



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

Vidmantas Punelis

Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas

Magistro baigiamasis projektas

Darbo vadovas
Doc. dr. M. Starevičius

Kaunas, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATEDRA

Vidmantas Punelis

Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas

Magistro baigiamasis darbas
Transporto priemonių inžinerija (621E20001)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Martynas Starevičius
(data)

Recenzantai

(parašas) Prof. dr. Artūras Keršys
(data)

Projektą atliko

(parašas) Vidmantas Punelis
(data)

Kaunas, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

(Fakultetas)

(Studento vardas, pavardė)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

Patvirtinu, kad mano, **Vidmanto Punelio** baigiamasis projektas tema „**Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
TRANSPORTO INŽINERIJOS KATDERA

Suderinta: Transporto inžinerijos katedros

vedėjas: doc. dr. Artūras Keršys

2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS

Išduota studentui: *Vidmantui Puneliui*

1. Projekto tema: „*Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas*“.

„Investigation of the energy consumption of electric loader“.

Patvirtinta: 2016 m. gegužės mėn. 3 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-7

2. Projekto tikslas: *Ištirti elektrinio krautuvo energijos poreikius ir parinkti jėgos agregato elementus.*

3. Projekto uždaviniai ir reikalavimai:

Uždaviniai:

- 1. Krautuvų, skirtų žemės ūkio, statybų ir sandėliavimo-logistikos šakoms, jėgos agregatų ir perdavų analizė.*
- 2. Elektros ir vidaus degimo variklių bei skirtingų tipų perdavų eksploatavimo palyginimas (nuolatinė ir sezoninė priežiūra, remontas).*
- 3. Elektros variklio techninių parametrų nustatymas.*
- 4. Elektros variklio sujungimo su transmisija mechanizmo projektavimas.*
- 5. Eksploatacijos sąlygų (kelio dangą, darbų pobūdį) įtakos energijos sąnaudoms tyrimas.*

4. Projekto konsultantai (nurodant projekto skyrius)¹:

5. Užduoties išdavimo terminas: 2015 m. rugsėjo mėn. 5 d.

Užbaigto projekto pateikimo terminas: 2016 m. gegužės mėn. 20 d.

Vadovas: _____

(vardas, pavardė)

(parašas)

Užduotį gavau: _____

(studento vardas, pavardė)

(parašas)

¹ Esant reikalui, suderinus su katedros vedėju

Punelis, Vidmantas. Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Martynas Starevičius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, Transporto inžinerija (03T)

Reikšminiai žodžiai: *krautuvas, ciklas, režimai, energija, skirtumai, parametrai.*

Kaunas, 2016. 56 p.

SANTRAUKA

Krautuvai nepakeičiama darbo jėga vis dar besivystančiose logistikos, statybos ir žemės ūkio srityse. Šie įrenginiai gali sumažinti žmogiškuosius kaštus, pakeisdami juos didesnio našumo mechanizuota darbo jėga. Tačiau siekiant užtikrinti didžiausią darbo našumą ir mažiausias sąnaudas reikia apibrėžti konkrečius darbo parametrus, kurie leis lengviau išsirinkti reikiamą įrangą. Atsižvelgiant į ekologiškų ir gamtai draugiškų įrenginių plėtros tendencijas, kyla klausimas ar elektrinis krautuvas gali būti tinkamas įrenginys sunkių darbo sąlygų reikalaujantiems darbams.

Šio darbo tikslas - ištirti elektrinio krautuvo energijos poreikius ir parinkti jėgos agregato elementus.

Literatūros analizė parodė kokie yra krautuvų tipai, kur jie naudojami. Išsiaiškinti esminiai skirtumai tarp elektrinio ir vidaus degimo varikliu varomo krautuvo. Apžvelgti krautuvų darbiniai parametrai.

Remiantis sudarytu pasipriešinimo jėgų algoritmu apskaičiuotos eksperimentinio elektrinio krautuvo energijos sąnaudos pagal sudarytą darbo ciklą. Nustatytas užsiduotų darbo ciklų skaičius vienu įkrovimu, apibrėžta darbo trukmė krovimo darbus atliekant ant skirtingos darbinės dalies dangos.

Atlikti eksperimentiniai bandymai krautuvui dirbant pagal skaičiavimuose užsiduotą darbo ciklą. Įvertintos energijos sąnaudos, bei atliktas ekonominis palyginimas dirbant elektriniu ir vidaus degimo varikliu varomiems krautuvams tuo pačiu darbo režimu.

Punelis, Vidmantas. *Investigation of the energy consumption of electric loader: Master's thesis in* / supervisor assoc. prof. Martynas Starevičius. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Technological Science, Transport Engineering (03T)

Key words: loader, cycle, modes, energy, differences, comparison.

Kaunas, 2016. 56 p.

SUMMARY

Loaders indispensable labor force is still developing logistics, construction and agriculture. These devices can reduce the human costs of replacing them higher productivity mechanized labor. However, in order to ensure maximum efficiency and minimum cost necessary to define the specific work settings that make it easier to choose the correct equipment. Taking into account the clean and environmentally friendly facilities popularity trends, the question arises whether the electric loaders can be an appropriate unit for arduous working conditions demanding applications.

Objective for this work – to investigate the electrical energy needs of the electric loader and to choose the drive train components.

The analysis of literature shows what types of loaders, where they are used. To find out the essential differences between electric and internal combustion engine – powered loaders. To review the loader performance.

The experimental tests loader working under calculation-set work cycle. The estimated energy consumption, and carried out an economic comparison of operating electric and internal combustion engine powered loaders at the same operating mode.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO KALBOS TAISYKLINGUMO VERTINIMAS

MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

Vidmantas Punelis. „Elektrinio krautuvo energijos sąnaudų tyrimas“.

Klaidų tipai	Klaidų skaičius, psl.	Pavyzdžiai
Rašybos klaidos		
Skyrybos klaidos*		
Kalbos kultūros klaidos		
Formalieji dalykai** (korektūros, kompiuteriu renkamo teksto klaidos)		
Bendras klaidų skaičius		
Raštingumo lygis:		

*Viena skyrybos klaida skaičiuojama kaip 0,5 klaidos.

**Neįeina į bendrą klaidų skaičių, tačiau jei tokių pažeidimų daug, darbas nevertinamas kaip aukšto raštingumo.

Vilija Celiešienė

PASTABOS:

1) Lentelėse nurodomas bendras klaidų skaičius. Pateikiama pavyzdžių.

2) Raštingumas aukštas – iki 8 klaidų, vidutinis – 8–15 klaidų, žemas – daugiau nei 16 klaidų.

MAGISTRO BAIGIAMOJO PROJEKTO VADOVO ATSILIEPIMAS

Studento vardas, pavardė

Baigiamojo projekto pavadinimas

Baigiamojo projekto apimtis

Užduoties įvykdymas (nurodyti konkrečiai, kaip įvykdė; jei buvo nukrypta nuo užduoties, nurodyti priežastis)

Baigiamojo projekto privalumai (išvardinti, aptariant atskiras darbo dalis)

Baigiamojo projekto trūkumai (jeigu yra, išvardinti, nurodant darbo dalis)

Baigiamojo projekto ruošimo eiga (kaip studentas dirbo darbo ruošimo metu: pralenkdamas grafiką, pagal grafiką, atsilikdamas nuo grafiko; studento darbo savarankiškumas, kūrybinė iniciatyva ir pan.)

Išvados apie baigiamojo projekto atitikimą reikalavimams ir tinkamumą viešam gynimui

Siūlau baigiamąjį projektą įvertinti pažymiu

Baigiamojo projekto vadovas

(pareigos, vardas, pavardė, parašas)

2016 m. birželio mėn. __ d.

Turinys

Įvadas	11
1. Literatūros analizė	12
1.1 Pirmasis ratinis krautuvas.....	12
1.2 Krautuvų klasifikavimas	12
1.3 Ratinių krautuvų palyginimas	19
1.4 Elektrinio krautuvo elementai	20
1.5 Elektros ir vidaus degimo variklių palyginimas.....	27
1.6 Priežiūros palyginimas	28
2. Tyrimų metodika	30
2.1 Galios apskaičiavimo metodika	30
2.2 Transporto priemonės judėjimo metu veikiančios jėgos	32
3. Analitiniai tyrimai	36
3.1 Elektrinio ratinio krautuvo aprašas	36
3.2 Krautuvo darbo sąlygos.....	36
3.3 Galios poreikis	37
3.4 Krautuvo darbo režimai.....	38
3.5 Darbo ciklas	40
3.6 Traukos variklių sukonstruotame krautuve palyginimas.....	42
4. Eksperimentiniai tyrimai	45
4.1 Bandymų rezultatai	45
4.2 Variklių eksploatacijos ekonominis palyginimas.....	46
5. Variklio ir transmisijos sujungimas	48
5.1 Transmisijos mova	48
5.2 Variklių movos.....	50
Išvados	53
Literatūra	54
Priedai	57

Įvadas

Pasaulyje šiandien vyksta gana atkakli kova siekiant skatinti eksporto politiką, investicijas, didesnę prekių ir paslaugų mainų balansą, tai labiausiai veikia valstybių ekonominio vystymosi greitį. Sunku šiuo metu rasti žemės ūkio, statybų ar logistikos įmonę kurie savo veiklą galėtų įsivaizduoti be mechanizuoto krovinių pakrovimo ir iškrovimo. Kasdienėje veikloje reikalingi įvairių krovinių krovos darbai gamybinėse patalpose, gyvulių laikymo vietose, pašarų sandėliavimo darbai, statyboms skirtų medžiagų gabenimo statybvietėse, jų sandėliavimo darbai. Logistikos srityje krautuvas yra neatsiejama priemonė sparčiam ir kokybiškam darbui. Krautuvų naudojamų žemės ūkyje spektras yra plačiausias. Be tinkamų krautuvų užtikrintas darbo našumas vargu ar įmanomas, kadangi jie turi didžiulę įtaką perspektyviai gamybos ar krovinių paskirstymo veiklai. Tik turėdama tinkamus krautuvus įmonė gali padidinti gamybos apimtį, sumažinti gamybos nuostolius, darbo sąnaudas, produkcijos savikainą ir laiku pateikti galutiniam vartotojui produkciją. Krovimo darbų atlikimo sparta tiesiogiai priklauso nuo naudojamos krovimo darbų technikos ir krautuvo tipo. Reikiamo tipo krautuvo pasirinkimui energijos taupymas ir vartojimo efektyvinimas yra labai svarbus aspektas, kuris taip pat yra orientuotas į išlaidų bei emisijų mažinimą. Naftos rinkos kainų nestabilumas lyginant su elektros energijos kainos pokyčiais neužtikrina sandėliavimo - krovimo įrangos išlaikymo kaštų pastovumo. Dar vienas svarbus aspektas lemiantis krautuvo tipą, yra tarša. Dėl vidaus degimo varikliais varomų krautuvų kyla problema dirbant uždaroje patalpose, išmetamosios dujos kenkia patalpose dirbantiems darbuotojams. Ekonominiais ir gamtos saugos aspektais elektrinis ratinis krautuvas yra tinkamas įrenginys krovimo darbams atlikti.

Darbo tikslas – Ištirti elektrinio krautuvo energijos poreikius ir parinkti jėgos agregato elementus. Darbo tikslui įgyvendinti iškeliami šie uždaviniai:

1. Krautuvų, skirtų žemės ūkio, statybų ir sandėliavimo-logistikos šakoms, jėgos agregatų ir perdavų analizė.
2. Elektros ir vidaus degimo variklių bei skirtingų tipų perdavų eksploatavimo palyginimas (nuolatinė ir sezoninė priežiūra, remontas).
3. Elektros variklio techninių parametrų nustatymas.
4. Elektros variklio sujungimo su transmisija mechanizmo projektavimas.
5. Eksploatacijos sąlygų (kelio danga, darbų pobūdis) įtakos energijos sąnaudoms tyrimas.

1. Literatūros analizė

1.1 Pirmasis ratinis krautuvas

Vienas pirmųjų ratinių krautuvų pasirodė dar 1954. Tai buvo „Volvo“ sukurtas krautuvas, su galine vairuojamąja ašimi, apsuktos pirminės važiavimo krypties traktoriaus prototipas.



1.1 pav. „Volvo“ ratinis krautuvas [20]

Krautuve buvo įmontuotas trijų cilindrų dyzelinis vidaus degimo variklis, kurio didžiausia išvystoma galia 35 kW. Transportavimo priemonėje buvo sumontuota penkių pavarų mechaninė transmisija. Šis modelis buvo sėkmingas žingsnis į ratinių krautuvų gamybos bei panaudojimo sričių plėtrą. Šiuo metu krautuvai plačiai naudojami žemės ūkio, statybos bei logistikos srityse.

1.2 Krautuvų klasifikavimas

Keliamoji ir transportavimo įranga skirstoma į pagalbinę (mažoji mechanizacija) ir pagrindinę (didelio našumo įranga). Mažajai mechanizacijai priskiriami rankiniai vežimėliai, keltuvai. Pagrindinėmis sandėlių mechanizavimo priemonėmis yra elektriniai ir vidaus degimo varikliais varomi ratiniai krautuvai, konvejeriai, tiltiniai kranai. Pagal kėlimo įrangos tipą krautuvai skirstomi į šakinius ir kaušinius.



1.2 pav. Šakinis ir kaušinis krautuvai [23]

Pagal jėgos agregato tipą krautuvai skirstomi į dyzelinius, dujinius – benzininius ir elektrinius. Elektriniai krautuvai skirstomi pagal atraminių ratukų skaičių. Krautuvai būna keturių ir trijų ratų. Krautuvai su keturiais atraminiais ratukais stabilesni ir gali pakelti sunkesnius krovinius, negu turintys tris atraminius ratukus. Krautuvai su trimis atraminiais ratukais manevringesni ir gali judėti siaurais darbiniais koridoriais.

Pagrindinėms krautuvų charakteristikoms priskiriama: keliamoji galia, kėlimo aukštis, variklio tipas. Papildomoms charakteristikoms priskiriama: stiebo aukštis, transmisijos, padangų tipai ir hidraulinio skirstytuvo sekcijų skaičius.

Standartinis krautuvai turi nuo 35 iki 60 techninių charakteristikų, tokių kaip: svorio centro vieta, susikertančių perėjų/takų plotis, krovinių krovimui stačiu kampui reikalingas plotis, šakių kėlimo aukštis, judėjimo greitis, laikas, kurį galima dirbti viena įkrova (elektrinis variklis), kuro sąnaudos (vidaus degimo variklis).

Skirtingai, nei lengvasis automobilis, kuris yra neatsiejama gyvenimo dalis daugumai vartotojų, krautuvai yra priskiriami darbiniais įrankiams kurie naudojami pridėtinės vertės kūrimui. Būtent todėl renkantis krautuvą nerekomenduotina naudotis išlaidų minimizavimo principu. Variantas turi būti optimalus, tad pirma reikia nustatyti, kokiomis sąlygomis jis bus eksploatuojamas ir kokie pagrindiniai reikalavimai bus keliami. Pagrindiniai kriterijai renkantis krautuvo tipą:

- Sąlygos, kuriomis krautuvai dirbs (atvira aikštelė, uždara patalpa, didesnių matmenų teritorija);
- Pervežamo krovinių tipas, masė, matmenys;
- Sandėliavimo aukštis;

- Grindų danga (betonas, asfaltas, metalas), jos būklė;
- Planuojamas darbų intensyvumas (vienos, dviejų pamainų, dirbama visą parą);
- Pervežamų krovinių kiekis;
- Tikslus, kintantis maršrutas;
- Aptarnaujamos zonos plotas.

Sprendžiant dėl krautuvo keliamosios galios, reikia įvertinti tokius veiksnius, kaip krovinio svoris, jo matmenys, kėlimo aukštis, pločio ribojimai. Krautuvo keliamoji galia yra proporcinga jo rinkos kainai, tad tikslinga rinktis krautuvą su nedidele keliamosios galios atsarga.

Svarbus veiksnys lemiantis krautuvo tipo pasirinkimą – jėgainės parinkimas (elektrinis ar vidaus degimo variklis). Pasirinkimą lemia darbo sąlygos. Paprastai atvirose aikštelėse dirba krautuvai su vidaus degimo varikliais. Juos taip pat galima naudoti ir gerai vėdinamose patalpose su aukštomis lubomis. Elektriniai krautuvai priskiriami vidaus įrangai ir dažniausiai naudojami tik darbams sandėlio viduje.

Grindų dangos tipas, jos būklė ir švara lemia ratų pasirinkimą. Švarioms grindims labiausiai tinka krautuvai su pneumatiniiais ratais. Taip pat jie geriausiai įveikia kelio nelygumus. Tačiau tokie ratai nėra tinkami užterštai kelio dangai, ratus gali pažeisti ant dangos atsiradusios gamybinės atliekos (metalo drožlės vinys ir kita). Tokiais atvejais verčiau naudoti lietus metalinius ar guma dengtus ratus.

Taip pat reikia atsižvelgti, kad krautuvai – mechanizmas, kurį renkantis reikia įvertinti visus eksploatacinius veiksnius. Krautuvo masė (2 – 5t) ir pervežamo krovinio svoris (1 – 3t), taip pat ribota darbo erdvė, transportavimo greitis ir pasikeitęs svorio centras krovinių keliant ar nuleidžiant, manevravimas ir judėjimas pirmyn – atgal dažnai tampa traumų priežastimi.

Statistiniais duomenimis krautuvais dažniausiai patiriamos traumos atsiranda dėl per dideliu greičiu į posūkį įvažiavusio krautuvo apvirtimo. Būtent dėl to daugelis gamintojų nuolat dirba gerindami vairuotojų apsaugą – tobulina saugos diržus, tvirtina vairuotojo kabinos atitvarus, bei kitas saugos priemones.

Susirūpinta ir ergonomikos gerinimu – mažėja krautuvų keliamos vibracijos, gerėja matomumas iš operatoriaus vietos, ties posūkiiais transportas pats sumažina greitį, gerinama vairo kolonėlės konstrukcija.

Modernūs krautuvai turi ir elektronines saugumo priemones. Viena iš tokių priemonių operatoriaus buvimą fiksuojanti sistema „IPS“ (Integrated Presence System), montuojama į naujos kartos „Mitsubishi“ keltuvus turi šias saugumo sistemas:

- Operatoriui palikus savo vietą, krautuvai iškart stabdomas, blokuojamos stiebo kėlimo ir pasvyrimo funkcijos;
- Jeigu operatorius palieka vietą neįjungęs stovėjimo stabdžio, apie tai informuoja garsinis signalas.
- Kai operatorius pasišalina palikęs veikiančią variklį ir į darbinę padėtį įjungtą svirtį, transmisija automatiškai per 3 sekundes persijungia į neutralią padėtį ir blokuoja krovinio nuleidimą;
- Jei operatorius neprisiega saugos diržo, tai primenantis indikatorius dega 10 sekundžių.

Šoniniai krautuvai

Šoniniai krautuvai yra skirti krauti ir pervežti ilgus krovinius ir jūrinius konteinerius tiek lauke, tiek gamybinėse patalpose ar sandėlyje. Šoniniai krautuvai naudojami patalpose ar teritorijose kuriose plotis tarp krovinių sandėliavimo eilių yra nedidelis.



1.3 pav. Šoninis krautuvai [2]

Visureigiai ūkio krautuvai

Krautuvai skirti dirbti ūkiuose ar aplink juos, taip pat įvairiose mažose erdvėse. Nedideli krautuvo matmenys ir žemas svorio centras taip pat didelis susisukimo kampas ir reljefo kopijavimas leidžia dirbti sudėtingomis sąlygomis.



1.4 pav. Visureigis ūkio krautuvai [24]

Teleskopiniai krautuvai

Teleskopinių krautuvų paskirtis yra krovos darbams, tiekimui bei kitiems medžiagų tvarkymo ir perkrovimo darbams atlikti. Krautuvai kurių masė nuo 12 iki 21 tonos taip pat gali būti komplektuojami su pakeliama operatoriaus kabina. Krautuvų su kintančiu kabinos aukščiu regėjimo laukas yra aukščiau nei 4 m.



1.5 pav. Teleskopinis krautuvai su reguliuojamu kabinos aukščiu [21]

Šarnyriniai krautuvai

Šarnyrinių krautuvų rėmo konstrukcija yra lanksti, tai užtikrina ne tik geresnį krautuvo pravažumą, bet ir didesnį manevringumą. Šio tipo krautuvai labiau pritaikyti dirbti statybų ir kelių tiesimo pramonėje, todėl jų kėlimo aukštis yra mažesnis, bet keliamoji galia didesnė iki 35 %



1.6 pav. Šarnyrinis krautuvas [7]

Ratiniai mini krautuvai

Mini tipo ratiniai krautuvai labai manevringi ir kompaktiški. Krautuvai dažniausiai turi papildomą hidraulinę liniją, todėl juos galima komplektuoti su įvairiausiais priedais tokiais kaip – žemės grąžtas, šluota, vibracinis volas bei kita.



1.7 pav. Ratinis mini krautuvas [4]

3 taškų krautuvai

Šio tipo krautuvai priskiriami papildomai įrangai. Trijų taškų krautuvai (pav. 1.8) montuojami traktoriaus galinėje pakaboje. Krautuvai skirti trąšų, bei kitų bierių produktų kurie pakuojami didmaišiuose kėlimui.



1.8 pav. Trijų taškų krautuvai [25]

Kėlimo strėlė pritaikyta taip, kad maišą būtų galima paimti tiesiogiai nuo žemės arba iš priekabos. Tolimiausioje strėlės padėtyje keltuvai gali pakelti 1300 kg masės krovinį.

Priekiniai krautuvai

Priekiniai krautuvai taip pat priskiriami papildomai įrangai. Krovos įrenginiai montuojami traktoriaus priekinėje dalyje. Šių krautuvų pasirinkimas plačiausias, juos galima montuoti tiek pačiai mažiausiai, tiek pačiai didžiausiai žemės ūkio technikai. Krautuvo darbo parametrus apibrėžia traktoriaus ant kurio jie montuojami aukštis, plotis, hidraulinio siurblio našumas.







1.9 pav. Priekinis krautuvai [26]

1.3 Ratinių krautuvų palyginimas

1.1 lentelė

Krautuvų palyginimas

Krautuvo modelis		Masė, kg	Keliamoji Galia, kg	Masės ir keliamosios galios santykis	Kėlimo aukštis, mm	Pavarų skaičius	Didžiausias greitis, km/h
Bobcat		2497	1280	1,95	3700	2	19,8
Kramer		1625	1080	1,5	2800	4	20
CAT		5595	2400	2,3	3200	3	35
Foton		7200	3000	2,4	2980	3	37

Pateiktoje 1.1 lentelėje palyginama krautuvų masė, jų keliamoji galia, apskaičiuojamas keliamosios galios ir masės santykis, kėlimo aukštis, apžvelgiami didžiausio judėjimo greičio, bei transmisijos parametrai. Galios ir masės santykis kinta 1,5 – 2,4 intervale, kėlimo aukštis kinta nuo 2,8 iki 3,7 metro.

1.4 Elektrinio krautuvo elementai

Ratinio elektrinio krautuvo sudedamosios dalys :

- Elektros variklis
- Baterijų blokas
- Variklio valdiklis
- Kontaktorius
- Saugiklis
- AC/DC keitiklis (priklausomai nuo variklio tipo)
- DC/DC keitiklis
- BMS (baterijų priežiūros sistema)
- Kroviklis
- Vairo stiprintuvo pompa (priklausomai nuo vairavimo sistemos)

Elektros variklis

Jėgos agregatas naudojamas elektriniame krautuve yra elektros variklis. Didžiausias elektros variklių pasirinkimas yra nedidelės galios intervale (iki 1 kW), varikliai skirstomi į :

- nuolatinės srovės (DC);
- bešepetėliniai DC (BLDC – angl. BrushLess DC);
- sinchroniniai kintamos srovės;
- asinchroniniai (indukciniai) kintamos srovės (AC) vienfaziai ir trifaziai;
- žingsniniai;
- komutuojamos magnetinės varžos (angl. Swiched Magnetic Reluctance – SMR).

Didesnio galingumo variklių intervale 1-10 kW variklių pasirinkimo įvairovė mažėja. Didesnės nei 10 kW galios yra 3 variklių tipai, kurie tinkami panaudoti transporto priemonėse. Elektriniam transportui reikia 30-200 kW galios variklių:

- nuolatinės srovės (DC),
- sinchroniniai

- asinchroniniai indukciniai (AC).



1.10 pav. Variklių tipai (Nuolatinės srovės, sinchroniniai, asinchroniniai) [17]

Transporte naudojamų variklių parametrų palyginimas 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė

Elektros variklių palyginimas

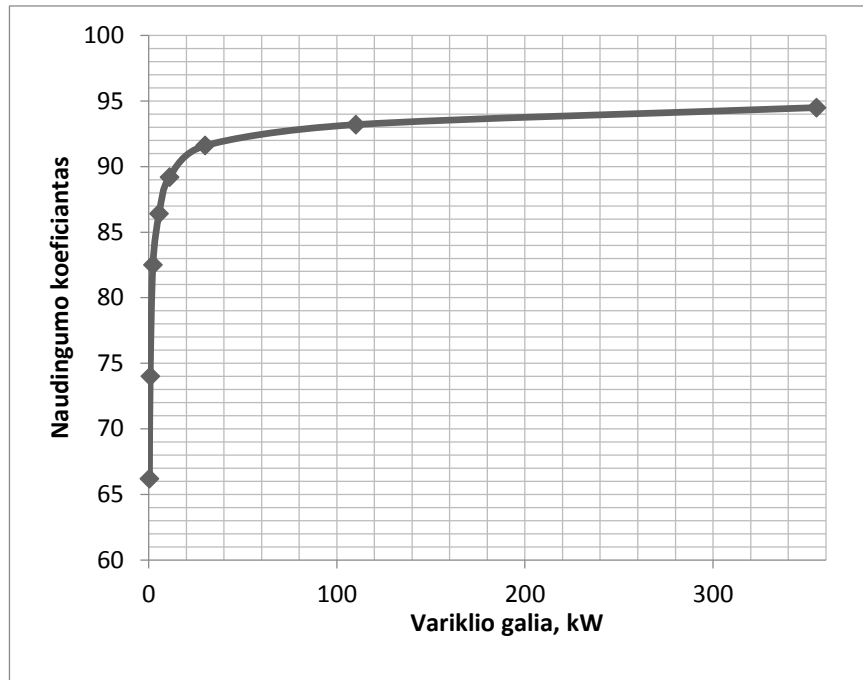
Variklio tipas	Masė, kg	Sukimosi dažnis, aps./min.	Vidutinis naudingo veikimo koeficientas	Lyginamoji kaina
Nuolatinės srovės	100	4000÷6000	0,84	1,0
Asinchroninis su trumpai jungtu rotoriumi	45	9000÷15000	0,935	0,26
Sinchroninis su elektromagnetiniu žadinimu	55	4000-10000	0,93	0,32
Sinchroninis su nuolatiniais magnetais	45	4000-10000	0,935	0,26
Sinchroninis diskinis su nuolatiniais magnetais	35	> 10000	0,96	0,20

Variklių naudingumo koeficiento kitimas pagal jų galią:

1.3 lentelė

Naudingumas pagal galią.

Galia, kW	0,37	0,75	2,2	5,5	11	30	110	355
Naudingo veikimo koeficientas, %	66,2	74	82,5	86,4	89,2	91,6	93,2	94,5



1.11 pav. Naudingumo koeficiento priklausomybė nuo galios.

Baterijų blokas

Baterijų blokas yra skirtas kaupti ir išlaikyti energiją reikalingą važiavimui, bei darbo ciklams atlikti. Baterijų bloko talpa matuojama kWh. Kuo didesnės talpos baterijų blokas naudojamas, daugiau darbo ciklų galima kartoti. Baterijų blokui naudojamų akumuliatorių tipai:

- Pb (įvairūs tipai)
- NiMH
- NiCd
- Li-ion
- Li-Po
- LiFePO₄



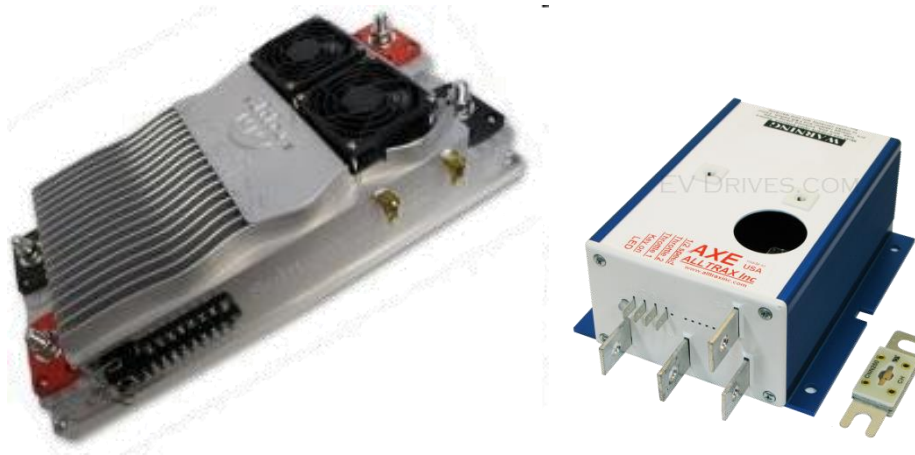
1.12 pav. Baterijų blokas [17]

Saugumo reikalavimai įkrovimo metu akumuliatorių baterijoms:

- **Pb** akumuliatoriai įkrovimo/iškrovimo metu išskiria H_2 , jų sudėtyje dažnai būna stipri rūgštis. Todėl juos privaloma gerai ventiliuoti.
- **NiMh** akumuliatoriai gali išskirti H_2 , įkrovus per daug gali sprogti, degant išskiria daug nuodingų medžiagų. (naudojami Prius I, II automobiliuose)
- **NiCd** akumuliatoriai nenurodomi kaip pavojingi, dujų neišskiria.
- **Li-ion, Li-Po** gali būti pavojingi juos per daug įkrovus, užtrumpinus, be papildomo saugumo elementų sukelia sprogimą, yra neatsparūs karščiui.
- **LiFePo₄** akumuliatoriai nenurodomi kaip pavojingi, dujų neišskiria.

Elektros variklio valdiklis

Variklio valdiklis skirtas reguliuoti variklio atiduodamą galią priklausomai nuo akseleratoriaus paspaudimo. Valdiklio naudingumo koeficientas siekia 97 – 99,5 %. Varikliui valdiklis parenkamas pagal variklio tipą ir jo parametrus.



1.13 pav. Variklio valdikliai [17]

DC/DC keitiklis

DC/DC keitiklis keičia baterijų bloko įtampą į 12 – 13,5 V skirtą standartinės transporto priemonės įrangos maitinimui, bei 12V akumuliatoriaus krovimui. Dažniausiai naudojami 400 – 900 W galios keitikliai.



1.14 pav. Keitikliai [17]

Kontaktorius

Kontaktorius paskirtis elektrinėje transporto priemonėje yra įjungus jungiklį ar spynelės kontaktą sujungti aukštos įtampos laidus. Kontaktorius veikia paprasčiausios relės principu, paduodant į jį teigiamo ir neigiamo poliaus signalus sujungiamas viduje esantis srovės nutraukimo kontaktas.

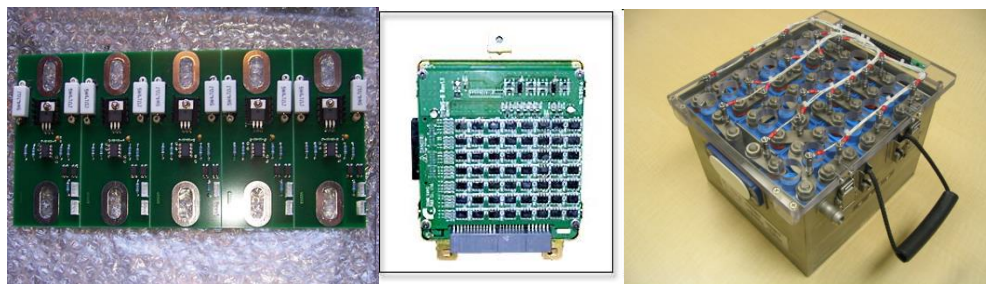


1.15 pav. Kontaktoriai [17]

Akumuliatorių kontrolės sistema

Akumuliatorių kontrolės sistema (angl. *BMS – battery managing system*) kontroliuoja kiekvieno baterijos elemento ar jų modulių iškrovimo/įkrovimo lygį, temperatūrą, vidinę varžą, atlieka elementų balansavimą. Ši sistema gali būti labai paprasta švino – rūgštinių akumuliatorių baterijoms, nes čia praktiškai viskas ko reikia – matuoti akumuliatorių įtampą ir nutraukti srovę, kai pasiekiami minimali reikšmė. Šią funkciją gali atlikti ir variklio valdiklis, tad tokios sistemos (BMS) gali ir visai nebūti. Tačiau, ličio pagrindu veikianti baterija be šios sistemos apsieiti negali. Jeigu švino baterija toleruoja perkrovimą ir krovimo pabaigoje elementai savaime susibalansuoja (įsikrovęs elementas daugiau elektros energijos cheminėje formoje nekaupia, bet šią perteklinę energiją išskiria kaip šilumą ir sunaudoja vandens skaidymo į deguonį ir vandenilį reakcijoje), tai ličio chemijos akumuliatoriai visiškai netoleruoja perkrovimą ir kai kurie jų gali sprogti. Sprogimas nuo perkrovimo būdingas ličio – jonų ir ličio – polimerų baterijoms, tačiau, transporto priemonėse stengiamasi nenaudoti šių pavojingų akumuliatorių ir yra naudojami daug saugesni ličio – geležies fosfato ar ličio – titanato elementai. Tačiau, juos reikia vis tiek stebėti, nors jie nesprogsta, pasitaiko atvejų, jog baterijos sugenda nuo perkrovimo, per gilaus iškrovimo, ar per aukštos temperatūros. Ličio akumuliatoriams reikią kontroliuoti kiekvieną elementą ir subalansuoti juos taip, kad energijos kiekiai kiekviename elemente būtų vienodi. BMS taip pat atlieka visos baterijos įkrautos ir sunaudotos energijos kiekio apskaitą ir šios informacijos vairuotojui pateikimą, kad būtų nuolat žinoma, kokį atstumą galima nuvažiuoti su esama elektros energijos įkrova. [11-12]

Akumuliatorių gamintojai siūlo savo baterijų kontrolės sistemas ir tik tada suteikia garantiją baterijai, jeigu įsigyjama su BMS [11-12].



1.16 pav. BMS moduliai ir jų montavimas [17]

Traukos akumuliatorių įkroviklis

Traukos akumuliatorių įkroviklis – įtaisas įkrauti baterijai iš elektros tinklo. Šis įtaisas gali būti sumontuotas pačiame automobilyje, arba tai gali būti atskiras prietaisas, kurį galima pasiimti tik tuomet, kada numatoma bateriją įkrauti skirtingose vietose. Dažniausiai naudojami du įkrovikliai – vienas, mažesnio galingumo ir lengvesnis, įmontuojamas į elektromobilį, o kitas, galingesnis, nuolat būna įprastoje elektrinės transporto priemonės stovėjimo vietoje. Galingesnis įkroviklis bateriją įkrauna greičiau, tačiau, reikia atsižvelgti ir į elektros tinklo galimybes. Mažesnis bortinis įkroviklis pritaikytas įkrauti iš bet kokios standartinės buitinės rozetės. Akumuliatorių gamintojai siūlo savo įkroviklius, pritaikytus jų gaminamos baterijoms, tad jie juos ir rekomenduoja naudoti, neretai su tuo susiedami ir savo garantinius įsipareigojimus baterijai [11-12].

1.5 Elektros ir vidaus degimo variklių palyginimas

Elektros variklį lyginant su vidaus degimo varikliu, jam praktiškai nereikalinga priežiūra, nes elektros variklyje naudojami tik du riedėjimo guoliai. Tai ženkliai sumažina eksploatacijos metu dylančių dalių skaičių.

1.14 lentelė

Vidaus degimo ir variklio palyginimas

Eil. Nr.	Pagrindiniai lyginamieji kriterijai	Vidaus degimo variklis	Elektros variklis
1	Naudingumo koeficientas	30 - 40%	90- 95%
2	Aušinimo sistema	Reikalinga sudėtinga aušinimo sistema su radiatoriumi ir siurbliu	Aušinama variklio korpusu ir ventiliatoriumi ant variklio veleno
3	Emisija	Iš skiriami angliavandeniliai, suodžiai, bei kiti degimo produktai	Emisijos nėra
4	Laisva eiga	Esant žemai temperatūrai variklis šildomas iki darbinės temperatūros	Nėra
5	Energijos konversija	Nėra	Stabdymo metu energija regeneruojama į baterija
6	Variklio masės – galios santykis	0,7 kW/kg	5,8 kW/kg
7	Masė	200-300 kg	40-140 kg
8	Triukšmingumas	85-91 dB	57-63 dB

1.6 Priežiūros palyginimas

Ratinis krautuvas yra transporto priemonė, kuri dirba sunkiomis sąlygomis. Norint jog krautuvas funkcionuotų tinkamai reikalinga periodinė, sezoninė priežiūra, bei remontas. Lyginant vidaus degimo varikliu, bei elektros varikliu varomus ratinius krautuvus skirtumai yra tarp jiems reikalingos priežiūros variklio, transmisijos ir elektros sistemose. Hidraulinės ir ratų sistemos priežiūra dėl variklio tipo skirtumų neturi.

1.15 lentelė

Priežiūros palyginimas

Priežiūros elementas		Vidaus degimo variklis	Privalumai / trūkumai	Elektros variklis	Privalumai / trūkumai
Variklis	Aušinimo sistema	Yra	Reikalinga sudėtinga sistema, dylančios dalys diržinės (krumpliartinės, grandininės perdavos).	Yra	Reikalinga tik keitiklio aušinimui, paprasta konstrukcija (12-24V vandens siurblys).
	Oro paėmimo sistema	Yra	Reikalinga užtikrinti reikiama šviežio oro paėmimą (filtrai).	Nėra	Mažinamos eksploatacijos išlaidos.
	Išmetimo sistema	Yra	Reikalinga garso slopinimo, bei kenksmingų dalelių mažinimo sistema.	Nėra	Mažinamos eksploatacijos išlaidos.
Transmisija	Pavarų perjungimo sistema	Yra	Reikalinga važiavimo greičio keitimo sistema.	Yra	Reikalinga važiavimo greičio keitimo sistema.

	Sankaba	Yra	Reikalinga periodinė priežiūra, dirbant sunkiomis sąlygomis trumpėja tarnavimo laikas.	Nėra	Mažinamos eksploatacijos išlaidos.
Elektros sistema	12-24 V akumuliatorius	Yra	Ribotas tarnavimo laikas.	Yra	Ribotas tarnavimo laikas.
	Baterijų blokas	Nėra	-	Yra	Ribotas tarnavimo laikas.
	Keitiklis	Nėra	-	Yra	Reikalinga aušinimo sistema
Stabdžiai	Mechaninis stabdys	Yra	Reikalinga periodinė priežiūra, susidėvėjusių dalių keitimas.	Yra	Reikalinga periodinė priežiūra, susidėvėjusių dalių keitimas.
	Stabdžių stiprintuvas	Yra	Reikalinga periodinė priežiūra.	Yra	Reikalinga periodinė priežiūra.
	Elektrinis stabdys	Nėra	-	Yra	Elektros variklis veikia generatoriaus režimu, elektros energija grąžinama į baterijų bloką.

2. Tyrimų metodika

2.1 Galios apskaičiavimo metodika

Pasipriešinimo jėgų suminė galia randama [8 – 10; 13-15]:

$$P = F_{sum} \cdot v \quad (2.1)$$

Čia: F_{sum} – suminė pasipriešinimo jėga; v – greitis tam tikru laiko momentu.

Suminė pasipriešinimo jėga :

$$F_{pasipr.} = m \cdot a + mgf \cos \alpha + mg \sin \alpha + c_w A \frac{\rho}{2} v^2 \quad (2.2)$$

Čia: $m \cdot a$ inercijos jėga; $mgf \cdot \cos \alpha$ - pasipriešinimas riedėjimui; $mg \sin \alpha$ - įkalnės pasipriešinimas; $c_w A \frac{\rho}{2} v^2$ - oro pasipriešinimas.

Čia: m – transporto priemonės masė; a – pagreitis; g – laisvojo kritimo pagreitis; f – pasipriešinimo riedėjimui koeficientas; α - įkalnės kampas; ρ – oro tankis; c_w – oro pasipriešinimo koeficientas; A – Midelio plotas; v – greitis.

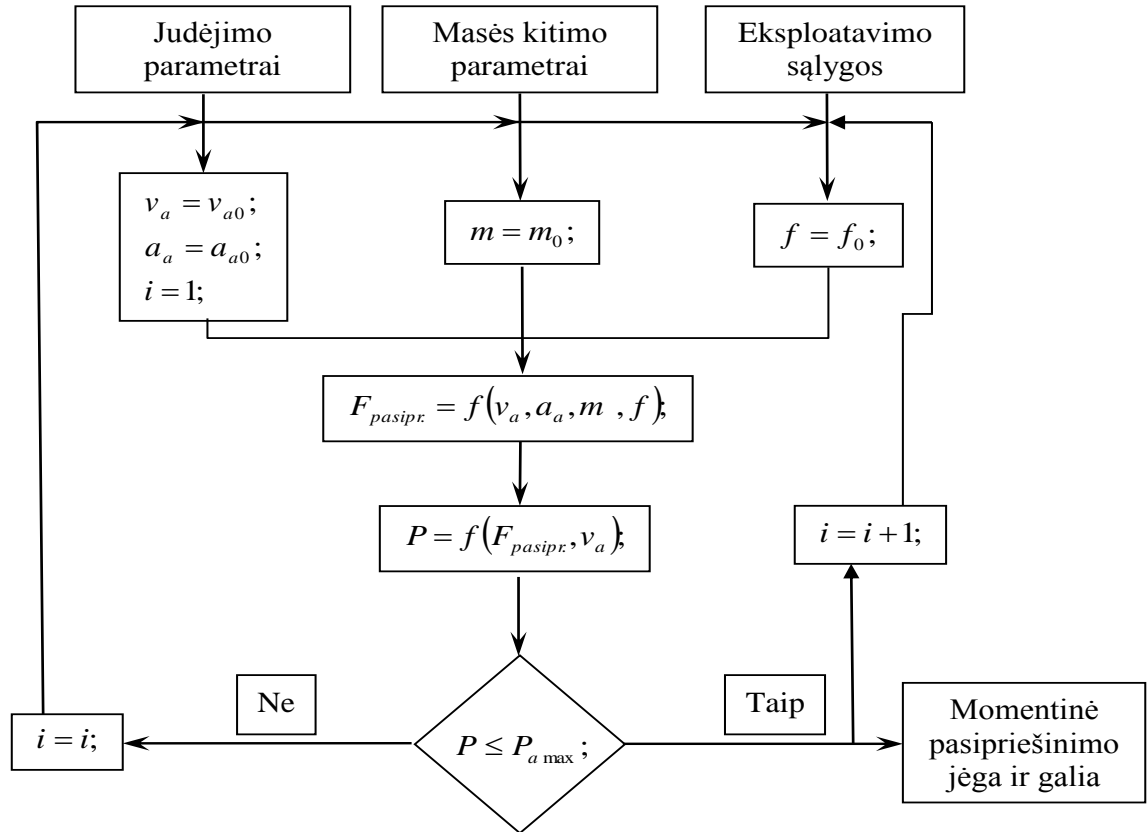
Midelio plotas randamas [4 – 6]:

$$A = 0,778 \cdot (B \cdot H) \quad (2.3)$$

Čia: B – transporto priemonės plotis ; H - transporto priemonės aukštis.

Skaičiavimų patikrinimui, naudojamas bendras suminės pasipriešinimo jėgos ir galios apskaičiavimo algoritmas, kuris kiekvieną momentinę suminės galios reikšmę lygina su didžiausia variklio galia.

Sudaromas transporto priemonės judėjimo algoritmas (2.1 pav.), kurio pagalba atliekami, bei patikrinami skaičiavimai. ($P_{a\max}$ – didžiausia variklio galia).



2.1 pav. Suminės pasipriešinimo jėgos ir galios apskaičiavimo algoritmas

Atlikta judėjimo dinamikos parametrų analizė, kurios pagrindu apskaičiuotos transporto priemonę veikiančios pasipriešinimo judėjimui jėgos, galia bei nustatomos energijos sąnaudos.

2.2 Transporto priemonės judėjimo metu veikiančios jėgos

Pasipriešinimas riedėjimui atsiranda dėl padangos deformacijų kontakte su keliu. Dalis energijos yra išsklaidoma dėl padangos savybės slopinti virpesius, o likusi virsta šiluma.

Nuo 60% iki 70% pasipriešinimo riedėjimui energijos yra sukuriama padangos protektoriuje, kuris tiesiogiai kontaktuoja su keliu (šiuo atveju pasipriešinimas riedėjimui labai priklauso nuo gumos mišinio). [8 – 10; 16]:

Pasipriešinimas riedėjimui dažnai yra išreiškiamas kaip pasipriešinimo riedėjimui jėga – F_R :

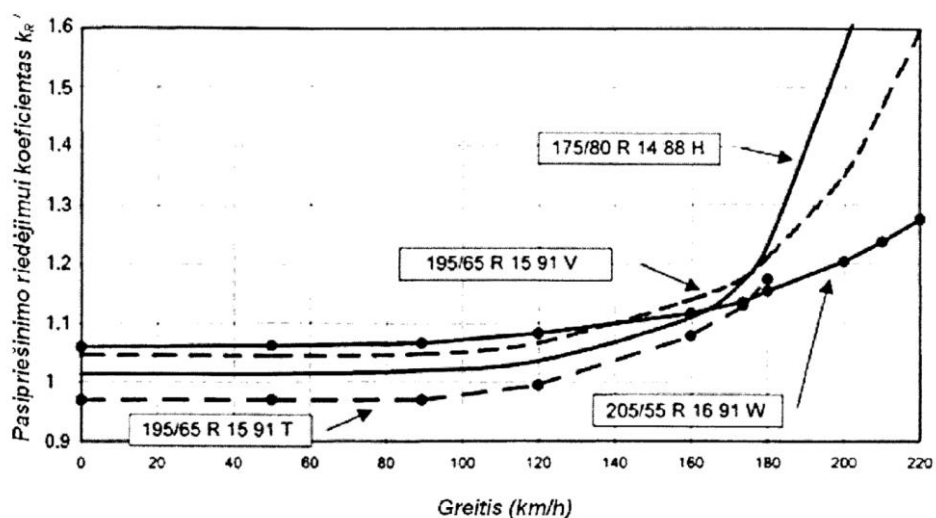
$$F_R = f \cdot F_{zW} \quad (2.4)$$

čia:

F_{zW} - rato ir kelio kontakte veikianti vertikali reakcija nuo rato apkrovos;

f - pasipriešinimo riedėjimui koeficientas.

Pasipriešinimo riedėjimui koeficientas - f priklauso nuo ratų vertikalios apkrovos - F_{zW} ir oro slėgio padangose - p_p . Eksperimentinės skirtingų matmenų ir greičio indeksų padangų pasipriešinimo riedėjimui koeficientų - f' (%) priklausomybės nuo judėjimo greičio (2.2 pav.) (padangų bandymai buvo atlikti ant besisukančio būgno) [8 – 10; 16].



2.2 pav. Skirtingų padangų pasipriešinimo riedėjimui koeficientų - f' reikšmių (%) priklausomybės nuo judėjimo greičio [9].

Padangų pasipriešinimo riedėjimui koeficientas (2.1 pav.) labai priklauso nuo padangų paskirties (padangos paskirtis apibrėžia padangos konstrukcinius ir eksploatacinius reikalavimus). H, V ir W greičio indeksus turinčios padangos yra labiau pritaikytos važiuoti didesniais greičiais, todėl jos turi pasižymėti didesniu skersiniu standumu, mažesniu šoniniu slidinėjimu, pakankamu vandens iš po ratų išstūmimu. Tuo tarpu T greičio indeksą turinčios padangos yra skirtos kasdien naudojamoms transporto priemonėms, todėl jos turi pasižymėti mažesniu pasipriešinimu riedėjimui (sumažėja transporto priemonės kuro sąnaudos, padangų dėvėjimasis) [8 – 10; 16].

Pasipriešinimą riedėjimui taip pat įtakoja ir kelio tipas bei jo paviršius. Tipiškas asfaltuotas kelias pasipriešinimą riedėjimui padidina 20%, šiurkštus betoninis kelias 30%. Įvertinus kelio sukuriamą pasipriešinimą riedėjimui galutinė koeficiento - f reikšmė gali būti nustatyta iš priklausomybės [8 – 10; 16]:

$$f = i_R f'; \quad (2.5)$$

čia:

i_R - kelio įtaką pasipriešinimo riedėjimui koeficientui apibrėžiantis daugiklis ($i_R = 1,2 \div 1,4$ keliams su kietu pagrindu).

Iki ~ 120 km/h padangų pasipriešinimas riedėjimui nekinta (pasipriešinimo riedėjimui jėga yra pastovi). Padangose mažėjant oro slėgiu dėl padidėjusių padangos vertikalinių deformacijų pasipriešinimas riedėjimui didėja. Norint užtikrinti minimalų padangos pasipriešinimą būtina užtikrinti reikiamą slėgį padangose priklausomai nuo galimos padangos vertikalios apkrovos F_{zw} [4 – 6].

Transporto priemonių oro (aerodinaminis) pasipriešinimas labiausiai priklauso nuo transporto priemonės judėjimo greičio. Aerodinaminio pasipriešinimo judėjimui jėga - F_{Ae} apskaičiuojama [8 – 10]:

$$F_{Ae} = 0,5\rho \cdot A \cdot c_d (v + v_{pv})^2; \quad (2.6)$$

čia:

ρ - oro tankis (1,2-1,3 kg/mJ);

c_d - transporto priemonės priešpriešinio oro pasipriešinimo koeficientas;

A - transporto priemonės priekio vidinio plotas. $A = 0,78H_aB_a$ (m^2), kur H_a – transporto priemonės aukštis, B_a - transporto priemonės plotis;

v - transporto priemonės judėjimo greitis (m/s);

v_{pv} - transporto priemonę veikiančio priešpriešinio vėjo greitis (m/s) (ramiu oro $v_{pv} = 0$ m/s);

Transporto priemonės oro pasipriešinimo judėjimui jėgos sumažinimas įmanomas sumažinus priešpriešinio oro pasipriešinimo koeficientą - c_d . Transporto priemonės vidinio plotas priklauso nuo automobilio gabaritų, todėl šiuo atveju mažos klasės automobilių aerodinaminio pasipriešinimo riedėjimui jėga yra mažesnė [8 – 10].

Transporto priemonės svorio centre veikianči inercijos jėga - F_{in} veikia tik kintant automobilio judėjimo greičiu, automobiliui judant nusistovėjusiu režimu, ši jėga artima nuliui. Paprastai transporto priemonės svorio centre veikianči inercijos jėga apskaičiuojama [8 – 10]:

$$F_{in} = m_{ba} \cdot a_x \quad (2.7)$$

čia:

m_{ba} - bendra (tuo momentu važiuojančios) transporto priemonės masė (kg). Jei transporto priemonė traukia priekabą tai jos masė taip pat pridedama prie bendros masės;

a_x - automobilio svorio centre veikianči išilginis pagreitis (m/s²).

Transporto priemonę veikianči išilginis pagreitis a_x priklauso nuo [8 – 10]:

1. Didžiausios variklio galios - N_{vdv} [8 – 10];
2. Transporto priemonės traukos agregato ir transmisijos galimybės sukurti reikiamo dydžio traukos jėgas varančiuosiuose ratuose - F_{xwa} [8 – 10];
3. Didžiausios galimos išilginės traukos jėgos ratuose - F_{xwa} , t.y. traukos jėgos kurios gali būti sukuriamos varančiuosiuose ratuose priklausomai padangų sukibimo su keliu koeficiento – μ_{xw} ir nuo varančiųjų ratų vertikalios apkrovos - F_{zw} . Savo ruožtu padangų sukibimo su keliu koeficiento - μ_{xw} priklauso nuo padangų ir kelio savybių, o varančiųjų ratų vertikalios apkrova – F_{zw} priklauso nuo transporto priemonės masės, transporto priemonės amortizuotos masės

persiskirstymo transporto priemonės ašims greitėjimo momentu, varančiosios ašies pakabos konstrukcijos ir transporto priemonės aptekančio oro parametrų [8 – 10].

Įkalnėje/nuokalnėje veikianči jėga [4 – 6]:

$$R_p = mg \cdot \sin(\alpha) \quad (2.8)$$

Kadangi kelio posvyrio kampas dažniausiai nėra itin didelis, galima priimti, kad [8 – 10]:

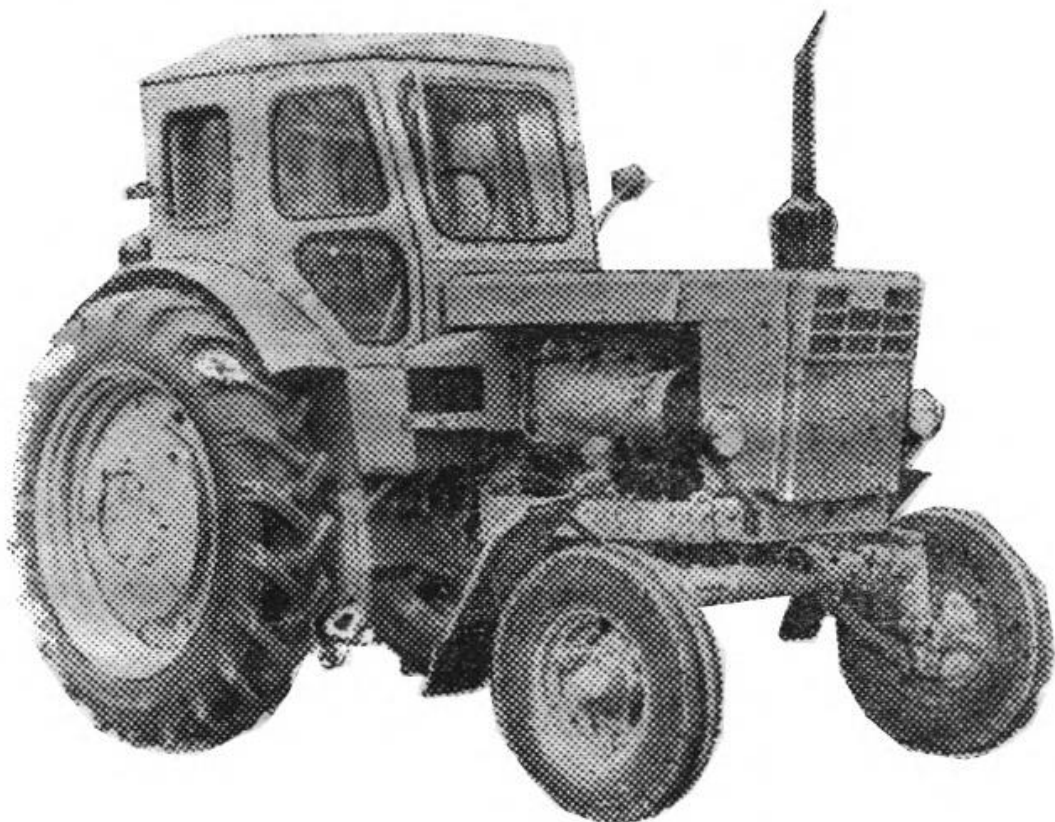
$$\cos(\alpha) \approx 1, \quad \sin(\alpha) \approx \tan(\alpha) \approx i, \quad (2.9)$$

kur i - kelio posvyrio kampas.

3. Analitiniai tyrimai

3.1 Elektrinio ratinio krautuvo aprašas

Eksperimentinis krautuvas sukonstruotas traktoriaus T – 40 pagrindu. Tai ratinis traktorius, kuris 1961–1995 m. gamintas Rusijoje, Lipecko traktorių gamykloje (LTZ). Traktoriaus paskirtis lengvų dirvų arimui, grūdinių kultūrų apdirbimui, sniego valymui, transportavimui. Traktoriuose sumontuotas keturių cilindrų, keturtaktis, oru aušinamas dyzelinis variklis.



3.1 pav. T-40 traktorius. [7]

3.2 Krautuvo darbo sąlygos

Visų transporto priemonių degalų (energijos) sąnaudos ir taršos parametrai nustatomi pagal standartizuotus eksploataavimo režimus [6; 13 – 16; 19].

Elektrinio krautuvo projektui, suburta penkių Kauno technologijos universiteto studentų komanda. Du transporto priemonių inžinerijos magistrantūros studijų studentai, bei trys tos pačios studijų krypties bakalauro studijų studentai. Krautuvo paskirtis užtikrinti žemės ūkio bendrovės

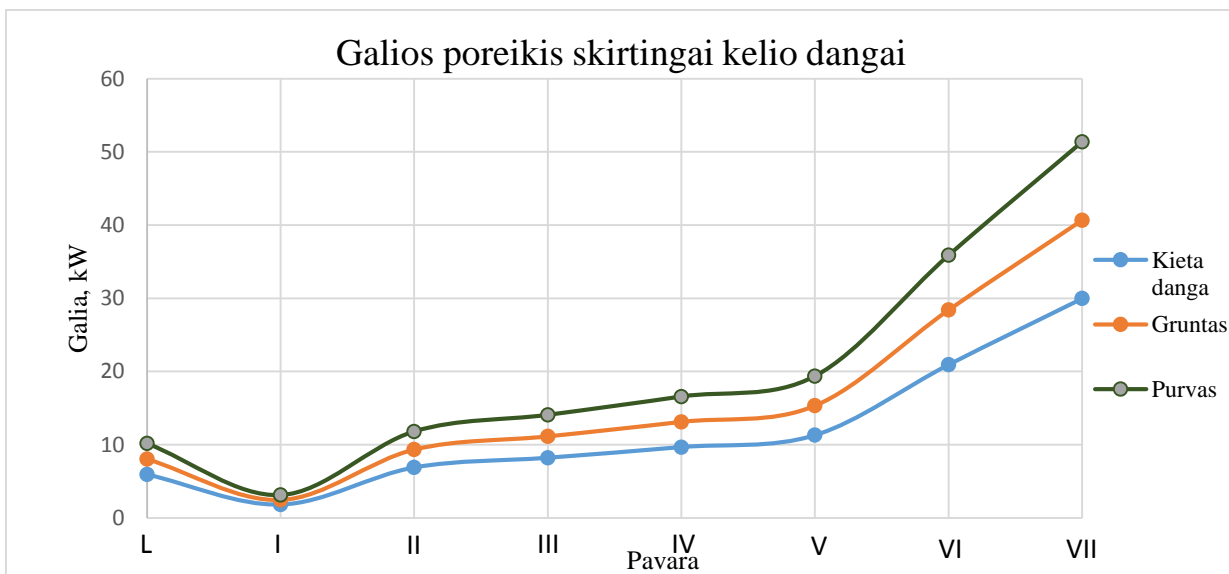
aprūpinimą pašarais. Pašarai fasuoti rulonuose, kurių masė 500 kg. Ūkio bendrovėse vidutinis atstumas nuo pašarų sandėliavimo vietos iki fermos nedidesnis nei šimtas metrų. Pagal šiuos parametrus užsiduodamas elektrinio krautuvo darbo ciklas.



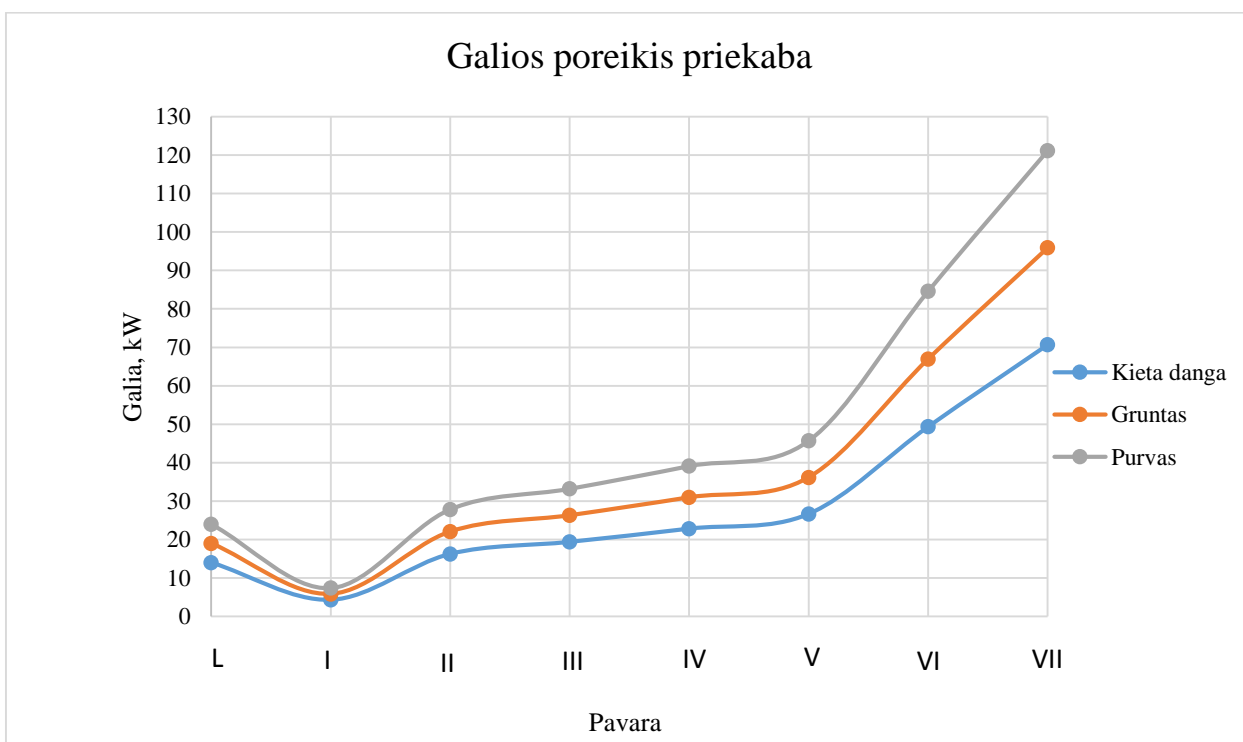
3.2 pav. Žemės ūkio bendrovės palydovinis vaizdas (1 – pašarų sandėliavimo vieta; 2 – pirmą ferma; 3 – antra ferma.)

3.3 Galios poreikis

Pagal sudarytą pasipriešinimo jėgų algoritmą apskaičiuojami galios poreikiai važiuojant skirtingomis pavaromis. Taip pat skaičiavimai atliekami esant skirtingai kelio dangai, bei važiuojant su pakrauta priekaba.



3.3 pav. Galios poreikis skirtingai kelio dangai važiuojant be krovinio



3.4 pav. Galios poreikis važiuojant su 4t bendros masės priekaba

3.4 Krautuvo darbo režimai

Norint nustatyti galios poreikį elektriniam ratiniam krautuvui reikia sudaryti darbo ciklo aprašą, kuriame apibrėžiami krovimo darbams reikiami veiksmai.

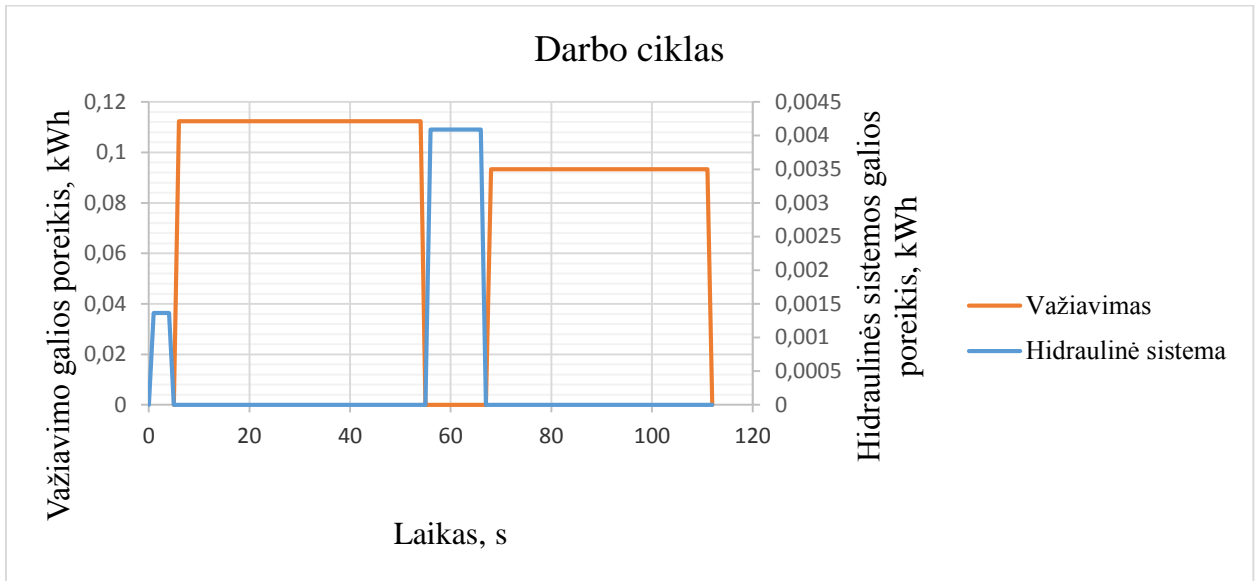
Darbo ciklas:

- 500kg krovinio paėmimas (pakėlimas nuo žemės 1m, pasiruošimas transportavimui);
- 500kg krovinio transportavimas iki iškrovimo vietos (100m);
- 500kg krovinio pakėlimas į 3m aukštį (iškrovimas);
- Grįžimas į krovinio paėmimo vietą (100 m).

Dėl plataus transmisijos darbo režimo, lyginant su įprastais ratiniais krautuvais, eksperimentinis krautuvas gali būti naudojamas ne vien krovimo darbams uždaroje teritorijoje, bet ir transportuojant krovinius didesniais nei 100m atstumais, bei dirbti esant skirtingai kelio dangai.

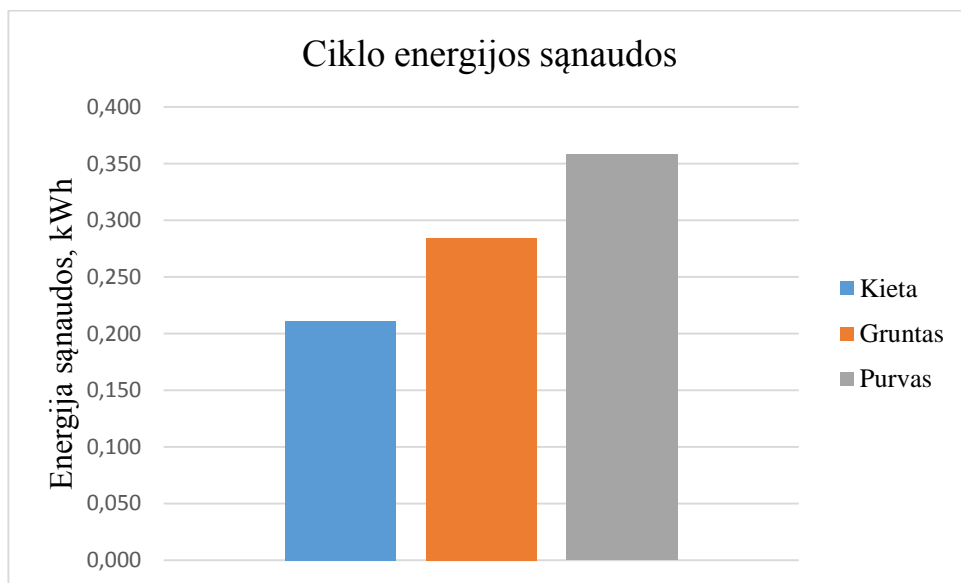
3.5 Darbo ciklas

Sudarytam ciklui apskaičiuojamas galios poreikis išreiškiamas kWh.



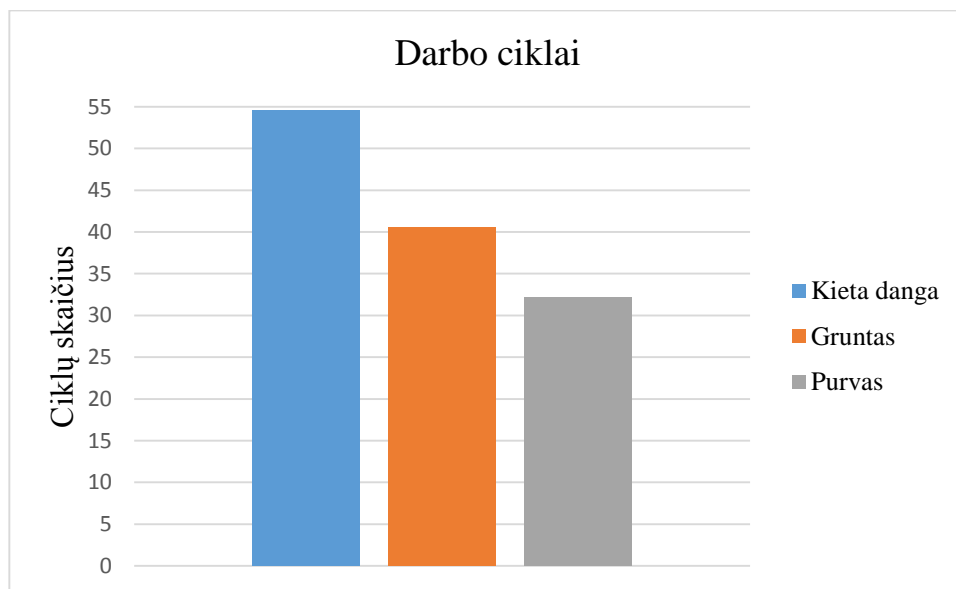
3.5 pav. Darbo ciklas

Apskaičiuojamos energijos sąnaudos vienam ciklui važiuojant skirtinga kelio danga. Prastėjant kelio dangos savybėms energijos sąnaudos lyginant su kieta kelio danga padidėja 7% važiuojant grunte kelio danga (žvyras, smėlis, skalda) ir 15% keliu be dangos (dirvonas, drėgna pieva).



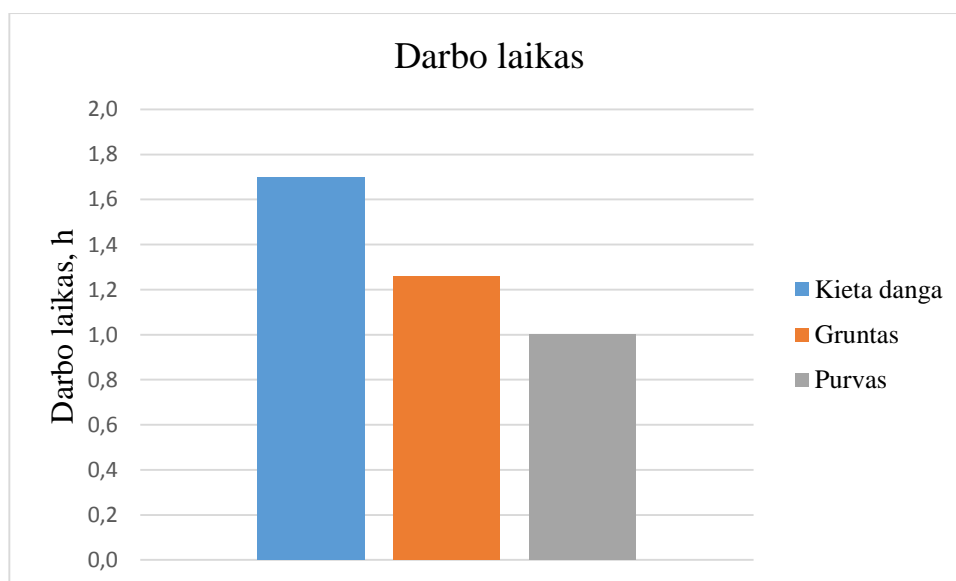
3.6 pav. Suminės darbo ciklo energijos sąnaudos

Krautuve sumontuotos ličio geležies fosfato baterijos. Bendra baterijų bloko talpa 11,52kWh. Darbo ciklų skaičius apskaičiuojamas dirbant su šiomis baterijomis ir vežant krovinį skirtinga kelio danga pateikiamas grafiškai.



3.7 pav. Darbo ciklų skaičius

Atsižvelgiant į aukščiau pateiktus energijos sąnaudų vertinimus atlikti elektrinio krautuvo darbo trukmės skaičiavimai vienam baterijų įkrovimui.



3.8 pav. Vieno įkrovimo darbo laikas

Įprastos vienos fazės (220 V) kintamosios srovės rozetės didžiausia galia 3,0 kW. Kadangi elektros baterijų talpa yra 11,52 kWh, naudojant 3,0 kW galios įkroviklį elektrinis krautuvas gali būti pakraunamas per 3,8 valandos. Gamybinėse patalpose įkrovimo laiką galima sutrumpinti iki 1,44 valandos (užtikrinama 8,0 kW galia). Šiuolaikinės technologijos leidžia naudojamas baterijas įkrauti per 20 min, tačiau tokiai įkrovimo trukmei užtikrinti, reikalinga 34,6 kW galios įkrovimo stotelė.

3.6 Traukos variklių sukonstruotame krautuve palyginimas

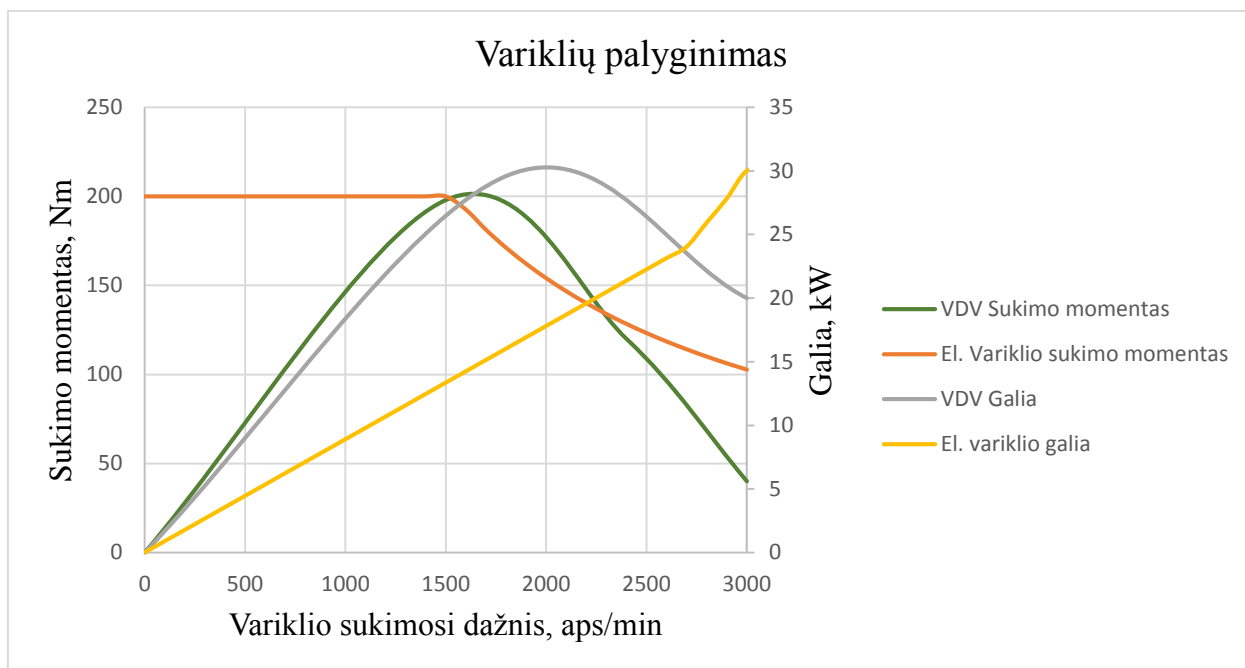
Lentelėje palyginama sukonstruotame elektriniame krautuve sumontuotas elektros variklis su prieš tai buvusiu vidaus degimo varikliu.

3.1 lentelė

Variklių palyginimas

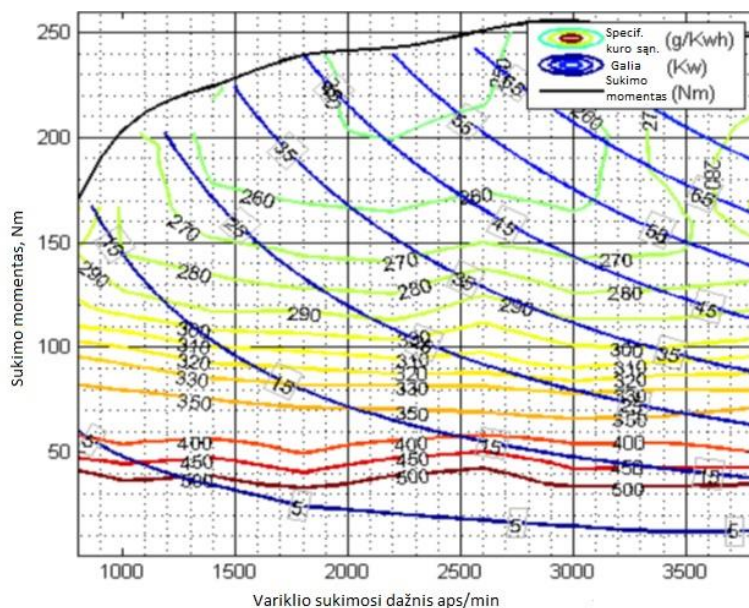
Parametras (matavimo vienetas)	Vidaus degimo variklis	Elektros variklis
Masė, kg	300	135
Galia, kW	29	ribojama 30 (didžiausia galima 75)
Sukimo momentas, Nm	204	200
Energijos sąnaudos, g/kWh (kWh elektros varikliui)	250-290	30 (daugiausiai)
Nominalūs apsisukimai, aps./min	1800-2000	0-2000
Karterio talpa (alyvos poreikis), l	11	Nėra
Aušinimo skystis, l	Nėra	5
Triukšmo lygis, dB	95	45

Vidaus degimo ir elektros variklių techninių charakteristikų palyginimas pateikiamas grafiškai.



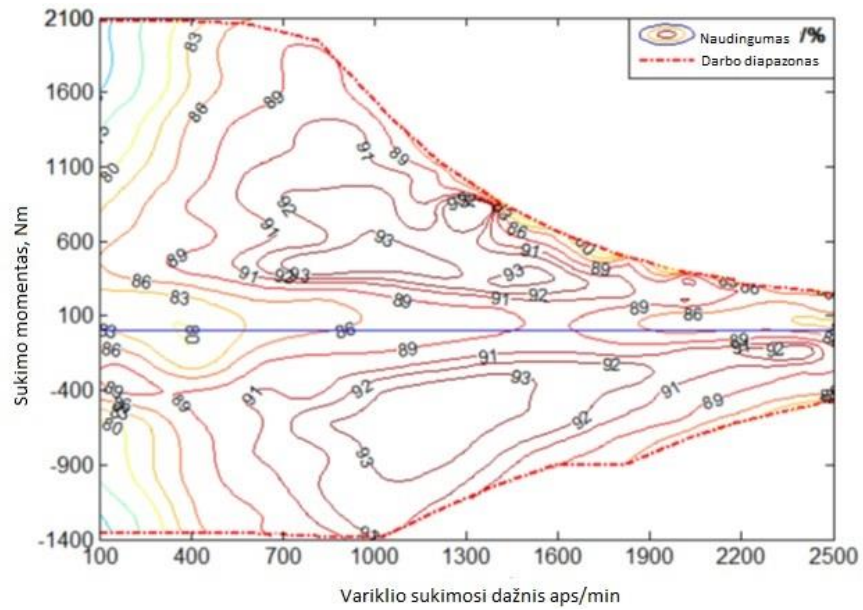
3.9 pav. Vidaus degimo ir elektros variklių charakteristikos

Įvertinant degalų sąnaudas daugiausiai problemų sudaro specifinių variklio degalų sąnaudų ir jų momentinių dydžių nustatymas. Pateiktoje vidaus degimo variklio darbo charakteristikoje (3.10 pav.) matyti, kad specifinės degalų sąnaudos esant tam pačiam alkūninio veleno sukimosi dažniui gali skirtis iki 2 kartų: nuo 250 g/kWh iki 500 g/kWh.



3.10 pav. Specifinės kuro sąnaudos [12]

Elektros variklių, kurie naudojami elektrinėse transporto priemonėse pateiktas 3.11 pav.



3.11 pav. Elektros variklio naudingumas [12]

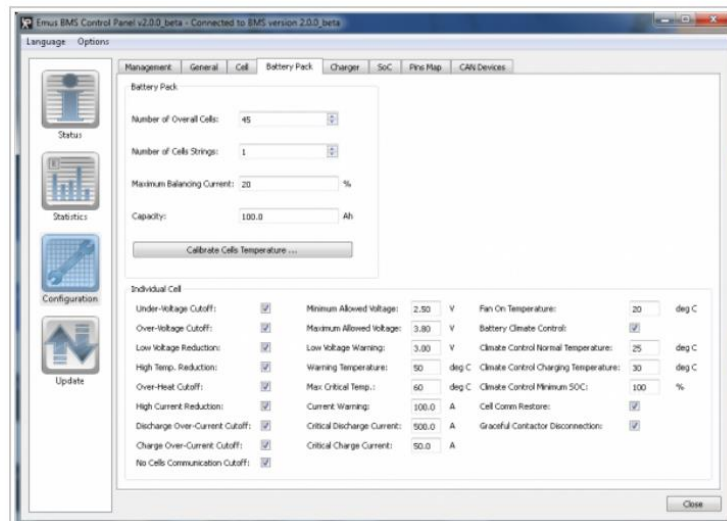
Elektrinėse transporto priemonėse naudojamų jėgos agregatų naudingumas kinta apie 20% (3.11 pav.). Šis kitimas nėra toks ženklus, kaip vidaus degimo variklio specifinės degalų sąnaudos (3.10 pav.), tačiau šio tipo varikliai taip pat turi skirtingas efektyvaus veikimo zonas.

4. Eksperimentiniai tyrimai

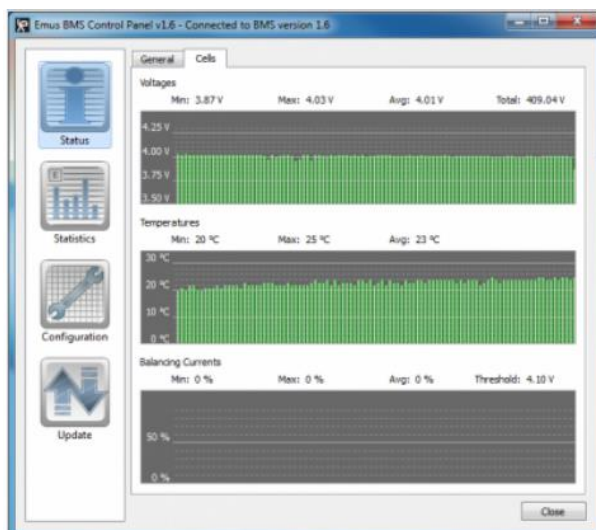
4.1 Bandymų rezultatai

Bandymai atliekami 3.2 pav. pavaizduotoje teritorijoje, naudojant „Emus BMS Control Panel“ programinę įrangą, kuri tiesiogiai susieta su naudojamų baterijų priežiūros sistema. Tyrimai vykdyti transportuojant krovinį kieta danga, pastoviai dirbant hidrosistemos elektros varikliui. Tyrimų rezultatai:

- Darbo trukmė – 30 min.
- Įtampa 126 – 150 V
- Srovės stipris 50 – 500 A
- Baterijų įkrovimo energija 7,8 kWh



4.1 pav. Krautuvo elektros energijos parametrai darbo metu



4.2 pav. Baterijų parametrai darbo metu

4.2 Variklių eksploatacijos ekonominis palyginimas

4.1 lentelė

Variklių eksploatacinių išlaidų palyginimas

	Elektrinis krautuvas	Dyzelinis krautuvas
Energijos (kWh)/ degalų (litr) sąnaudos	11,2	6,7
Energijos / degalų kaina, Eur. (2016-05-17 kainos)	1,42 (dieninis tarifas) 1,11 (naktinis tarifas)	5,83 (nežymėtas dyzelinas) 3,35 (žymėtas dyzelinas)
Kita	_____	Variklio alyvos keitimas (5 kartai per vienerius metus)

Lyginant didžiausias elektros energijos ir degalų kainas gautas 4,1 karto skirtumas, bei lyginant mažiausias, žymėtas dyzelinas (žemės ūkio paskirties) ir naktinis elektros energijos tarifas gautas skirtumas 3,0 karto.

Įvertinus eksploatacijos sąlygas krautuvus per vienerius metus dirba 474,5 valandos. Sąnaudų palyginimas pateiktas 4.2 lentelėje.

4.2 lentelė

Metinis variklių eksploatacinis palyginimas

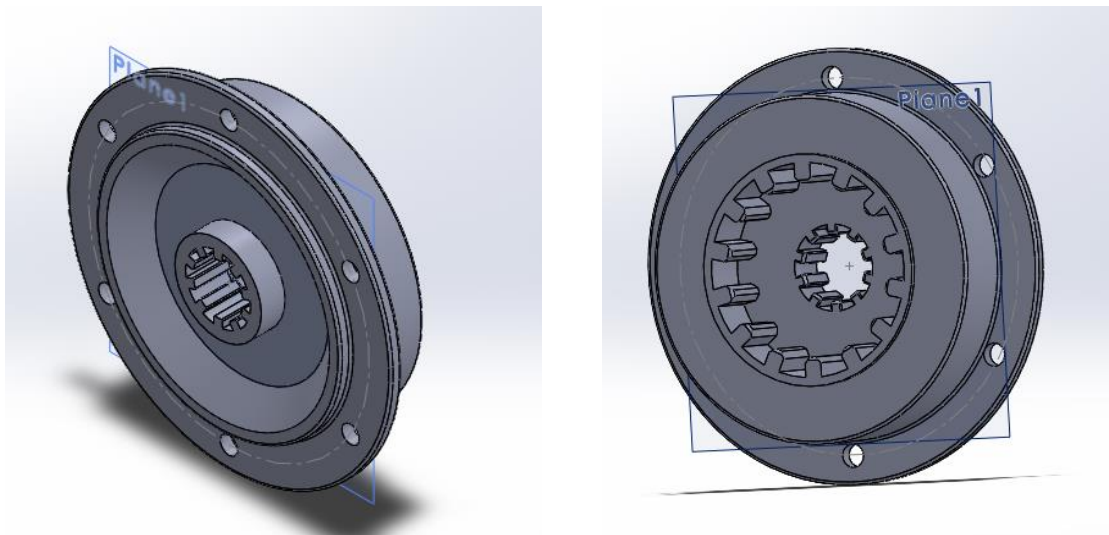
	Elektrinis krautuvus	Dyzelinis krautuvus
Energijos / degalų sąnaudos per metus Eur.	518,3 405,15	2127,95 1222,75
Alyvos keitimas Eur. (2016 – 05 – 17duomenimis)	Nėra	150 (Nevirtinant alyvos filtro, darbo išlaidų, prastovos)

Per vienerius darbo metus išlaidų skirtumas nuo 968 iki 1760 eurų, nevertinant alyvos filtro, darbo išlaidų, prastovos. Skaičiavimuose priimama jog varikliai nepatiria gedimų.

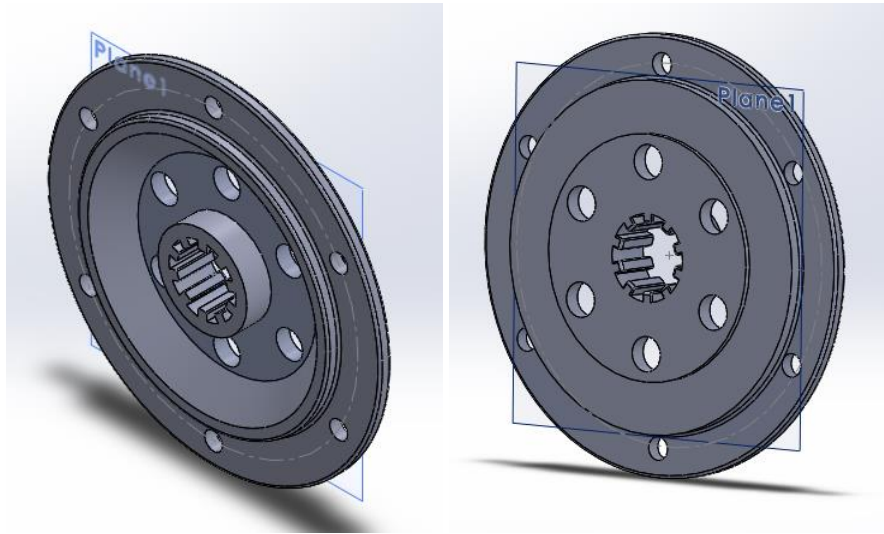
5. Variklio ir transmisijos sujungimas

5.1 Transmisijos mova

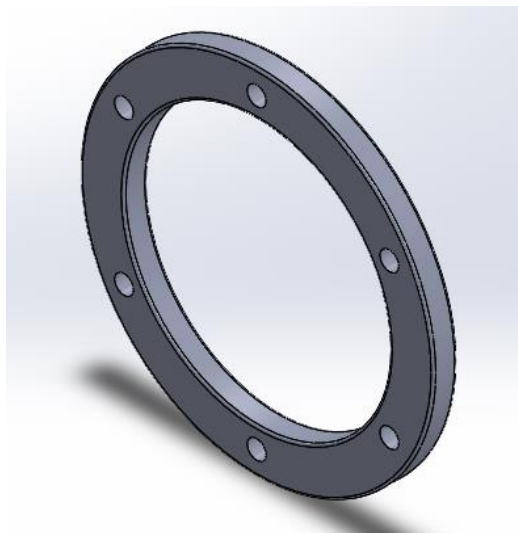
Elektriniame ratiniame krautuve elektros variklis su transmisija jungiamas tiesiogiai, dėl šios priežasties krautuve pašalinamas sankabos mechanizmas. Priešingai nei vidaus degimo varikliui elektros varikliui nereikalinga tuščia eiga. Todėl elektros varikliui dirbant 0 – 3000 aps/min diapazone jis gali būti sustabdomas regeneraciniu stabdymu arba tiesiog mechaniniu stabdžiu stabdant krautuvą. Transmisijos sujungimui su elektros variklio mova suprojektuojami elementai kurie pagaminami panaudojant pašalintas sankabos dalis. Kadangi krautuvus sukonstruotas traktoriaus pagrindu jame yra pirminis ir jėgos nuėmimo velenas. Jungiant elektros variklį su transmisija reikalinga perduoti variklio sukimo momentą abiem velenams. Iš pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sankabos dalių, pagaminama detalė Nr.1 (5.1 pav.), sutrumpinamas veleno kaklelio darbinės dalies ilgis. Detalei Nr.2 (5.2 pav.) išgręžiamos papildomos skylės ir sutrumpinamas veleno kaklelio darbinės dalies ilgis. Detalė Nr. 3 ištekinama ir išgręžiamos skylės. Detalės tarpusavyje jungiamos 6 varžtais DIN961 M8x1x30, stiprumo klasė – 10.9. Detalių brėžiniai pateikti 1 priede.



5.1 pav. Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (detalė Nr. 1)



5.2 Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (detalė Nr.2)



5.3 Pirminio ir jėgos nuėmimo sujungimas (detalė Nr.3)

Pagal aukščiau pateiktus inžinerinius sprendinius pagamintų detalių vaizdai pateikti 5.4 – 5.5 pav.



5.4 pav. Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (Nr. 1)



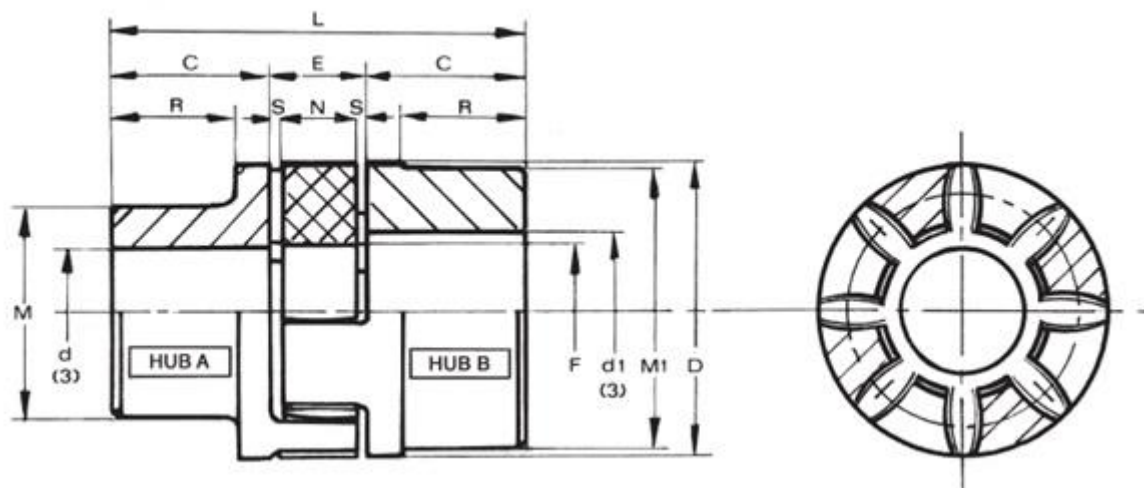
5.5 pav. Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (Nr. 2)

Sujungus abu velenus prie jų tvirtinama mova kuri sujungia variklį ir transmisiją.

5.2 Variklių movos

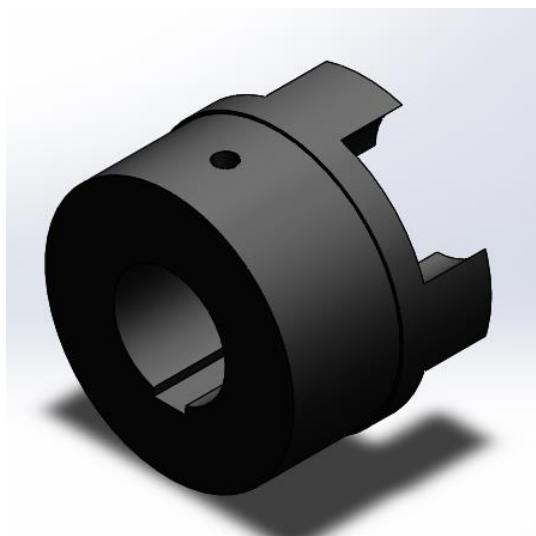
Elektriniame krautuve, elektros variklį jungiant su transmisija naudojama mova kuri, pagaminta iš dviejų ketaus pusrmovių, kurių tiesioginį kontaktą riboja tamprus elastomerinis elementas. Mova užtikrina sušvelnintą, be vibracijų sukamojo judesio perdavimą. Eliminuoja smūgius paleidimo metu. Kompensuoja nedidelį kampinį ir lygiagretųjį ašių nesutapimą. Esminis movos privalumas yra tai, kad ji neatsijungia net sudilus ir iškritus tampriajam elementui. Pagal

užsidočius parametrus iš katalogo (pateikiama 3 priede) parenkama mova. Išorinis skersmuo $D < 109$ mm.(5.6 pav.), sukimosi dažnis rpm. > 3000 aps./min. Detalių brėžiniai pateikti 1 priede.



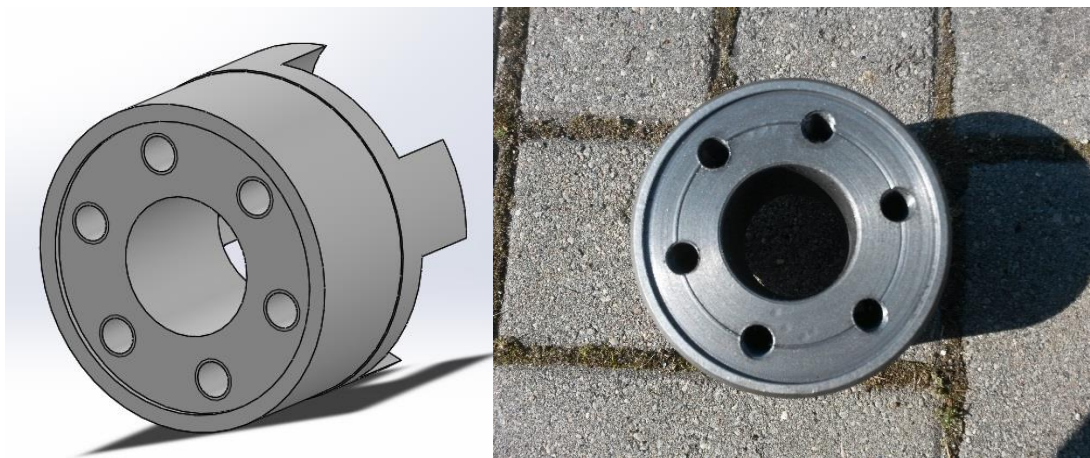
5.6 pav. Movos matmenys [19]

Gamintojo kataloge pateikiamos movos yra standartinis gaminys, todėl norint pritaikyti jį elektriniame krautuve atliktas gaminio apdirbimas. Pirmoje pusmovėje (5.7 pav.) suformuoti pleištinis griovelis ir M8x1 sriegis išilginio judesio fiksavimui.



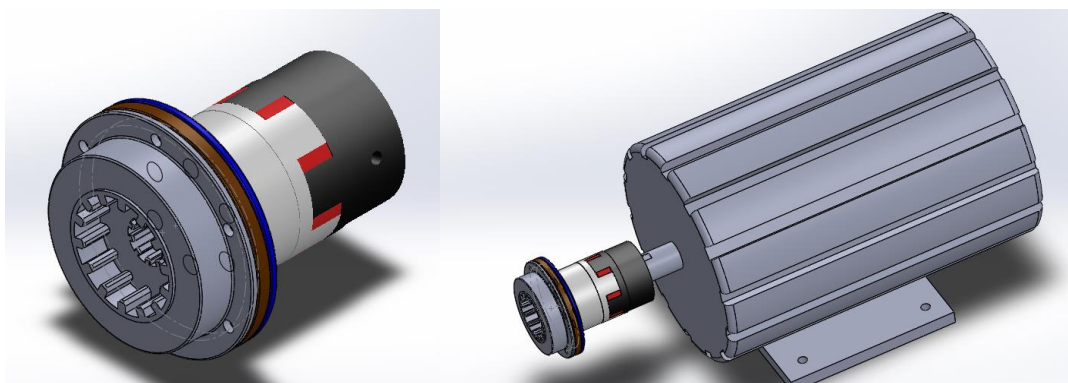
5.7 pav. Pusmovė (Nr.1)

Antroje pusmovėje suformuotas 2mm gylio ir 84mm skersmens vidinis cilindrinis paviršius, įsriegtos šešios M12x1 skylės.



5.8 pav. Pusmovė (Nr.2)

Variklio ir transmisijos detalių surinkimo ir pagaminto mazgo vaizdai pateikti 5.9 pav.



5.9 pav. Variklio ir transmisijos sujungimas

Išvados

1. Atlikus padidinto pravažumo krautuvų analizę nustatyta, kad juose naudojami vidaus degimo varikliai, nes jų darbo režimo trukmė paprastai siekia 8 – 10 valandas, todėl šiuolaikinės baterijų technologijos negali užtikrinti tokios darbo trukmės.
2. Palyginus vidaus degimo ir elektros variklio eksploatavimo sąlygas nustatyta, kad diegti elektros variklius ekonomiškai naudinga, kuomet krautuvo darbo laikas yra iki 2 valandų per dieną. Tokiu režimu eksploatuojamo elektrinio krautuvo santaupos per metus siekia nuo 968 iki 1760 eurų.
3. Tiriamam elektriniam krautuvui parinkti traktoriaus transmisijos mazgai, pakeista pirminė judėjimo kryptis. Parinkto elektros variklio mechaniniai parametrai atitinka traktoriaus parametrus: galia 30kW, sukimo momentas 200 Nm, didžiausias sukimosi dažnis 3000 aps./min.
4. Suprojektuotas elektros variklio veleno sujungimo mechanizmas su pavarų dėžės pirminiu ir jėgos nuėmimo velenais.
5. Analitinių tyrimų metu pagal užsaiduotus parametrus apskaičiuotas galios poreikis elektriniam krautuvui dirbant skirtingais režimais: važiuojant skirtinga kelio danga, dirbant krovimo režimu, bei 4t bendros masės priekabos transportavimas. Atlikus eksperimentinius ir analitinius tyrimus nustatyta jog priklausomai nuo darbo sąlygų naudojama 11,52 kWh talpos akumuliatorių baterija užtikrina krautuvo darbą nuo 1 iki 1,8 h.

Literatūra

1. „Automotive handbook.“ 8th ed., rev. and extended. Plochingen : Robert Bosch, 2011.
2. „Baumann šoniniai – keturkrypčiai krautuvai“ [žiūrėta 2016 – 04 – 02]. Prieiga per internetą:
http://www.baltko.lt/page/lt/items?sid=ATfHvhN4C1HHNpM&ca_id=28&ci_id=206
3. Ben-Chaim, M., Shmerling, E., Kuperman, A. 2013. Analytic Modeling of Vehicle Fuel Consumption. *Energies* 2013, 6, 117-127
4. „CAT ratinių krautuvų katalogas“
5. „Chiaravalli“ movų katalogas „GIFLEX®“ GE - TFLEXIBLE COUPLING S“
6. Deividas, Ž.; Rudys, G.; Starevičius, M., Evaluation of the fuel consumption rate. // *Transport means - 2014* [elektroninis išteklius] : proceedings of the 18th international conference, October 23-24, 2014, Kaunas University of Technology, Lithuania / Kaunas University of Technology, IFToMM National Committee of Lithuania, Lithuanian Society of Automotive Engineers, ... [et al.]. Kaunas : Technologija. ISSN 1822-296X. 2014, p. 268-272.
7. „Frontalinis krautuvai DL350“ [žiūrėta 2016 – 05 – 01]. Prieiga per internetą:
<http://www.bobcat.lt/shop/frontalinis-krautuvai-dl350/>
8. Genta, G.; Morello, L. 2009. *The Automotive Chassis: Vol. 1: Components Design*. New York: Springer. 627 p. ISBN: 978-1-4020-8674-8
9. Genta, G.; Morello, L. 2009. *The Automotive Chassis: Vol. 2: System Design*. New York: Springer. 832 p. ISBN: 978-1-4020-8673-1
10. Heisler, H. 2002. *Advanced Vehicle Technology*. Oxford: Butterworth-Heinemann. 654 p. ISBN 0 7506 5131 8
11. Hodkinson R., Fenton J. *Lightweight Electric/Hybrid Vehicle Design*. - Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2001. – 280 p.
<http://www.konekesko.com/lt-LT/Gamintojai/Sennebogen/Teleskopiniai-krautuvai/>
12. Iqbal H., *Electric and hybrid vehicles: design fundamentals*. - Boca Raton [etc.]: CRC Press, 2003. – 270 p.

13. Laurencas, R.; Keršys, A.; Starevičius, M., Powertrains for gasoline-electric hybrid cars / Laurencas R. / Laurencas R., Keršys, A., Starevičius, M., Martynas. // Energy science and technology. Vol. 10. Fuel cells and batteries. Houston, Texas : Studium Press, 2014. ISBN 1626990719. p. 404-426.
14. Laurencas, R.; Starevičius, M.; Keršys, A., Control systems of hybrid powertrains. // Transport Means - 2013 [elektroninis išteklius] : proceedings of the 17th international conference, October 24-25, 2013, Kaunas University of Technology, Lithuania / Kaunas University of Technology, IFToMM National Committee of Lithuania, Lithuanian Society of Automotive Engineerings, The Division of Technical Sciences of Lithuanian Academy of Sciences, Klaipėda University, Vilnius Gediminas Technical University. Kaunas : Technologija. ISSN 1822-296X. 2013, p. 254-257.
15. Laurencas, R.; Starevičius, M.; Keršys, A.; Pilkauskas, K.; Vilkauskas, A., Performance of an all-electric vehicle under UN ECE R101 test conditions : a feasibility study for the city of Kaunas, Lithuania. // Energy. Oxford : Pergamon-Elsevier Science. ISSN 0360-5442. 2013, vol. 55, p. 436-448.
16. Laurinavičius, A.; Skerys, K.; Jasiūnienė, V.; Pakalnis, A.; Starevičius, M., Analysis and development of the effect of studded tyres on road development and environment (I). // Baltic journal of road and bridge engineering. Vilnius : Technika. ISSN 1822-427X. 2009, vol. 4, issue 3, p. 115-122.
17. Paskaita „Elektromobilių raida ir technologijos“ [žiūrėta 2014 – 05 – 01] Prieiga per internetą: <http://www.elektromobilis.org/dokumentai/prane-imai/>
18. Punelis V. „Eksperimentinio elektromobilio dinamikos tyrimas.“ Bakalauro darbas. KTU Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, 2014.
19. Raslavičius, L.; Azzopardi, B.; Keršys, A.; Starevičius, M.; Bazaras, Ž.; Makaras, R., Electric vehicles challenges and opportunities: Lithuanian review. // Renewable & sustainable energy reviews. Oxford : Pergamon-Elsevier Science. ISSN 1364-0321. 2015, vol. 42, p. 786-800.
20. „Ratiniai krautuvai“ [žiūrėta 2016 – 04 – 11] Prieiga per internetą: <http://www.volvoce.com/constructionequipment/corporate/engb/AboutUs/history/products/wheel%20loaders/Pages/introduction.aspx>
21. „Sennebogen teleskopiniai krautuvai“ [žiūrėta 2016 – 04 – 02]. Prieiga per internetą:
22. „Traktorių T40 ir T40A remonto ir priežiūros žinynas“

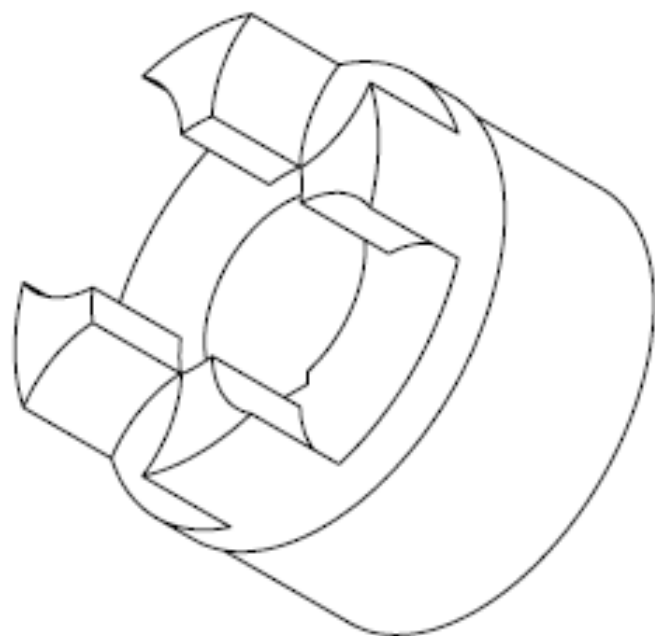
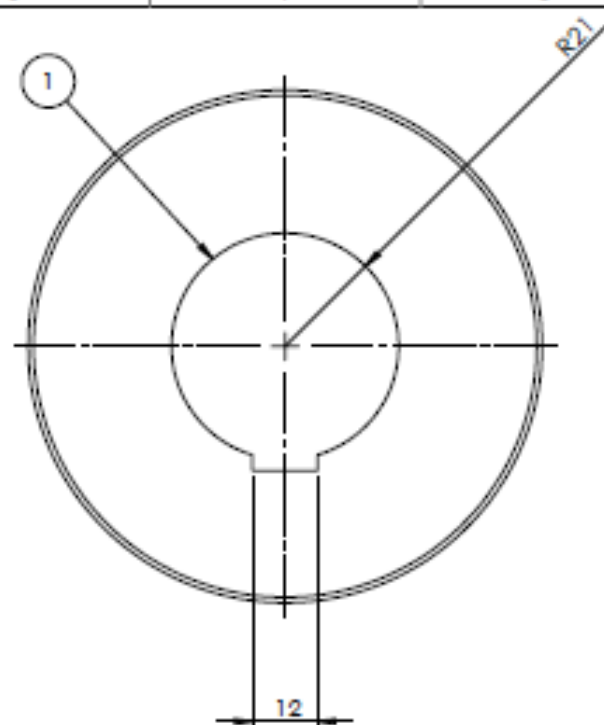
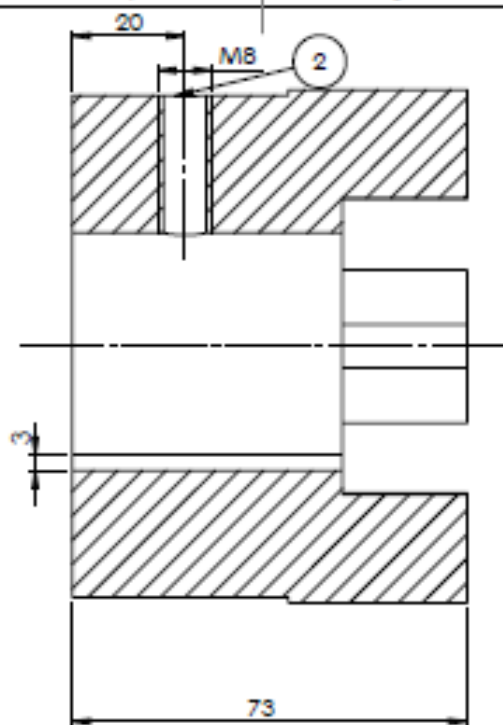
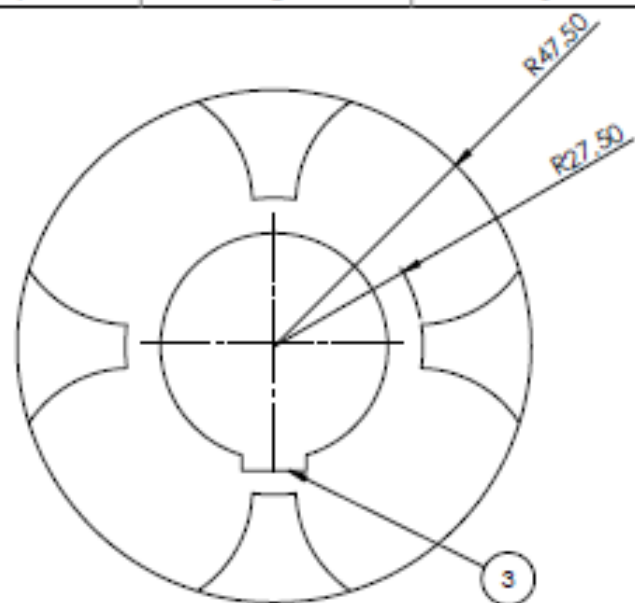
23. „TCM krautuvai“ žiūrėta [2016 – 04 – 05]. Prieiga per internetą:
<https://www.google.lt/url?sa=i&rct=j&q=&esrc=s&source=images&cd=&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2meWVwbnMAhUoIJoKHdMiDD4QjB0IBg&url=http%3A%2F%2Fwww.autobonus.lt%2Fstatybos-transportas%2Fskelbimas%2Ftcm-teo-18%2F1t%2F10272&psig=AFQjCNGUPKZxxflxNx5Lavm6eVnsznbQiw&ust=1462213759863599>
24. „Visureigiai ūkio krautuvai“ [žiūrėta 2016 – 03 – 19]. Prieiga per internetą:
http://www.baltko.lt/page/lt/items?sid=3NKJAKUBAdlYRHZ&ca_id=33&ci_id=197
25. „Žemės ūkio technika“ [žiūrėta 2016 – 04 – 05]. Prieiga per internetą:
[http://www.agrotaka.lt/lt-nauja zemes ukio technika/Didmaisiu krautuvas Faza-910.html](http://www.agrotaka.lt/lt-nauja-zemes-ukio-technika/Didmaisiu-krautuvas-Faza-910.html)
26. „QUICKE frontaliniai krautuvai“ [žiūrėta 2016 – 04 – 16]. Prieiga per internetą:
<http://savasukis.lt/galerija/foto-galerija/paveikslelis-545>

Priedai

1. Variklio ir transmisijos velenų sujungimo brėžiniai.
2. Movų parinkimo katalogas.

1 Priedas

Pozicija	Žymėjimas	Pavadinimas	Skaičius	Pastaba	
		<u>Dokumentai</u>			
		<u>Surinkimo brėžinys</u>	1		
		<u>Detalės</u>			
1		Pusmovė Nr.1	1		
2		Elastomerinis elementas	1		
3		Pusmovė Nr.2	1		
4		Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas Nr.2	1		
5		Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimo žiedas	1		
6		Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas Nr.1	1		
		<u>Standartiniai gaminiai</u>			
7		Varžtas DIN961 M8x1x30 - 10.9	6		
8		Veržlė DIN958 M8x1 - 10.9	6		
9		Varžtas DIN960 M12x1,25x70 - 10.9	6		
Atsakinga žinyba		Vadovas	Dokumento tipas	Dokumento statusas	
		M.Starevičius	Specifikacija	Mokomasis	
Savininkas		Rengė	Antraštė	Žymuo	
KTU		V.Punelis	Transmisijos ir variklio sujungimas	Lapas	Lapų
				1	1

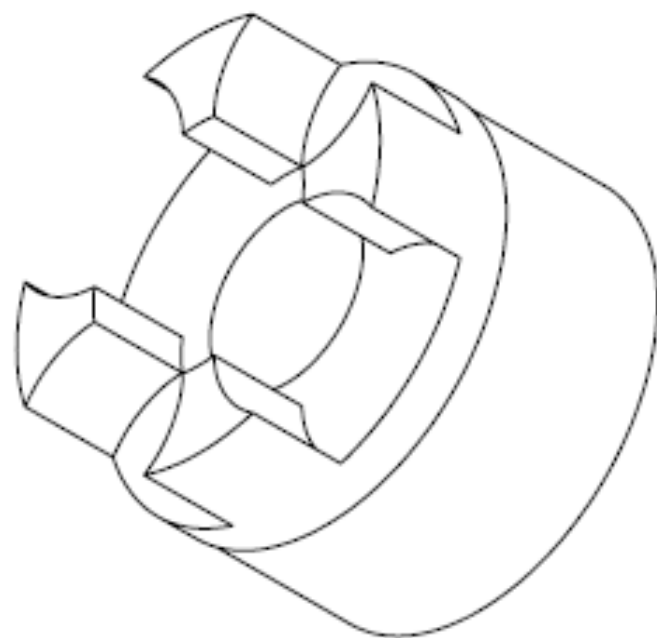
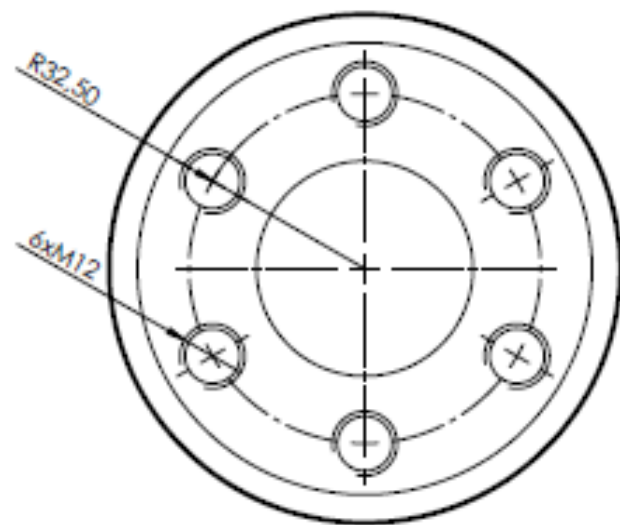
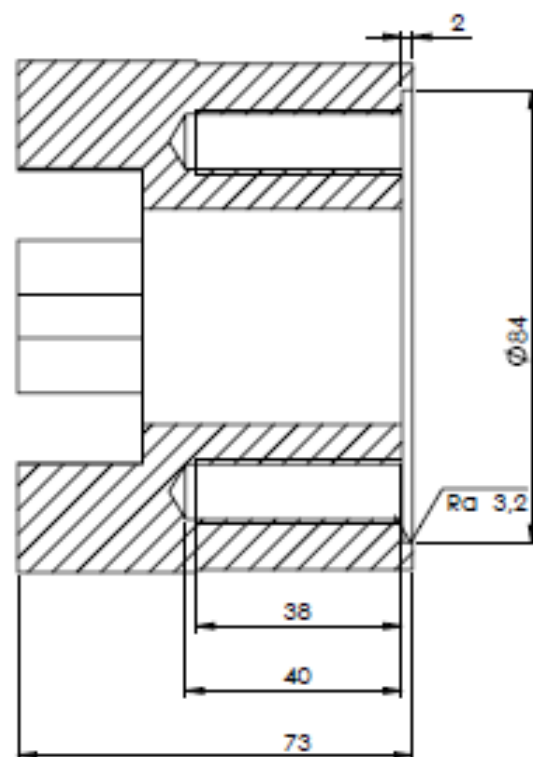
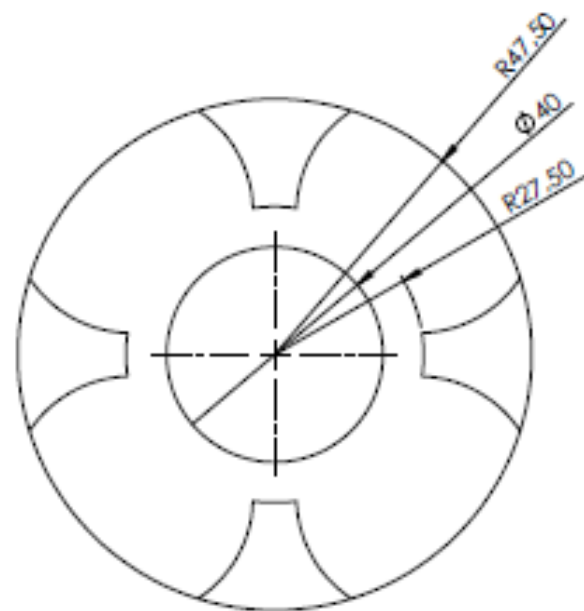


Pusmovė standartinis gaminyš parenkamas iš katalogo.

Norint pritaikyti pusmovę elektrinio krautuvo varikliui atliekama:

1. Suformuojamas cilindrinis paviršius kurio spindulys R21 (suleidimas N7/h6)
2. Suformuojamas fiksavimo sriegis M8
3. Suformuojamas pleištinis griovelis (tolerancija h9)

	Mastelis	Ruosė	V.Punelis	<p style="text-align: center;">Pusmovė Nr.1</p>
	1:2	Tikrino	M.Starevičius	
2016	Stadija	A4	N. kontr.	<p style="text-align: center;">KTU MDM-4/11</p>
			Tvirtino	
Byla				Lapų/Lapas
Kaup.				1 1
Inv.Nr.				



- Pusmovė standartinis gaminyš parenkamas iš katalogo.
 Norint pritaikyti pusmovę elektrinio krautuvo varikliui atliekama:
1. Suformuojamas cilindrinis paviršius $\phi 84$.
 2. Suformuojami 6XM12 sriegiai.

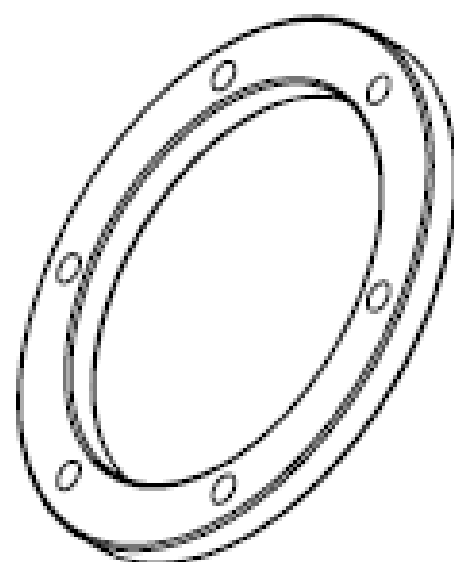
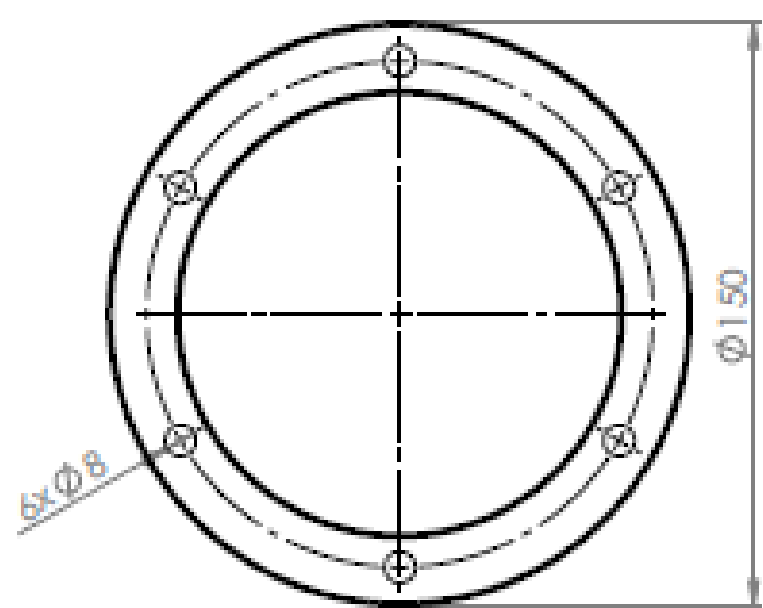
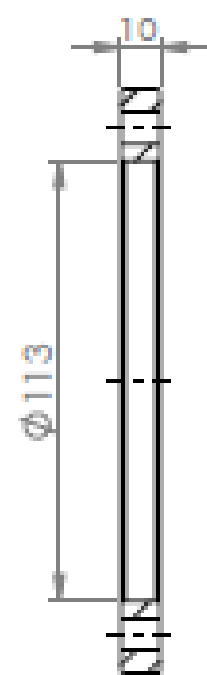
	Mastelis	Ruošė	V.Punelis	Pusmovė Nr.2		
	1:2	Tikrino	M.Starevičius			
2016	Stadija	N. kontr.				
	A4	Tvirtino				
Byla	KTU MDM-4/11				Lapų	Lapų
Kaup.					1	1
Inv.Nr.						

1

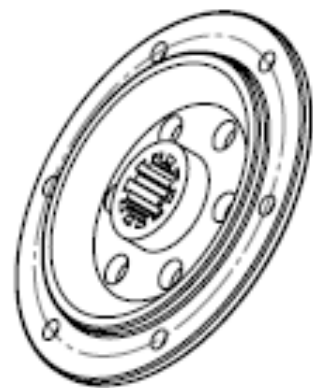
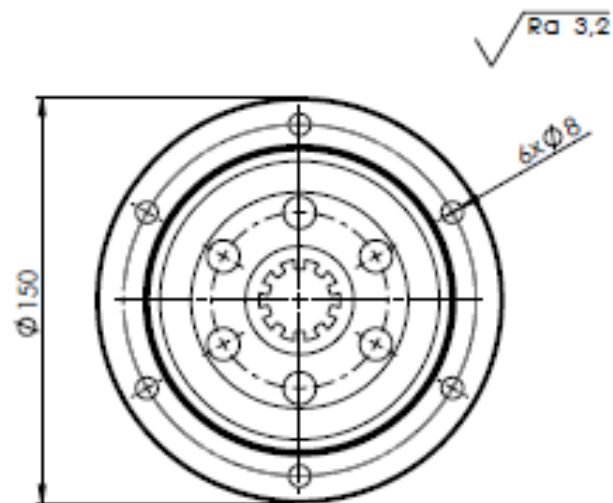
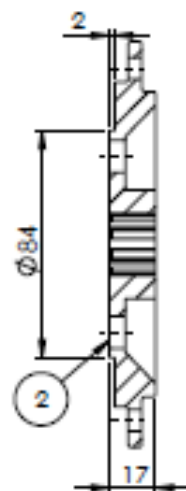
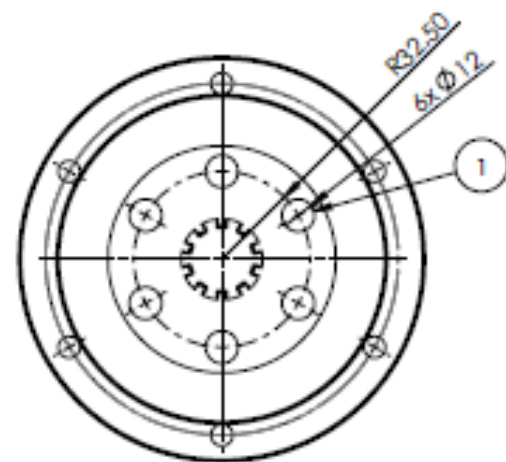
2

3

4

 $\sqrt{Ra\ 3,2}$


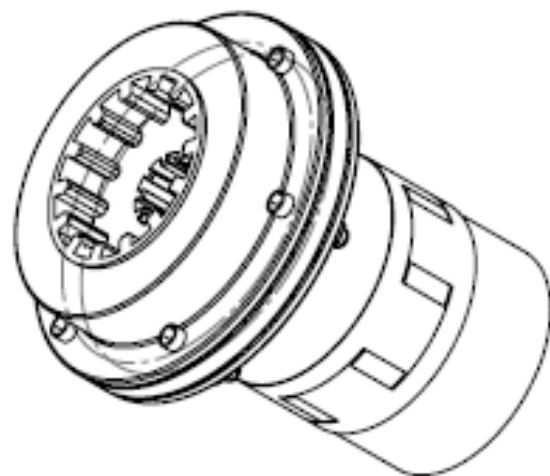
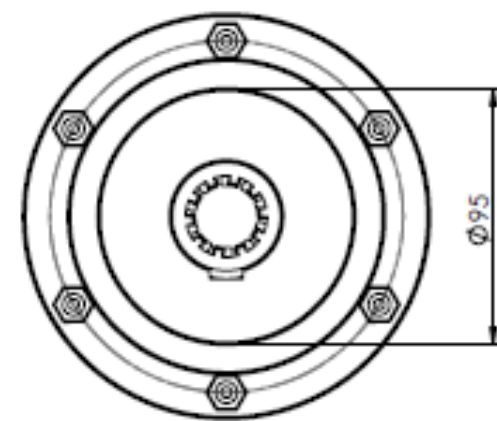
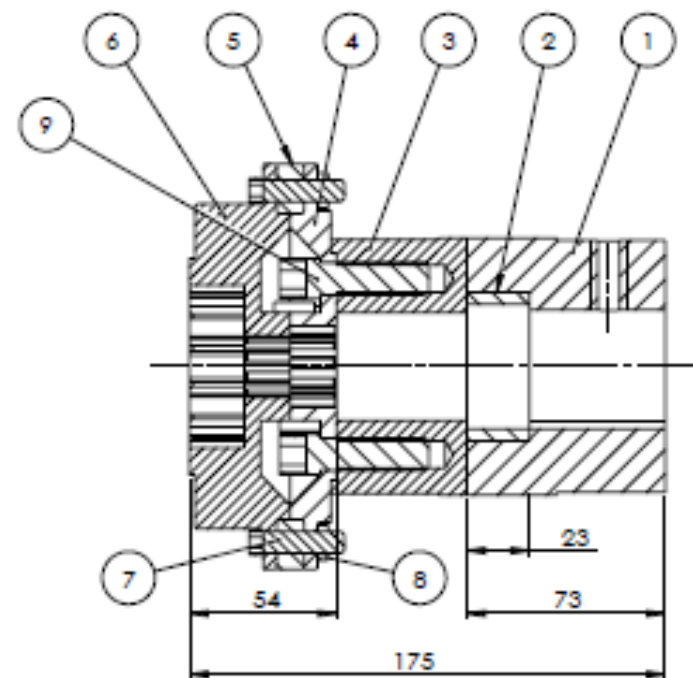
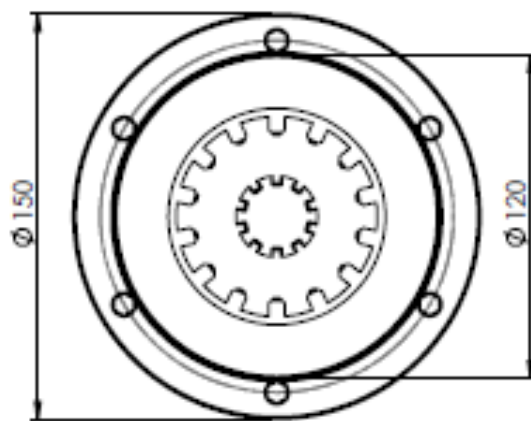
				Masė		pienas E295		Zona	Poz.
	Mastelis		Ruošė	V.Puodels		Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimo žiedas			
	1:1		Tikrino	M.Starevičius					
2016	Stadija	A4	N. kontr.						
			Tvirtino						
Byla						Lapy	Lapas		
Kaup.	KTU MDM-4/11					1	1		
Inv.Nr.									



Sujungimas standartinis gaminy. Norint pritaikyti elektrinio krautuvo variklio ir transmisijos sujungimui atliekama:

1. Suformuojamos 6xØ12 skylės.
2. Suformuojamas cilindrinis paviršius Ø84.

	Mastelis	RUOŠĖ	V.Punelis	Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas Nr.2
	1:5	Tikrino	M.Starevičius	
2016	Stadija	A4	N. kontr.	Lapy/Lapas
			Tvirtino	
Byla				
Kaup.				
Inv.Nr.				
KTU MDM-4/11				

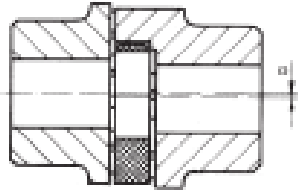


- 1.Pusmovė Nr.1
- 2.Elastomerinis elementas
- 3.Pusmovė Nr.2
- 4.Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (Nr.2)
- 5.Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimo žiedas
- 6.Pirminio ir jėgos nuėmimo veleno sujungimas (Nr.1)
- 7.Varžtas M8
- 8.Veržlė M8
- 9.Varžtas M12

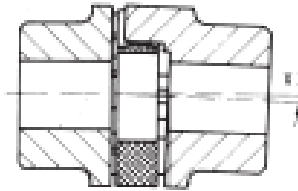
	Mastelis 1:5	RUOŠė Tikrino	V.Punelis M.Starevičius			Transmisijos ir variklio sujungimo surinkimas
2016	Stadija A4	N. kontr. Tvittno				
Byla						
Kaup. Inv.Nr.						
				KTU MDM-4/11		Lapy 1
						Lapas 1

2 Priedas

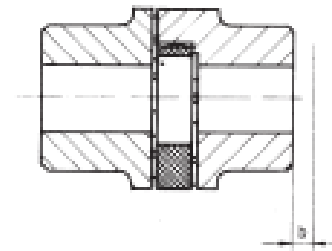
"GIFLEX®" GE-T FLEXIBLE COUPLINGS



Radially displaced shafts



Angularly displaced shafts

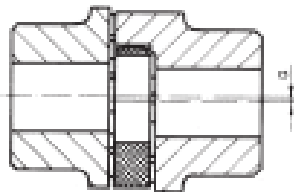


Axially displaced shafts

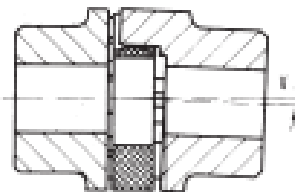
94 SHORE A BLACK SPIDER THERMOPLASTIC RUBBER

TYPE	TECHNICAL DATA													
	Max. R.p.m. n [min ⁻¹]	Torsion Angle		Toothed Star Hardness	Twisting Moment (Nm)			Torsional Rigidity (kNm/rod)				Axial displacement a [mm]	Maximum misalignment	
		TK _{max}	TK _{norm}		TK _{norm}	MAX TK _{max}	TK _{max} with levers	1.0 TON	0.75 TON	0.5 TON	0.25 TON		Radial α [mm]	Angular γ°
19/24	14000			94	10	30	3.6	0.68	0.57	0.44	0.28	1.3	0.3	1.3°
24/33	10600			94	35	70	9	3.19	1.83	1.40	0.90	1.4	0.3	0.9°
28/38	8500			94	95	190	25	5.20	4.31	3.33	2.13	1.5	0.25	0.9°
38/45	7100			94	190	380	49	10.00	8.30	6.39	4.08	1.8	0.38	1.0°
42/55	6000	3.0°	5°	94	365	500	69	17.00	14.11	10.86	6.94	2.0	0.32	1.0°
48/60	5600			94	310	600	81	20.00	16.59	12.77	8.16	2.1	0.36	1.1°
55/70	4750			94	410	820	105	21.99	18.25	14.05	8.96	2.2	0.38	1.1°
65/75	4250			94	625	1350	163	28.20	23.99	18.01	11.51	2.6	0.42	1.2°
75/90	3550			94	975	1950	254	67.99	56.81	43.44	27.75	3.0	0.48	1.3°
90/100	2800			94	2400	4800	624	110.0	91.26	70.37	44.89	3.4	0.50	1.3°

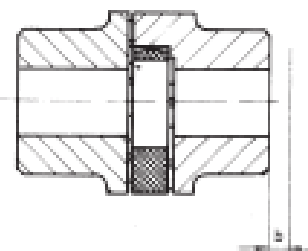
"GIFLEX®" GE-T FLEXIBLE COUPLINGS



Radially displaced shafts



Angularly displaced shafts



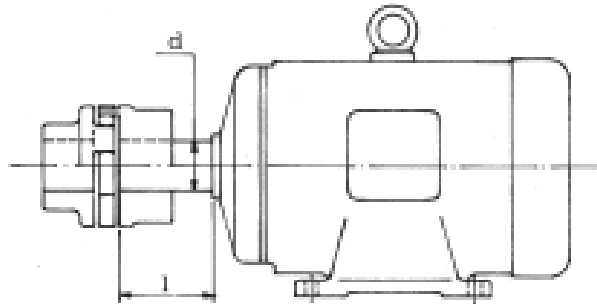
Axially displaced shafts

90 SHORE A RED SPIDER THERMOPLASTIC RUBBER
90 SHORE A YELLOW SPIDER POLYURETHANE

TECHNICAL DATA

TYPE	Max. R.p.m. n (min ⁻¹)	Torsion Angle		Toothed Star Hardness	Twisting Moment (Nm)			Torsional Rigidity (kNm/rad)				b mm	Maximum misalignment	
		TKN	TKmax		TKN Norm.	MAX TKmax	TKW with Insulation	1.0 TKN	0.75 TKN	0.5 TKN	0.25 TKN		Radial mm	Angular γ°
19/24	14000			96	17	34	4.4	1.09	0.90	0.68	0.43	1.3	0.3	1.3°
24/32	10600			96	60	120	16	3.70	3.04	2.31	1.44	1.4	0.3	0.9°
28/38	8500			96	160	320	43	9.3	7.80	5.92	3.68	1.5	0.35	0.9°
38/45	7100			96	325	650	85	25.0	20.8	16.06	11.34	1.8	0.38	1.0°
42/55	6000	3.0°	5°	96	450	900	117	40.5	33.34	25.21	15.70	2.0	0.32	1.0°
48/60	5600			96	525	1050	137	48.56	39.86	30.23	18.82	2.1	0.36	1.1°
55/70	4750			96	625	1250	163	52.78	43.32	32.86	20.46	2.3	0.38	1.1°
65/75	4250			95	640	1280	166	57.5	47.19	35.80	22.29	2.6	0.43	1.2°
75/90	3550			95	1465	2930	381	150.0	123.12	93.39	58.14	3.0	0.48	1.2°
90/100	2800			95	3600	7200	936	350.0	285.19	155.65	96.90	3.4	0.50	1.2°

"GIFLEX" GE-T FLEXIBLE COUPLINGS



GE-T COUPLINGS designed for CE standardized motors

ELECTRIC MOTOR TYPE	Motor power output of 50 Hz. n = 3000 min.		COUPLING		Motor power output of 50 Hz. n = 1500 min.		COUPLING		Motor power output of 50 Hz. n = 1000 min.		COUPLING		Motor power output of 50 Hz. n = 750 min.		COUPLING		Shaft and d _{sl} (mm)
	P (kW)	T (Nm)	GE-T TYPE	F _s	P (kW)	T (Nm)	GE-T TYPE	F _s	P (kW)	T (Nm)	GE-T TYPE	F _s	P (kW)	T (Nm)	GE-T TYPE	F _s	
80	0.75	2.4	10/24	8.0	0.55	1.6	10/24	5.4	0.37	1.6	10/24	5.1	0.18	2.0	10/24	8.0	3000-1500
	1.1	3.6		0.75	4.9	0.55		5.4	0.25	3.2		0.25	3.2	0.25		3.2	
90 S	1.5	4.9	10/24	4.0	1.1	7.6	10/24	2.7	0.75	7.3	10/24	2.5	0.37	4.8	10/24	3.8	16x40
90 L	2.2	7.3		2.7	1.5	9.8		2.0	1.1	10.8		5.8	0.55	7.2		2.5	
100 L	3	9.8	24/32	7.1	3	19.6	24/32	3.5	1.5	14.7	24/32	4.7	1.1	14.4	24/32	4.4	28x50
	4	13.1		5.4	4	26.2		2.2	21.6	3.2		1.5	19.7	3.2		1.5	
112 M	5.5	16.0	24/32	10.6	5.5	36	24/32	5.3	3	29.5	24/32	6.3	2.2	28.8	24/32	6.6	38x60
	7.5	24.6		7.6	7.5	49		3.9	5.5	54		3.5	4	52		7.0	
132 M	11	36	32/45	10.6	11	73	32/45	5.3	7.5	73	32/45	5.1	4	52	32/45	7.0	42x110
	15	49		7.8	15	98		3.9	11	108		3.5	7.5	98		5.1	
160 M	18.5	60	45/60	6.3	18.5	121	45/60	4.4	15	147	45/60	3.6	11	144	45/60	3.7	48x110
160 L	22	72		7.5	22	144		3.7	15	147		2.9	14.5	142		2.9	
180 L	30	98	45/60	5.5	30	196	45/60	2.7	18.5	182	45/60	2.9	15	197	45/60	2.7	52x110
	37	121		4.4	37	242		2.1	23	216		2.5	18.5	242		2.5	
225 S	45	147	55/70	3.7	45	295	55/70	2.1	30	295	55/70	2.1	30	294	55/70	2.1	52x110 60x140
225 M	55	180		3.5	55	360		2.1	37	364		2.1	30	394		65	
250 S	75	246	55/70	3.1	75	492	55/70	4.0	45	442	55/70	4.4	37	482	55/70	4.0	60x140 68x140
250 M	90	292		2.6	90	590		3.4	55	541		3.6	45	591		75	
315 S	110	360	75/90	2.1	110	731	75/90	2.4	75	738	75/90	2.7	55	722	75/90	2.7	68x140 80x170
	132	433		4.6	132	866		2.3	90	882		2.3	90	1170		4.1	
315 L	160	525	75/90	3.8	160	1030	75/90	4.7	110	1070	75/90	4.5	90	1170	75/90	4.1	72x140 92x170
	200	656		3.0	200	1290		3.7	123	1280		3.8	110	1420		3.4	
355 L	250	820	75/90	2.4	250	1610	75/90	3.0	160	1520	75/90	3.1	132	1710	75/90	2.8	72x140 92x170
	315	1010		4.8	315	2030		2.4	200	1920		2.5	160	2070		3.2	
400 L	355	1140	90/100	4.2	355	2280	90/100	2.9	250	2420	90/100	2.7	200	2580	90/100	2.6	80x170 100x210
	400	1280		3.8	400	2560		3.6	315	3040		3.6	315	3040		3.6	

© CIMA/ITALIJ The info of spa

"GIFLEX" GE-T PRECISION RANGE

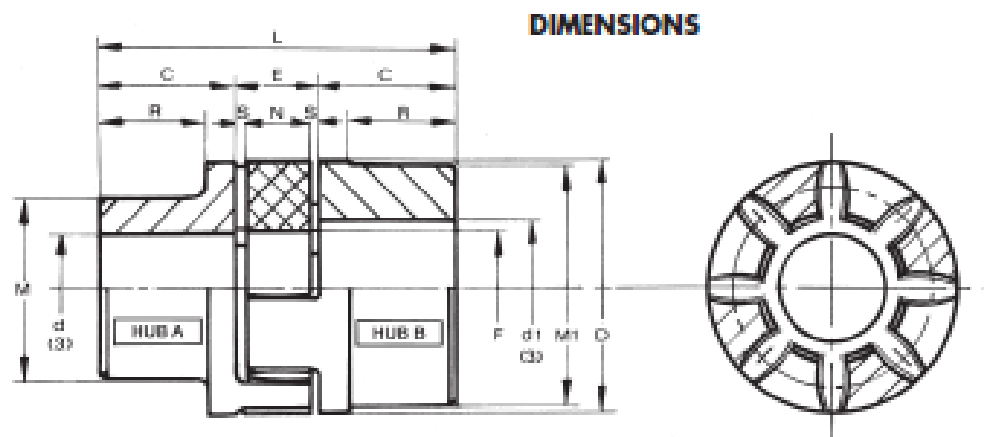
Code Interpretation

Example:

GE-T 19A - 24B = with hub A +hub B

GE-T 19A - 19A = with 2 hubs A

GE-T 24B - 24B = with 2 hubs B



The characteristic size of the coupling is defined by the maximum bore diameter.

Material: G25 CAST IRON + STEEL

MEASUREMENTS - WEIGHTS

COUPLING TYPE	WITHOUT BORE		Finished bore d ⁽²⁾		Measurements in mm.													Mass Kg.			
	A	B	d max.	d1 max.	Normal range													Flexible Component	Hub A	Hub B	J Kg. cm ² Hubs A+B
					C	D	E ⁽¹⁾	F	M	M1	N	R	S	L							
GE-T 19A-24B*	-	-	19	24	25	40	16	18	30	40	12	19	2	66	0,004	0,19	0,25	0,8			
GE-T 24A-32B	-	-	24	32	30	55	18	27	40	55	14	24	2	78	0,014	0,26	0,55	3			
GE-T 28A-38B	-	-	28	38	35	65	20	30	48	65	15	27,5	2,5	90	0,025	0,60	0,85	7			
GE-T 38A-45B	-	-	38	45	45	80	24	38	66	78	18	26,5	3	114	0,042	1,25	1,65	20			
GE-T 42A-55B	-	-	42	55	50	95	26	46	75	94	20	40	3	126	0,066	2,00	2,30	50			
GE-T 48A-60B	-	-	48	60	56	105	28	51	85	104	21	45	3,5	140	0,088	2,75	3,10	80			
GE-T 55A-70B	-	-	55	70	65	120	30	60	98	118	22	52	4	150	0,116	4,20	4,50	160			
GE-T 65A-75B	-	-	65	75	75	135	35	68	115	134	26	61	4,5	185	0,172	6,50	6,80	310			
GE-T 75A-90B	-	-	75	90	85	160	40	80	135	158	30	69	5	210	0,225	10,00	10,80	680			
GE-T 90A-100B	38	38	90	100	100	200	45	100	160	180	34	81	5,5	245	0,440	14,00	15,80	1590			

(1) Assembly distances

(2) Coupling inertia moment with hubs A-B and max. bore \varnothing

(3) On request: Finished bore in compliance with ISO standards, H7 tolerance, keyway DIN 6885, sheet 1, JS9 tolerance. Dowel bore.