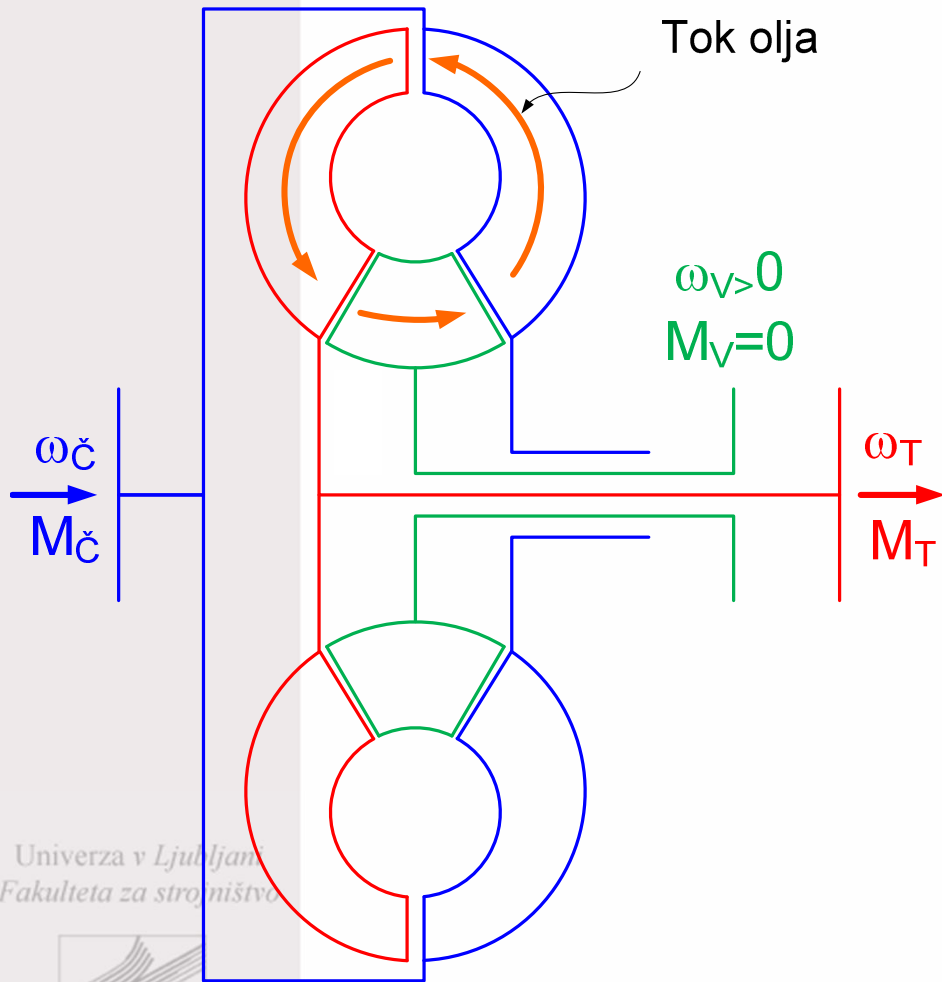
Hidravlični menjalnik

- Hidravlični menjalnik v menjalniškem načinu delovanja ($\omega_V=0$):



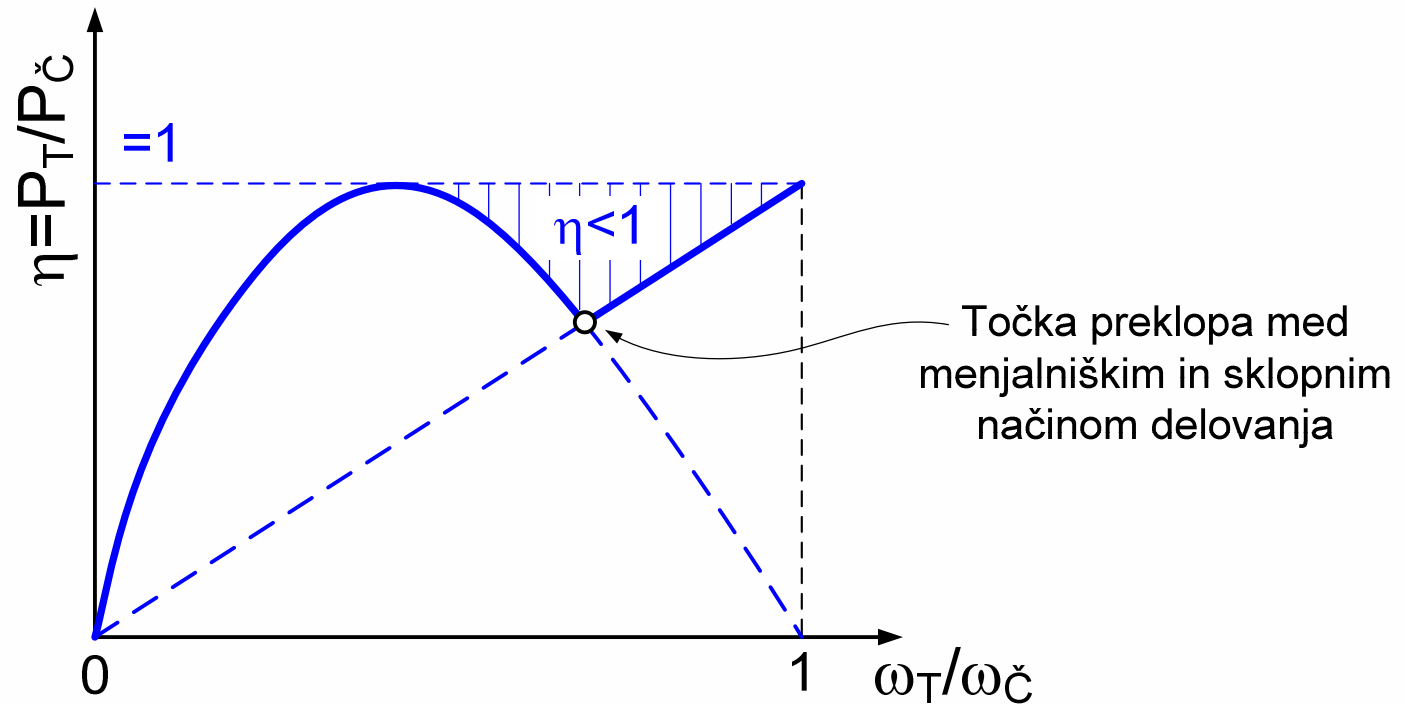
Hidravlični menjalnik

- Hidravlični menjalnik v sklopnem načinu delovanja ($\omega_V > 0$):

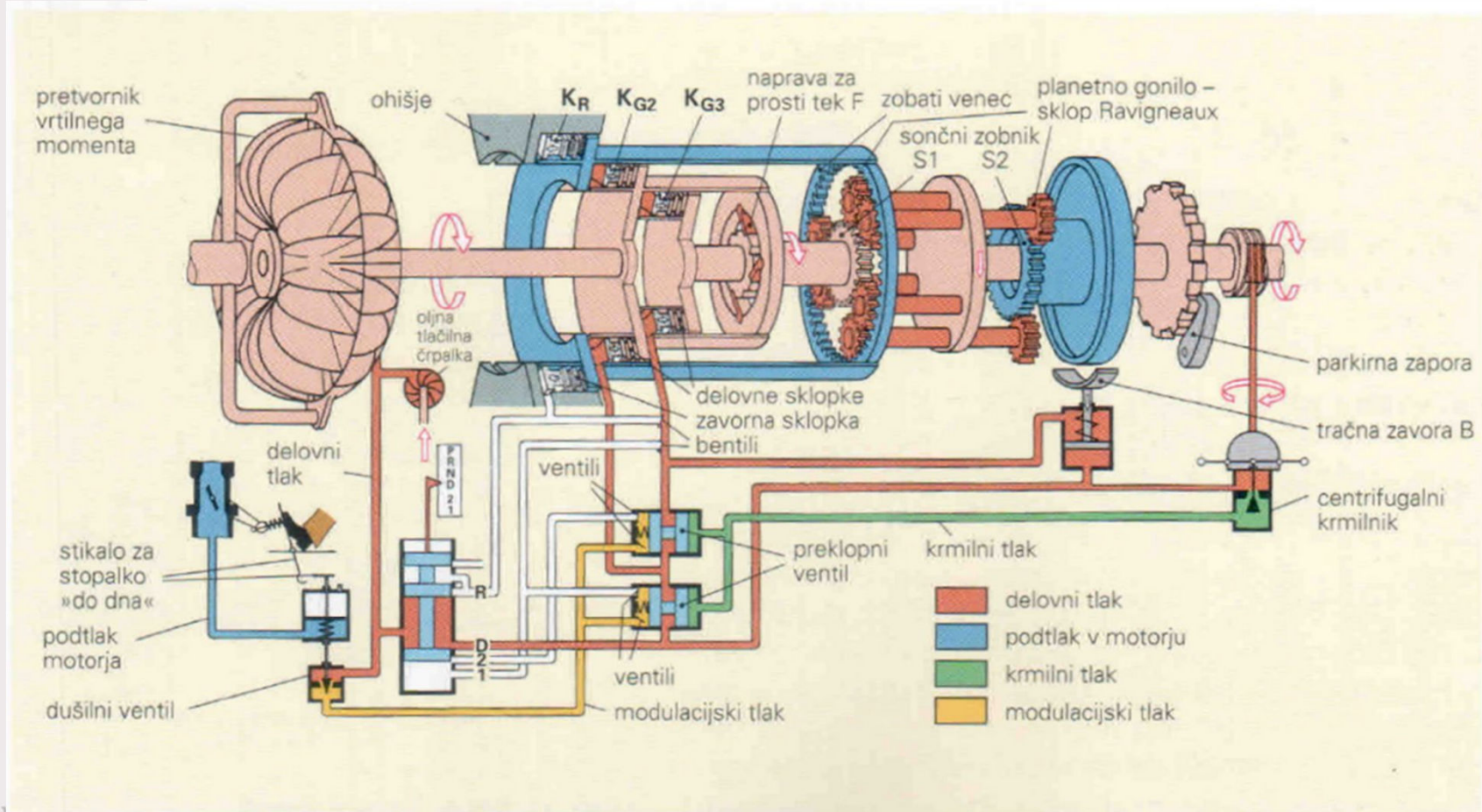


Hidravlični menjalnik

- Dejanska karakteristika hidravličnega menjalnika, uporabljenega v avtomatskih menjalnikih:



Avtomatski menjalnik - zgradba

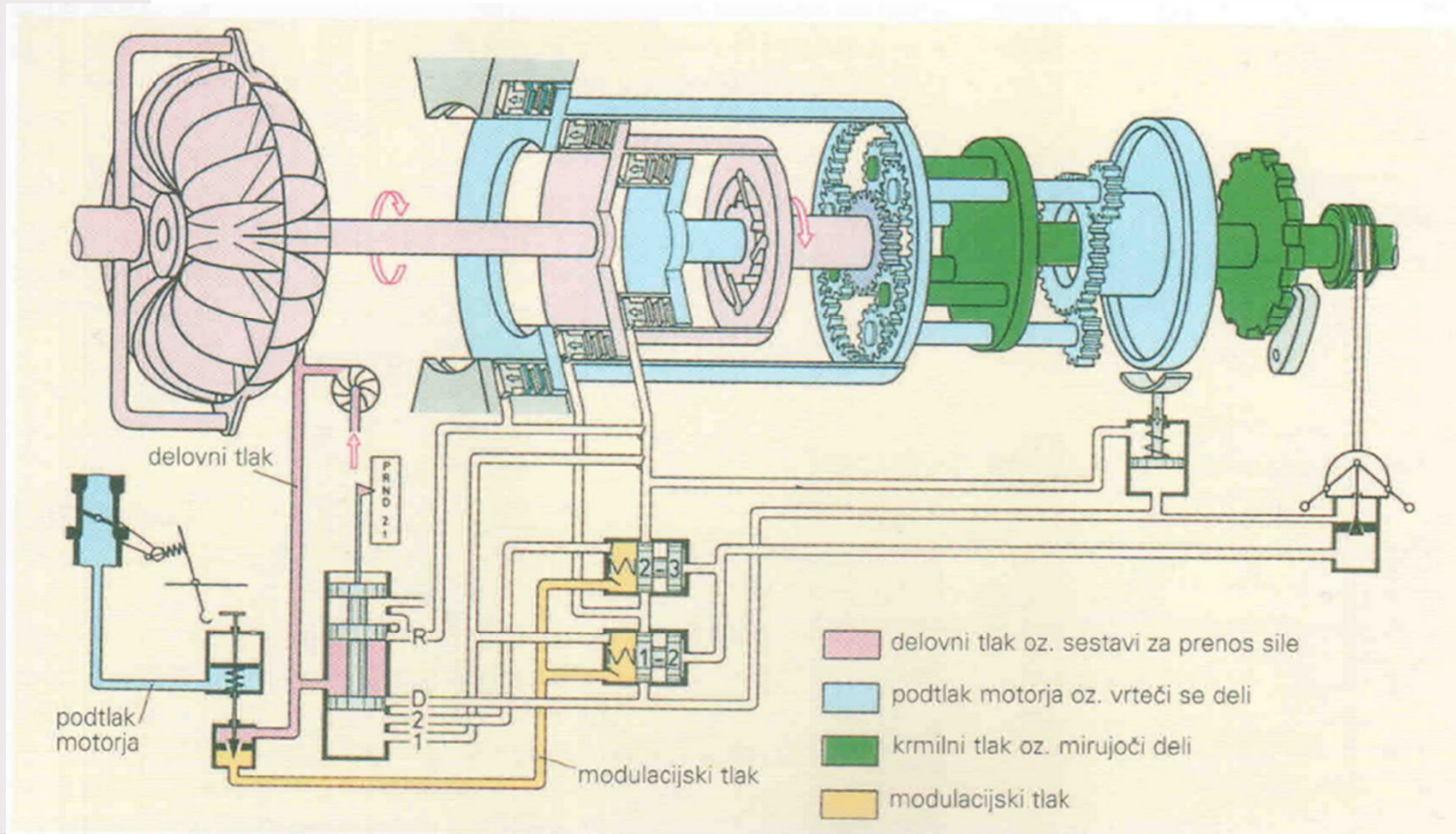


Slika 3.5.2.1-2: Hidravlično krmilje – položaj ročice za preklapljanje D, 3. prestava

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 203.



Avtomatski menjalnik – nevtralna prestava

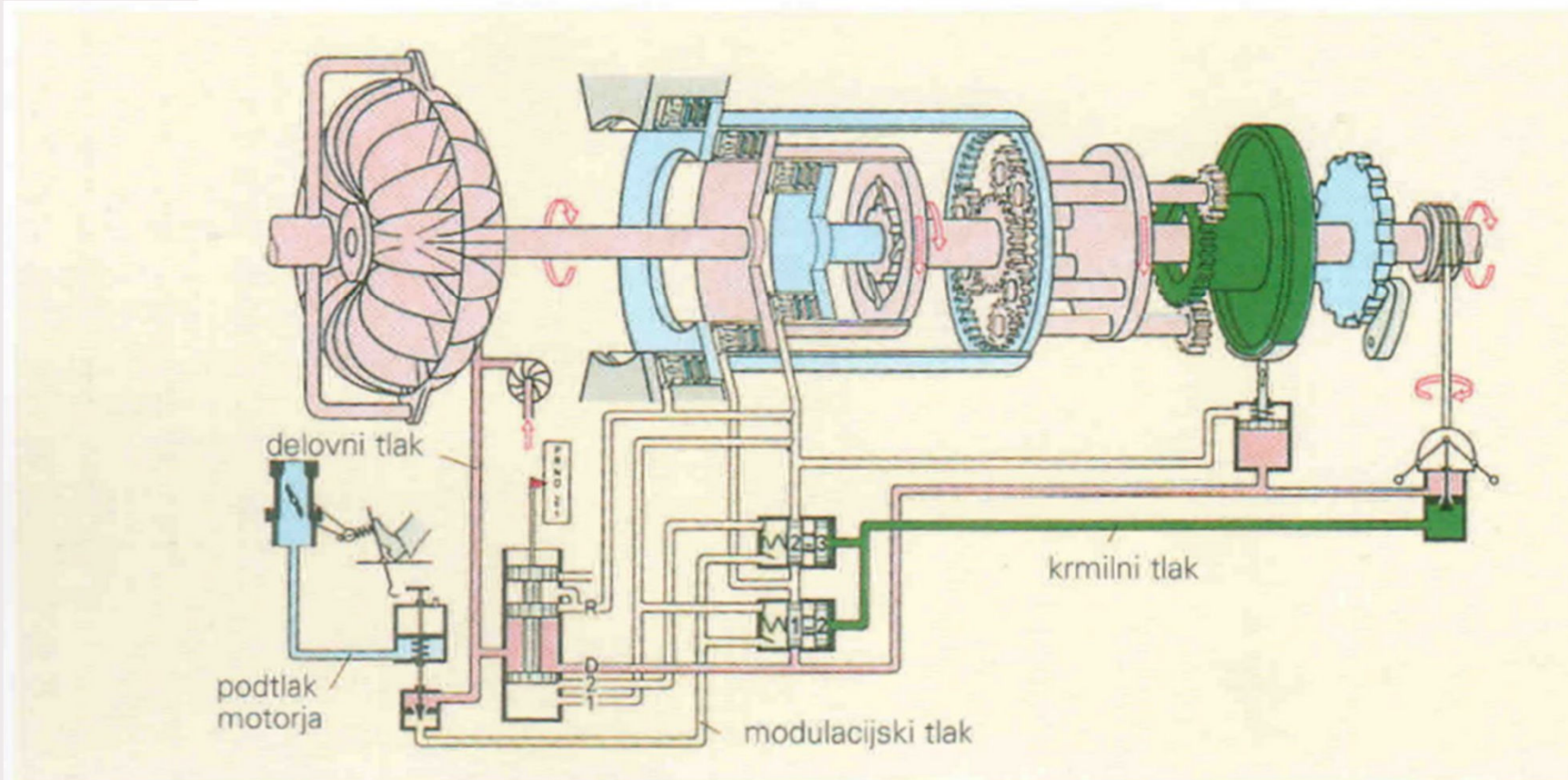


Slika 3.5.2.2-1: Položaj pretične ročice N

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 206.



Avtomatski menjalnik – 1. prestava

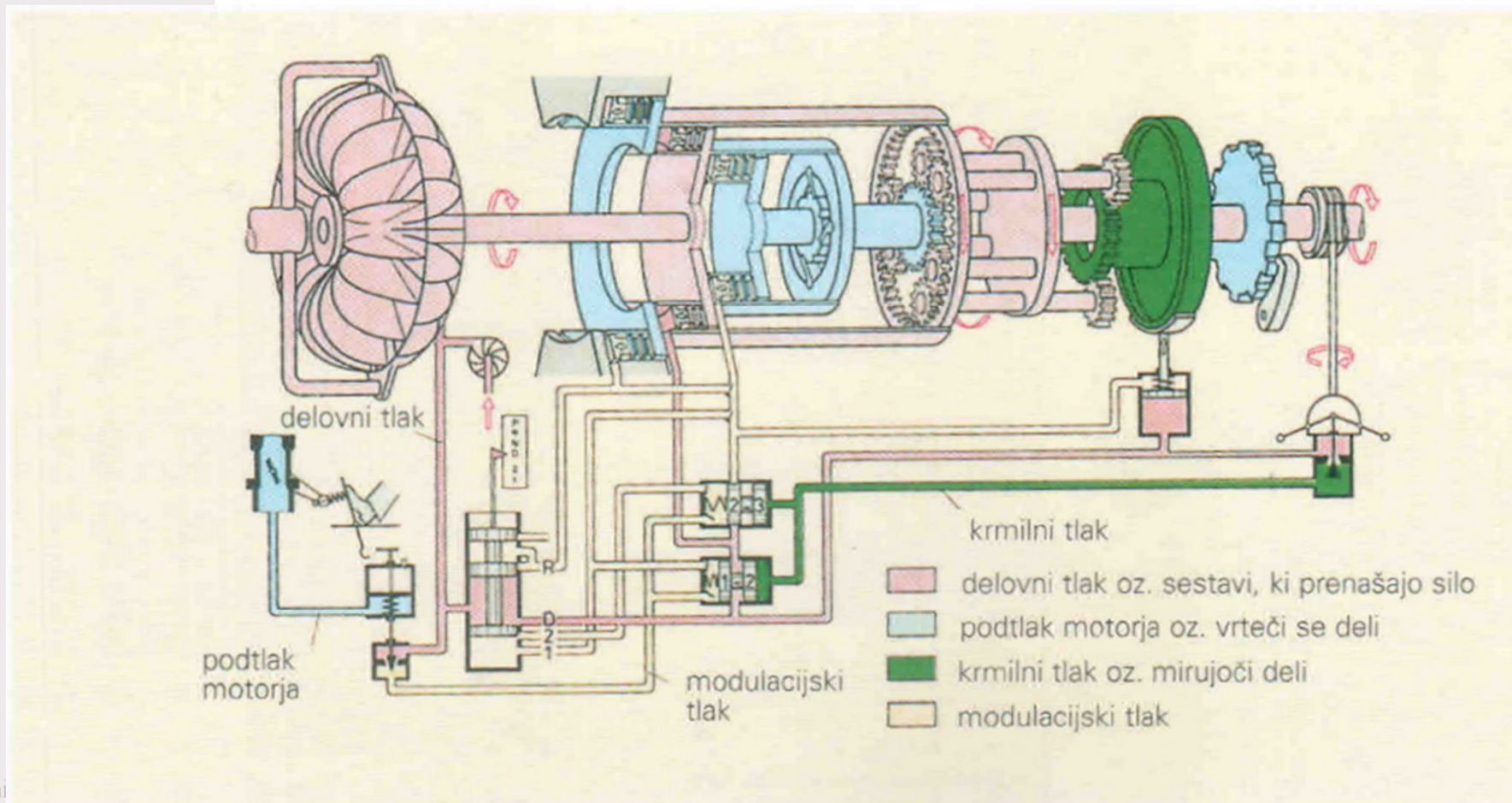


Slika 3.5.2.2-2: Položaj pretične ročice D – 1. prestava

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 207.



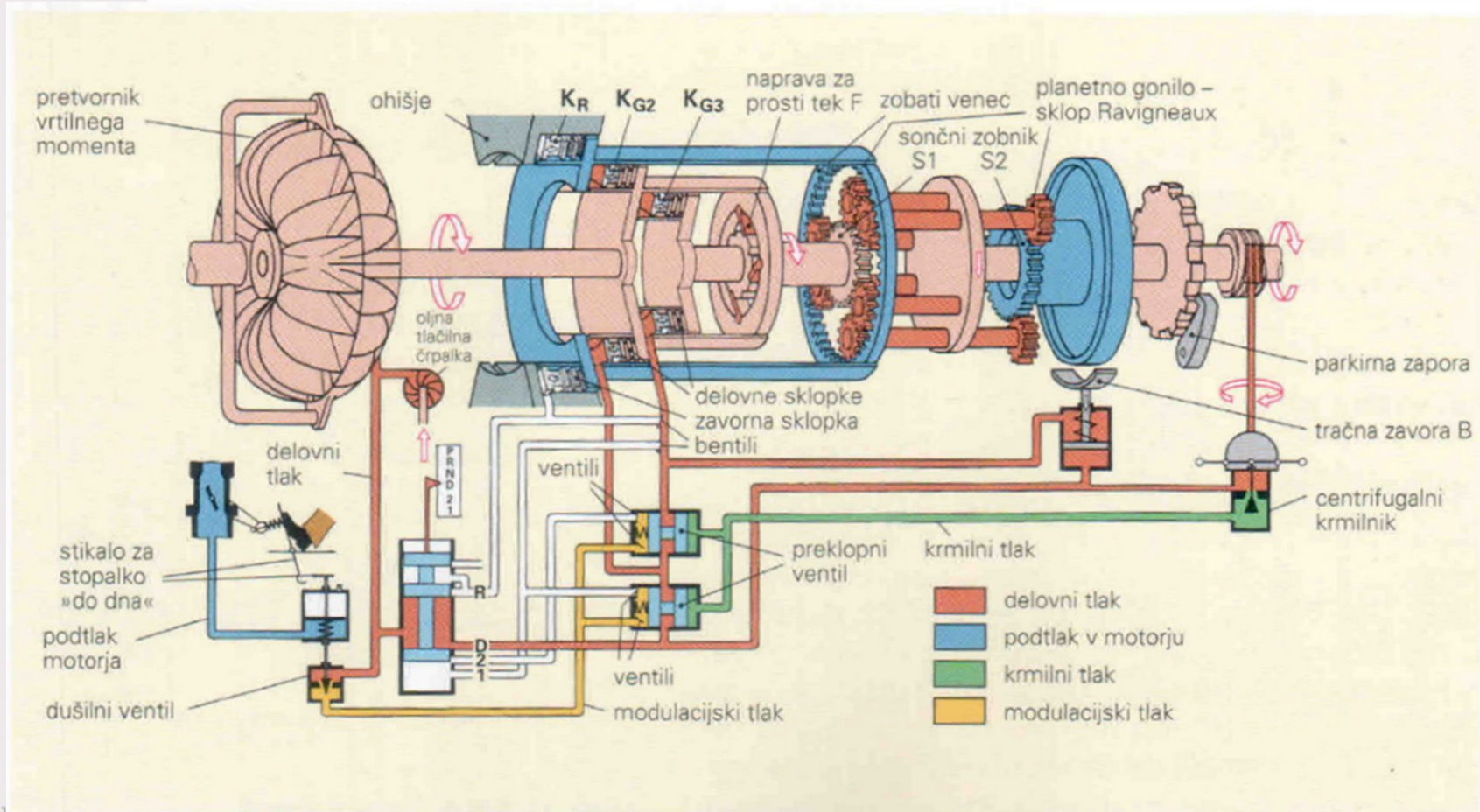
Avtomatski menjalnik – 2. prestava



Slika 3.5.2.2-3: Položaj pretične ročice D – 2. prestava

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 207.

Avtomatski menjalnik – 3. prestava

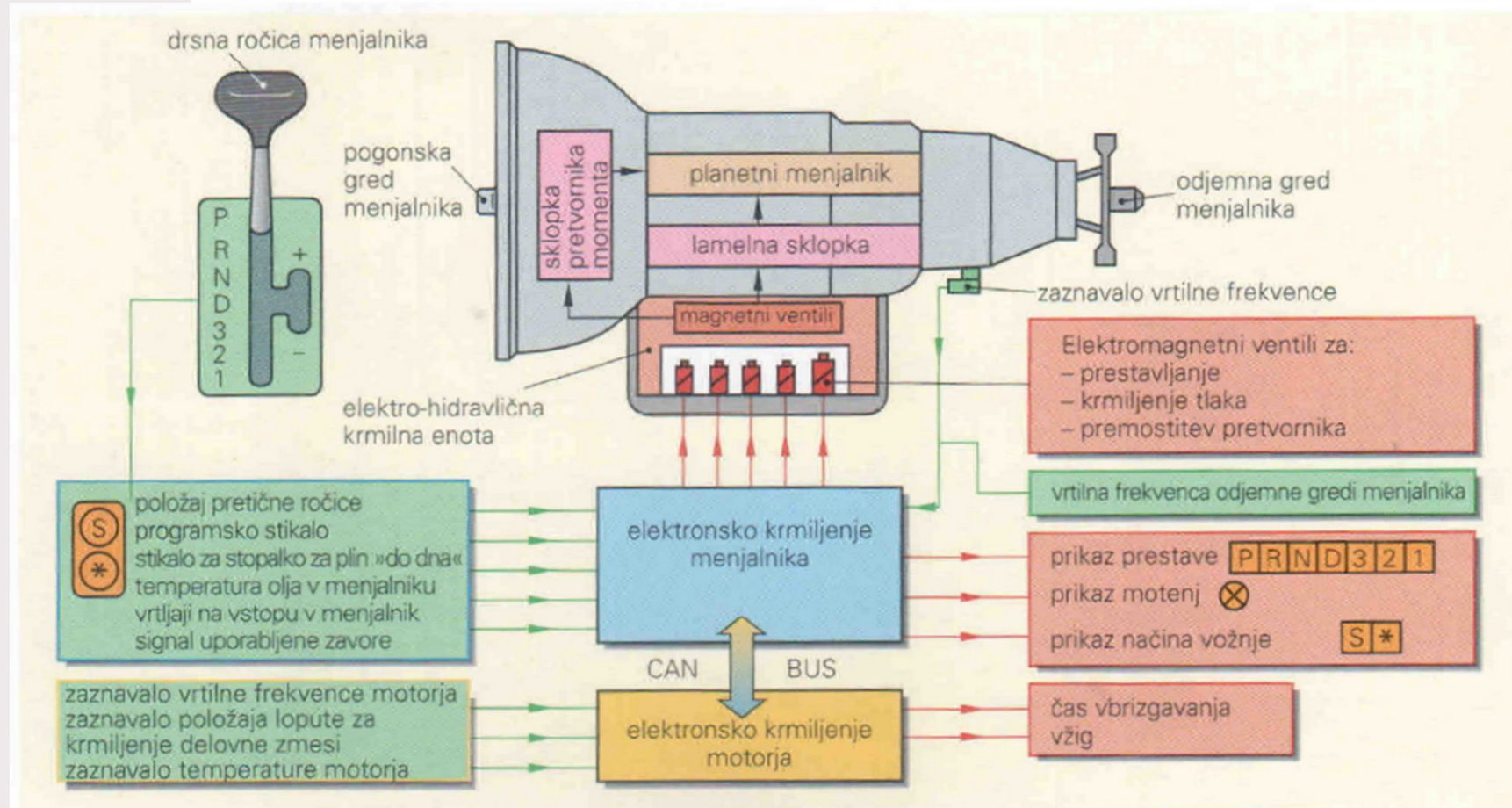


Slika 3.5.2.1-2: Hidravlično krmilje – položaj ročice za preklapljanje D, 3. prestava

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 203.



Avtomatski menjalnik – moderna izvedba

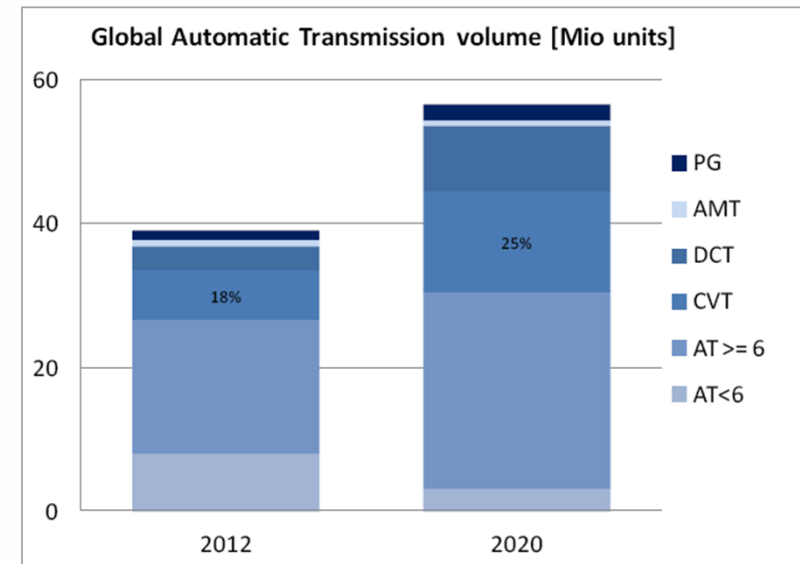


Slika 3.5.2.3-1: Shema elektronskega krmiljenja menjalnika in motorja

Vir: Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001, str. 208.

Menjalniki z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem (CVT – Continuously Variable Transmission)

- Uporaba gonil z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem (□VT) v avtomobilski industriji v zadnjih letih kontinuirano narašča.
- Po pričakovanjih bo delež □VT gonil v naslednjem desetletju dosegel 25% vseh avtomatskih gonil.



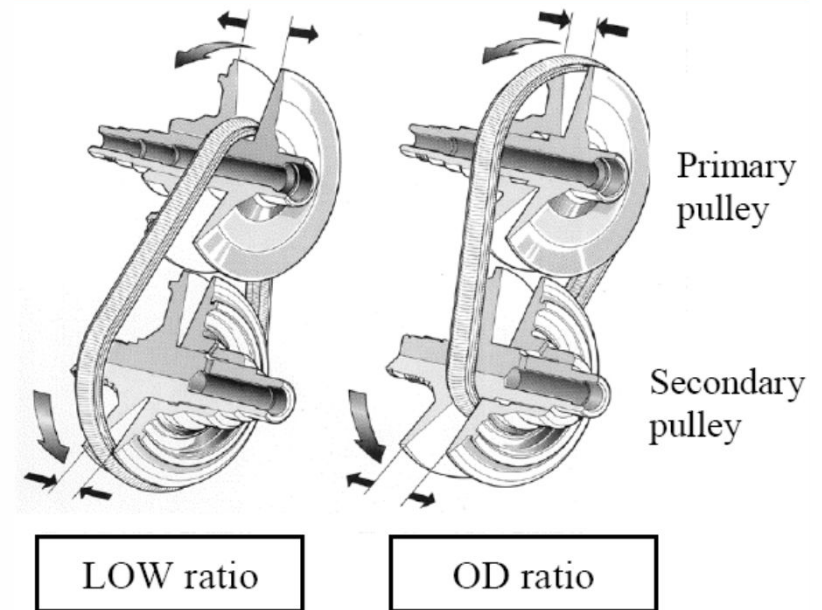
Pričakovani razvoj trga avtomatskih menjalnikov [Vir: Pennings]

- Osrednji strojni element □VT gonila je bodisi jermenski variator bodisi toroidno torni gonilo.
- Pri jermenskem variatorju se navor in moč prenašata s primarne na sekundarno jermenico s pomočjo trenja med jermenicami in členkastim kovinskim jermenom.

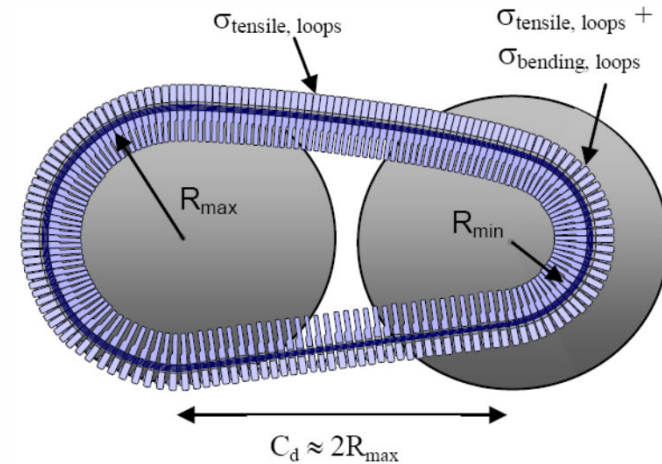


Menjalniki z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem

- □VT gonilo omogoča brezstopenjsko izbiro prestavnih razmerij od redukcijskih do multiplika-cijskih vrednosti prestave.
- Brezstopenjsko prestavljanje se izvede s spreminjanjem aksialnih sil na pomičnih jermenicah, kar rezultira v spremembi dotikalnega polmera jermena.
- Jermenski element je obremenjen z nateznimi in upogibnimi obremenitvami.



Princip delovanja jermenskega variatorja [Vir: Pennings]



$$R_c \approx (R_{\max})^2 / (R_{\min})^2$$

Obremenitev jermenskega elementa [Vir: Pennings]



Menjalniki z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem

- Van Doorne-ov segmentni jekleni jermen:



- Jeklena veriga s prečnimi tornimi sorniki:

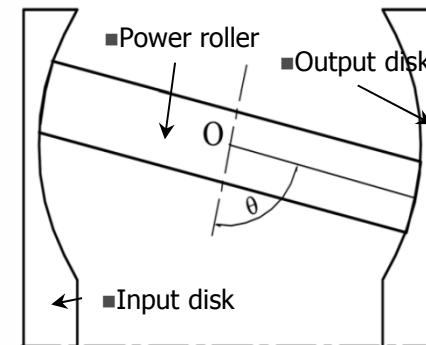


Vir: www.sanboo.en.alibaba.com

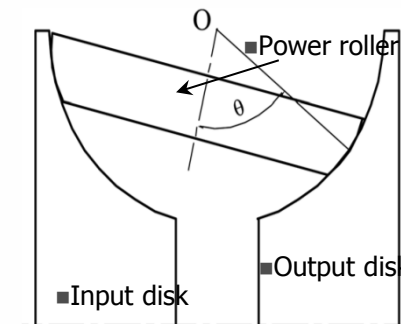


Menjalniki z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem

- Brezstopenjsko prestavljanje v toroidnih tornih gonilih se izvede z nagibom tornega kolesa, ki se nahaja med pogonskim in odgonskim toroidnim tornim kolesom.



Toroidni variator s polno votlino [Vir: Pennings]

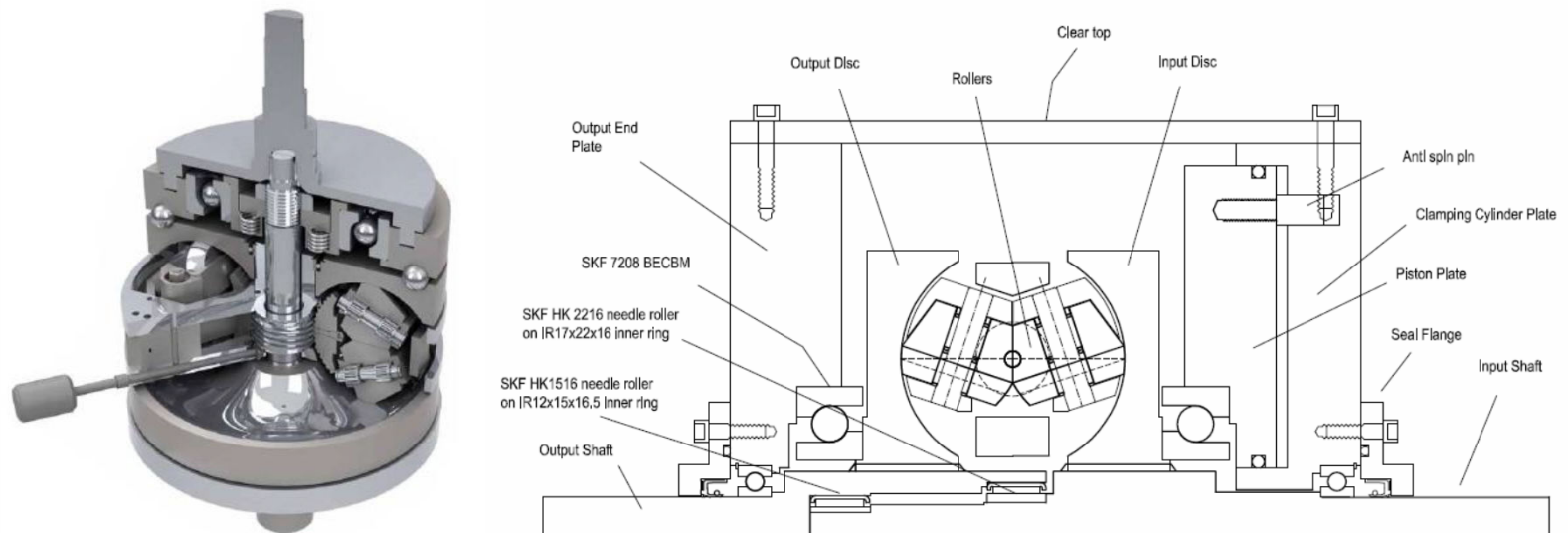


Toroidni variator s pol-votlino [Vir: Pennings]



Menjalniki z zvezno nastavljivim prestavnim razmerjem

- Toroidno □VT gonilo z dvojnimi vmesnimi tornimi kolesom.
 - Znotraj toroidne votline je postavljen par nasprotno-vrtečih se koničnih tornih koles.
 - Na ta način se minimizira izgube zaradi nasprotne rotacije v širokem področju prestavnih razmerij in zmanjšajo aksialne sile na ležaje pri vmesnih tornih kolesih.

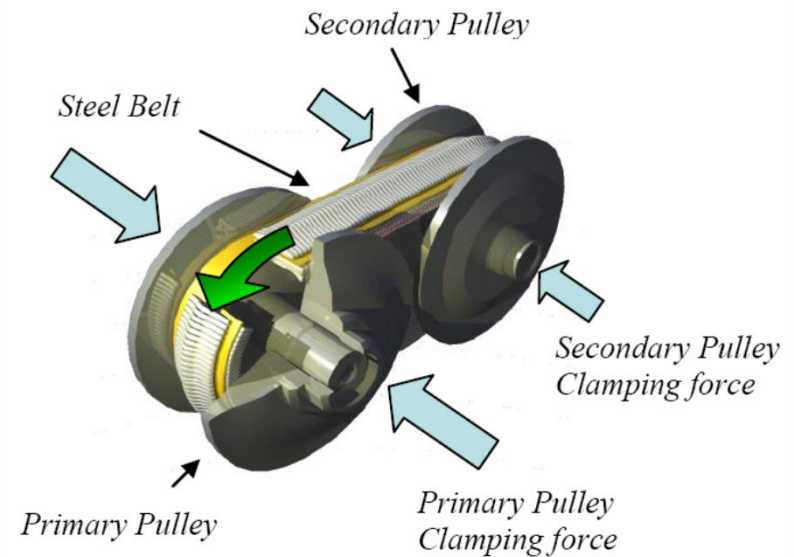


Shema toroidnega CVT gonila z dvojnimi vmesnimi tornimi kolesom [Vir: Walker et al.]

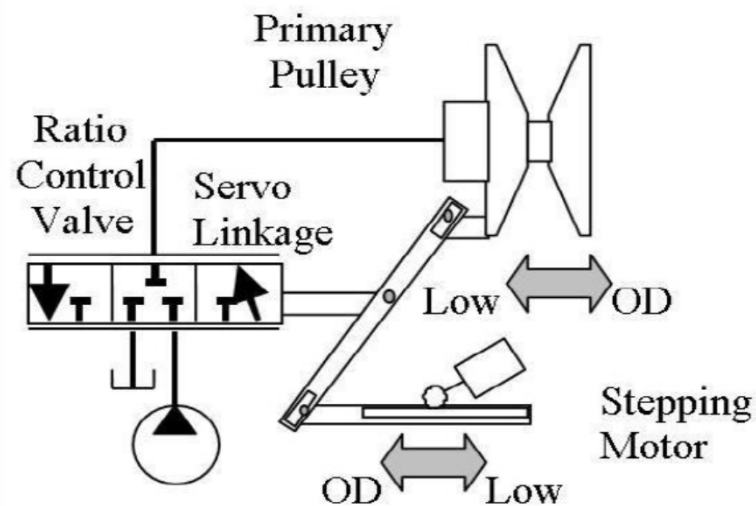


Kontrola prestavljanja pri jermenskem CVT gonilu

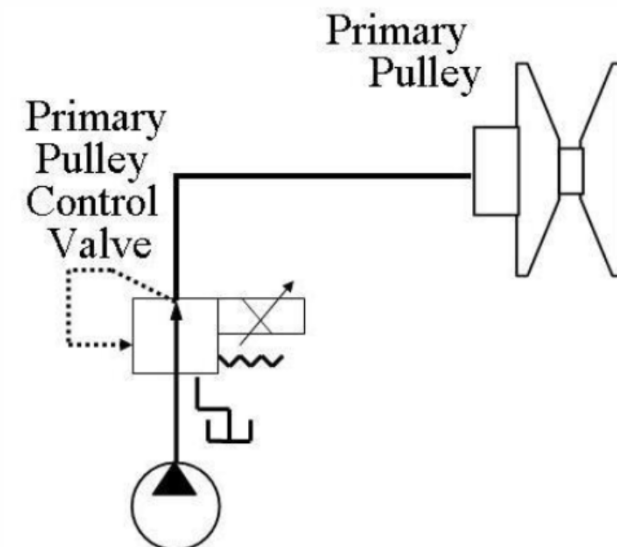
- Pri CVT gonilu z jeklenim jermenom se za kontrolo prestavnega razmerja uporablja direktni pritisk na jermenico.
- Kontrolni mehanizem je izveden s koračnim motorjem in servo ojačevalcem ali direktnim pritiskom na jermenico.



Jermensko CVT gonilo [Vir: Seiichiro et al.]



Koračni motor s servo ojačevalcem [Vir: Seiichiro et al.]

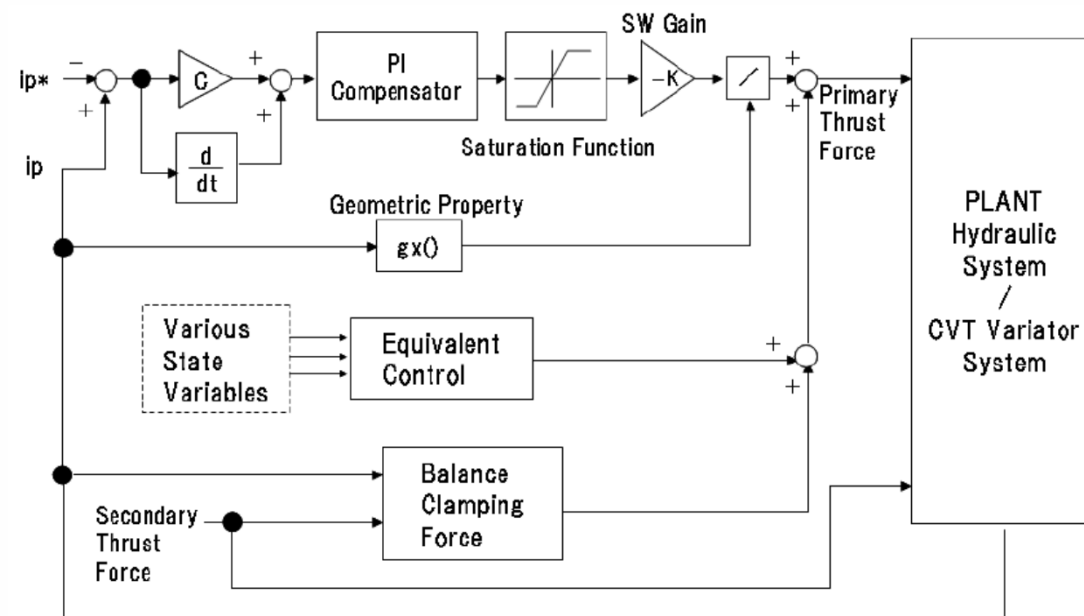


Direktni pritisk na jermenico [Vir: Seiichiro et al.]



Kontrola prestavljanja pri jermenskem CVT gonilu

- Sprememba prestave je pogojena s spremembo aksialne sile, ki deluje na obe jermenici.
- Odziv □VT gonila na spremembo aksialne sile je nelinearen zaradi geometrije jermena, ki je teče na jermenici ter odvisnosti kotne hitrosti od hitrosti gibanja jermenice.

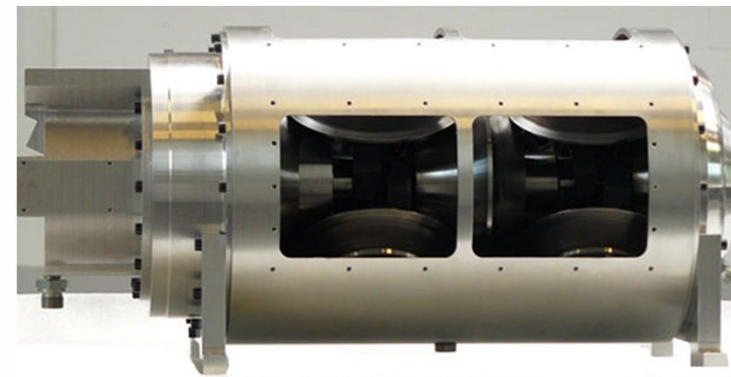
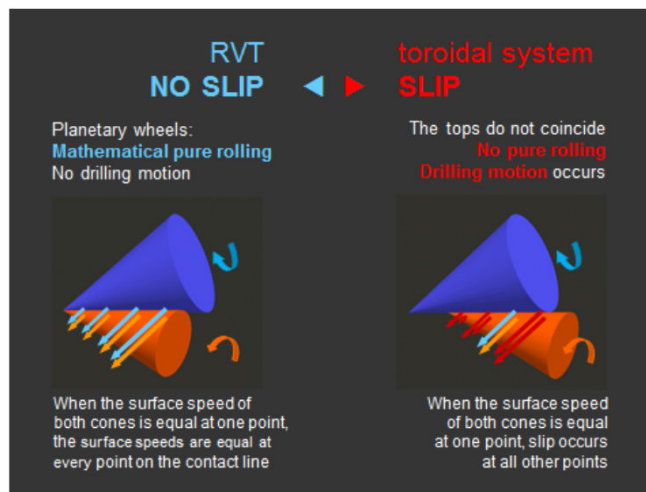


Blokovni diagram za kontrolo prestavljanja pri jermenskem CVT gonilu [Vir: Seiichiro et al.]



Reverzibilna Variabilna Transmisija (RVT)

- RVT transmisija je nov tip transmisije, ki omogoča kontinuirano obratovanje motorja z notranjim zgorevanjem na krivulji minimalne porabe tako, da eliminira nepotrebne potrošnike energije v transmisiji (torne sklopke, sinhroni, hidravlični menjalnik itn.).
- RVT gonilo je oblikovano tako, da hkrati minimizira t.i. rotacijski zdrs (ang. drill-slip) tornih koles, kar poveča učinkovitost prenosa in zmanjša izgube pri prenosu.

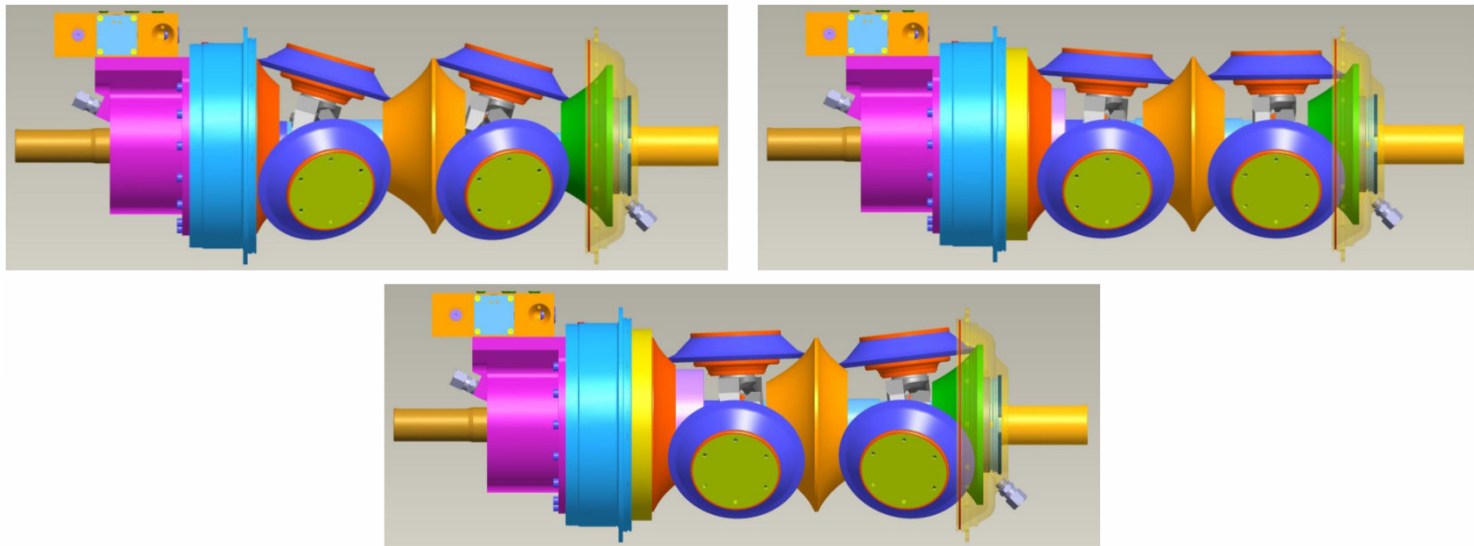


Shema RVT gonila [Vir: De Maziere]



Reverzibilna Variabilna Transmisija (RVT)

- Prestavna razmerja variirajo med 2.4 (prestava navora 0.417) v smeri naprej in 0.26 (prestava navora 3.846) v smeri nazaj:

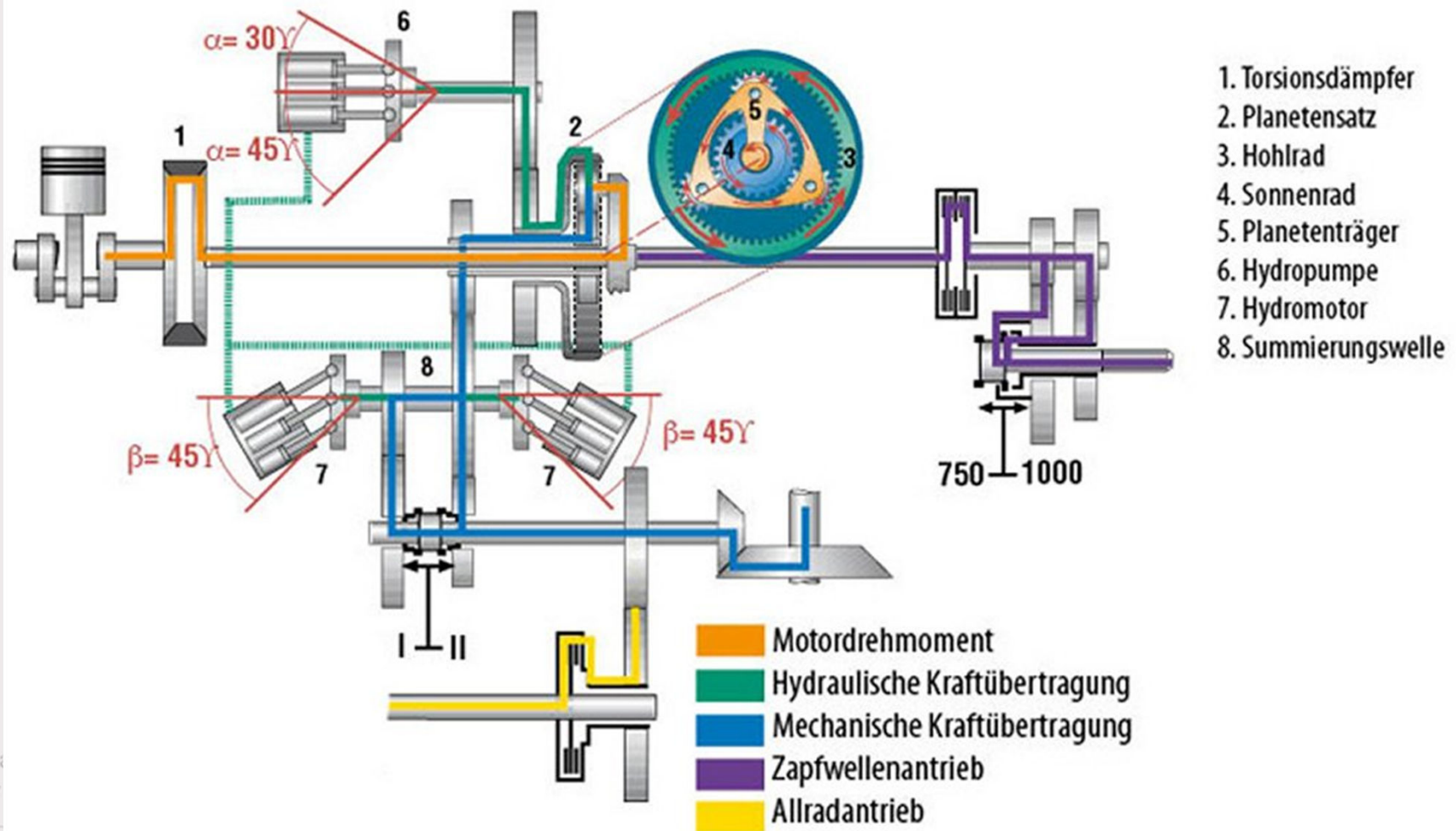


Najvišja prestava v smeri naprej (zgoraj levo), nevtralna prestava (zgoraj desno) in najvišja prestava v smeri nazaj (spodaj) [Vir: De Maziere]

- Prestavljanje je brezstopenjsko tudi med spremembo smeri vrtenja. To je mogoče zato, ker je RVT gonilo v bistvu planetno gonilo s tornimi kolesi.
- Rotacijski zdrs med tornimi kolesi se pojavi le med spremembo prestave.



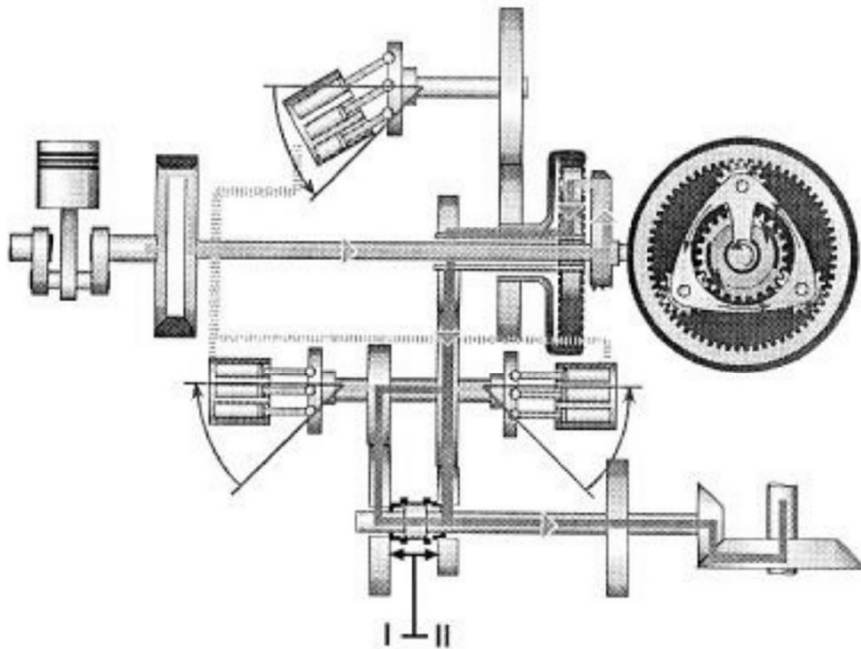
Avtomatski brezstopenjski menjalnik – FENDT vario



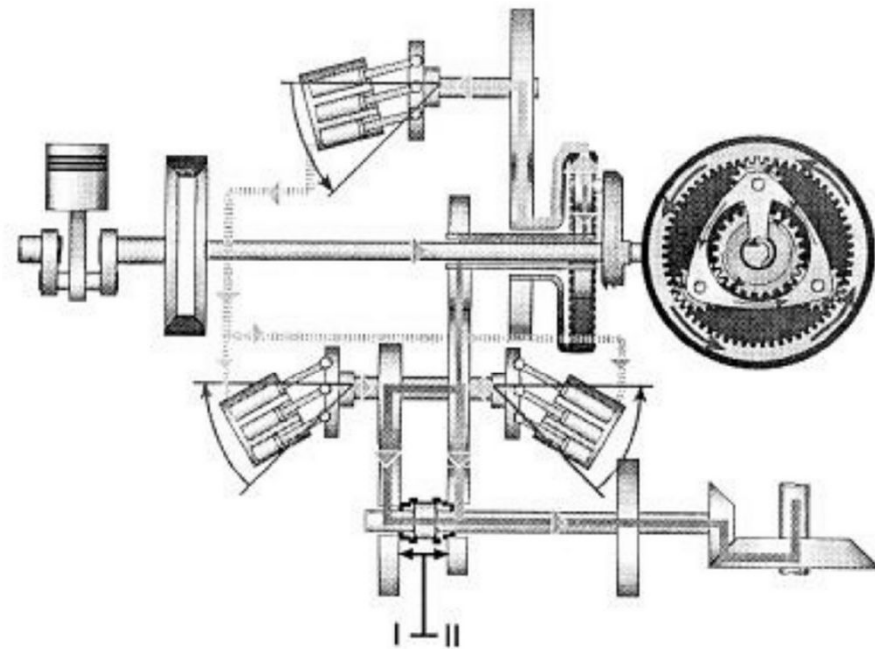
Vir: http://www.fendt.com/de/traktoren_fendt900vario_motorundgetriebe_fendtvario-getriebe.asp



Avtomatski brezstopenjski menjalnik – FENDT vario



Transport, cca. 100% mehanski prenos



Pluženje, cca. 75% hidravlični prenos

[Vir: Honzek R., AG O-Fendt]



Seznam literature

- Motorno vozilo. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, 2001.
- Spletna stran podjetja FENDT:
http://www.fendt.com/de/traktoren_fendt900vario_motorundgetriebe_fendtvario-getriebe.asp (zadnji obisk: 3. 1. 2013)
- Honzek R.: Firmenpräsentation: Stufenlose Getriebe und Motormanagement Neues stufenloses leistungsverzweigtes Traktorgetriebe. Marktoberdorf: AG O-Fendt.
- Pennings, B. Recent material developments for further optimisation of the pushbelt VT. FISITA conference 2014: F2014-TMH-003
- Walker, P., Durack, J., Durack, M. Laboratory testing of new form of toroidal VT. FISITA conference 2014: F2014-TMH-025
- Seiichiro, T., Hiroyasu, T., Hideaki, S., Masahiro, Y., Tetsuya, I. Application of sliding mode control to a VT ratio control system. FISITA conference 2014: F2014-TMH-043
- De Mazière, F. Reversible variable transmission – new transmission system for optimum fuel efficiency and sharp dynamics. FISITA conference 2014: F2014-TMH-071

