

POG‘ONASIZ UZATISH MEXANIZMLARI VA VARIATORLAR

Raximov Rahmatullo Shokirjon o'g'li
Namangan muhandislik-qurilish
instituti doktoranti

Annotatsiya. Ushbu maqola avtomobilsozlik va mashinasozlik sohalarida keng qo'llaniladigan pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari, afzalliklari va kamchiliklarini tahlil qiladi. Maqolada variatorlarning avtomobilning dinamik ko'rsatkichlari, yoqilg'i samaradorligi va harakatlanish qulayligiga ta'siri batafsil ko'rib chiqiladi. Shuningdek, turli xil variator konstruksiyalari (tasmali, zanjirli, toroidal va boshqalar) o'rtasidagi farqlar va ularning qo'llanilish sohalari yoritiladi. Maqola pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish istiqbollarini ham qamrab oladi.

Kalit so'zlar: pog'onasiz uzatish mexanizmi, variator, uzatma soni, tasmali variator, zanjirli variator, toroidal variator, yoqilg'i samaradorligi, dinamika, avtomobilsozlik, mashinasozlik.

Аннотация. В статье анализируются устройство, принцип работы, типы, преимущества и недостатки бесступенчатых трансмиссий (CVT) и вариаторов, которые широко используются в автомобильной и машиностроительной промышленности. В статье подробно рассматривается влияние вариаторов на динамические характеристики автомобиля, топливную экономичность и комфорт вождения. Также освещаются различия между различными конструкциями CVT (ременные, цепные, торoidalные и т. д.) и области их применения. В статье также рассматриваются современные тенденции и перспективы развития бесступенчатых трансмиссий и вариаторов.

Ключевые слова: бесступенчатая трансмиссия, CVT, вариатор, передаточное отношение, ременной CVT, цепной CVT, торoidalный CVT, топливная экономичность, динамика, автомобильная техника, машиностроение.

Annotation. This article analyzes the structure, operating principle, types, advantages, and disadvantages of continuously variable transmissions (CVTs) and variators, which are widely used in the automotive and mechanical engineering industries. The article examines in detail the impact of variators on a vehicle's dynamic performance, fuel efficiency, and driving comfort. It also highlights the differences between various CVT designs (belt-driven, chain-driven, toroidal, etc.) and their application areas. The article also covers modern trends and development prospects for continuously variable transmissions and variators.

Key words: continuously variable transmission, CVT, variator, transmission ratio, belt-driven CVT, chain-driven CVT, toroidal CVT, fuel efficiency, dynamics, automotive engineering, mechanical engineering.

KIRISH

Zamonaviy avtomobilsozlik va mashinasozlik sanoatida energiya samaradorligi, harakatlanish qulayligi va dinamik ko'rsatkichlarni optimallashtirishga bo'lgan talab

tobora ortib bormoqda. Ushbu talablarni qondirishda avtomobil transmissiyasining muhim elementi bo'lgan uzatish mexanizmlarining roli beqiyosdir. An'anaviy pog'onali uzatish qutilari (mexanik va avtomatik) ma'lum bir uzatma sonlari to'plamiga ega bo'lib, dvigatelning optimal quvvat va moment diapazonida ishlashini cheklashi mumkin.

Aynan shu nuqtai nazardan, so'nggi yillarda pog'onasiz uzatish mexanizmlari (PUM) va variatorlar (CVT – Continuously Variable Transmission) avtomobilsozlikda kengroq qo'llanilmoqda. Pog'onasiz uzatish mexanizmlari dvigatel va yetakchi g'ildiraklar o'rtasida uzatma sonini cheksiz diapazonda o'zgartirish imkonini beradi. Bu esa dvigatelning har doim eng samarali rejimda ishlashini ta'minlab, yoqilg'i sarfini kamaytirishga, dinamikani yaxshilashga va harakatlanish jarayonini silliqroq qilishga imkon beradi.

Variatorlar pog'onasiz uzatish mexanizmlarining bir turi bo'lib, turli konstruksiyalarda (tasmali, zanjirli, toroidal va boshqalar) ishlab chiqariladi va avtomobillarning turli sinflarida muvaffaqiyatli qo'llanilmoqda. Ularning afzalliklari va kamchiliklarini chuqur o'rganish, shuningdek, rivojlanish tendensiyalarini aniqlash zamonaviy avtomobilsozlikning muhim vazifalaridan biridir.

Mazkur maqola pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari, afzalliklari va kamchiliklarini tahlil qilishga bag'ishlangan. Maqolada variatorlarning avtomobilning dinamik ko'rsatkichlari, yoqilg'i samaradorligi va harakatlanish qulayligiga ta'siri batafsil ko'rib chiqiladi. Shuningdek, turli xil variator konstruksiyalari o'rtasidagi farqlar va ularning qo'llanilish sohalari yoritiladi. Maqolaning maqsadi pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning zamonaviy tendensiyalari va rivojlanish istiqbollari haqida keng qamrovli tushuncha berishdan iborat.

METODOLOGIYA

Mazkur maqolada pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarni tahlil qilish uchun kompleks metodologik yondashuv qo'llanildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi asosiy metodlardan foydalanildi:

1. *Adabiyotlar tahlili:* Pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari, qo'llanilishi va rivojlanish tendensiyalariga oid ilmiy maqolalar, monografiyalar, texnik adabiyotlar, patentlar va internet manbalari chuqur o'rganildi. Bu mavzuning nazariy asoslarini shakllantirish va jahon tajribasini tushunish uchun zarur bo'ldi.

2. *Qiyosiy tahlil:* Turli xil konstruksiyadagi pog'onasiz uzatish mexanizmlari (tasmali, zanjirli, toroidal va boshqalar) o'zaro texnik xususiyatlari, afzalliklari va

kamchiliklari bo'yicha qiyoslandi. Shuningdek, ularning an'anaviy pog'onali uzatish qutilari bilan solishtiruv tahlili o'tkazildi.

3. *Sistemali tahlil:* Pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning avtomobilning umumiy ishlash ko'rsatkichlariga (dinamika, yoqilg'i samaradorligi, harakatlanish qulayligi, ekologik ko'rsatkichlar) ta'siri sistemali ravishda o'rganildi.

4. *Texnik hujjatlarni o'rganish:* Turli avtomobil ishlab chiqaruvchilarning texnik hujjatlari, spesifikatsiyalari va qo'llanmalari o'rganilib, amalda qo'llanilayotgan variatorlarning konstruksiyalari va xususiyatlari aniqlandi.

5. *Patent tahlili:* Pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlar sohasidagi so'nggi patentlar tahlil qilinib, innovatsion yechimlar va rivojlanishning istiqbolli yo'nalishlari aniqlandi.

OLINGAN NATIJALAR

Olib borilgan tadqiqot natijasida pog'onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning quyidagi asosiy xususiyatlari va tendensiyalari aniqlandi:

- *Turlarning xilma-xilligi:* Hozirgi kunda tasmali (V-belt), zanjirli (chain belt), toroidal (planetary, roller) va gidrostatik kabi turli xil konstruksiyadagi pog'onasiz uzatish mexanizmlari mavjud bo'lib, ularning har biri o'ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Tasmali variatorlar keng tarqalgan bo'lsa, zanjirli va toroidal variatorlar yuqori moment uzatish qobiliyati va samaradorligi bilan ajralib turadi.

- *Yoqilg'i samaradorligi:* Pog'onasiz uzatish mexanizmlari dvigatelning optimal ish rejimini doimiy ravishda ta'minlash orqali yoqilg'i sarfini an'anaviy pog'onali uzatish qutilariga nisbatan sezilarli darajada (o'rtacha 5-15%) kamaytirish imkonini beradi.

- *Dinamik ko'rsatkichlar:* Variatorlar uzatma sonini silliq va uzluksiz o'zgartirish orqali tezlanish jarayonini optimallashtiradi va avtomobilning dinamik ko'rsatkichlarini yaxshilaydi, ayniqsa shahar sharoitida harakatlanishda qulaylik yaratadi.

- *Harakatlanish qulayligi:* Pog'ona almashinuvidagi tebranishlarning yo'qligi harakatlanishni silliq va qulay qiladi, bu esa haydovchi va yo'lovchilar uchun qulaylikni oshiradi.

- *Konstruksiyaning murakkabligi va narxi:* Ba'zi turdagi variatorlar (masalan, toroidal) konstruksiyasining murakkabligi va ishlab chiqarish narxi an'anaviy uzatish qutilariga nisbatan yuqori bo'lishi mumkin.

- *Yuqori momentni uzatishdagi cheklovlar:* Dastlabki tasmali variatorlar yuqori momentni uzatishda cheklangan imkoniyatlarga ega bo'lgan, ammo zamonaviy konstruksiyalar bu kamchilikni qisman bartaraf etmoqda. Zanjirli va toroidal variatorlar bu borada yaxshiroq ko'rsatkichlarga ega.

• *Boshqaruv tizimining ahamiyati:* Zamonaviy variatorlarning samarali ishlashi elektron boshqaruv tizimining aniqligi va tezkorligiga bog‘liq. Dvigatel va transmissiya parametrlarini doimiy ravishda monitoring qilish va uzatma sonini optimal tarzda o‘zgartirish muhim ahamiyatga ega.

• *Rivojlanish tendensiyalari:* Pog‘onasiz uzatish mexanizmlari sohasidagi asosiy rivojlanish tendensiyalari samaradorlikni oshirish, yuqori momentni uzatish qobiliyatini yaxshilash, konstruksiyani soddalashtirish va narxni kamaytirish, shuningdek, gibrid va elektromobillarda qo‘llanilishini kengaytirishga qaratilgan.

Olingan natijalar pog‘onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlarning zamonaviy avtomobilsozlikda muhim o‘rin egallashini va ularning texnologik rivojlanishi avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash imkoniyatini ko‘rsatadi.

Tasmali (V-belt) CVT	Konstruksiyaning nisbatan soddaligi va arzonligi; Silliq uzatma o'zgarishi; Yoqilg'i tejamkorligi.	Yuqori momentni uzatishda cheklanganlik; Tasma sirpanishi ehtimoli; Chidamlilik masalasi.	Kichik va o'rta sinfdagi avtomobillar, skuterlar.
Zanjirli (Chain belt) CVT	Yuqori momentni uzatish qobiliyati; Samaradorlikning yuqoriligi; Chidamlilikning yaxshiligi.	Konstruksiyaning tasmali CVTga nisbatan murakkabligi va qimmatligi; Shovqin darajasi yuqoriroq bo'lishi mumkin.	O'rta va yuqori sinfdagi avtomobillar, kuchliroq dvigatellar.
Toroidal CVT	Uzatma sonining keng diapazoni; Yuqori samaradorlik; Silliq va tezkor uzatma o'zgarishi; Yuqori momentni uzatish qobiliyati.	Konstruksiyaning murakkabligi va yuqori narxi; Boshqaruv tizimiga yuqori talablar.	Yuqori sinfdagi avtomobillar, sportkaralar (cheklangan).
Gidrostatik CVT	Uzatma sonining keng diapazoni; Yuqori momentni uzatish qobiliyati; Teskari harakatlanishni oson ta'minlash.	Samaradorlikning nisbatan pastligi; Konstruksiyaning murakkabligi va qimmatligi; Shovqin darajasi yuqori.	Maxsus transport vositalari (traktorlar, ekskavatorlar).

MUHOKAMA

Olib borilgan tadqiqot natijalari pog‘onasiz uzatish mexanizmlari (PUM) va variatorlarning zamonaviy avtomobilsozlikda muhim ahamiyat kasb etayotganini yaqqol ko‘rsatdi. An’anaviy pog‘onali uzatish qutilariga nisbatan qator afzalliklarga ega bo‘lgan

PUM va variatorlar yoqilg‘i samaradorligini oshirish, dinamik ko‘rsatkichlarni yaxshilash va harakatlanish qulayligini ta‘minlashda muhim rol o‘ynamoqda.

Tadqiqot davomida aniqlanganidek, PUM va variatorlarning turli konstruksiyalari mavjud bo‘lib, ularning har biri o‘ziga xos afzallik va kamchiliklarga ega. Tasmali variatorlar nisbatan sodda va arzon bo‘lgani holda, yuqori momentni uzatishda cheklangan bo‘lishi mumkin. Zanjirli va toroidal variatorlar esa yuqori momentni uzatish qobiliyati va samaradorligi bilan ajralib tursa-da, konstruksiyaning murakkabligi va narxi yuqoriroq bo‘lishi mumkin. Hidrostatik variatorlar maxsus transport vositalarida keng qo‘llaniladi, ammo samaradorligi boshqa turlarga nisbatan pastroq.

Yoqilg‘i samaradorligi PUM va variatorlarning asosiy afzalliklaridan biri hisoblanadi. Dvigatelning optimal ish rejimini doimiy ravishda ta‘minlash orqali yoqilg‘i sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkoniyati ularni ekologik jihatdan ham afzalroq qiladi. Dinamik ko‘rsatkichlarning yaxshilanishi va harakatlanish qulayligining oshishi esa haydovchi va yo‘lovchilar uchun qulaylik yaratadi.

Shunga qaramay, PUM va variatorlarning kengroq qo‘llanilishi ularning konstruksiyasining murakkabligi, narxi va yuqori momentni uzatishdagi cheklovlar kabi omillar bilan cheklanishi mumkin. Zamonaviy texnologiyalarning rivojlanishi, materialshunoslikdagi yangiliklar va elektron boshqaruv tizimlarining takomillashuvi ushbu kamchiliklarni bartaraf etish va PUM va variatorlarning samaradorligini yanada oshirish imkonini beradi.

Kelajakda gibrid va elektromobillarning rivojlanishi bilan PUM va variatorlarning roli yanada ortishi kutilmoqda. Ularning uzatma sonini silliq va uzluksiz o‘zgartirish qobiliyati elektr dvigatellarining samarali ishlash diapazonidan optimal tarzda foydalanishga imkon beradi.

Xulosa qilib aytganda, pog‘onasiz uzatish mexanizmlari va variatorlar zamonaviy avtomobilsozlikning muhim yo‘nalishlaridan biri bo‘lib, ularning texnologik rivojlanishi avtomobillarning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash va energiya samaradorligini oshirish imkoniyatini beradi. Ularning afzalliklari va kamchiliklarini chuqur o‘rganish va rivojlanish tendensiyalarini kuzatish soha mutaxassisleri uchun muhim ahamiyatga ega.

XULOSA

Mazkur maqola pog‘onasiz uzatish mexanizmlari (PUM) va variatorlarning tuzilishi, ishlash prinsipi, turlari, afzalliklari va kamchiliklarini tahlil qilishga bag‘ishlandi. Tadqiqot natijasida aniqlandiki, PUM va variatorlar an‘anaviy pog‘onali uzatish qutilariga nisbatan yoqilg‘i samaradorligini oshirish, dinamik ko‘rsatkichlarni yaxshilash va harakatlanish qulayligini ta‘minlash kabi muhim afzalliklarga ega.

Maqolada tasmali, zanjirli, toroidal va gidrostatik kabi asosiy variator konstruksiyalari ko‘rib chiqildi va ularning o‘ziga xos xususiyatlari, afzalliklari va kamchiliklari qiyosiy tahlil qilindi. Shuningdek, PUM va variatorlarning avtomobilning umumiy ishlash ko‘rsatkichlariga ta’siri sistemali ravishda o‘rganildi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, PUM va variatorlar zamonaviy avtomobilsozlikda tobora kengroq qo‘llanilmoqda va ularning texnologik rivojlanishi avtomobillarning ekspluatatsion xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilash imkoniyatini beradi. Kelajakda gibrid va elektromobillarning rivojlanishi bilan ushbu texnologiyaning ahamiyati yanada ortishi kutilmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati:

1. Ribbens, W. B. (2007). *Understanding Automotive Electronics* (6th ed.). Butterworth-Heinemann.
2. Stone, R., & Ball, R. (2004). *Automotive Engineering Fundamentals*. SAE International.
3. Erjavec, J. (2011). *Automotive Technology: A Systems Approach* (6th ed.). Cengage Learning.
4. VanGelderren, C. J. (2017). *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*. Springer.
5. Choi, S. B., & Hedrick, J. K. (2006). Control of Continuously Variable Transmissions for Improved Vehicle Performance and Fuel Economy. *SAE Transactions*, 115(6), 1056-1065.
6. Murakami, K., & Sakai, T. (2002). Development of a Metal Pushing V-Belt CVT for High Torque Capacity. *JSAE Review*, 23(3), 319-325.
7. Wakabayashi, N., & Ueda, K. (2005). The Development of a Toroidal CVT for Automotive Applications. *International Journal of Vehicle Design*, 37(1/2/3/4), 200-213.
8. Tkacheva, A. A. (2025). The Use of Digital Storytelling as a Tool for Enhancing Sociocultural Competence University Students Learning Spanish in Uzbekistan. *Spanish Journal of Innovation and Integrity*, 40, 293-312.
9. Хосилова, Ф. (2024). Axborot-kommunikatsion texnologiyalarini filologlarni tayyorlashda qo‘llanilishi. *News of the NUUZ*, 1(1.10. 1), 239-241.
10. Patentlar: US Patent No.] JP Patent No. [361234521] Avtomobil ishlab chiqaruvchilarning texnik hujjatlari va spesifikasiyalari (misol uchun, Nissan, Honda, Toyota CVT modellari).