

**UTICAJ UGLA UKRŠTANJA OSA OBRTANJA NA UKUPAN
STEPEN ISKORIŠTENJA PLANETARNOG CILINDRIČNOG
PRENOSNIKA TIPA 1AI**

**IMPACT OF THE INCLINE ANGLE OF THE TOOTH OF SUN
GEAR EFFICIENCY OF THE PLANETARY CYLINDRICAL
TRANSMITTERS TYP 1AI**

Dr.sc. Heset Cakolli, prof.asoc.; **Dr.sc. Nijazi Ibrahim, red. prof.**
Dr.sc. Bashkim Baxhaku, prof.asoc.; **Dr.sc. Azem Kycyku, prof.ass.**
Mašinski Fakultet u Prištini

REZIME

Hiperboloidni zupčasti parovi spadaju u grupu zupčastih parova čije se ose obrtanja ukrštavaju u prostoru, za razliku od zupčastih parova kod koji su ose obrtanja međusobno paralelne ili se sijeku. Ukupni stepen iskorištenja jednog planetarnog prenosnika η_p , zavisi od gubitaka trenja između zubaca u toku sprege, otpora u ležištima, trenja maziva, relativnog okretanja zupčanika i dr. U ovom radu će se razmotriti dva ekstremna slučaja i to: a) $\beta_1 = 0^\circ$, $\Sigma = \beta_2$ i $\beta_3 = -2\beta_2$ i b) $\beta_3 = 0^\circ$, $\beta_1 = 2\Sigma$ i $\beta_2 = -\Sigma$ i istraživati ukupan stepen iskorištenja u zavisnosti od ugla ukrštanje osa obrtanja $\Sigma = 5^\circ - 25^\circ$ sa prenosnim odnosom $i_{15} = 4.25$.

Ključne riječi: Planetarni hiperboloidni cilindrični prenosnici, stepen iskorištenja

SUMMARY

Hyperbolic gear pairs belongs to the group of gear couples which axis cross each other in the space, as alternative to the gear couples which rotation axis are either parallel to each other or intersect each other. A special case is obtained if the slope angel of the lateral lines of sun gear with the outer gearing a) $\beta_1 = 0^\circ$, $\Sigma = \beta_2$ and $\beta_3 = -2\beta_2$ and b) $\beta_3 = 0^\circ$, $\beta_1 = 2\Sigma$ and $\beta_2 = -\Sigma$, sun gear with the inside gearing $\beta_3 = -2\beta_2$, and the angle of the crossing of rotation axis $\Sigma = 5^\circ - 25^\circ$, In the present work, the investigation of the total efficiency with the transmitting ratio $i_{15} = 4,25$.

Key words: Planetary hyperbolic cylindrical transmitters, efficiency.

1. PLANETARNI HIPERBOLOIDNI CILINDRICNI PRENOSNICI

Planetarni prenosnici zauzimaju značajno mjesto među zupčastim prenosnicima i primjenjuju se u mnogim područjima tehnike, pogotovu kod prenosa velikih snaga, jer se koristi princip grananja snage, na taj način što se snaga prenosi preko više paralelnih puteva, od ulaza ka izlazu. U zadnje vrijeme počela su istraživanja planetarnih hiperboloidnih cilindričnih prenosnika TIPA 1AI, kod kojih je karakteristično to da se ose okretnja sunčanika i planetarca ukrštavaju pod uglom Σ .

Ugao ukrštanja osa obrtanja za spoljašnju i unutrašnju spregu određuje se pomoću izraza:

$$\Sigma = \frac{\beta_1 - \beta_3}{2} = \beta_1 + \beta_2 = -(\beta_2 - \beta_3) \quad (1)$$

Rad obuhvata razmatranje planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika Tipa 1AI, za dva krajnjih ekstremnih slučaja i to:

- sunčanik sa spoljašnjim ozubljenjem sa pravim zubicima $\beta_1 = 0$, dok planetarci $\beta_2 \neq 0$, i sunčanik sa unutrašnjim ozubljenjem sa kosim zubicima $\beta_3 \neq 0$, prema [1],
- sunčanik sa spoljašnjim ozubljenjem sa kosim zubicima $\beta_1 \neq 0$ i planetarci $\beta_2 \neq 0$ dok sunčanik sa unutrašnjim ozubljenjem sa pravim zubicima $\beta_3 = 0$, prema [2],

2. ZAVISNOST STEPENA ISKORIŠĆENJA PLANETARNOG HIPERBOLIDNO CILINDRIČNOG PRENOSNIKA OD UGLA UKRSATANJA OSA OBRRTANJA Σ

Ukupan stepen iskorištenja planetarnog hiperboloidno cilindričnog prenosnik tipa 1AI, za slučaj kada je pogonski element sunčanik sa spoljašnjim ozubljenem 1, a gonjeni element je nosač planetaraca S, dok sunčanik sa unutrašnjim ozubljenjem 3, je nepokretan element određuje se pomoću izraza za oba slučajeve:

$$\eta_{pa} = \frac{1 - i_{1s} \cdot \eta_{13a}}{1 - i_{1s}} \quad \text{odnosno,} \quad \eta_{pb} = \frac{1 - i_{1s} \cdot \eta_{13b}}{1 - i_{1s}} \quad (2)$$

Tabela 1. Izrazi za proračun ukupnog stepena iskorištenja planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika Tipa 1AI za oba slučaja u zavisnosti od ugla ukrštanja osa obrtnja $\Sigma = (2^\circ - 25^\circ)$ za prenosni odnos prenosnika $i_{1S}^3 = 4.2$

a-Prvi slučaj $\beta_1 = 0$	b-Drugi slučaj $\beta_3 = 0$
<i>Ugao ukrštanja osa obrtanja za planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika</i>	
$\Sigma = -\frac{\beta_3}{2} = \beta_2 = -(\beta_2 + \beta_3)$	$\Sigma = \frac{\beta_1}{2} = \beta_1 + \beta_2 = -\beta_2$
<i>Stepeni iskorištenja</i>	
<i>Stepeni iskorištenja spoljanje sprege</i>	
$\eta_{12.Aa} = \frac{F_{12.A} \cdot v_{2.A}}{F_{11} \cdot v_1} = \frac{\cos(\beta_{w2.A} - \rho_{vA})}{\cos \rho_{vA} \cdot \cos \beta_{w2.A}}$	$\eta_{12.Ab} = \frac{F_{12.A} \cdot v_{2.A}}{F_{11} \cdot v_1} = \frac{\cos(\beta_{w2.A} - \rho_{vA}) \cdot \cos \beta_{w1}}{\cos(\beta_{w1.A} - \rho_{vA}) \cdot \cos \beta_{w2.A}}$
<i>Stepeni iskorištenja unutrašnje sprege</i>	
$\eta_{23.Ia} = \frac{F_{13} \cdot v_3}{F_{12.I} \cdot v_{2.I}} = \frac{\cos(\beta_{w3} + \rho_{v3}) \cdot \cos \beta_{w2.I}}{\cos(\beta_{w2.I} + \rho_{vI}) \cdot \cos \beta_{w3.I}}$	$\eta_{23.Ib} = \frac{F_{13} \cdot v_3}{F_{12.I} \cdot v_{2.I}} = \frac{\cos \rho_v \cdot \cos \beta_{w2.I}}{\cos(\beta_{w2.I} - \rho_{vI})}$
<i>Ukupan stepen iskorištenja sprege zubaca hiperboloidno cilindričnog prenosnika pri nepokretnom nosaču planetarca</i>	
$\eta_{13a} = \eta_{12.Aa} \cdot \eta_{23.Ia} \cdot \eta_I$	$\eta_{13b} = \eta_{12.Ab} \cdot \eta_{23.Ib} \cdot \eta_I$
<i>Ukupan stepen iskorištenja planetarnog hiperboloidno cilindričnog prenosnik tipa 1AI</i>	
$\eta_{pa} = \frac{1 - i_{1s} \cdot \eta_{13a}}{1 - i_{1s}}$	$\eta_{pb} = \frac{1 - i_{1s} \cdot \eta_{13b}}{1 - i_{1s}}$

Stepen iskorištenja sprege zubaca hiperboloidno cilindričnog prenosnika pri nepokretnom nosaču planetaraca $\eta_{13} = \eta_z$ određuje se prema izrazu:

$$\eta_{13a} = \eta_{12.Aa} \cdot \eta_{23.Ia} \cdot \eta_I \quad \text{odnosno,} \quad \eta_{13b} = \eta_{12.Ab} \cdot \eta_{23.Ib} \cdot \eta_I \quad (3)$$

Stepeni iskorištenja spoljašnje i unutrašnje sprege η_{12A} i η_{23I} , određuju se pomoću obrazca koji su date u Tabeli 1., za dva slučaja:

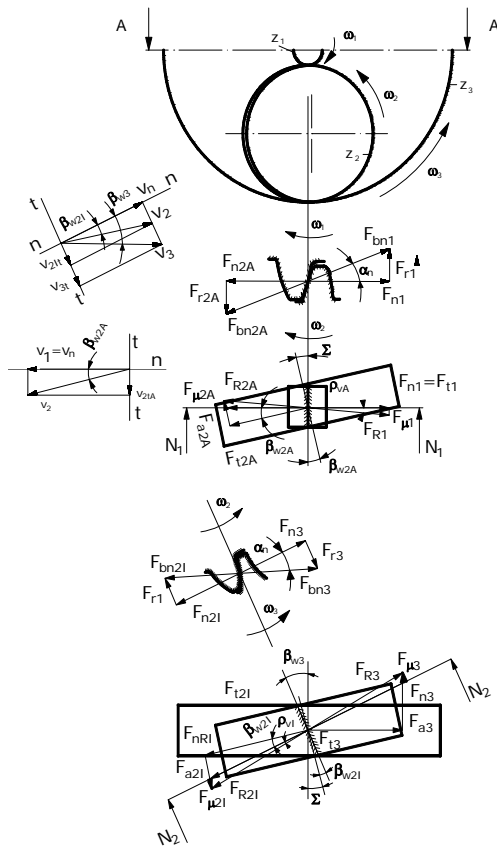
1. Za spoljšanju spregu, planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika η_{12A} , se određuje kao odnos korisnog rada na gonjenom zupčaniku ($F_{t2A} v_{aA}$) prema uloženom radu na pogonskom zupčaniku ($F_{t1} v_1$).
2. Za unutrašnju spregu planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika η_{23I} , se takođe se određuje kao odnos korisnog rada na gonjenom zupčaniku ($F_{t3} v_3$) prema uloženom radu na pogonskom zupčaniku ($F_{t2I} v_{2I}$).

Stepeni iskorištenja spoljašnje i unutrašnje sprege zuba hiperboloidno cilindričnog prenosnika određuje se pomoću izraza:

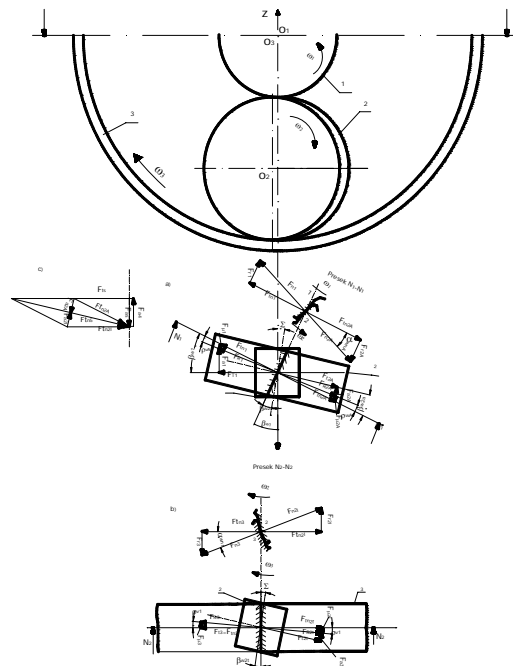
$$\eta_{12A} = \frac{P_{2A}}{P_1} = \frac{F_{t2A} \cdot v_{2A}}{F_{t1} \cdot v_1} \quad \eta_{23I} = \frac{P_3}{P_{2I}} = \frac{F_{t3} \cdot v_3}{F_{t2I} \cdot v_{2I}} \quad (4)$$

3. SILE I MOMENTI

Na sl.1. i sl.2. je data posebna analiza sila sprege zuba hiperboloidnog cilindričnog prenosnika tipa 1AI, za slučaj dodira bokova zuba u tački C, usljed dejstva spoljašnjeg obrtnog momenta T_1 , za oba slučaja.

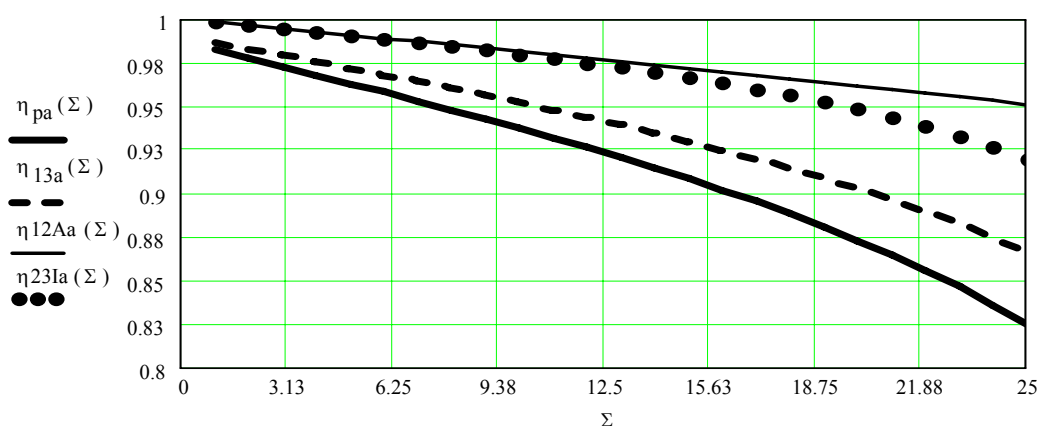


Slika 1. Analiza sila zuba za spoljašnju i unutrašnju spregu za $\beta_1=0^\circ$



Slika 2. Analiza sila zuba za spoljašnju i unutrašnju spregu za $\beta_3=0^\circ$

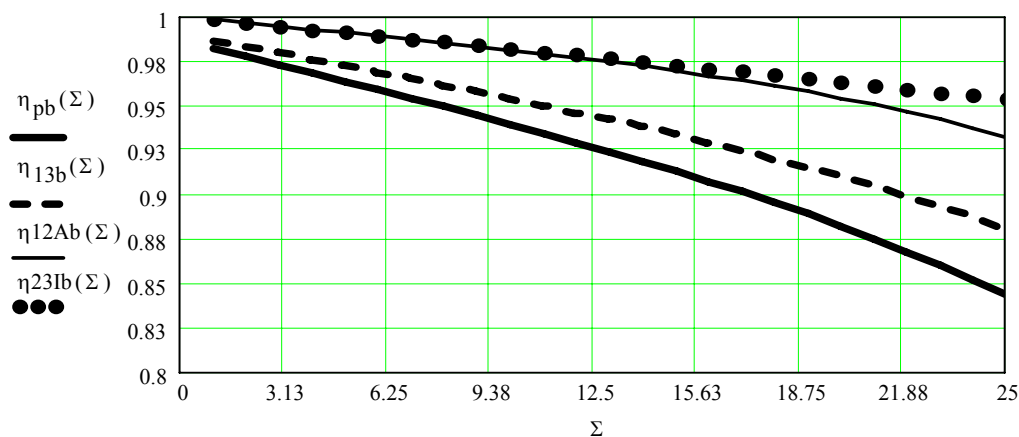
Na sl.3. date su krive na dijagramu $\eta - \Sigma$, za stepen iskorištenja za spoljašnju spregu η_{12Aa} , unutrašnju spregu η_{23Ia} , stepen iskorištenja sprega prenosnika η_{13a} , i ukupan stepen iskorištenja η_{pa} , u zavisnosti od ugla ukrštanja osa obrtanja Σ .



Slika 3. Zavisnost stepena iskorištenja od ugao ukrštanja osa obrtanja Σ

Iz dijagrama datog na slici 3. se jasno vidi da je stepen iskorištenja η_{12Aa} , veći od stepena iskorištenja unutrašnje sprege η_{231a} . Sa povećanjem ugla nagiba bočnih linija zubaca planetarca odnosno ugla ukrštanja osa obrtanja Σ stepen iskorištenja opada. Takođe se uočava da je stepen iskorištenja sprege zubaca η_{13a} , veći od ukupnog stepena iskorištenja η_{pa} . Sa povećanjem ugla ukrštanja osa obrtanja Σ pomenuti stepeni iskorištenja opadaju.

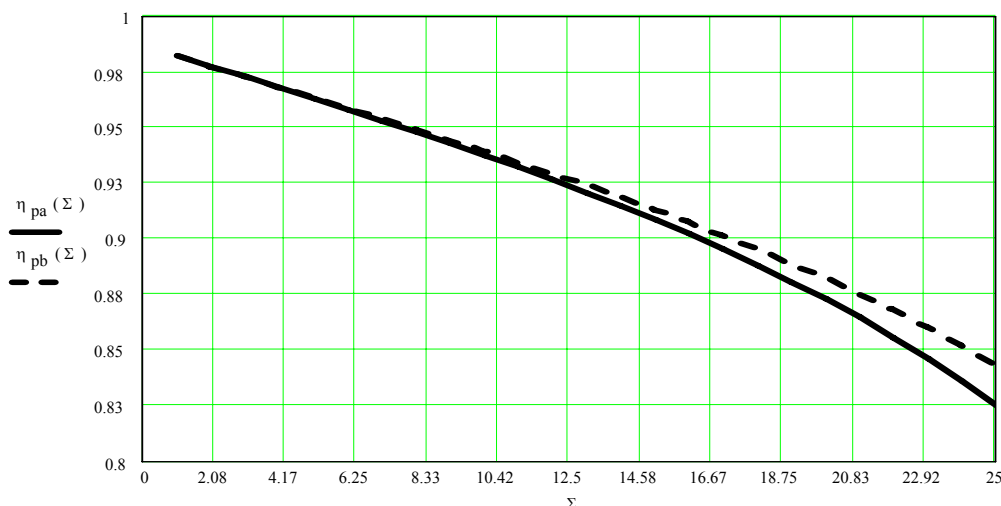
Na slici 4. su date krive na dijagramu $\eta - \Sigma$, za stepen iskorištenja za spoljašnju spregu η_{12Ab} , unutrašnju spregu η_{231b} , stepen iskorištenja sprega prenosioca η_{13b} , i ukupan stepen iskorištenja η_{pb} , u zavisnosti od ugla ukrštanja osa obrtanja Σ , za $\beta_1 = 0$.



Slika 4. Zavisnost stepena iskorištenja od ugla ukrštanja osa obrtanja Σ ,

Iz dijagrama datog na slici 4., se jasno vidi da je stepen iskorištenja η_{12Ab} , veći od stepena iskorištenja unutrašnje sprege η_{231b} . Sa povećanjem ugla nagiba bočnih linija zubaca planetarca odnosno ugla ukrštanja osa obrtanja Σ stepen iskorištenja opada. Takođe se uočava da je stepen iskorištenja sprege zubaca η_{13b} , veći od ukupnog stepena iskorištenja η_{pb} . Sa povećanjem ugla ukrštanja osa obrtanja Σ stepeni iskorištenja opadaju.

Na slici 5. date su krive na dijagramu $\eta - \Sigma$, za ukupan stepen iskorištenja za planetarni hiperboloidni cilindrični prenosnik za prvi slučaj η_{pa} i ukupan stepen iskorištenja za planetarni hiperboloidni cilindrični prenosnik za drugi slučaj η_{pb} .



Slika 5. Zavisnost ukupnog stepena iskorištenja prenosnika η_{pa} i η_{pb} od ugla ukrštanja osa obrtanja Σ

Iz dijagrama datog na slici 5. se jasno vidi da je $\eta_{pa}(\Sigma) \approx \eta_{pb}(\Sigma)$, za prenosni odnos prenosnika $i_{1s}=4.25$, i za ugao ukrštanja osa obrtanja $\Sigma < 12,5^\circ$, dok za ugao ukrštanja osa obrtanja $\Sigma > 12,5^\circ$, $\eta_{pa}(\Sigma) < \eta_{pb}(\Sigma)$.

4. ZAKLJUČAK

Ukupan stepen iskorištenja planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika za prvi slučaj je $\eta_{pa}(\Sigma) < \eta_{pb}(\Sigma)$ ovo se objašnjava time što ima dodatno klizno kretanje u uzdužnom pravcu zubaca i njegova posljedica daje dodatno trenje sprege zubaca za prvi slučaj u odnosu na drugi slučaj.

- Sa povećanjem prenosnog odnosa i_{1s} , ukupan stepen iskorištenja prenosnika se povećava,
- Sa povećanjem ugla ukrštanja osa obrtanja Σ , ukupan stepen iskorištenja planetarnog hiperboloidnog cilindričnog prenosnika opada.

5. LITERATURA

- [1] CAKOLLI H., Prilog na istraživanjeto na mogućnost na razvojot na planetarnite hiperbolidno-cilindrični prenosnici Magistariski trud, Skopje 1989,
- [2] IBRAHIMI N., Prilog istraživanju mogućnosti razvoja planetarnih prenosnika Doktorska disetracija Pristina 1987.
- [3] CAKOLLI H., Optimalizimi i karakteristikave të ndërruesit të shpejtësive të kombinuar me transmetues Disertacion e doktoratës Prishtinë 2000,
- [4] SCHUBERT F., Planetengetriebe mit verchwenken planetenradaesen Dissertation Universitat Stuttgart 1983.

