

BELAIPTĖS AUTOMATINĖS TRANSMISIJOS

Julius Momkus, Julius Austys, lektorius Saulius Palepšaitis

Šiaulių valstybinė kolegija, Aušros al. 40, Šiauliai

Abstract. Variator (continuous variable transmission, CVT) is an automatic gearbox that can change an unlimited number of transmission ratios in a certain interval. This is a stepless transmission variant that does not change gears during operation. The simplest models of variators were found in mills, later - in various machine tools. In the second half of the 20th century, CVT began to be installed in cars and its prosperity came even into the 21st century.

Keywords. Transmission, variator.

Įvadas

Transmisija (lot. transmissio – persiuntimas, perdavimas), įrenginiai ir įtaisai, kuriais mechaninė energija iš variklio perduodama darbo mašinoms arba mechanizmams. Transmisija būna mechaninė, hidraulinė, elektrinė ir kita. Automobilio transmisija perduoda variklio sukimo momentą ratams. Ją sudaro sankaba, pavarų dėžė, kardaninė pavara, pagrindinė pavara, diferencialas ir pusašiai. Automobilio transmisijos mazgai keičia sūkių dažnį ir sukimo momentą bei perduoda jį varantiesiems ratams.

Variatorius ([angl.](#) Continuously variable transmission, CVT) – [automatinė pavarų dėžė](#), kuri gali keisti neribotą kiekį perdavimo santykių tam tikrame intervale. Tai bepakopės transmisijos variantas, kuris eksploatacijos metu nekeičia pavarų.

Paprasčiausi variatorių modeliai buvo naudojami malūnuose, vėliau – įvairiose staklėse. XX amžiaus antroje pusėje CVT buvo pradėti montuoti automobiliuose ir jos klestėjimas atėjo net į XXI amžių.

Darbo objektas: Automobilio transmisija

Darbo tikslas: Išanalizuoti belaiptę automatinę transmisiją

Darbo uždaviniai:

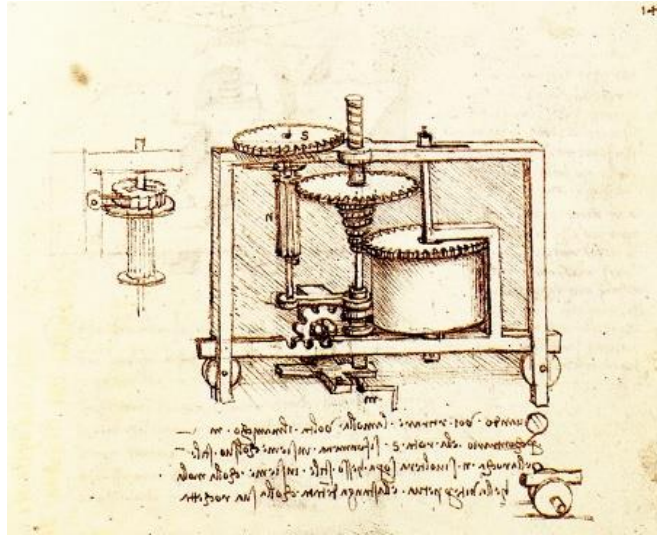
1. Išnagrinėti CVT transmisijų raidą..
2. Išanalizuoti transmisijų konstrukciją ir veikimą.
3. Apibrėžti CVT transmisijų panaudojimą automobiliuose.

Rengiant darbą, naudotasi internetiniais informacijos šaltiniais

Darbo metodai: Informacijos šaltinių analizė, apibendrinimas.

1. Belaipčių automatinių transmisijų raida

Daugelis žmonių mano, kad CVT buvo išrastas vėliau nei automatinė pavarų dėžė, tačiau taip nėra. Nuolat kintamos transmisijos veikimo principą 1490 metais atrado Leonardo da Vinci (1 pav.), tačiau jam nepavyko jo pradėti eksploatuoti, nes tuo metu dar nebuvo tokio tipo variklių, kurie



1 pav. DaVinci variatorius[6]

šiandien naudojami šiuolaikinėse mašinos.

Ši transmisija vėliau buvo panaudota jo savaeigiame karutyje, taip pat ir kituose gamyklų mechanizmuose.[3]

1879 m. Miltonas Reevesas išrado ir patentavo belaipnę automatinę pavarų dėžę (tuo metu vadinamą kintamo greičio transmisija), skirtą naudoti lentpjūvėje. 1896 m. M. Reevesas pradėjo montuoti šią transmisiją savo automobiliuose, taip pat šia CVT naudojo keli kiti gamintojai.

1911 m. Zenith Gradua 6HP motocikle (2 pav.) naudotas diržinis variatorius. Po metų motociklas Rudge-Whitworth Multigear buvo išleistas su panašiu, bet patobulintu CVT.



2 pav. Motociklas Zenith Gradua [7]

1913–1923 m. Ispanijoje gaminti maži triračiai Davido dviračiai. 1923 m. automobilis Clyno (3 pav.) ir 1926 m. sedanas Constantinesco, buvo pirmieji automobiliai su CVT. [1]



4 pav. Automobilis Clyno[7]

Galiausiai Hub van Doorne sukūrė CVT versiją, kurią pavadino „Variomatic“. Iš pradžių ši transmisija išbandyta automobilyje, o įsitikinus jos veiksmingumu DAF galutinai priėmė sprendimą gaminti savo automobilį. DAF 600 (4 pav.) buvo mažas šeimyninis automobilis. Pirmojo DAF dizainas buvo patikėtas inžinieriui Joan van der Brugghen. Jis gavo kelias užduotis – automobilis privalėjo būti lengvas, nebrangus, praktiškas ir pasižymėti nedideliais išlaidų kaštais.



3 pav. Automobilis DAF 600 [4]

DAF 600 pirmą kartą parodytas 1958-ųjų Amsterdamo automobilių parodoje. Žmonės taip norėjo pamatyti naują automobilį, kad stumdėsi eilėse ir, kaip pasakoja legendos, stovėjo ant toje parodoje pristatytų Volvo automobilių stogų. Jau kitais metais, anksčiau nei buvo planuota, prasidėjo DAF 600 gamyba. Tai buvo pirmasis modernių laikų automobilis su CVT transmisija.

Paskui gamintojai kaip – Audi, Nissan patys pradėjo kurti savo CVT transmisijas, vieni su savo CVT pasiekė tikrai išpūdingų inžinerinių kūrinių, o kiti toli nenuklydo nuo originalaus produkto.

2. Transmisijų konstrukcijos

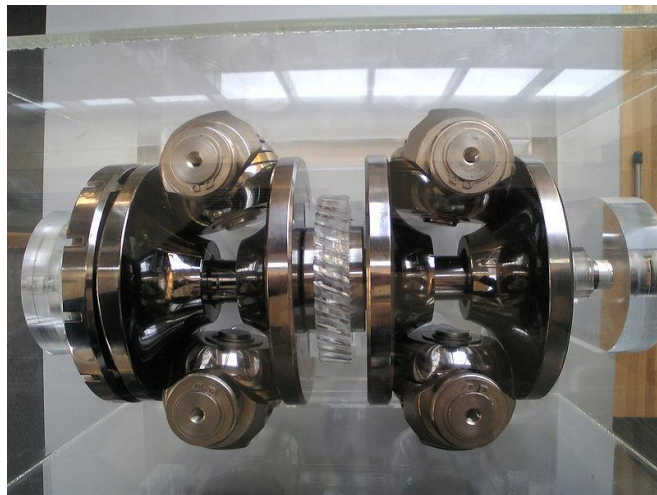
Belaiptė transmisija – tai tam tikra automatinės transmisijos rūšis. Idėja, kuria remiantis buvo sukurta, galimybė gauti begalinį pavarų perjungimo skaičių neperjunginėjant pavarų.

Belaiptė transmisija nuolat perduoda ratams sukimo momentą, todėl vairuojant tokį automobilį galima mėgautis nepakartojamai sklandžiu greitėjimu.

Variatorių rūšys:

- Toroidinis
- Kūginiai
- Diržiniai
- Grandininiai

Toroidiniai CVT (5 pav.), susideda iš diskų ir ritinėlių. Toroidinio tipo variatorius veikia kitaip. Vietoj velenų yra du ratai, kurių paviršius yra sferinis. Tarp ratų suspausti volai, kurių vienas varomas, o kitas varomas. Sukimo momento ir perdavimo skaičiaus pokytis atsiranda dėl ritinėlių ir ratų trinties jėgos pasikeitimo. Pakeitus ritinėlių vietą statmenoje plokštumoje, galima keisti pavaros santykį. Kai volas yra horizontalus, varomas ir varomasis ratas sukasi tuo pačiu kampiniu greičiu. Ir jei ritinėliai yra kitoje padėtyje, keičiasi ir pavaros santykis.



5 pav. Toroidinis CVT [1]

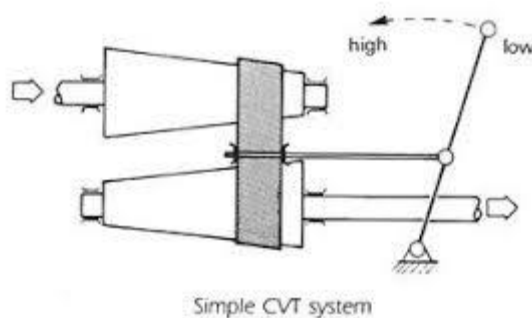
Kai ritinėlių ašys yra statmenos diskų ašiai (6 pav.), diskų skersmuo yra vienodas, todėl pavaros santykis yra 1:1. Esant kitiems santykiams, ritinėliai sukami išilgai diskų paviršių taip, kad jie liestųsi su diskais skirtingo skersmens taškuose, todėl pavaros santykis yra ne 1:1.



6 pav. Toroidinio CVT veikimas [3]

Toroidinio CVT privalumas yra gebėjimas atlaikyti didesnes sukimo momento apkrovas nei diržinė CVT. Kai kuriose toroidinėse sistemose traukos kryptis gali būti pakeista CVT viduje, todėl nebereikia išorinio įrenginio atbulinės eigos pavarai. Tačiau dėl įrenginio sudėtingumo ir kai kurių elementų gamybos technologijų toroidiniai variatoriai naudojami retai. [3]

Kūginis CVT (7 pav.) keičia pavaros santykį judindama ratą arba diržą išilgai vieno ar kelių kūginių ritinėlių ašies.



7 pav. Kūginis CVT schema [1]

Paprasčiausias kūgio CVT tipas, vieno kūgio versija, naudoja ratą, kuris juda kūgio nuolydžiu ir sukuria skirtumą tarp siauro ir plataus kūgio skersmens.

Kai kuriuose kūginiuose CVT modeliuose naudojami du ritinėliai. 1903 m. Williamas Evansas ir Paulas Knaufas pateikė paraišką patentuoti nuolat kintamą transmisiją, naudojančią du lygiagrečius kūginius ritinėlius, nukreiptus priešingomis kryptimis ir sujungtus diržais, kuriuos galima slysti išilgai kūgių, kad būtų galima keisti perdavimo santykį.

Evanso „Variable speed countershaft“ (8 pav.), pagamintas 1920-aisiais, yra paprastesnis – du ritinėliai išdėstyti su nedideliu pastovaus pločio tarpeliu tarp jų, o tarp ritinėlių einančio odinio diržo padėtis lemia perdavimo santykį.



8 pav. Kūginis variatorius [1]

Belaiptėje transmisijoje klasikinės pavaros yra keičiamos kintamo skersmens skriemuliais (9 pav.). Dėl tokios pavarų dėžės konstrukcijos pavarų perjungimo koeficientą galima pritaikyti atsižvelgiant į konkretų sukimo momentą. CVT lankstumas su tinkamu valdymu gali leisti varikliui veikti pastoviu apsisukimų dažniu, kai transporto priemonė juda skirtingu greičiu. CVT naudojami automobiliuose, traktoriuose, motoroleriuose, sniego motocikluose, dviračiuose ir žemės kasimo įrangoje.

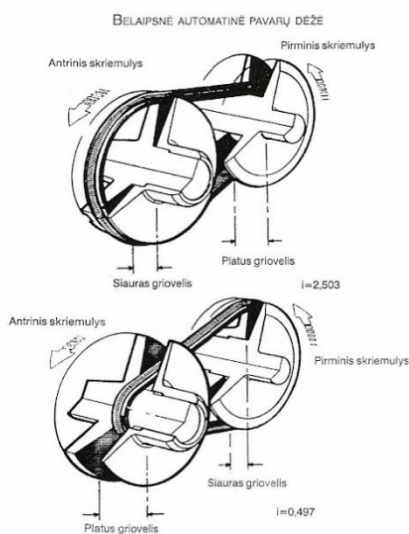


9 pav. Diržinis variatorius [3]

Labiausiai paplitęs CVT tipas naudoja trapecinį diržą (10 pav.), kuris eina tarp dviejų kintamo skersmens skriemulių. Skriemuliai susideda iš dviejų kūgio formos pusių, kurios juda kartu. V formos diržas sukasi tarp šių dviejų dalių, todėl efektyvus skriemulio skersmuo priklauso nuo atstumo tarp dviejų skriemulio pusių. Dėl V formos diržo skerspjūvio ant vieno skriemulio jis sukasi aukščiau, o ant kito – žemiau; todėl pavaros santykis reguliuojamas susiaurinant skriemulius arčiau vienas kito

,o kito skriemulio išplečiant. Kadangi diržo ilgis nesikeičia, abu skriemuliai turi būti reguliuojami vienu metu, kad būtų išlaikytas tinkamas diržo įtempimas. Paprasti CVT, derinantys išcentrinę pavaros skriemulį su spyruokliniu skriemuliu, dažnai naudoja diržo įtempimą, kad paveiktų atitinkamus varomojo skriemulio reguliavimus. V formos diržas turi būti labai standus skriemulio ašine kryptimi, kad slystant į skriemulius ir iš jo būtų galima atlikti tik trumpus radialinius judesius.

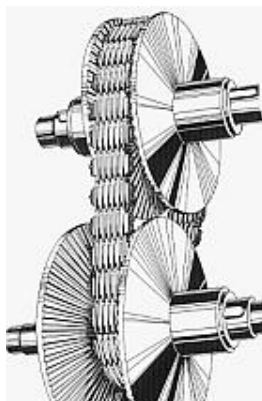
Plienu sutvirtintų trapecinių diržų pakanka mažos masės ir mažo sukimo momento reikmėms, pavyzdžiui, komunalinėms transporto priemonėms ir sniego motociklams, tačiau didesnės masės ir sukimo momento darbams, pavyzdžiui, automobiliams, reikia grandinės.



10 pav. Diržinio CVT veikimas

Diržais varomas dizainas užtikrina maždaug 88 % efektyvumą, kuris nors ir mažesnis nei mechaninės pavarų dėžės, gali būti kompensuojamas leidžiant varikliui veikti efektyviausiais sūkais, nepaisant transporto priemonės greičio. Kai galia svarbesnė už ekonomiškumą, CVT santykis gali būti pakeistas, kad variklis sukėtųsi tokiu apsisukimų dažniu, kuriuo jis sukuria didžiausią galią.

Grandininiam CVT (11 pav.) daugybė grandinės elementų yra išdėstyti išilgai kelių plieninių juostų, išdėstytų viena ant kitos, kurių kiekviena yra pakankamai plona, kad lengvai sulenktų.



11 pav. Grandininis CVT [1]

Kai dalis grandinės apvyniojama aplink skriemulį, elementų šonai sudaro kūginį paviršių. Juostų krūvoje kiekviena juosta atitinka šiek tiek skirtingą pavaros santykį, todėl juostos slysta viena per kitą ir jas reikia pakankamai sutepti. Ant skriemulių užtepama papildoma tepalo plėvelė. Plėvelė turi būti pakankamai stora, kad būtų išvengta tiesioginio skriemulio ir grandinės kontakto, bet pakankamai plona, kad nebūtų švaistoma galia, kai kiekvienas grandinės elementas patenka į ją.

Dėl blokuojamų paviršių šio tipo pavara gali perduoti didelį sukimo momentą, todėl buvo plačiai naudojama pramonėje. Tačiau maksimalus greitis yra žymiai mažesnis nei kitų skriemulių CVT. Slankiosios plokštės lėtai dėvisi bėgant metams. Todėl plokštės gaminamos ilgesnės nei reikia, todėl jos gali labiau susidėvėti prieš atnaujinant ar keičiant grandinę. Reikia nuolatinio tepimo, todėl korpusas dažniausiai iš dalies užpildomas alyva.

CVT turi daug privalumų, palyginti su mechanine pavarų dėže ir net hidromechanine mašina. CVT turi šiuos privalumus:

1. Aukštas perdavimo efektyvumas. CVT nenaudoja galios perjungiant pavaras, todėl sunaudojama mažiau variklio galios.
2. Mažesnės degalų sąnaudos - šis pliusas išplaukia iš ankstesnio. Norint pasiekti norimą greitį, variatorius naudoja mažesnę benzino kiekį.
3. Didesnis ekologiškumas – mažesnės degalų sąnaudos lemia ir mažiau kenksmingų emisijų automobilio išmetamosiose dujose.
4. Sklandus pagreitis su geriausiu pagreičio našumu. CVT leidžia greičiau įsibėgėti automobilį, nes nereikia skirti laiko perjungti pavaras. Taigi pagal dinamines charakteristikas variatorius lenkia mechaninę pavarų dėžę, o juo labiau – automatinę.
5. Jokių trūkčiojimų. Kadangi variatorius neturi pavarų, judėjimas yra sklandus. Įsibėgėjimas automobilyje su CVT prilygsta važiavimui elektromobiliu ar, pavyzdžiui, troleibusu. Tai užtikrina maksimalų vairavimo komfortą automobilyje su CVT.
6. Papildomas, bet svarbus pliusas yra atbulinės eigos trūkumas pradedant važiuoti nelygiais paviršiais. Automobilis su CVT neužstrigs startuodamas įkalnėje ir neriedės atgal, o tai ypač svarbu pradedantiesiems vairuotojams.

Tačiau variatorius turi ir nemažai trūkumų, dėl kurių pralaimi kitų tipų transmisijai:

1. Variatorius negali būti montuojamas ant didelės galios variklių - trapecinis diržas arba V formos grandinės transmisija negali perduoti sukimo momento iš variklių, kurių galia didesnė nei 220 AG. iš.
2. Nepaisant gero dinaminės charakteristikos CVT netinka sportiniam vairavimui.

3. Nepakankamas konstrukcijos patikimumas - daugybė elektronikos sukelia sistemos komplikacijų. Todėl variatoriaus gedimas yra gana dažnas reiškinys. Be to, variatoriaus remontas yra brangus, o tikrų specialistų tokio tipo transmisijoje nėra tiek daug.
4. Mažiau dėžės resursų - rekomenduojama keisti variatoriaus diržą nuvažiavus 150 tūkstančių km, neatsižvelgiant į jo fizinį nusidėvėjimą.
5. Techninės priežiūros reikalavimas. Variatorių galima užpildyti tik originalia pavarų alyva, kuri yra brangesnė nei analogai.
6. CVT neleidžia vilkti priekabos ar kitos transporto priemonės.

3. Variatoriai šiuolaikiniuose automobiliuose

Šiais laikais, automobilių gamintojai toliau sėkmingai naudoja CVT savo automobiliuose. Amerikos automobilių gamintojai - Ford, Lexus, Buick (12 pav.).



12 pav. 2022 Buick Envista GS [5]

Japonijos automobilių gamintojai variatorius naudoja Nissan (13 pav.), Honda, Hyundai automobiliuose



13 pav. 2021 Nissan Maxima SR [5]

Dauguma automobilių turinčių variatorius yra Japoniški arba Amerikietiški, tačiau Europos automobilių gamintojai: Mercedes-Benz ir Audi (14 pav.) taip pat naudoja CVT savo automobiliuose.



14 pav. 2018 Audi A7 S Line[5]

Dauguma CVT turinčių automobilių - miesto automobiliai, naudojantys grandininius arba diržinius variatorius, kurie užtikrina mažesnes degalų sąnaudas bei didesnę komfortą vairuotojui.[5]

Vienintelis automobilis turėjęs toroidinę CVT buvo Nissan Cedric (Y34) (15 pav.)



15 pav. Nissan Cedric [1]

Tačiau dėl variatoriaus trūkumų buvo nutraukta gamyba, bet tai vienas iš įdomesnių variatorių panaudojimo variantų.

Išvados

1. Belaiptės automatinės transmisijos naudojamos nuo XVa. Iki šių dienų. Jos buvo pritaikytos pramonėje, bei transporto priemonėse.
2. Belaiptės automatinės transmisijos būna įvairių rūšių. Naudojant variatorius transporto priemonėse sumažėja degalų sąnaudos, padidėja ekologiškumas, bei vairavimo komfortas.
3. CVT konstrukcijų nepakankamas patikimumas, maži resursai, sudėtinga techninė priežiūra riboja jų panaudojimą automobiliuose.

Literatūra

1. Wikipedia, Continuously variable transmission <https://en.wikipedia.org/wiki/Continuously_variable_transmission> [Žiūrėta: 2023-04-07]
 2. Autodna, Belaipė CVT transmisija plusai ir minusai <<https://www.autodna.lt/blog/belaipė-cvt-transmisija-plusai-ir-minusai/>> [Žiūrėta: 2023-04-07]
 3. Cfrs, Viskas apie variatorių Nissan Qashaqai <<https://cfrs.ru/lt/buyingselling/vse-o-variatore-nissan-qashaqai-poderzhannyi-nissan-kashkai-so-svoimi.html>> [Žiūrėta: 2023-04-17]
 4. 15min.lt, DAF 600 pirmasis šios markės lengvasis automobilis turėjo įdomių ir keistų bruožų <<https://www.15min.lt/verslas/naujiena/autorinka/daf-600-pirmasis-sios-markes-lengvasis-automobilis-turejo-idomiu-ir-keistu-bruozu-1636-1170256>> [Žiūrėta: 2023-04-17]
 5. Wikipedia, Vehicles with CVT transmission <https://en.wikipedia.org/wiki/Category:Vehicles_with_CVT_transmission> [Žiūrėta: 2023-04-17]
 6. Pinterest, Leonardo de vinci mechanism <<https://www.pinterest.com/1ouu7653zs6lruynsz7sp1ycyqocox/leonardo-de-vinci-mechanism/>> [Žiūrėta: 2023-04-25]
- Yesterdays, Zenith 1912 gradua 770cc 2 cyl sv < <https://www.yesterdays.nl/product/zenith-1912-gradua-770-cc-2-cyl-sv/> > [Žiūrėt