

INFLUENCE OF PLANETARY GEAR IN IMPROVING EFFICIENCY OF CONTINUOUS VARIABLE TRANSMISSION IN PASSENGER VEHICLES NDIKIMI I TRANSMETUESIT PLANETAR NË PËRMIRËSIMIN E EFIKASITETIT TË NDËRRUESIT KONTINUAL (TË VAZHDUESHËM) TË SHPEJTËSISË NË AUTOMJETET E UDHËTARËVE

SHPETIM LAJQI, BASHKIM BAXHAKU, NASER LAJQI
Universiteti i Prishtinës, Fakulteti i Inxhinierisë Mekanike, Prishtinë, KOSOVË
Email: shpetimlajqi@yahoo.com

AKTET IV, 2: 219-226, 2011

PERMBLEDHJE

Zvogëlimi i shpenzimit të lëndës djegëse te automjetet e udhëtarëve mund të arrihet edhe me përmirësimin e sistemit të bartjes së fuqisë dhe shfrytëzimin optimal të efikasitetit të motorit me djegie të brendshme. Në këtë punim do të analizohet ndërruesi kontinual i shpejtësisë i kombinuar me transmetuesin planetar. Ky kombinim mundëson që bartja e fuqisë përmes ndërruesit kontinual të shpejtësisë të jetë më e vogël se 50 % të shpejtësitë e vogla të lëvizjes së automjetit. Te shpejtësitë e mëdha bartë rreth 80 % të fuqisë hyrëse nga motori me djegie të brendshme, kurse pjesën tjetër të fuqisë e bart përmes transmetuesit planetar [1]. Modelimi është realizuar me anë të modelit matematikor, ndërsa, llogaritjet janë realizuar me programin MATLAB. Është llogaritur degëzimi i fuqisë bartëse të motorit me djegie të brendshme në ndërruesin kontinual të shpejtësisë dhe transmetuesin planetar si dhe shkalla e shfrytëzimit të transmetuesve në varësi të raportit të transmisionit.

Fjale kyçe: Degëzimi i fuqisë, ndërruesi kontinual, transmetuesi planetar, raportet e transmisionit.

SUMMARY

Reducing fuel consumption in passenger vehicles may be aided by improving the power transmission system and using optimal of the efficiency of internal combustion engine. In this paper will analyze the continuous variable transmission combined with planetary transmitter. This combination allows the power flow through continual variable transmission to be less than 50% at small velocities of movement of the vehicle. At high speed carry about 80% of input power from the internal combustion engine, while the rest of carrying through planetary transmitter [1]. Modeling in this paper is realized through mathematical model, whereas, calculations are performed in MATLAB program. Are calculated power split from internal combustion engine into continuous variable transmission and planetary transmission and efficiency of power transmission versus of the transmission ratio.

Key words: Power split, continuously variable, planetary transmitter, transmission ratio.

1. HYRJE

Automjetet gjatë punës lirojnë gazra të cilat janë të dëmshme për ambientin dhe njeriun, prandaj është e domosdoshme gjetja e një zgjidhjeje për shpenzim më të vogël të lëndës djegëse dhe emision me të vogël të gazrave dalëse.

Nëse në automjet përdoret ndërruesi kontinual i shpejtësisë, atëherë deri në 8% do të zvogëlohet

shpenzimi i lëndës djegëse krahasuar me ndërruesin mekanik [2], sepse këta ndërrues kanë raport të ndryshueshëm të transmisionit (fig. 1.) dhe i mundësojnë motorit me djegie të brendshme të punojë me shkallë më të lartë të shfrytëzimit. Shënimet e prezantuara në fig. 1. tregojnë se sa lëndë djegëse mund të kursehen

në automjete përmes përmirësimeve të ndryshme teknike.

Në fig. 2. është paraqitur momenti rrotullues (T_e) i motorit me djegie të brendshme me benzinë në funksion të numrit të rrotullimeve (n_e). Izohipsat paraqesin konsumin specifik të lëndës djegëse ($g_e, gr/kWh$), ndërsa hiperbolat paraqesin fuqinë e motorit me djegie të brendshme (P_e, kW) [3].

Me vijë-pikë-vijë (vija ideale) është paraqitur rasti kur motori punon në shkallën më të lartë të shfrytëzimit. Me përdorimin e ndërruesit kontinual të shpejtësisë kjo vijë përcillet përmes zgjedhjes së përshtatshme të raportit të transmisionit.

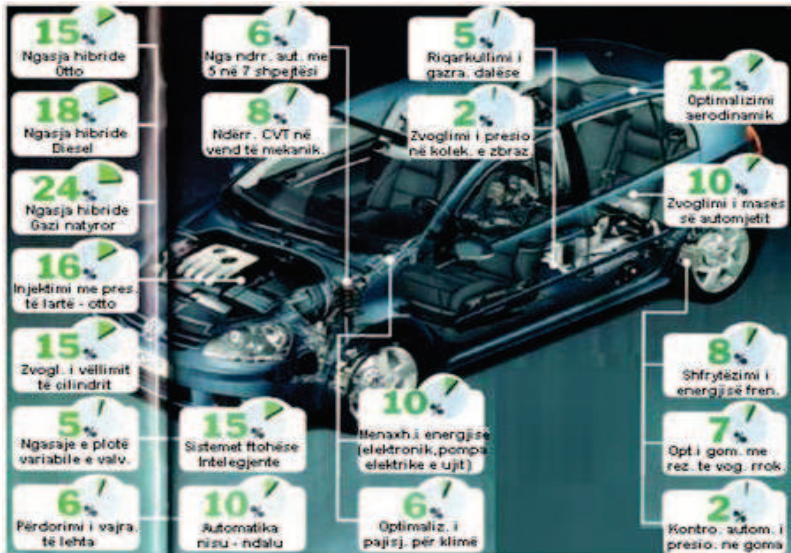


Fig. 1. Mundësisë e kursimit të lëndës djegëse te automjetet e së ardhmes [2]

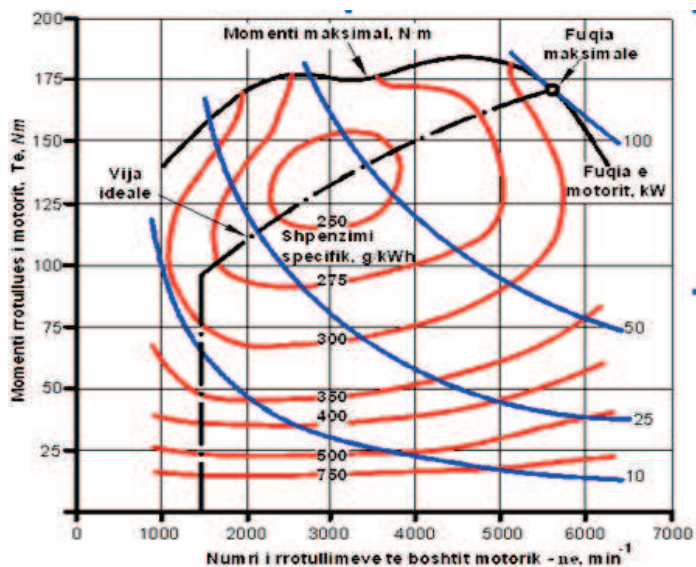


Fig. 2. Varësia e momentit rrotullues nga numri i rrotullimeve të motorit me fuqi 100 kW në rastin e përdorimit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë - vija ideale [3]

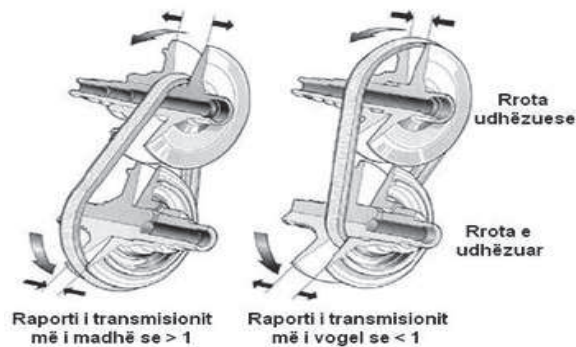


Fig. 3. Paraqitja skematike e ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip transmisioni

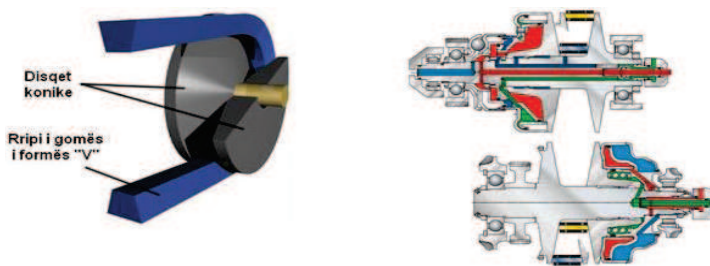


Fig. 4. Konstruksioni i ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip në formë V-je [1]

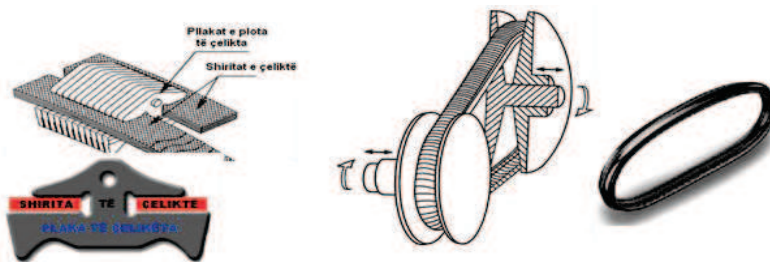


Fig. 5. Forma e rripit nga konstruksioni prej metali [4]

2. NDËRRUESIT E SHPEJTËSISË TE AUTOMJETET

Krahas përdorimit të ndërruesve mekanikë dhe automatikë përdoren edhe ndërruesit kontinual të shpejtësisë. Secili ndërrues duhet t'i plotësojë këto kërkesa:

- Shkalla e shfrytëzimit të jetë sa më e lartë dhe
- Diapazoni i rregullimit të raportit të transmisionit të jetë i mjaftueshëm ashtu që

motori me djegie të brendshme të punojë me shkallë sa më të lartë të shfrytëzimit.

Në të shumtën e rasteve ndërruesi kontinual i shpejtësisë nuk i plotëson këto kërkesa njëkohësisht, për shkak të kufizimit të aftësisë bartëse të rripit. Prandaj kjo ka qenë një prej arsyeve që për një kohë të gjatë këta ndërrues nuk janë përdorur te automjetet me fuqi të madhe të motorit.

2.1. Ndërruesit kontinual të shpejtësisë

Ndërruesit kontinual të shpejtësisë ofrojnë raport të ndryshueshëm të transmisionit në mes të burimit të energjisë dhe rrotave ngasëse. Viteve të fundit, ndërruesit kontinual të shpejtësisë, zënë vend atraktiv në industrinë automobilistike. Janë duke u zhvilluar ndërrues kontinualë të shpejtësisë: me dhëmbëzorë, hidraulik, me zinxhir, me rrip transmisioni dhe disa lloje të tjera [1].

2.2. Ndërruesi kontinual i shpejtësisë me rrip transmisioni

Pjesët kryesore të ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip transmisioni janë: rrota udhëzuese, rrota e udhëzuar dhe rripi fleksibil. Këto pjesë bartin fuqinë njëjtë si rrotat e zakonshme, por ndryshimi i diametrave të këtyre rrotave është ajo që e bën këtë ndërrues të veçantë (fig. 3.).

Përdorim më të madh të ndërruesve kontinual të shpejtësisë në automjete e kanë:

- ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip gome të formës V dhe
- ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip nga konstruksioni i metaltë.

2.2.1. Ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip gome të formës V

Ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip gome të formës V përdorin rripin e gomës si pjesë bartëse të fuqisë, ndërsa për përfitimin e raportit kontinual të transmisionit përdorin disqet konike të cilat bëjnë të mundur realizimin e ndryshimit të diametrave (kontakti rrip-disk) nëpërmjet zhvendosjeve aksiale të disqeve. Mekanizmi i cili mundëson zhvendosjet aksiale të disqeve konike zakonisht është hidraulik ose sustë elastike (fig. 4).

Këta ndërrues kanë gjetur zbatim te automjetet të cilat nuk kërkojnë fuqi të madhe bartëse si motoçikleta, skutera, saja me motor, etj.

2.2.2. Ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip nga konstruksioni i metaltë

Ndërruesit kontinual të shpejtësisë me rrip nga konstruksioni i metaltë punojnë në parim të

njëjtë me ndërruesit e mëparshëm, mirëpo dallimi është se rripi i gomës është zëvendësuar me rrip të metaltë për ta përmirësuar aftësinë bartëse [4] (fig. 5.).

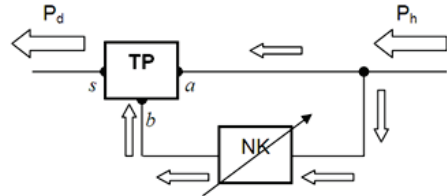


Fig. 6. Skema e degëzimit të fuqisë, TP – transmetuesi planetar, NK – ndërruesi kontinual i shpejtësisë, P_h – fuqia në hyrje, P_d – fuqia në dalje

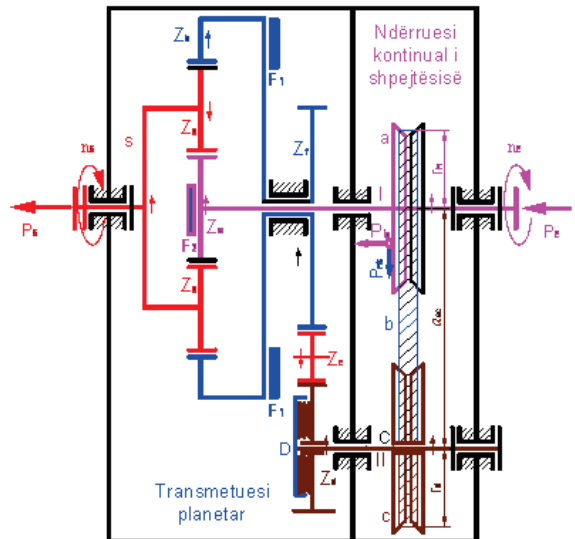


Fig. 7. Transmetuesi planetar i kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë

3. NDIKIMI I TRANSMETUESIT PLANETAR NË RASTIN E KOMBINIMIT ME NDËRRUESIN KONTINUAL TË SHPEJTËSISË

Përmirësimi i vetive të ndërruesit kontinual të shpejtësisë është arritur me kombinimin e transmetuesit planetar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë. Ideja për rëndësinë e këtij kombinimi është se bartja e fuqisë përmes rripit të shpejtësisë e vogla është më e vogël se 50 % dhe të shpejtësisë e mëdha është rreth 80 %. Përmirësimi i fuqisë bartëse i ka mundësuar ndërruesit kontinual të shpejtësisë që të përdoret

edhe te automjetet që kanë motor me fuqi të madhe.

Me kombinimin e transmetuesit planetar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë, fuqia degëzohet në dy drejtime (fig. 6.). Fuqia e degëzuar e cila bartet përmes ndërruesit kontinual të shpejtësisë është më e vogël se fuqia hyrëse (P_h) që vjen nga motori me djegie të brendshme.

3.1. Karakteristikat kryesore të sistemit të bartjes së fuqisë

Sistemi i bartjes së fuqisë është i ndërtuar nga: transmetuesi planetar i tipit $1A1$ i cili përbëhet nga dhëmbëzori qendror me dhëmbë të jashtëm (z_a), të brendshëm (z_b), dhëmbëzorët planetar (z_g) dhe mbajtësin e planetarëve (s), ndërsa ndërruesi kontinual i shpejtësisë përbëhet nga rrota

udhëzuese (a), e udhëzuar (c) dhe pjesa bartëse (b) – rripi i gomës (fig. 7.) [5], [6].

Ky sistem i transmisionit i mundëson automjetit që të punoj në disa variante punuese. Variantet punuese janë në varësi të kërkesave të ngasësit dhe konfigurimit të njësisë elektronike komanduese. Kërkesat e tilla realizohen me fiksimin e dhëmbëzoreve (z_b) ose (z_a) përmes frenave (F_1) dhe (F_2) dhe lidhëseve: C, D, (fig. 7.).

Degëzimi i fuqisë realizohet në dalje të boshtit motorik të motorit me djegie të brendshme në dy drejtime:

- Drejtimi i parë i bartjes së fuqisë, realizohet përmes ndërruesit kontinual të shpejtësisë, ndërsa
- Drejtimi i dytë i bartjes së fuqisë, realizohet përmes transmetuesit planetar.

3.2. Caktimi i raporteve të transmisionit

Raporti i transmisionit për ndërruesin kontinual të shpejtësisë (i_{nk}) caktohet me shprehjen [1]:

$$i_{nk} = \frac{r_d}{r_h} = \frac{L - 2 \cdot a_{ac} \cdot [(\pi - \varphi) \cdot \cos \varphi + \sin \varphi]}{L - 2 \cdot a_{ac} \cdot [(\pi - \varphi) \cdot \cos \varphi + \sin \varphi] + 2 \cdot \pi \cdot a_{ac} \cdot \cos \varphi} \quad \dots (1)$$

Ku janë shënuar me:

r_d – rrezja e rrotës së udhëzuar,

r_h – rrezja e rrotës udhëzuese,

L – gjatësia e rripit,

a_{ac} – distanca boshtore ndërmjet rrotës udhëzuese dhe të udhëzuar, dhe

φ – këndi në mesë të aksit të simetrisë dhe pikës së kontaktit të rrotës me rripin,

Shprehja e përgjithshme për caktimin e raportit të transmisionit të transmetuesit planetar të kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë ($i_{tpk nk}$) sipas fig. 7. do të jetë:

$$i_{tpk nk} = \frac{z_f \cdot (z_b + z_a) \cdot \{L - 2 \cdot a_{ac} \cdot [(\pi - \varphi) \cdot \cos \varphi + \sin \varphi]\}}{z_f \cdot \{L - 2 \cdot a_{ac} \cdot [(\pi - \varphi) \cdot \cos \varphi + \sin \varphi]\} + 2 \cdot \pi \cdot a_{ac} \cdot z_b \cdot z_d \cdot \cos \varphi} \quad \dots (2)$$

3.3. Caktimi i shkallës së shfrytëzimit

Shkalla e shfrytëzimit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë (η_{nk}) nuk ka vlerë konstante dhe ka vlera më të vogla se ndërruesit e shpejtësisë me dhëmbëzor. Kryesisht, shkalla e shfrytëzimit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë caktohet nga matjet e ndryshme eksperimentale të cilat varen nga momenti rrotullues, raporti i transmisionit

dhe numri i rrotullimeve në hyrje të ndërruesit kontinual të shpejtësisë [7].

Në fig. 8. vërehet se vlera maksimale e shkallës së shfrytëzimit ($\eta_{nkmax} = 0.9$) është te rasti kur raporti i transmisionit në ndërruesin kontinual është një ($i_{nk}=1$).

Shkalla e shfrytëzimit të transmetuesit planetar të kombinuar me ndërruesin kontinual të

shpejtësisë është funksion i raportit të transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë (i_{nk}) i cili e përmirëson shkallën e shfrytëzimit, krahasuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë (fig. 9).

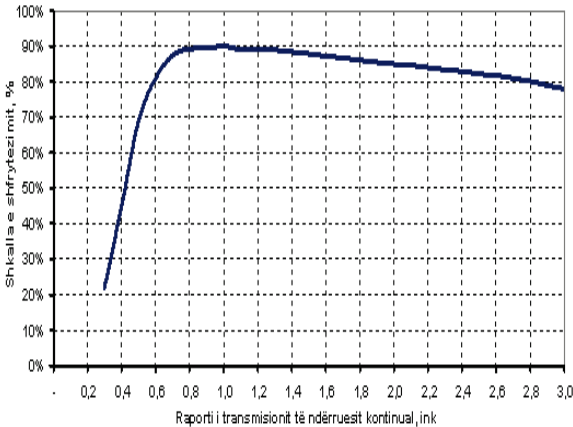


Fig. 8. Varësia e shkallës së shfrytëzimit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë në funksion të raportit të transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë [7]

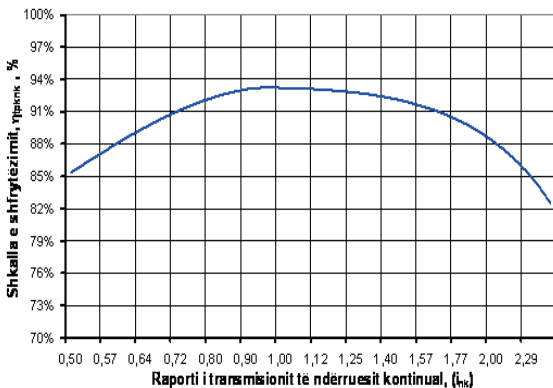


Fig. 9. Shkalla e shfrytëzimit e transmetuesit planetar të kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë

Shkalla e shfrytëzimit të transmetuesit planetar të kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë jepet përmes dy funksioneve kuadratikë të dhëna me shprehjet (3) dhe (4). Nëse $i_{nk} \leq 1$, shkalla e shfrytëzimit është:

$$\eta_{tpknk} = n_1 \cdot i_{nk}^2 + s_1 \cdot i_{nk} + u_1 \quad \dots (3)$$

Koeficientët e përdorur për modelin matematikor fuqi të cilët janë caktuar në mënyrë eksperimentale janë:

$$n_1 = -36.09, s_1 = 69.84 \text{ dhe } u_1 = 59.47.$$

ëse $i_{nk} \geq 1$, shkalla e shfrytëzimit është:

$$\eta_{tpknk} = n_2 \cdot i_{nk}^2 + s_2 \cdot i_{nk} + u_2 \quad \dots (4)$$

Po ashtu, koeficientët e përdorur për modelin matematikor fuqi, janë:

$$n_2 = -4.2592, s_2 = 7.9364 \text{ dhe } u_2 = 89.54$$

3.4. Llogaritja e bartjes së fuqisë

Shprehjet për llogaritjen e fuqisë që bartet përmes transmetuesit planetar (P_{tp}) dhe ndërruesit kontinual të shpejtësisë (P_{nk}), jepen me shprehjet [8]:

$$P_{tp} = T_{tp} \cdot \omega_e = T_e \cdot \frac{i_{ab}^s \cdot i_{nk}}{i_{ab}^s \cdot i_{nk} + i_{fd}} \cdot \omega_e \quad \dots (5)$$

$$P_{nk} = T_{nk} \cdot \omega_e = T_e \cdot \frac{i_{fd}}{i_{ab}^s \cdot i_{nk} + i_{fd}} \cdot \omega_e \quad \dots (6)$$

Ndërsa, caktimi i forcës në rrip (F_{rrip}) të ndërruesit kontinual i shpejtësisë caktohet me shprehjen:

$$F_{rrip} = \frac{T_{nk}}{r_h} = \frac{T_e}{r_h} \cdot \frac{i_{fd}}{i_{ab}^s \cdot i_{nk} + i_{fd}} \quad \dots (7)$$

ku janë shënuar me:

ω_e – shpejtësia këndore e boshtit motorik,

T_{tp} – momenti rrotullues në transmetuesit planetar,

T_{nk} – momenti rrotullues në ndërruesin kontinual të shpejtësisë.

4. LLOGARITJA E PARAMETRAVE KARAKTERISTIKË TE TRANSMETUESIT PLANETAR TË KOMBINUAR ME NDËRRUESIN KONTINUAL TË SHPEJTËSISË

Për llogaritjen e parametrave karakteristikë të sistemit të bartjes së fuqisë është shfrytëzuar programi MATLAB. Programi është i ndërtuar në atë mënyrë që me ndryshimin e vlerave hyrëse fitohen karakteristikat e kërkuara në dalje. Rezultatet e fituara janë paraqitur në formë grafike dhe janë dhënë komentet e tyre.

4.1. Varësia e degëzimit të fuqisë së motorit me djele të brendshme nga raporti i transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë

Në fig. 10. dhe 11 janë paraqitur lakoret e varësisë së degëzimit të fuqisë hyrëse të motorit ($P_h=P_e$) në transmetuesin planetar (P_{tp}) dhe në ndërruesin kontinual të shpejtësisë (P_{nk}) nga raporti i transmisionit (i_{nk}), për regjimet punuese pa ngarkesë $n_{emin} = 800 \text{ min}^{-1}$, $P_e = 14.35 \text{ kW}$ dhe me ngarkesë $n_{Tmax} = 4000 \text{ min}^{-1}$, $P_{Tmax} = 77.87 \text{ kW}$.

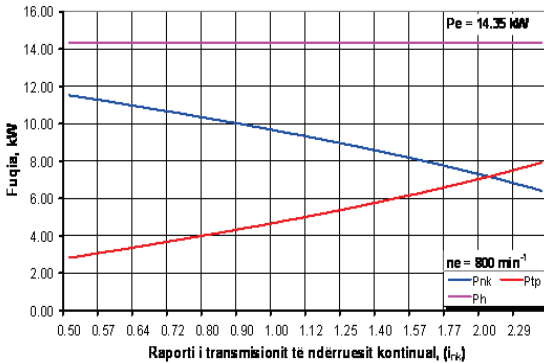


Fig. 10. Varësia e degëzimit të fuqisë (P_e) në transmetuesin planetar (P_{tp}) dhe në ndërruesin kontinual të shpejtësisë (P_{nk}) nga raporti i transmisionit (i_{nk}), për $n_e = 800 \text{ min}^{-1}$

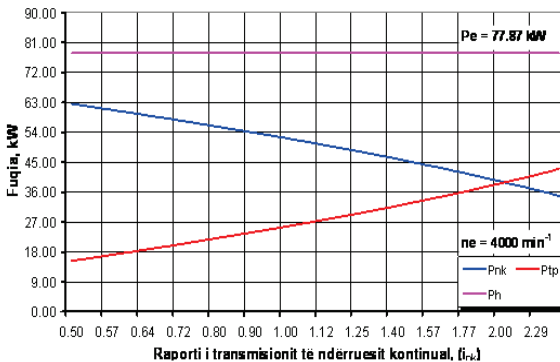


Fig. 11. Varësia e degëzimit të fuqisë hyrëse (P_e) në transmetuesin planetar (P_{tp}) dhe në ndërruesin kontinual të shpejtësisë (P_{nk}) nga raporti i transmisionit (i_{nk}), për $n_{Tmax} = 4000 \text{ min}^{-1}$

Në fig. 10. dhe 11. shihet se me rritjen e raportit të transmisionit të ndërruesit kontinual $i_{nk} = 0.5 \dots 2.52$ rritet fuqia që bartet përmes transmetuesit planetar (P_{tp}), ndërsa zvogëlohet në ndërruesin kontinual të shpejtësisë (P_{nk}).

Për raportin e transmisionit $i_{nk} = 2.05$ fuqia e degëzuar në transmetuesin planetar dhe në ndërruesin kontinual të shpejtësisë janë të barabarta, respektivisht 50 % e fuqisë hyrëse.

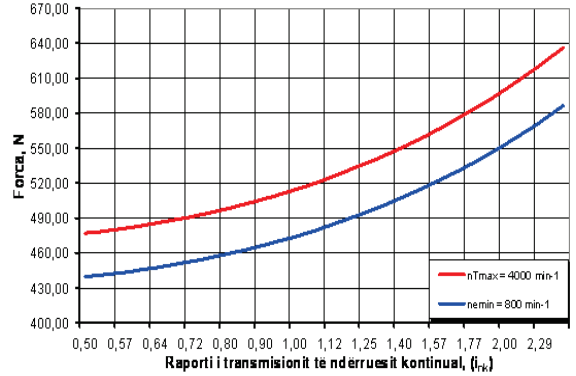


Fig. 12. Varësia e forcës në rrip nga raporti i transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë (i_{nk}) për $n_{emin} = 800 \text{ min}^{-1}$ dhe $n_{Tmax} = 4000 \text{ min}^{-1}$

4.2. Varësia e ndryshimit të forcës në rrip nga raporti i transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë

Në fig. 12. janë paraqitur lakorët e varësisë së ndryshimit të forcës tërheqëse në rrip nga raporti i transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë, për dy vlera të numrit të rrotullimeve të boshtit motorik: $n_{emin} = 800$ dhe $n_{Tmax} = 4000 \text{ min}^{-1}$.

5. PËRFUNDIM

Bazuar në rezultatet e fituara nga programi MATLAB për sistemin e bartjes së fuqisë të automjetet e udhëtarëve, respektivisht të transmetuesit planetar i kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë, konstatohet se:

Përdorimi i ndërruesit kontinual të shpejtësisë me diapazonin e tij rregullues mundëson ndryshimin e parametrave kryesorë të sistemit të bartjes së fuqisë të automjetet e udhëtarëve;

Transmetuesi planetar mundëson degëzimin e fuqisë së motorit me djegie të brendshme në dy drejtime (kah ndërruesi kontinual i shpejtësisë dhe transmetuesi planetar);

Me rastin e degëzimit të fuqisë së motorit me djegie të brendshme, fuqia në transmetuesin

planetar rritet, ndërsa fuqia në ndërruesin kontinual të shpejtësisë zvogëlohet me rritjen e raportit të transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë (i_{nk}).

Për raportin e transmisionit $i_{nk} = 2.05$ fuqia e degëzuar në transmetuesin planetar dhe në ndërruesin kontinual të shpejtësisë janë të barabarta;

Shkalla e shfrytëzimit të sistemit të bartjes së fuqisë ka vlerën maksimale për raport të transmisionit $i_{nk} = 1$;

Forca tërheqëse në rrip rritet, me rritjen e raportit të transmisionit të ndërruesit kontinual të shpejtësisë;

BIBLIOGRAFIA

1. Lajqi Sh (2008). "Transmetuesit planetar të kombinuar me ndërruesin kontinual të shpejtësisë te automjetet hibride elektrike". Punim magjistrature, Prishtinë.
2. Škoda A (2008). "Kruno Ormuž". Motorna Vozila, Zagreb.
3. Gomez M (2003). "A Continuously Variable Power-Split Transmission in a Hybrid-Electric Sport Utility Vehicle", Master of science, West Virginia.
4. Tóth-Nagy C (2000). "Investigation and simulation of the planetary combination hybrid electric vehicle", Master's thesis, West Virginia.
5. Lajqi Sh, Ibrahim N, Baxhaku B, Lajqi N (2009). "Modelling of continuous variable power split transmission in Hybrid Electric Vehicle", 6th Research/Expert Conference with International Participations "QUALITY 2009", Neum, B&H.
6. Lajqi Sh, Ibrahim N, Baxhaku B, Lajqi N (2009). "Analyses of powertrain system in a passenger vehicle with using planetary gear combine with continuously variable transmission", 13th International Research/Expert Conference "Trends in the Development of Machinery and Associated Technologies" TMT 2009, Hammamet, Tunisia.
7. Zhijian L (1998) "Acceleration Simulation of a Vehicle with a Continuously Variable Power Split Transmission", Master of science, West Virginia.
8. Mucino V, Smith E, Cowan B and Kmicikiewicz M (1997). "A continuously variable power split transmission for automotive applications", SAE Technical Paper No. 970687.