

KLAIPĖDOS UNIVERSITETAS
JŪRŲ TECHNIKOS FAKULTETAS
ELEKTROTECHNIKOS KATEDRA

TVIRTINU _____

Katedros vedėja: prof. dr. Eleonora Guseinoviėnė
2013

ELEKTRONIKOS IR ELEKTROS INŽINERIJOS MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ
PROGRAMOS „PRAMONĖS ELEKTROS ĮRANGA IR AUTOMATIKA“
(Studijų kodas 612H60002)
MAGISTRO TEZĖS

**Elektrinio variatoriaus panaudojimas dyzelinio
variklio darbo optimizavimui**

Recenzentas: dr. Eleonora Guseinoviėnė
2013

Vadovas: doc. dr. Algirdas Brazaitis
2013

Recenzentas: lekt. Audrius Senulis
2013

Rengė: TMPE-11, Martynas Lukas
2013

Klaipėda, 2013

BAKALAURO IR MAGISTRO BAIGIAMŲJŲ DARBŲ LYDRAŠČIO FORMA

Pildo bakalauro/magistro baigiamojo darbo autorius

Martynas Lukas

(bakalauro/magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė)

Elektrinio variatoriaus panaudojimas dyzelinio variklio darbo optimizavimui

(bakalauro/magistro baigiamojo darbo pavadinimas lietuvių kalba)

Patvirtinu, kad bakalauro/magistro baigiamasis darbas parašytas savarankiškai, nepažeidžiant kitiems asmenims priklausančių autorių teisių, visas baigiamasis bakalauro/magistro darbas ar jo dalis nebuvo panaudotas Klaipėdos universitete ir kitose aukštosiose mokyklose.

Martynas Lukas.....

(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Sutinku, kad bakalauro/magistro baigiamasis darbas būtų naudojamas neatlygintinai 5 m. Klaipėdos universiteto studijų procese.

Martynas Lukas.....

(bakalauro/ magistro baigiamojo darbo autoriaus vardas, pavardė ir parašas)

Pildo bakalauro/magistro baigiamojo darbo vadovas

Bakalauro/magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

2013 05 27

doc. dr. Algirdas Brazaitis.....

(data)

(bakalauro/magistro baigiamojo darbo vadovo vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, administratorius (sekretorius)

Baigiamasis darbas įregistruotas katedroje

(data)

Sigita Kasparavičienė.....

(katedros sekretorės vardas, pavardė ir parašas)

Pildo katedros, kuruojančios studijų programą, vedėjas

Bakalauro/magistro baigiamąjį darbą ginti

(įrašyti – leidžiu arba neleidžiu)

2013 05 27

prof. dr. Eleonora Guseinovienė.....

(data)

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

Recenzentu(-ais) skiriu

prof. dr. Eleonora Guseinovienė

lekt. Audrius Senulis

(įrašyti recenzento(ų) vardą, pavardę)

2013 05 27

prof. dr. Eleonora Guseinovienė.....

(data)

(katedros vedėjo vardas, pavardė ir parašas)

ANOTACIJA

Darbe nagrinėjami elektros varikliais valdomi planetiniai reduktoriai - variatoriai. Atliktos mokslinių straipsnių analizės metu susipažinta su įvairių rūšių automobiliuose naudojamomis transmisijomis: pateikta jų klasifikacija, apžvelgtos dažniausiai naudojamos transporte pavarų dėžės. Pateikta tyrimo metodika, apžvelgti eksperimentinių tyrimų įrenginiai ir priemonės. Atlikti elektros variklio valdomo planetinio reduktoriaus eksperimentai su suprojektuotu tyrimo stendu. Palygintos belaispės pavarų dėžės su parinktu dyzeliniu varikliu, bei pateiktos išvados ir rekomendacijos.

PAGRINDINIAI ŽODŽIAI: Planetarinis reduktorius, belaispė pavana.

ANNOTATION

This thesis analyzes the electric motor which controlled by planetary gearboxes - variator. Accomplished scientific articles during the analysis been familiarized with different kinds of transmissions which used in vehicles: submitted their classification, reviewed most commonly gearbox which used in transport. Submitted research methods, an overview of experimental research equipment and facilities. Performed experiments of electric motor controlled by planetary gear with designed study stand. Were was compared continuous variable transmission with a selected on diesel engine, submitted conclusions and recommendations.

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Toyota Prius (NHW10) 1.5 16V (58 Hp) techninė specifikacija.[5][6][7][8]

2 lentelė . Tyrimų stendo techninė specifikacija.[9][10][11]

3 lentelė. Dažnio keitiklio charakteristikos.

4 lentelė. Stabdymo varžų charakteristikos.

5 lentelė. PLV charakteristikos

6 lentelė. Tyrimo Nr. 1 parametrai

7 lentelė. Tyrimo Nr. 2 parametrai

8 lentelė. Tyrimo Nr. 3 parametrai

9 lentelė. Tyrimo Nr. 4 parametrai

10 lentelė. Tyrimo Nr. 5 parametrai

11 lentelė. Tyrimo Nr. 6 parametrai

12 lentelė. Tyrimo Nr. 7 parametrai

ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS

- 1 pav.** Toyota Prius II pavaros principinė schema.
- 2 pav.** Planetarinis reduktorius.
- 3 pav.** Toyota Prius II vidaus degimo variklio, MG1 ir MG2 greičio ir perdavimų skaičiaus priklausomybė priklausomybė.
- 4 pav.** Stendo principinė schema.
- 5 pav.** Varikliai ir planetarinis reduktorius.
- 6 pav.** Jėgos peties pritaikymas momentui apskaičiuoti.
- 7 pav.** Enkoderis.
- 8 pav.** TCRT1000 atspindžio optinis jutiklis
- 9 pav.** Arduino Nano valdiklis
- 10 pav.** Tyrimų stendo algoritmas.
- 11 pav.** M1 ir M3 momentų grafikas.
- 12 pav.** M1 ir M3 galios grafikas.
- 13 pav.** Stendo naudingumo koeficientas be variatoriaus.
- 14 pav.** M1 ir M3 momento grafikas
- 15 pav.** M1 ir M3 galios grafikas
- 16 pav.** Stendo naudingumo grafikas
- 17 pav.** M1, M2 ir M3 momentų grafikas
- 18 pav.** M1, M2 ir M3 galios grafikas
- 19 pav.** Stendo naudingumo grafikas
- 20 pav.** M1, M2 ir M3 momentų grafikas
- 21 pav.** M1, M2 ir M3 galios grafikas
- 22 pav.** Stendo naudingumo grafikas
- 23 pav.** M1, M2 ir M3 momentų grafikas
- 24 pav.** M1, M2 ir M3 galios grafikas
- 25 pav.** Stendo naudingumo grafikas
- 26 pav.** M1, M2 ir M3 momentų grafikas
- 27 pav.** M1, M2 ir M3 galios grafikas
- 28 pav.** Stendo naudingumo grafikas
- 29 pav.** M1, M2 ir M3 momentų grafikas
- 30 pav.** M1, M2 ir M3 galios grafikas
- 31 pav.** Stendo naudingumo grafikas

TURINYS

PAGRINDINIŲ SĄVOKŲ ŽODYNAS.....	8
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	9
ILIUSTRACIJŲ SĄRAŠAS.....	10
ĮVADAS.....	11
Darbo tikslai ir uždaviniai.....	12
1. MOKSLINIŲ STRAIPSNIŲ ANALIZĖ	
1.1. Automobilių transmisijos tipų klasifikavimas.....	13
1.2. Belaipsnės pavaros apžvalga.....	14
1.3. Toyota Prius II belaipsnė sinergetinė pavarų dėžė.....	14
2. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ OBJEKTAS	
2.1. Tyrimo objektas.....	19
3. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI	
3.1. Eksperimentinių tyrimų metodika.....	24
4. EKSPERIMENTINIAI ELEKTRINIO VARIATORIAUS TYRIMŲ DUOMENYS	
4.1. Tyrimų stendo darbas su įtvirtintu planetariniu reduktoriumi.....	25
4.2. Tyrimų stendo eksperimentas.....	27
5. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ APTARIMAS.....	36
IŠVADOS.....	37
LITERATŪRA.....	38
PRIEDAI:	
1. Elektromobilių akumuliatorių ilgaamžiškumas	
2. Enkoderio - sūkių matuoklio programa Arduino aplinkoje.	
3. Stendo elektrinė schema.	
4. Eksperimentinių tyrimų stendo nuotrauka.	
5. Kvietimas dalyvauti All Japan Robot Sumo 24 th Grand Final. Pasiekimas - TOP 24.	
6. Mini sumo Baltic robot sumo 2009 (Klaipėda, Lietuva). Pasiekimas - III vieta.	
7. Standart sumo Baltic robot sumo 2011 (Klaipėda, Lietuva). Pasiekimas – III vieta.	
8. Roomba sumo Baltic robot sumo 2009 (Talinas, Estija). Pasiekimai – I vieta.	
9. Standart sumo Baltic robot sumo 2010 (Riga, Latvija). Pasiekimas – II vieta.	
10. Standart sumo RoboComp 2010 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – I vieta.	
11. Standart sumo RoboComp 2011 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – I vieta.	
12. Standart sumo RoboComp 2013 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – II vieta.	
13. SIEMENS STEP 7 programos aplinka	
14. RobotChallenge 2013 dalyvis.	

PAGRINDINIŲ SĄVOKŲ ŽODYNAS

Algoritmas - (lot. algorismus < Algorithmi < arab. Al Chorezmi) – tai tam tikra veiksmų seka, kurią reikia atlikti norint pasiekti tam tikrą rezultatą.

Generatorius – elektros mašina, elektromagnetine indukcija mechaninę energiją paverčianti elektros energija.

Invertorius – skaitmeninėse schemose taikoma schema, keičianti sutartą loginio vieneto lygį (dažnai apie 2.4 volto ir daugiau) sutarto loginio nulio lygiu (dažnai 0,4 volto ir mažiau) bei atvirkščiai. Loginėse grandinėse ši schema dažnai taip pat ir sustiprina signalą. Kitos loginės operacijos – IR, ARBA – gali būti atliekamos su schemomis, kurios signalo nesustiprina (pavyzdžiui, su diodais). Invertorius yra loginis elementas.

Krumpliaratis - pavaros elementas, skirtas sukimosi judesiui perduoti kitam krumpliaraičiui. Krumpliaratis skiriasi nuo skriemulio tuo, kad judesys perduodamas naudojantis kinematinio sukabinimu tarp paviršiaus įdubimų ir iškilimų, todėl judesys perduodamas be kinematinio slydimo.

Reduktorius - mechanizmas, kuris, perduodamas sukimosi judesį, sumažina jo sukimosi dažnį ir padidina sukimo momentą

Sinergetika - tai yra mokslas, tiriantis atvirų, nepusiausvirųjų sistemų saviorganizacijos dėsningumus (stabilių struktūrų arba periodinių procesų tokiose sistemose formavimąsi). Viena iš svarbiausių tokių sistemų charakteristikų yra didelis sudedamųjų dalių - elementų - skaičius ir netiesinė sąveika tarp jų.

Sukimo momentas - fizikinis dydis dažniausiai apibūdinantis jėgos gebėjimą sukuti kūną apie kurią nors ašį. SI vienetų sistemoje jėgos momento matavimo vienetas yra Nm.

Transmisija - įvairių pramoninių įrengimų arba mechaninių transporto priemonių agregatas, dažniausiai krumpliaratinis. Skirta pakeisti sukimosi greitį ir sukimo momentą.

Variatorius - tai nekeičiant variklio apsukų ir neperjungiant pavaros lėtinama ar spartinama eiga.

Vidaus degimo variklis – variklis, naudojantis energiją, išsiskiriančią iš uždaramo degimo skyriuje degančio kuro.

IVADAS

Planetarinės pavaros Puikus sprendimas įrengimams, dirbantiems didelėmis apkrovomis. Planetarinės pavaros yra idealiausias sprendimas įrengimams, kurie dirba sunkiose darbo sąlygose, kai smūginės apkrovos ir smūgiai yra dažni. Planetarinis reduktorius - variatorius, padidinantis rato traukos jėgą. Bepakopė transmisija - kuri užtikrina sklandų automatinės pavarų dėžės veikimą be būdingo trūkčiojimo ir palaiko tinkamiausią variklio apsukų skaičių įvairiomis važiavimo sąlygomis. Bepakopė nuolatinio kintamojo veikimo transmisija nėra naujas išradimas. Nuolat tobulinamos variklio ir transmisijos technologijos sudarė galimybę užtikrinti efektyvų bendrą variklio ir bepakopės transmisijos veikimą. Variatorius užtikrina, kad esant tam tikram greičio diapazonui, vidaus degimo variklis dirbtu didžiausio efektyvumo taške. Tai pagrindinė, tačiau ne vienintelė priežastis, kodėl verta teikti pirmenybę šiai sistemai. Variatorius ne tik palaiko tinkamiausią apsukų skaičių, bet ir užtikrina ekonomiškesnį automobilio stabdymą. Galima pateikti ir kitą puikų pavyzdį – Prius modelyje Toyota inžinierių pritaikytas planetarinis reduktorius, valdomas vien elektroniniu būdu, todėl pavaros perjungiamos itin tiksliai. Toyota Prius pavarų keitimas primena įprastą diržinę belaispnę pavarą. Keičiant perdavimo skaičių valdomas planetarinio reduktoriaus centrinio krumpliaračio (tiesiogiai sujungto su elektriniu varikliu) sukimasis. Kompaktiškos sistemos privalumas - elektrinis variklis ir generatorius yra nuolat sujungti tiesiogine pavara, o elektrinis variklis gali įsijungti be triukšmo ir užesio. Prius sukimo momentą ir pagreitėjimą iš esmės lemia elektrinis variklis.

Pirmosios pavaros su variatoriumi brėžinį padarė Leonardo da Vinci 1490 m. Pirmoji paraiška bepakopio pavaros mechanizmo idėjai užpatentuoti buvo pateikta 1886 m. Europoje. Jau 1910 m. Zenith Motorcycles gamino V2-Motorcycle transporto priemones su variatoriumi, kurių Gradua-Gear pavarų mechanizmas buvo CVT. Zenith-Gradua itin sėkmingai pasirodė važiavimo į kalną varžybose – kitiems motociklų gamintojams Zenith nepaliko jokios galimybės laimėti. Pirmą kartą CVT sistema sumontuota 1923 m. Clyno automobilyje Anglijoje. 1950 m. vienas Van Doorne Automobiel Fabrieki (DAF) įkūrėjų Huubvan Doorne sukūrė Variomatic pavadintą CVT sistemą. Variomatic sistema buvo skirta mažiems ir pigiems automobiliams. Pirmasis automobilis, kuriame pritaikyta ši sistema, vadinosi DAF 600. Vėliau ta pati CVT sistema pritaikyta ir Volvo 340 modelyje, kai Volvo įsigijo DAF keleivinių automobilių gamybos įmonę

Darbo problema: Šioje srityje nėra atlikti tikslūs tyrimai, todėl tampa sunku padaryti konkrečias išvadas.

Darbo objektas: Elektrinio variatoriaus panaudojimas dyzelinio variklio darbo optimizavimui.

Darbo tikslas: Atlikti bandymus su eksperimentiniu tyrimų stendu, imituojančiu dyzelinį variklį

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti įvairių tipų pavarų dėžių charakteristikas ir atlikti mokslinių publikacijų analizę;
2. Parengti eksperimentinių tyrimų metodiką, naudojant suprojektuotą tyrimų stendą;
3. Atlikti eksperimentinius tyrimus ir apibendrinti tyrimų metu gautus rezultatus;
4. Pateikti rekomendacijas ir išvadas.

Darbo tyrimo metodai: Mokslinių straipsnių analizės metodas, mokslinės literatūros analizės metodas, loginis metodas.

Darbo struktūra: Darbą sudaro įvadas, teorijos dalis, analizės dalis, tyrimo dalis, išvados, literatūros sarašas, priedai.

1. MOKSLINIŲ STRAIPSNIŲ ANALIZĖ

1.1. Automobilių transmisijos tipų klasifikavimas

Transmisijos tipas tampa vienu iš pagrindinių aspektų renkantis automobilį. Šiuo metu rinkoje yra du plačiausiai naudojami transmisijų tipai. Tai būtų mechaninė ir automatinė, kuri pagal sandarą ir veikimo principą skirstoma į:

- Mechaninę automatinę pavarų dėžę;
- Belaipsnė pavarų dėžė (continuously variable transmission – CVT);

Automatinė ir belaipsnės tipo pavaros palengvina vairavimą, nes nereikia kaskart perjunginėti pavarų, taip mažiau blaškomas vairuotojo dėmesys. Šiuo metu daugiau renkama automatinė ar belaipsnės tipo pavaros perkant naują automobilį, palyginus su mechanine pavarų dėže. Abi turi savų privalumų ir trūkumų. Vienas iš nuolatos kintamo perdavimų skaičiaus ir elektrinio variatoriaus privalumų tai, kad pavara gali palaikyti variklį optimaliame režime.

Mechaninė pavara suteikia vairuotojui galimybę pasirinkti pavaras. Dažniausiai pasitaikanti penkių ir šešių pavarų sistemos. Tuo tarpu nuolatos kintamos ir elektrinio variatoriaus pavarose perdavimas vyksta visame diapazone, nuo maksimalaus perdavimų skaičiaus iki minimalaus, todėl galima palaikyti variklį optimaliame režime.

Mechaninė pavarų dėžė – tai transmisijos sistema, kai vairuotojas gali pasirinkti bet kurią pavarą savo nuožiūra. Pavarų perjungimas vyksta sankabos pagalba. Variklis ir pavarų dėžė atskiriamos mechaniškai (1 pav.) nuspaudus sankabos pedalą. Tada įjungiama pasirinkta pavara ir švelniai atleidžiamas sankabos pedlas. Mechaninės pavarų dėžės charakterizuojamos pagal pavarų perdavimų skaičių. Mechaninės transmisijos būna nuo dviejų iki aštuonių, bet dažniausiai nuo keturių iki šešių laipsnių ir viena atbulės eigos pavara. Daugumoje transmisijų pirma arba žemiausia pavara turi 3:1 perdavimų skaičių. Aukščiausia pavara dažniausiai būna 1:1, neretai 0.8:1.[13]

Automatinė greičių dėžė – tai transmisija, kuri, judant automobiliui, automatiškai keičia pavaras, be vairuotojo pagalbos. Dauguma automatinė pavarų dėžių turi tam tikrą pavarų skaičių. Kad pasirinkti judėjimo kryptį, vairuotojas perjungia svirtį. Dažniausiai pasirinkti galima iš keturių padėčių: P – stovėjimo pavara, R – atbulinės eigos pavara, N – laisvo judėjimo pavara ir D – judėjimo į priekį pavara.

Belaipsnė pavarų dėžė – tai transmisija, kuri keičia perdavimų skaičių neatjungdama variklio varančiojo veleno nuo galinio veleno. Yra sukurta daugybė belaipsnės pavaros dėžės prototipų, bei serijinės gamybos modelių. Tokios transmisijos perdavimų skaičius begalinis. Palyginimui pasirinksiu kelis belaipsnės pavaros tipus.

1.2. Belaipsnės pavaros apžvalga

Belaipsnės pavarų dėžės pagal konstrukciją skirstomos į tris pagrindines grupes:

- Hidraulinė belaipsnė pavarų dėžė;
- Mechaninė belaipsnė pavarų dėžė;
- Elektrinė belaipsnė pavarų dėžė.

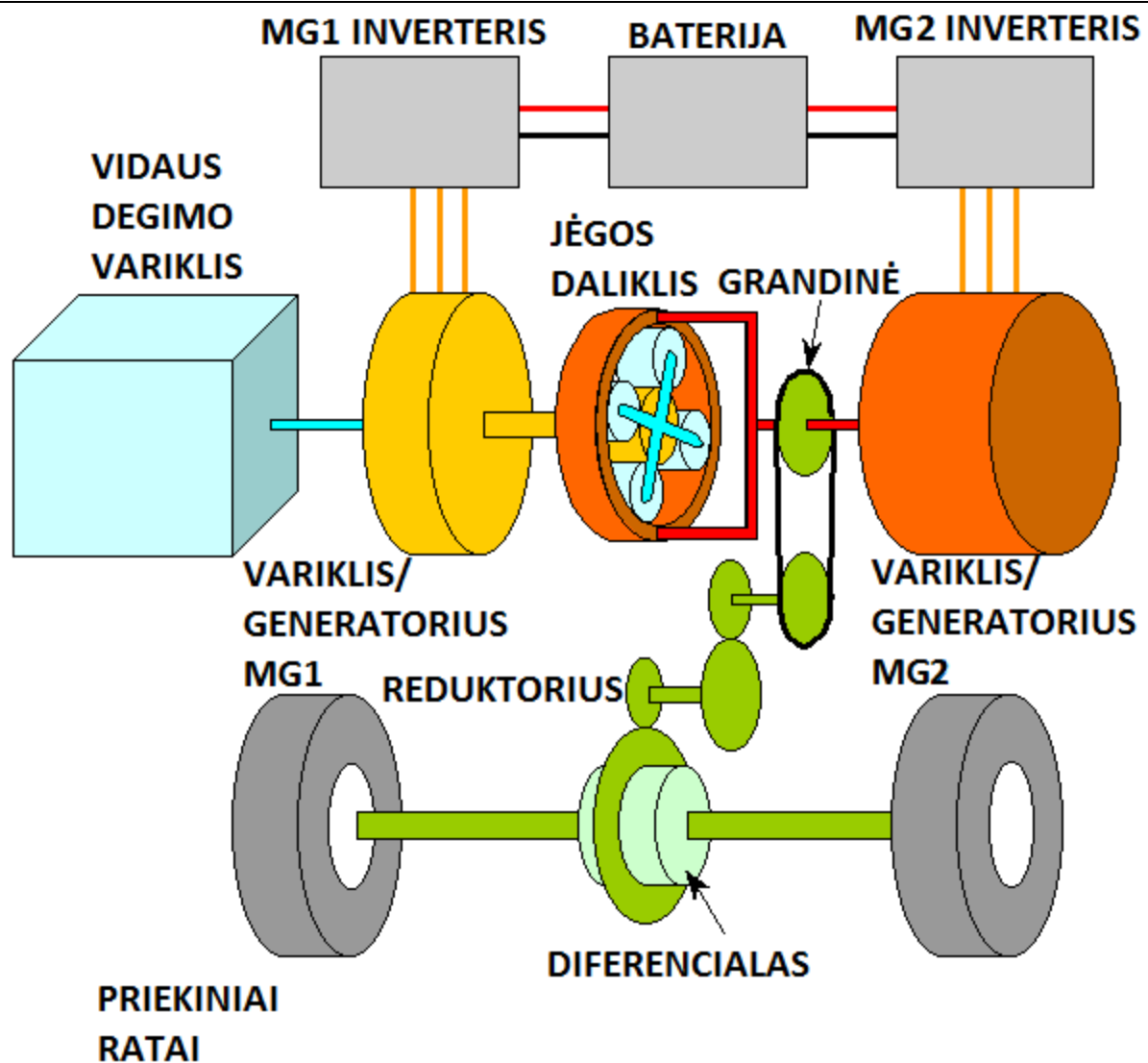
Belaipsnės pavarų dėžės arba variatoriaus konstrukcija sąlyginai yra gana paprasta, tačiau reikalaujanti precizikos. Variatorius ne retenybė - jį galima sutikti „FIAT“, „Ford“, „Renault-Nissan“, „Subaru“, „Volskwagen“, „Volvo“, „AUDI“ kompanijų automobiliuose. Variatorių galima aptikti ir motocikluose. Belaipsnis perdavimo skaičiaus keitimas naudojamas ir populiarejančiuose hibridiniuose automobiliuose su sinergetine pavara („Toyota“, „Honda“, „Ford“). Čia vidaus degimo variklio (benzininio, dyzelinio) pavara vienu metu sujungiama su elektros variklio pavara. Suminis galios srautas per planetinį reduktorių ir papildomas krumpliaračių poras suka varančiuosius ratus. Belaipsnės transmisijos privalumai tokie patys kaip ir automatinės pavarų dėžės. Vairuotojas ir keleiviai nejaučia pavarų perjungimo momentų, o variklio apkrova visuose darbo režimuose išlieka optimali. Galima sakyti, kad tokia transmisija sugeba eliminuoti vairuotojo klaidas, todėl neigiamos pasekmės pačiam agregatui bei varikliui - minimalios. Važiavimo komforto, degalų sąnaudų, dinamikos požiūriu tai bene optimaliausias variantas. Nors belaipsnė transmisija išoriškai paprastesnė už sekvencinę pavarų dėžę, tačiau sudėtingų, preciziškai pagamintų elementų pakanka ir joje. Kai kuriose transmisijose vairuotojui leidžiama užfiksuoti iki 8 „pseudopavarų“. Jas perjungiant eigoje galima įsivaizduoti tradicinę arba sekvencinę pavarų dėžę. Vienas belaipsnės transmisijos, konkrečiai variatoriaus, trūkumų - riboto dydžio sukimo momento perdavimas. Itin didelės galios automobiliuose jos teks dar palaukti.[1] Toliau darbe nagrinėsime tik elektrines belaipsnes pavaras – variatorius.

1.3. Toyota Prius II belaipsnė sinergetinė pavarų dėžė

Toyota Prius automobilyje naudojama elektrinė belaipsnė sinergetinė pavarų dėžė. Lentelėje 1 parodyti au Toyota Prius techniniai duomenys. Vidaus degimo variklis yra sujungtas su planetinio reduktoriaus vedikliu, variklis-generatorius MG1 sujungtas su centriniu krumpliaračiu, o variklis-generatorius MG2 ir ratų ašis sujungti su vainikiniu krumpliaračiu. Paveiksle 1 parodyta Toyota Prius sinergetinės elektrinės belaipsnės pavarų dėžės principinė schema. Pagrindinis Toyota Prius transmisijos komponentas yra planetarinis reduktorius.[4]

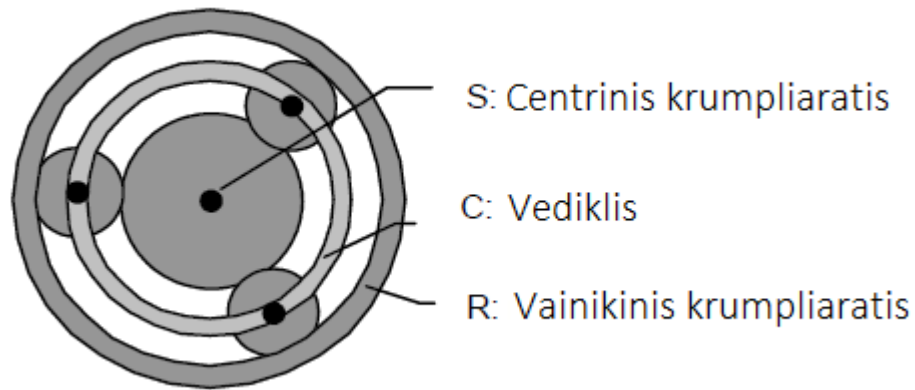
lentelė. Toyota Prius (NHW10) 1.5 16V (58 Hp) techninė specifikacija.[5][6][7][8]

Vidaus degimo variklis		
Cilindrų skaičius ir išdėstymas	L4	
Degimo kameros tūris [cm ³]	1496	
Galia	42.7 kW prie 4000 aps/min	
Sukimo momentas	102 Nm prie 4200 aps/min	
Kuras	≥A-95, Benzinas	
CO ² emisijos	96,2 g/km	
Maksimalus greitis	176 km/h	
Akceleracija 0-100 km/h	10,9 s	
Transmisija		
Tipas	Elektrinė beaipsnė pavarų dėžė	
Perdavimų skaičius	2.6-1	
Elektros varikliai-generatoriai	MG1	MG2
Tipas	Trijų fazių PMSM	Trijų fazių PMSM
Funkcija	Variklio starteris	
Įtampa [V]	AC 500	AC 500
Maksimali galia [kW / aps/min]	37.8 / 9500	50 / 1200 – 1540
Maksimalus momentas [N·m / aps/min]	45 / 0 – 6000	400 / 0 – 1200
Srovė prie maksimalaus momento [A]	75	230
Maksimalūs apsisukimai [aps/min]	10,000	
Aušinimo sistema	Glikolis, vanduo	
Kuro sąnaudos		
Mieste	4.2 l./100 km.	
Užmiestyje	3.5 l./100 km.	
Kombinuotas	3.6 l./100 km.	
Automobilio masė		
Masė [kg]	1270	
Maskimali masė [kg]	1725	



1 pav. Toyota Prius II pavaros principinė schema.

. Vidaus degimo variklis suka vedklį, kuris suka centrinę krumpliaratį - generatorių MG1 ir elektros variklį MG2. Toyota inžinieriai kruopščiai parinko centrinę ir vainikinę krumpliaratį, taip kad jų dantų skaičiaus santykis būtų lygus 2,6.[4] MG1 dirbdamas variklio režime yra starteris vidaus degimo varikliui. MG2 per reduktorių sujungtas su automobilio priekiniais ratais. MG2 greitis tiesiogiai proporcingas automobiliųgreičiui (1). Pagrindinės galios paskirstymo sistemos – elektrinio variatoriaus.[12]



2 pav. Planetarinis reduktorius.

$$\left(1 + \frac{z_R}{z_S}\right) \cdot n_C = n_S + \left(\frac{z_R}{z_S} \cdot n_R\right) \quad (1)$$

$$\rho = \frac{z_R}{z_S} \quad (2)$$

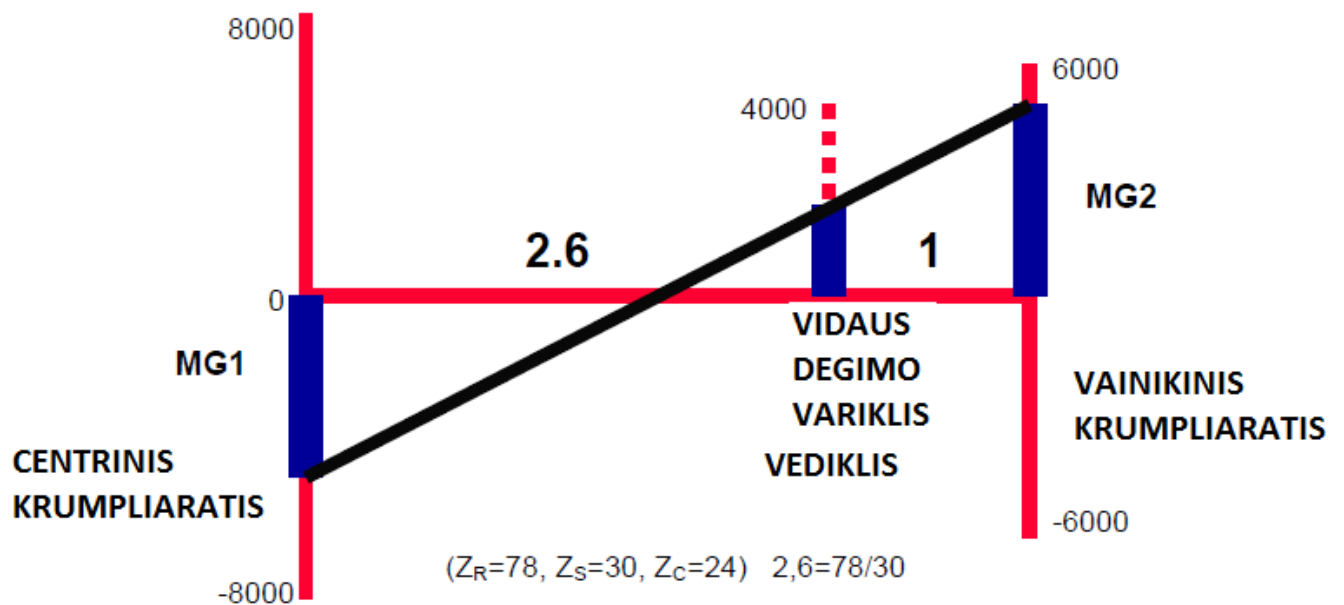
$$(1 + \rho) \cdot n_C = n_S + \rho \cdot n_R \quad (3)$$

$$T_C = T_R \cdot \frac{(1+\rho)}{\rho} = T_S \cdot (1 + \rho) \quad (4)$$

$$P_C = P_R + P_S \quad (5)$$

Čia: z_R – vainikinio krumpliaračio dantų skaičius;
 z_S – centrinio krumpliaračio dantų skaičius;
 n_C – vediklio apsisukimai;
 n_S – centrinio krumpliaračio apsisukimai;
 n_R – vainikinio krumpliaračio apsisukimai;
 T – sukimo momentas;
 ρ – perdavimų skaičius,
 P – galia.

Paveiksle 3 parodyta Toyota Prius II vidaus degimo variklio, MG1 ir MG2 greičio ir perdavimų skaičiaus priklausomybės. MG1 greitis priklauso nuo vidaus degimo variklio ir MG2 greičio.



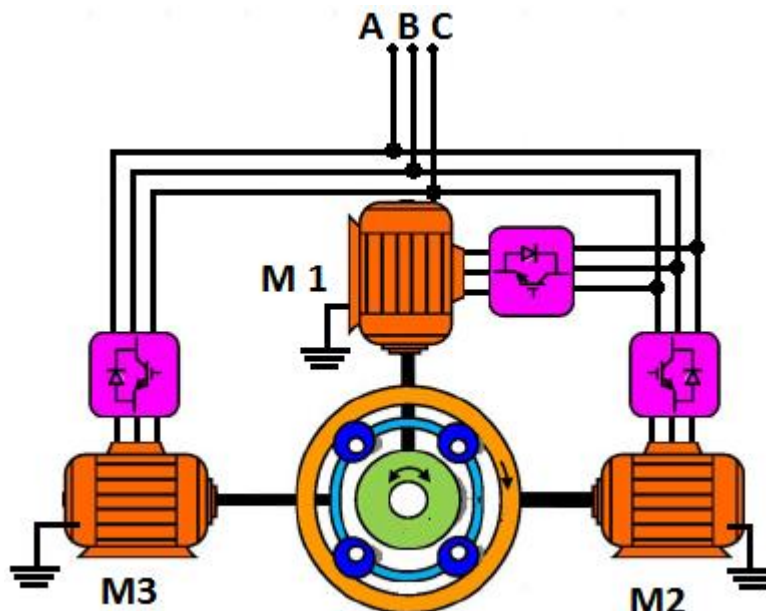
3 pav. Toyota Prius II vidaus degimo variklio, MG1 ir MG2 greičio ir perdavimų skaičiaus priklausomybė priklausomybė.

Vertikalios linijos rodo apsisukimus, bei krumpliaratį, planetinio reduktoriaus ir pavaros žiedo sukimosi kryptis. Tarpai tarp vertikalinių linijų rodo perdavimų skaičių. Generatorius (MG1) krauna baterijas arba tiekia elektros energiją elektros varikliui (MG2). Jis taip pat tarnauja kaip starteris vidaus degimo variklio užvedimui. Vidaus degimo variklio sukimo momentas, kuris yra perduodamas į centrinį krumpliaratį (MG1) ir į vainikini krumpliaratį (MG2) yra atitinkamai 28% ir 72% [4]. Keičiant generatoriaus MG1 greitį, vidaus degimo variklio sūkių skaičius gali būti palaikomas pastovus, įvairiame transporto priemonės greičio diapazone. Su MG2 galima kontroliuoti momentą tenkantį vidaus degimo varikliui, o su generatoriumi MG1 – greitį.

2. EKSPERIMENTINIŲ TYRIMŲ OBJEKTAS

2.1. Tyrimo objektas

Tyrimo objektas yra elektrinis variatorius, kuris bus naudojamas palyginimui su kita elektrine pavara. Tyrimai buvo atlikti eksperimentiniu stendu, kuris yra MMI laboratorijoje.



4 pav. Stendo principinė schema.

Stendas sudarytas iš rėmo, trijų asinchroninių, trumpai jungtu rotoriumi, variklių, juos valdančių dažnio keitiklių, planetarinio reduktoriaus, programuojamo loginio valdiklio, momento matuoklių, greičio matuoklių, stabdymo varžų ir kompiuterio (4 priedas.). Lentelėje 2 parodyti stendo techniniai duomenys.

2 lentelė . Tyrimų stendo techninė specifikacija.[9][10][11]

ELEKTROS VARIKLIAI			
Tipas	АИР80В4	АИР112М4	АИР112М4
Įtampa [V]	380-480		
Galia [kW]	1,5	5,5	
Naudingumo koeficientas [%]	78,5	85,5	
Apsisukimai [aps/min]	1410	1430	
Polių skaičius	4		
$\cos\varphi$	0,8	0,86	
I_P/I_N	5,3	7,0	
M_P/M_N	2,2	2,0	
M_{\max}/M_N	2,4	2,5	

M_{\min}/M_N	1,7	1,6
Svoris [kg]	13,8	38,5

3 lentelė. Dažnio keitiklio charakteristikos.[9][10]

DAŽNIO KEITIKLIAI			
Tipas	SINAMICS G120C	SINAMICS G120C	SINAMICS G120C
Užsakymo Nr.	6SL3210-1KE14-3AB0	6SL3210-1KE21-3AB0	6SL3210-1KE21-3AB0
Galia [kW]([hp])	1,5(2,0)	5,5(7,5)	5,5(7,5)
Įtampa [V]	380-480		
Srovė [A]	4,1	12,5	12,5
Perkrova, 3s	150%		
Įėjimo dažnis [Hz]	47-63		
Išėjimo dažnis [Hz]	0-650		
Darbinis dažnis [kHz]	4		
Galios faktorius λ	0,7-0,85		
$\cos\varphi$	0,95		
Naudingumo koeficientas %	95		
Valdymas	USS/Modbus RTU		

4 lentelė. Stabdymo varžų charakteristikos.[9]

STABDYMO VARŽOS			
Tipas	Sinamics breaking rezistor		
Užsakymo Nr.	6SL3201-0BE14-3AA0	6SL3201-0BE21-8AA0	6SL3201-0BE21-8AA0
Varža [Ω]	370	750	
Nominali galia [W]	75	375	
Maksimali galia [W]	1500	7500	

5 lentelė. PLV charakteristikos.[10]

PROGRAMUOJAMAS LOGINIS VALDIKLIS (PLV)	
Tipas	SIMATIC S7-1200,
Užsakymo Nr.	1 6ES7211-1AE31-0XB0
Įtampa [V]	20,4-28,8
Konfigūracija	6 DI 24V; 4 DO 24v; 2 AI 0-10V

Panaudoti trys asinchroniniai varikliai:

- M1 - 5,5kW variklis, reguliuojantis planetarinio reduktoriaus vainikinio krumpliaračio sukimosi greitį.
- M2 - 5,5kW variklis, imituojantis apkrovą;
- M3 - 1,5kW variklis, imituojantis dyzelinį variklį;

Planetarinis reduktorius parinktas su 7:1 perdavimo koeficientu[11]. Pritvirtintas tarp varančiojo ir apkrovos variklių taip, kad vainikinis krumpliaratis laisvai suktūsi apie savo ašį (5 pav.).

Panaudoti trys tenzo davikliai, bei indikatoriai, kurie matuoja variklių sūkimo momentą. Indikatoriai siunčia rezultatus į kompiuterį, kaupiti ir apdoroti duomenis (6 pav.).

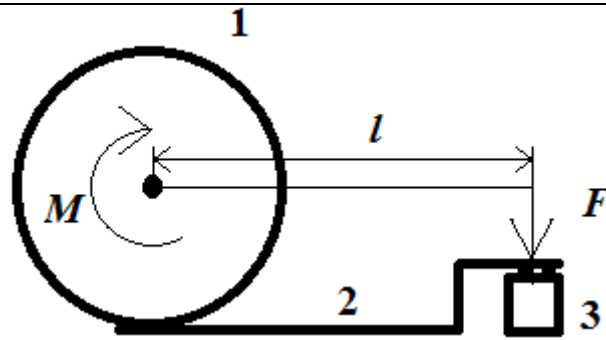
Sukonstruoti greičio matuokliai-enkoderiai. Panaudojant mikrovaldiklį, pagal sukurtą programą, opto daviliai matuoja variklių greitį ir siunčia rezultatą į kompiuterį, kaupiti ir apdoroti duomenis(8 pav.).



5 pav. Varikliai ir planetarinis reduktorius.

Momento matavimui pasirinkti tenzo davikliai naudojami svarstyklėse. Davikliai pritvirtinti prie rėmo, o variklio padas sujungtas su davikliu metaline konstrukcija. Išvystidamas sukimo momenta elektros variklis apie savo ašį, veikia lyg svertas. Eksperimentinių tyrimų skaičiavimuose naudojamas jėgos peties principas (6 pav.). Išmatuoti visų variklių pečių ilgiai:

- M1=0,373 [m]
- M2=0,371 [m]
- M3=0,37 [m]



6 pav. Jėgos peties pritaikymas momentui apskaičiuoti.

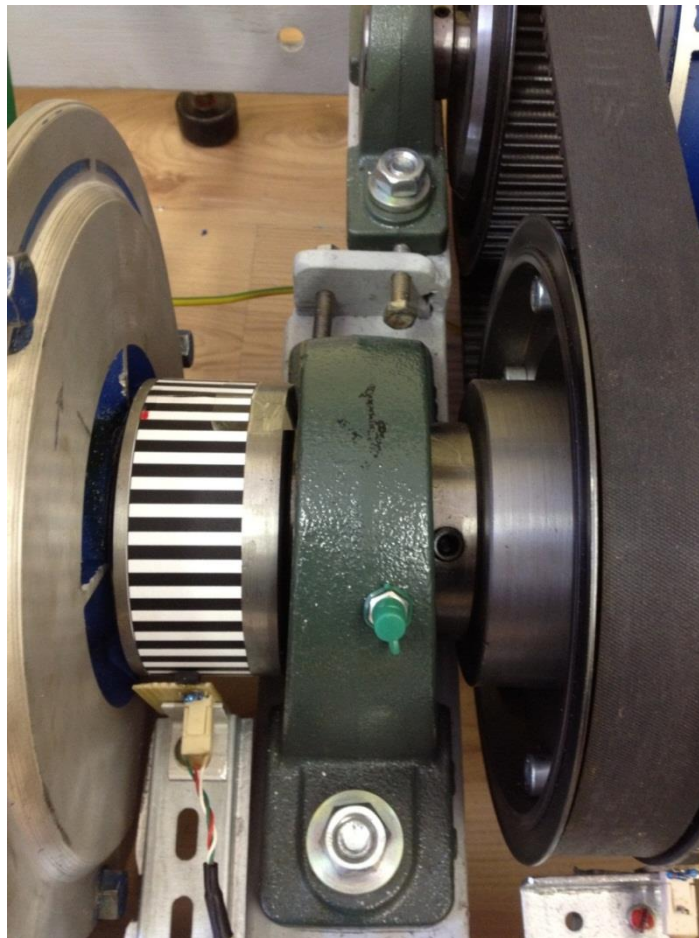
1 – variklis, 2 - svertas, 3 – tenzo daviklis.

$$M = F \cdot l \quad (6)$$

Čia: M – elektros variklio momentas;

F – jėga;

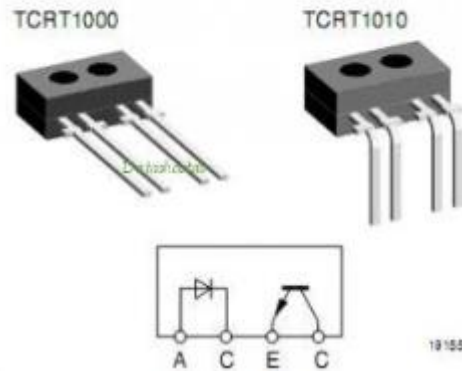
l – jėgos petys.



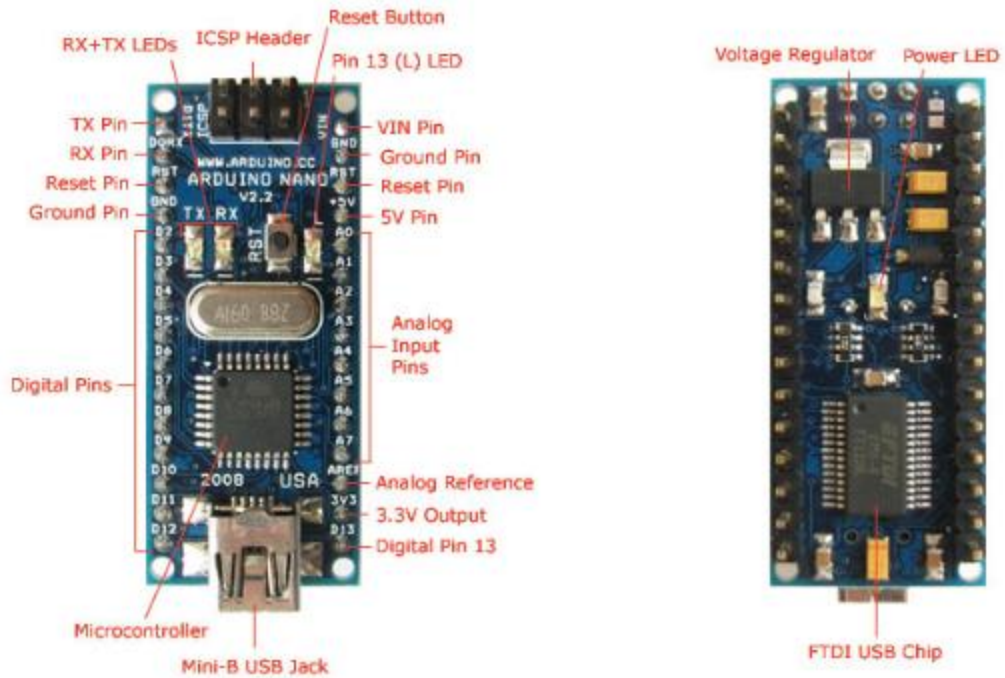
7 pav. Enkoderis.

Sūkių matuoklis sukonstruotas iš opto daviklių TCRT1000 (8 pav.), kurie „skaičiuoja“ impulsus (juodus dryžius and variklių velenų) ir pagal sukurtą programą Arduino aplinkoje (2 priedas),

panaudojant Arduino Nano (9 pav.) valdiklį, išveda duomenis į kompiuterį. Komunikacijai naudojamas RS232 ryšys.



8 pav. TCRT1000 atspindžio optinis jutiklis



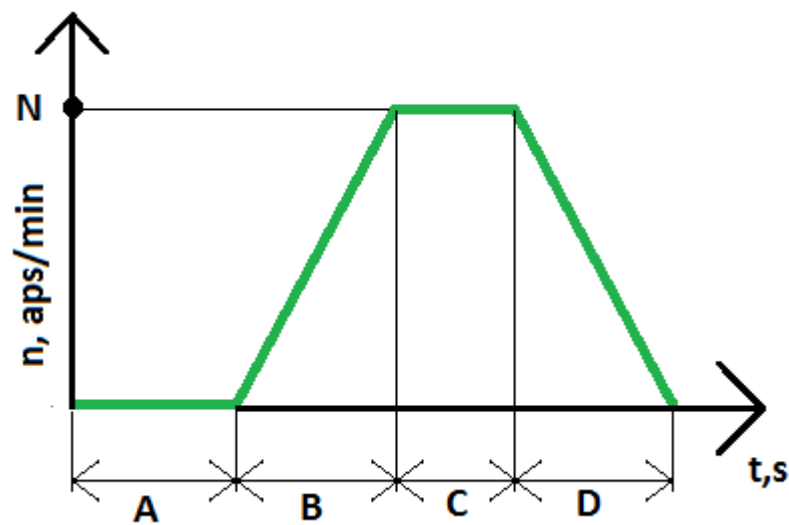
9 pav. Arduino Nano valdiklis

3. EKSPERIMENTINIAI TYRIMAI

3.1. Eksperimentinių tyrimų metodika

Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti pagal pateiktą tyrimo metodiką: Tyrimų stendo valdymas ir parametrų įvedimas vyksta kompiuteriu. SIEMENS STEP 7 programinėje aplinkoje (13 priedas) sudarytas variklių valdymo algoritmas.

- 1) Programoje užduodami stendo parametrai, kiekvienam varikliui atskirai, pagal sudaryta algoritmą (10 pav.). Užduodame N – apsisukimai, A,B,C,D – laiko intervalai, per kuriuos variklis turi pasiekti tam tikrą greitį.



10 pav. Tyrimų stendo algoritmas.

- 2) Paleidžiamas stendas. Kompiuteris autonomiškai surenka visus duomenis į EXCEL failą.
- 3) Ekperimentas kartojamas su skirtingais parametrais.
- 4) Analizuojami gauti duomenys.

4. EKSPERIMENTINIAI ELEKTRINIO VARIATORIAUS TYRIMŲ DUOMENYS

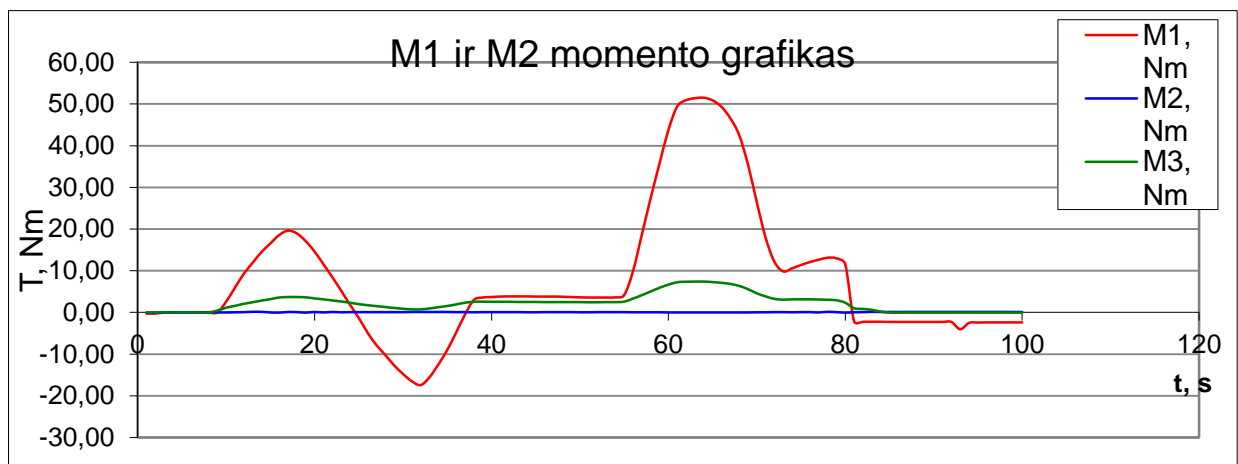
4.1. Tyrimų stendo eksperimentas su įtvirtintu planetariniu reduktoriumi

Lentelėje 6 pateikti pirmo tyrimo parametrai.

6 lentelė. Tyrimas Nr. 1 parametrai

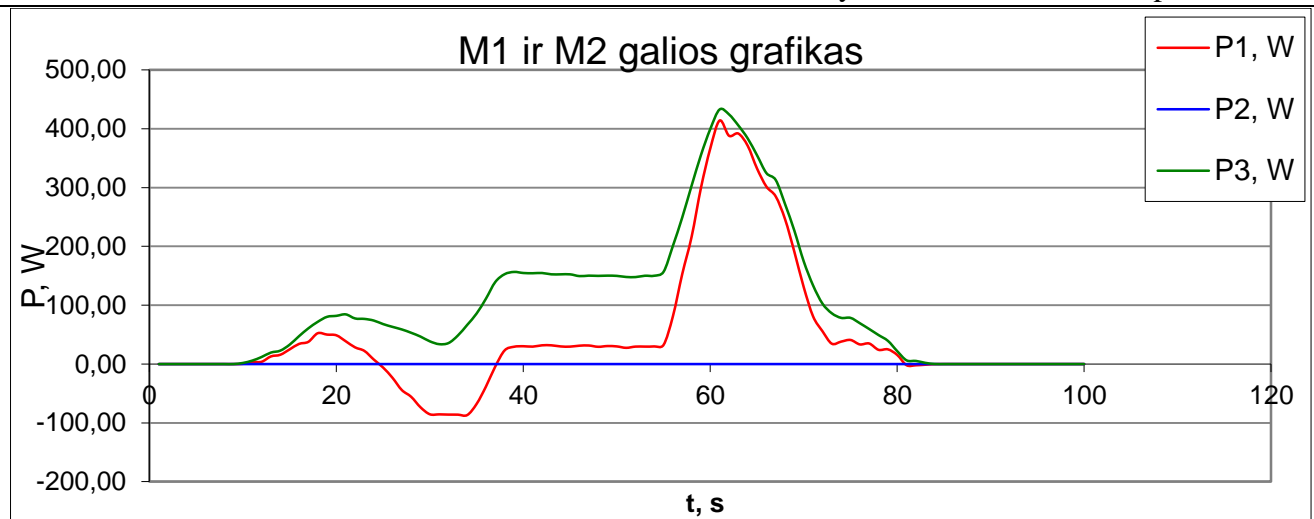
	M1	M2	M3
N [aps/min]	80	0	576
A [s]	10	0	10
B [s]	20	0	20
C [s]	20	0	20
D [s]	20	0	20

11 paveiksle parodyta M1 ir M2 momentų grafikas.



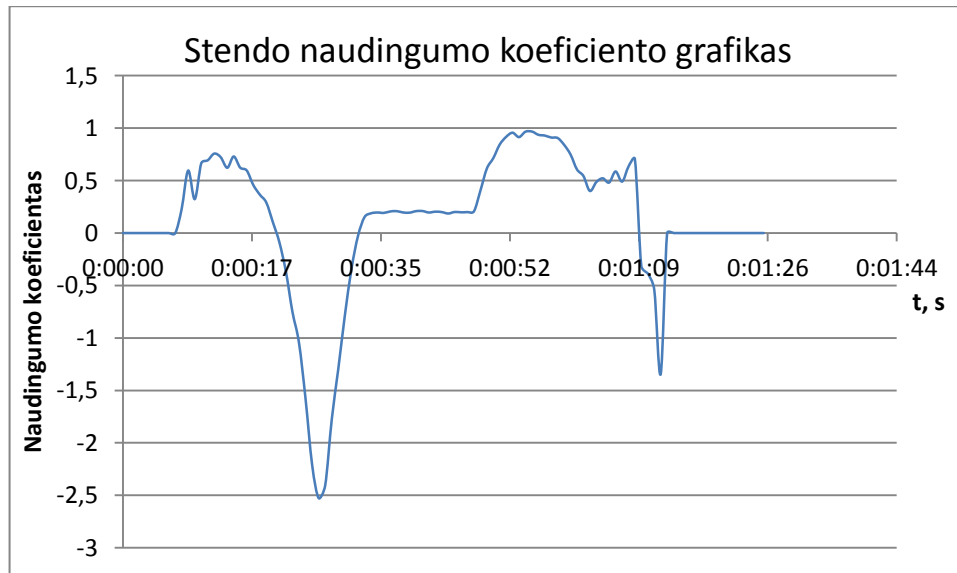
11 pav. M1 ir M3 momentų grafikas.

12 paveiksle parodyta M1 ir M2 galios grafikas.



12 pav. M1 ir M3 galios grafikas.

Iš 11 ir 12 paveiklų matome momentų ir galios priklausomybes kai reguliuojantysis variklis M2 yra įtvirtintas. 13 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas su itvirtintu planetariniu reduktoriumi. Tyrimo metu, septynioliktą – trisdešimtą sekundėmis, pastebimas didžiulis naudingumo koeficiento pakitimas. Neleistinai padidėjus srovei variklio apvijose suveikė, M1 variklį valdančio, dažnio keitiklio apsaugos. Variklis buvo staiga išjungtas ir duomenys išsikraipė.



13 pav. Stendo naudingumo koeficientas be variatoriaus.

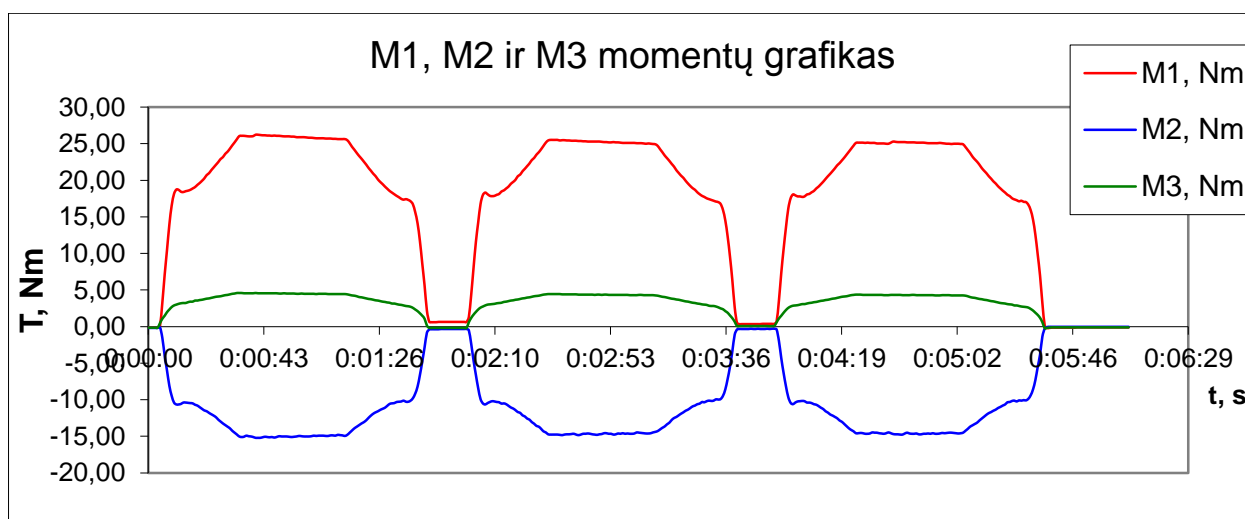
4.2. Tyrimų stendo eksperimentas

Eksperimentiniai tyrimai atliekami pasirenkant tam tikrus stendo parametrus. 7 lentelėje parotyi antrojo tyrimo parametrai.

7 lentelė. Tyrimo Nr. 2 parametrai

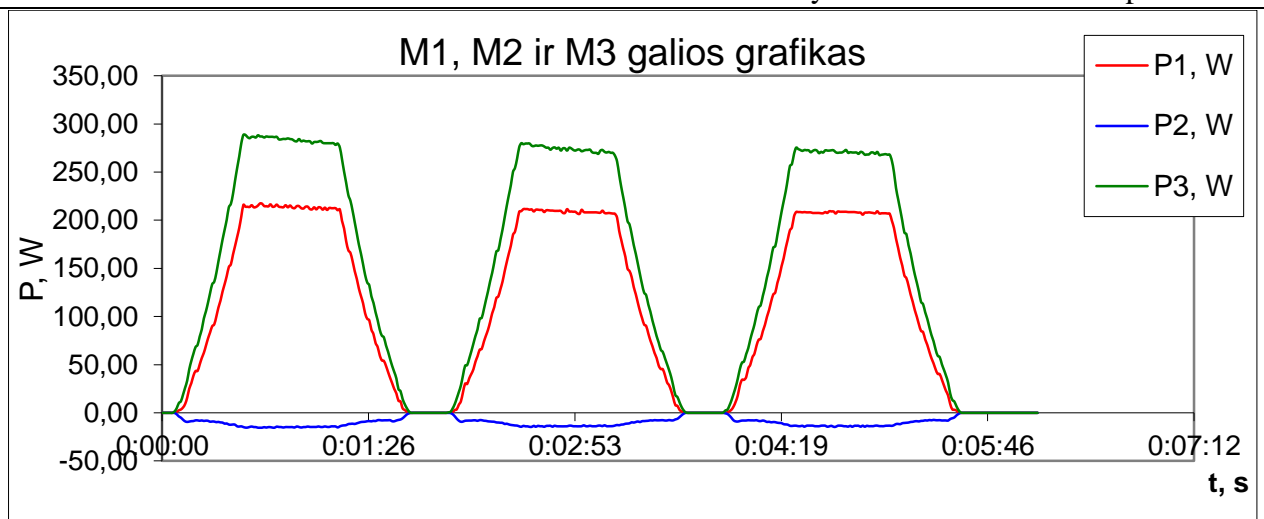
	M1	M2	M3
N [aps/min]	100	4	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

14 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



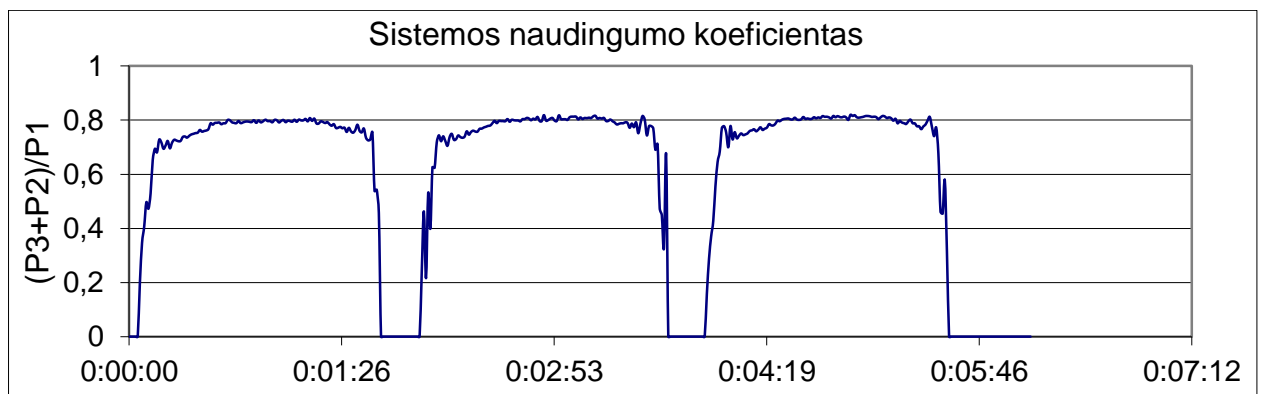
14 pav. M1 ir M3 momento grafikas

15 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų galios grafikas.



15 pav. M1 ir M3 galios grafikas

16 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametų (7 lentelė)



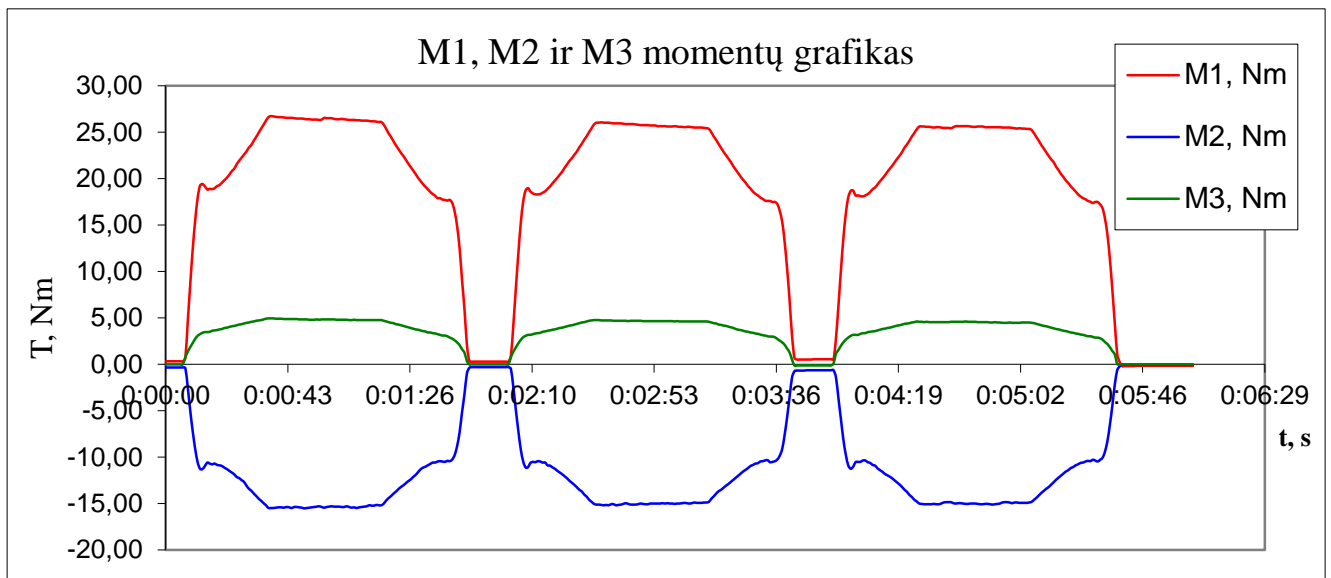
16 pav. Stendo naudingumo grafikas

8 lentelėje parotyi trečiojo tyrimo parametrai.

8 lentelė. Tyrimo Nr.3 parametrai

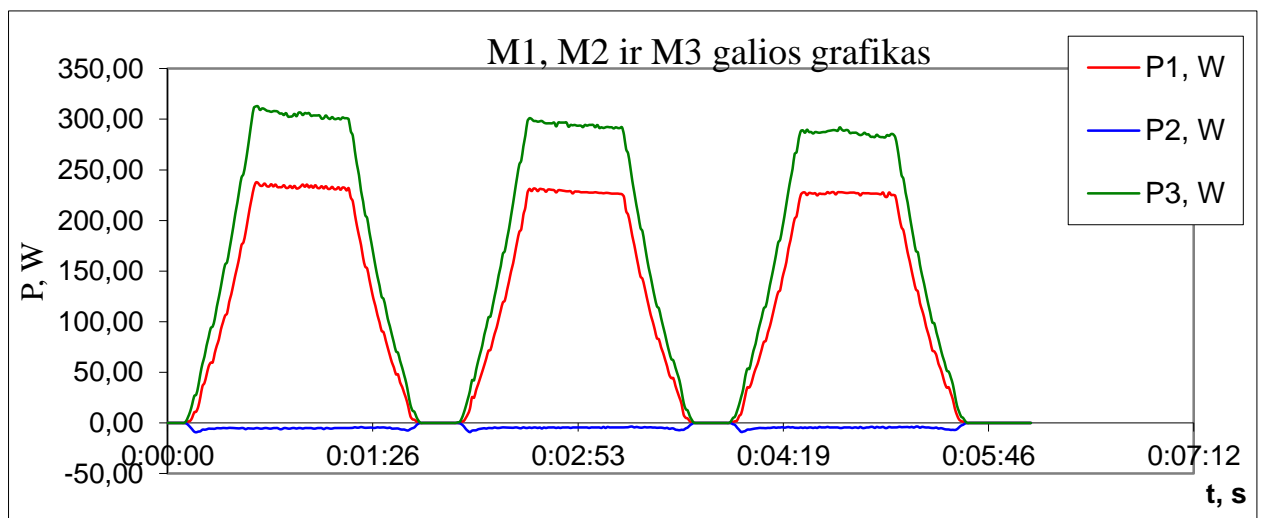
	M1	M2	M3
N [aps/min]	100	10	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

17 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



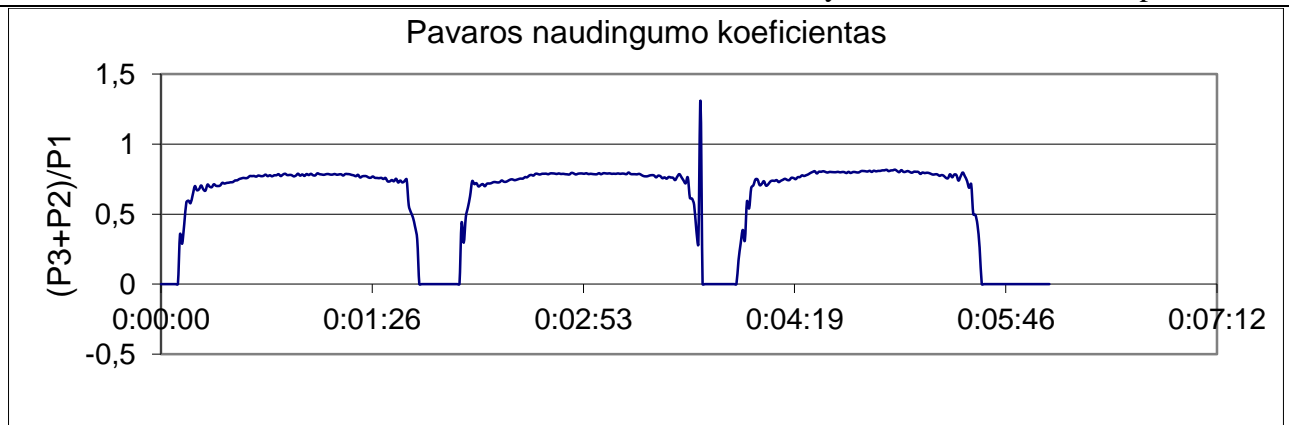
17 pav. M1, M2 ir M3 momentų grafikas

18 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų galios grafikas.



18 pav. M1, M2 ir M3 galios grafikas

19 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametru (8 lentelė)



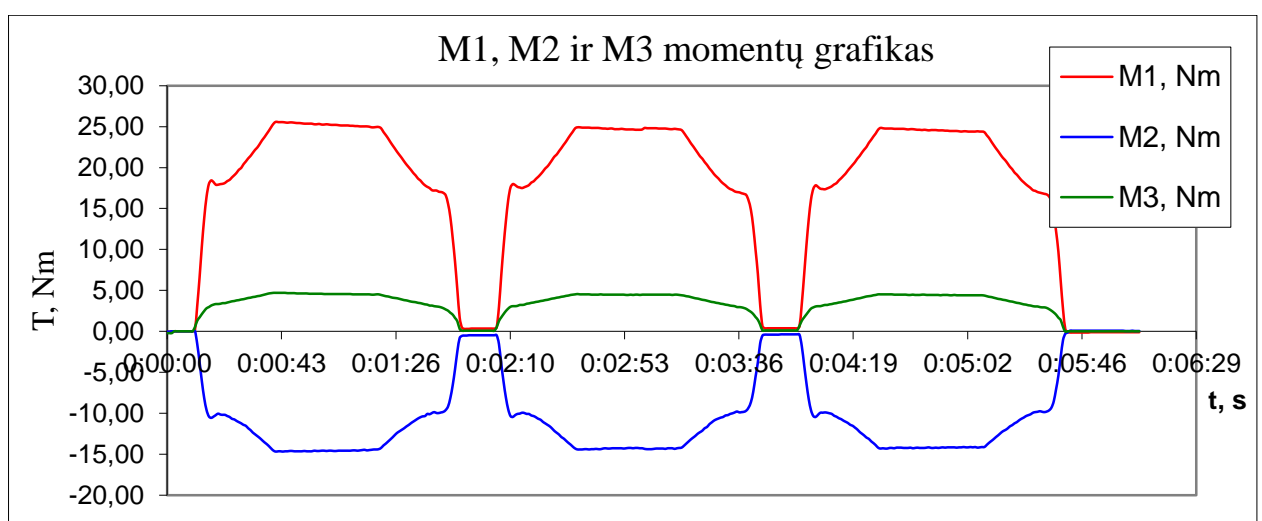
19 pav. Stendo naudingumo grafikas

9 lentelėje parotyi ketvirtojo tyrimo parametrai.

9 lentelė. Tyrimo Nr.4 parametrai

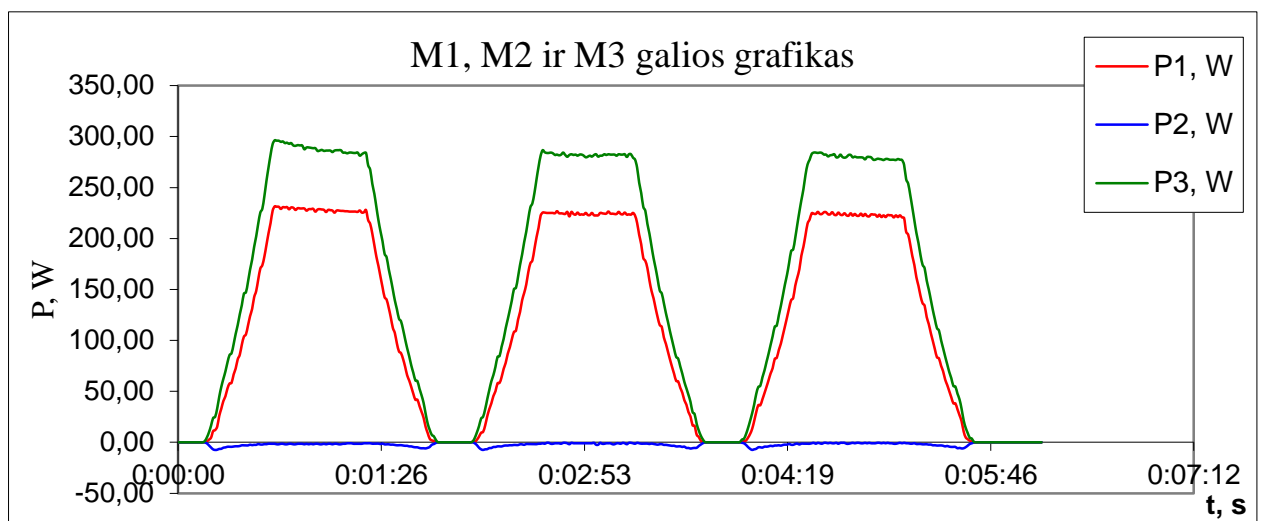
	M1	M2	M3
N [aps/min]	100	12	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

20 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



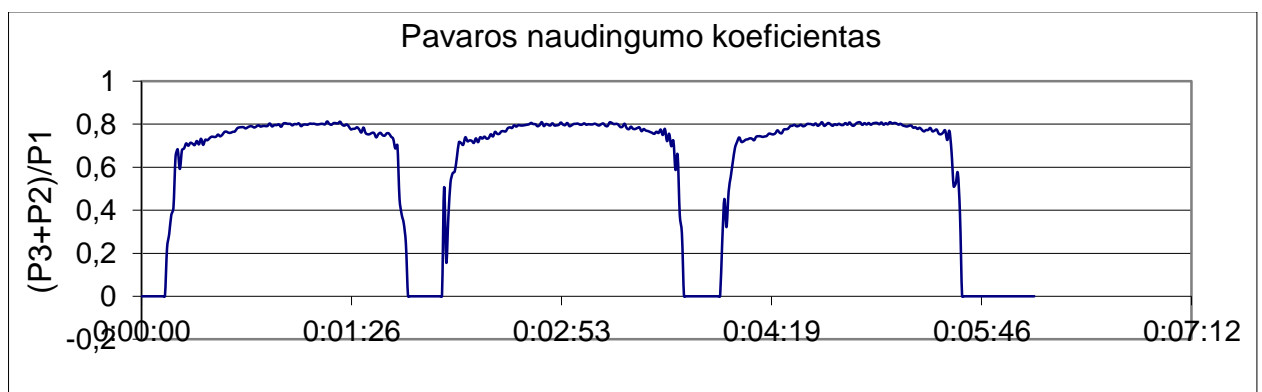
20 pav. M1, M2 ir M3 momentų grafikas

21 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklių galios grafikas.



21 pav. M1, M2 ir M3 galios grafikas

22 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametų (9 lentelė)



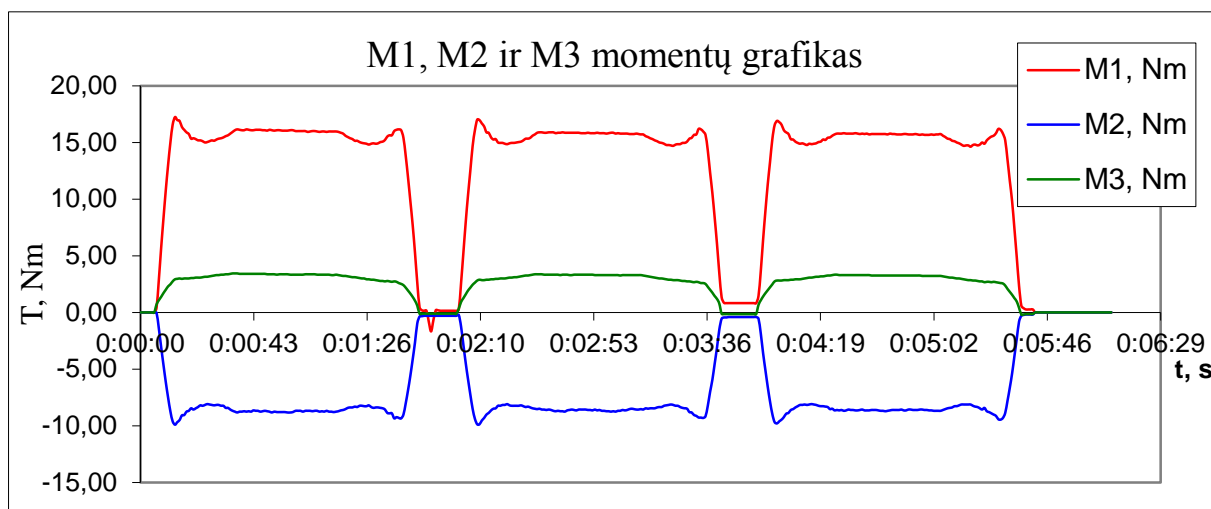
22 pav. Stendo naudingumo grafikas

10 lentelėje parotyi penktojo tyrimo parametrai.

10 lentelė. Tyrimo Nr.5 parametrai

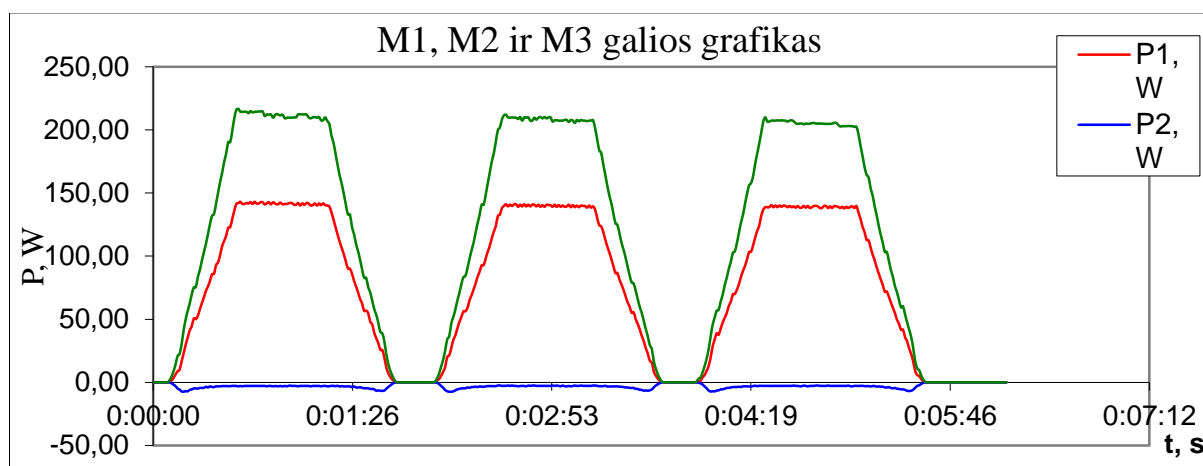
	M1	M2	M3
N [aps/min]	50	4	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

23 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



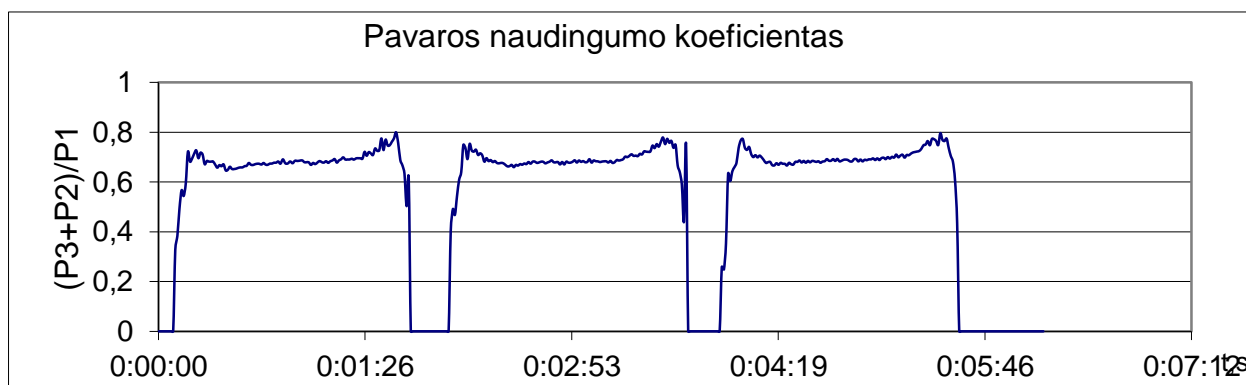
23 pav. M1, M2 ir M3 momentų grafikas

24 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų galios grafikas.



24 pav. M1, M2 ir M3 galios grafikas

25 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametru (10 lentelė)



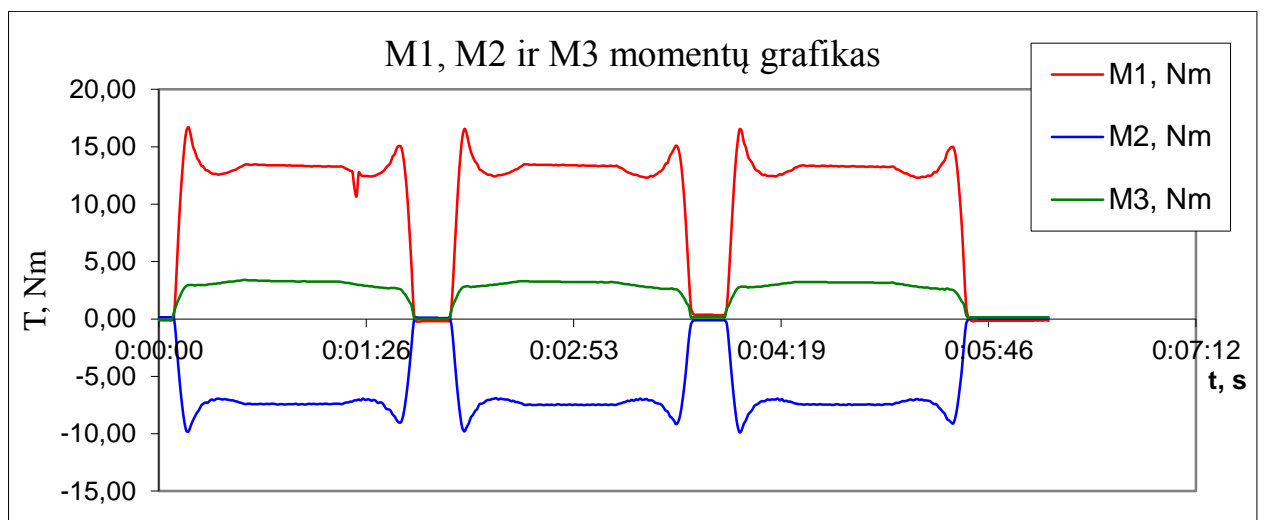
25 pav. Stendo naudingumo grafikas

11 lentelėje parotyi šeštojo tyrimo parametrai.

11 lentelė. Tyrimo Nr.6 parametrai

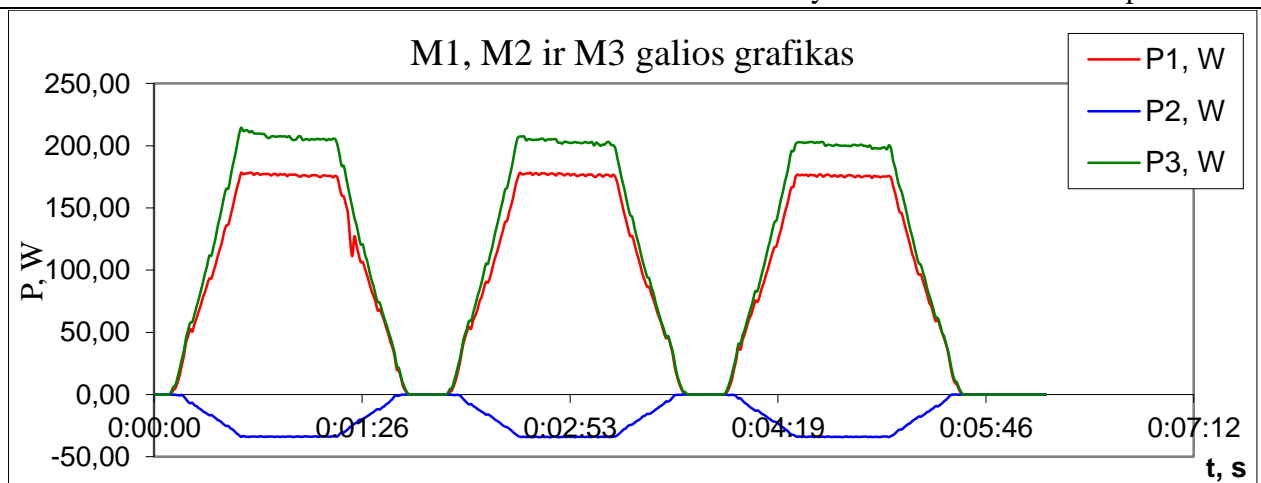
	M1	M2	M3
N [aps/min]	50	50	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

25 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



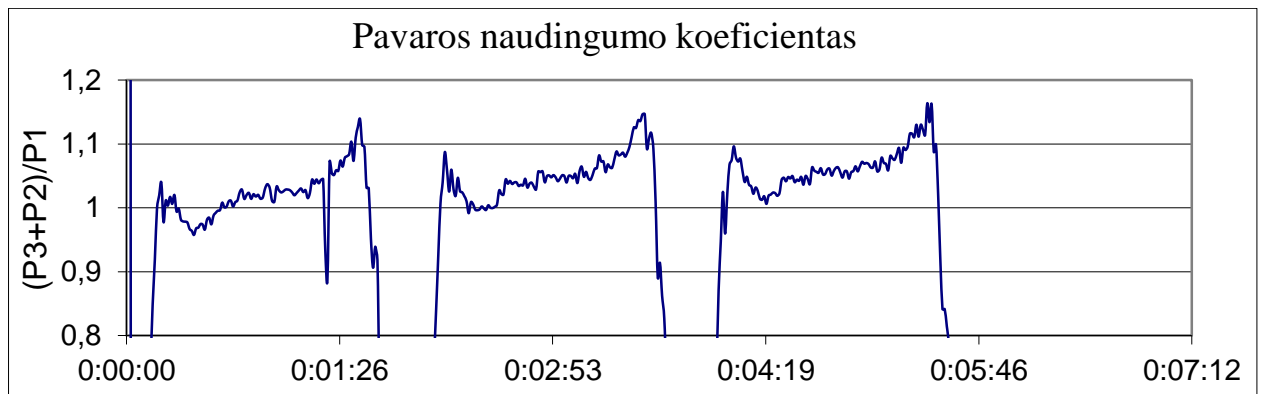
26 pav. M1, M2 ir M3 momentų grafikas

27 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų galios grafikas.



27 pav. M1, M2 ir M3 galios grafikas

28 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametų (11 lentelė)



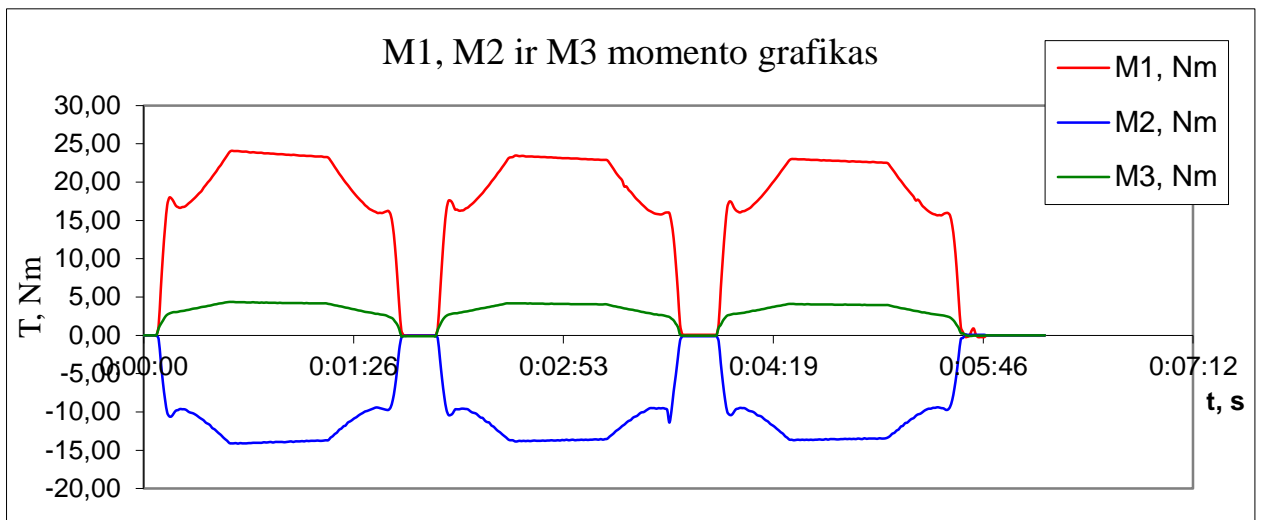
28 pav. Stendo naudingumo grafikas

12 lentelėje parotyi septintojo tyrimo parametrai.

12 lentelė. Tyrimo Nr.7 parametrai

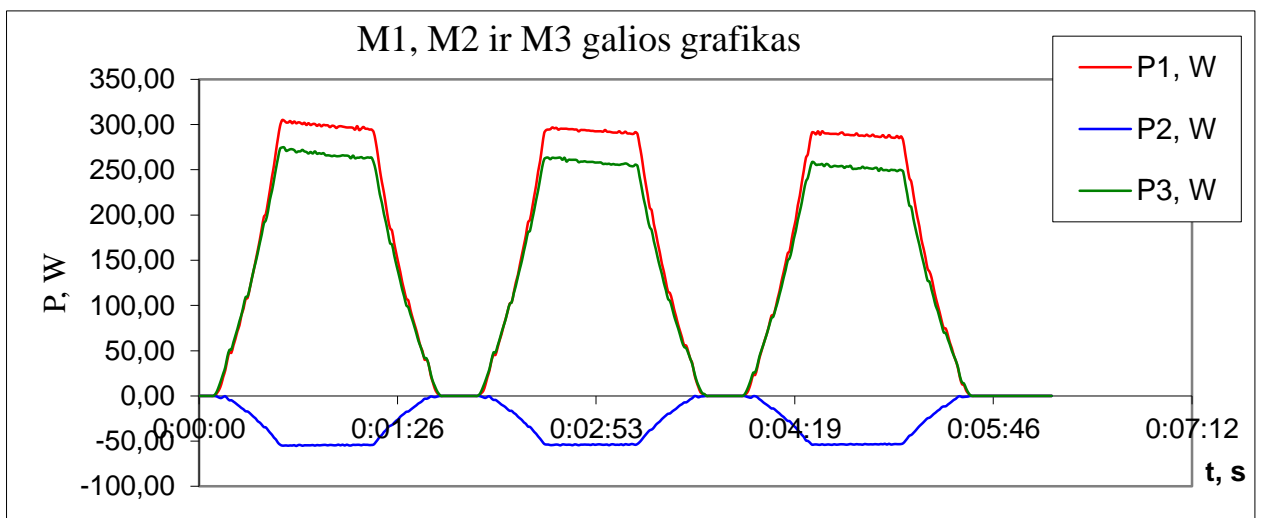
	M1	M2	M3
N [aps/min]	100	50	600
A [s]	10	10	10
B [s]	30	30	30
C [s]	40	40	40
D [s]	30	30	30

29 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų momentų grafikas.



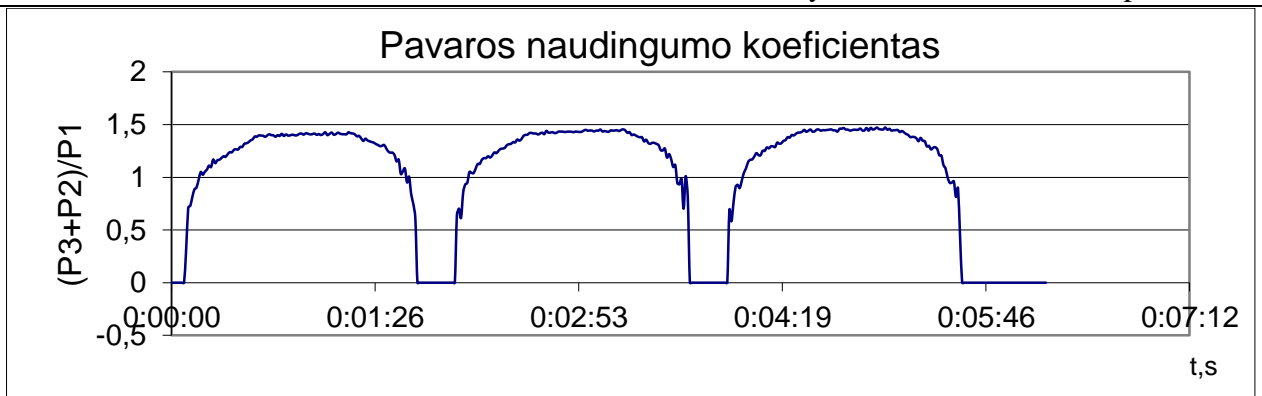
29 pav. M1, M2 ir M3 momentų grafikas

30 paveiksle parodytas M1, M2 ir M3 variklų galios grafikas.



30 pav. M1, M2 ir M3 galios grafikas

31 paveiksle parodytas stendo naudingumo koeficientas prie pasirinktų parametru (12 lentelė)



31 pav. Stendo naudingumo grafikas

5. TYRIMŲ REZULTATŲ APTARIMAS

Atlikus eksperimentinius tyrimus matome, kad dirbant su nereguliuojama planetarine pavara (tyrimas Nr.1) naudingumo koeficientas kinta plačiose ribose. Antro, trečio ir ketvirto tyrimo metu reguliuojantysis variklis-generatorius M2 dirba generatoriaus režimu. Tokiais režimais dirbant, perteklinė galia gali būti panaudota baterijoms krauti ar grąžinti į tinklą. Šešto ir septinto tyrimo metu reguliuojantysis variklis-generatorius M2 dirba variklio režime.

IŠVADOS

Išanalizavus įvairių tipų elektrines bepakopės pavaras – variatorius ir atlikus mokslinių publikacijų analizę, pasisemta žinių apie tokių sistemų veikimo principą. Apžvelgta ir įsgilinta į Toyota Prius elektrinės bepakopės pavaros veikimo principą.

Atlikti eksperimentiniai tyrimai, naudojant sukonstruotą eksperimentinių tyrimų stendą – elektrinį variatorių. Eksperimentinių tyrimų metu gauti duomenys buvo apdoroti ir pateiktas grafinis jų vaizdavimas. Tyrimų rezultatai nėra patenkinami, dėl algoritmo tobulumo nebuvimo. Atliekant tyrimus neišvengta nesklandumų su eksperimentiniu tyrimų stendu. Netobula matavimų sistema sugeneravo netikslius duomenis, neišvengta trikdžių komunikacijoje. Taupant lėšas, buvo parinkti paprastesni inverteriai, kurie neturi galimybės grąžinti rekuperuotos energijos į tinklą. Parinktas asinchroninis variklis apkrovai, bei planetarinio reduktoriaus vainikinio krumpliaračio reguliuojantysis varikliai netinkami. Apkrovos variklį reikia keisti nuolatinės srovės mašina, tam kad būtų galimybė reguliuoti apkrovą. Reguliuojantįjį variklį M2 rekėtų keisti nuolatinės srovės arba nuolatinių magnetų sinchronine mašina. Tam, kad pilnai iširti elektrinį variatorių būtina tobulinti algoritmą. Pagal sudarytą algoritmą negalima tirti kintamos apkrovos ir kintamo reguliavimo. Pagal sudarytą algoritmą galime nustatyti tik vieną greičio diapazoną tam tikram laikui.

LITERATŪRA

1. <http://kauno.diena.lt/dienrastis/kita/kokia-pavaru-deze-rinktis-32245>
2. J. J. Uicker, G. R. Pennock, and J. E. Shigley, 2003, Theory of Machines and Mechanisms, Oxford University Press, New York.
3. B. Paul, 1979, Kinematics and Dynamics of Planar Machinery, Prentice Hall.
4. <http://prius.ecrostech.com/original/Understanding/ContinuouslyVariableTransmission.htm>
5. <http://www.toyota.com/prius/>
6. <http://www.electrifyingtimes.com/priustechspecs.html>
7. http://www.auto-data.net/en/?f=showCar&car_id=3552
8. <http://www.car-emissions.com/cars/view/30687>
9. <http://www.enelva.rs/siemens/katalog/Kontrola%20kretanja/Sinamics%20G120C.pdf>
10. http://cache.automation.siemens.com/dnl/TQ/TQ1MTg5AAAA_56749384_Tools/56749384_SINAMICS_G120C_at_S7-1200_DOKU_v10_en.pdf
11. http://www.bonfiglioli.it/pdf/300tr/799833300/300_mobile.pdf
12. Yuan Cheng, Rochdi Trigui, Christophe Espanet, Alain Bouscayrol and Shumei Cui, 2011, Specifications and Design of a PM Electric Variable Transmission for Toyota Prius II,
13. Diana Yanakiev, Ioannis Kanellakopoulos, 1995, Engine and Transmission Modeling for Heavy-Duty Vehicles, Institute of transportation studies, University of California, Berkeley
14. Martin J. Hoeijmakers, and Jan A. Ferreira, 2006, The Electric Variable Transmission, IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS

1 PRIEDAS. Elektromobilių akumuliatorių ilgaamžiškumas

S. Petkus, M. Lukas, M. Cirtautas

Klaipėdos universitetas, Bijūnų g. 17, 91225, Klaipėda, Lietuva, El. paštas:

Anotacija

Šiame straipsnyje bus apžvelgtos pagrindinės elektromobilių akumuliatorių problemos, bei pateikti keli sprendimai problemoms spręsti. Elektromobilių pagrindinė problema – akumulatoriai. Elektros varikliai, inverteriai, valdikliai yra išvystyti, tačiau akumulatoriai yra opi problema, nes jie sudaro didžiąją dalį automobilio kainos. Taip pat akumuliatorių tarnavimo laikas yra labai ribotas ir nulemia elektromobilių įsiliejimo į rinką klausimus.

Elektrinio automobilio akumulatoriaus tarnavimo laiką riboja keli svarbiausi veiksniai. Žemos temperatūros, gilūs iškrovimai, didelės iškrovos srovės, perkrovimai sumažina akumulatoriaus talpą ir iškrovimo/įkrovimo ciklų skaičių.

Naudojant superkondensatorius kartu su akumulatoriais yra sumažinamos akumulatoriaus iškrovos srovės ir akumuliatorių įkrovimo įtampa stabdymo metu.

Pagrindiniai žodžiai: Elektrinis automobilis, elektromobilis, akumulatorius, superkondensatorius.

Anotation

In this article will be discussed the major issues of electric vehicle battery and offered a few solutions to solve these problems. Batteries are the major problem of electric cars. Electric motors, inverters, controllers are developed, but the batteries are a significant problem, because they consist the majority of car prices. Also battery life is very limited and it makes difficulties to incorporate for electric car to the market.

The battery life of electric cars has limited a few important factors. Most of it is: low temperature, depth of discharge, high discharge currents, over-charging reduces capacity of the battery and the number of discharge/charge cycles.

Combining super capacitors and batteries, high discharge currents and over-charging of batteries are reduced.

Key Words Electric cars, battery, battery charging, ultracapacitor, supercapacitor.

Įvadas

Elektriniai automobiliai buvo sukurti anksčiau nei iškastiniu kuru varomi automobiliai. Pirmųjų elektrinių kariatų ir automobilių laikai siekia dar 1830 metus [9].

Šiandien benzino ir dyzelino kaina viršija 5 Lt ribą, tai priverčia susimastyti ir ieškoti alternatyvų brangstančiam kurui. Viena iš alternatyvų yra elektromobilis. Tačiau naudojant elektromobilį iškyla trūkumų. Neišvystyta įkrovimo stotelių infrastruktūra, elektromobilių remonto paslaugos, įkrovimo laikas ir akumuliatorių eksploatacijos trukmė.

Šiame straipsnyje bus aptarta, kaip padidinti akumuliatorių eksploataavimo trukmę.

Elektromobiliuose šiuo metu dažniausiai naudojamos ličio jonų baterijos, nes jų energijos tankis yra pakankamai didelis, tai reiškia, kad jos užima pakankamai mažai vietos. Ličio jonų baterijos veikimo principas – jonų judėjimas tarp teigiamų ir neigiamų elektrodų. Teoriškai, toks įrenginys turėtų veikti amžinai, tačiau medžiagų senėjimas, iškrovimo/įkrovimo ciklai, temperatūra ir pikinės srovės paveikia eksplotacines savybes.

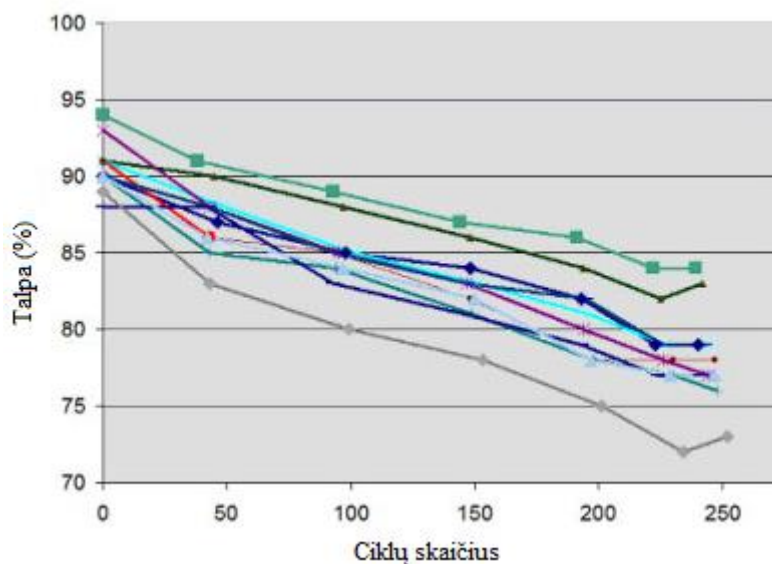
Šiuo metu pagrindinė elektromobilių problema yra akumuliatorių kaina ir jų tarnavimo laikas. Tarnavimo laikas pasak gamintojų siekia apie 10 metų, tačiau tai galioja tik akumuliatorių iškraunant ir įkraunant palankiausiomis sąlygomis. Elektromobilyje akumulatoriai nėra naudojami pagal gamintojų rekomenduojamus parametrus, todėl jų tarnavimo laikas

ženkliai sumažėja. Tarnavimo laiką galima pailginti naudojant kombinuotas energijos kaupimo sistemas ir tokiu būdu priartėti prie akumuliatoriaus nominalių iškrovimo, įkrovimo ir laikymo parametrų.

1. Veiksniai įtakoję akumuliatorių eksploataavimo trukmę.

1.1. Įkrovimo/iškrovimo įtaka eksploataavimo trukmei [1].

Akumuliatoriaus įkrovimų ir iškrovimų ciklai mažina talpą. Pirmą iliustraciją parodo vienuolikos Li-ion baterijų talpos sumažėjimą, kurios buvo periodiškai įkrautos ir iškrautos Cadex laboratorijoje. 1500mAh baterijos iš pradžių buvo įkrautos iki 4.20V per celę 1C srove (1500mA), tada iškrautos 1500mA srove iki 3.0V per celę, ir ciklas buvo kartojamas. Visos 11 baterijų pradinis talpumas 88-94 procentai ir sumažėja iki 73-84 procentų po 250 ciklų. Lentelėje 1 parodyti įkrovimo/iškrovimo ciklai, iškraunant baterijas iki tam tikro lygio. Baterijų universitetas (Battery University) teigia, kad baterijos nebetinkamos naudoti kai jos talpa pasiekia 70 procentų ribą.



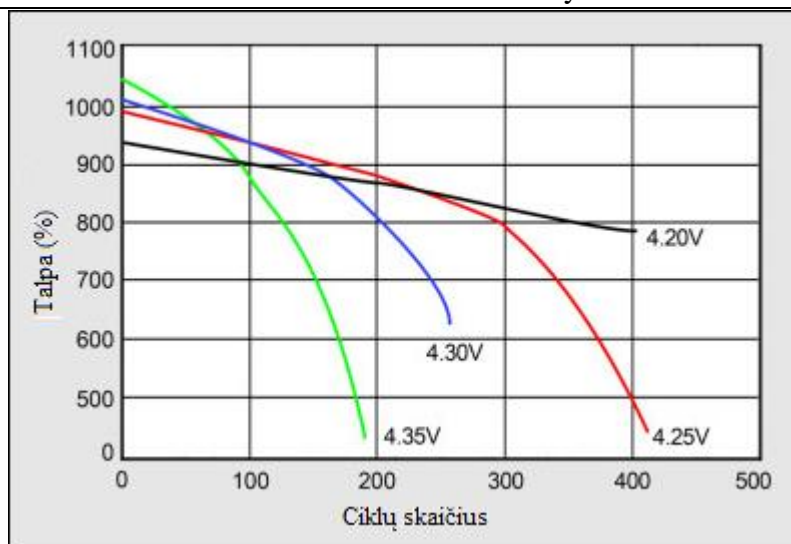
1 pav. Talpos priklausomybė nuo ciklų skaičiaus [1]

Pirmoje lentelėje matome, kad dalinis iškrovimas mažiau kenkia baterijos tarnavimo laikui.

Lentelė 1

Iškrovimo lygis(%)	Iškrovimų skaičius
100%	500
50%	1500
25%	2500
10%	4700

Taip pat akumuliatoriaus įkrovimo lygis turi didžiulę reikšmę baterijos tarnavimo trukmei. Įkraunant akumuliatorių daugiau nei 4,20V per celę padidina talpą 10%-15%, tačiau dramatiškai sumažina ciklų skaičių. Antra iliustracija parodo akumuliatoriaus celės įkrovimo lygį ir ciklų skaičių.



2 pav. Talpos priklausomybė nuo ciklų skaičiaus esant skirtingoms įkrovimo įtampoms. [1]

1.2. Temperatūros įtaka eksploatacijos trukmei [2].

Aukšta temperatūra, didelė įkrovimo/iškrovimo srovė ir didelė įkrovimo įtampa mažina ciklų skaičių. Aukšta temperatūra, tai didesnė nei 30°C, o didelė įtampa tai, aukštesnė nei 4.10V per celę. Pilnai įkrautos baterijos laikymas aukštoje temperatūroje, kenkia labiau nei įkrovimo, iškrovimo ciklai.

Lentelė 2

Baterijos temperatūra	Talpos mažėjimas esant 40% įkrautai baterijai sandėliavimo metu (Rekomenduojamas įkrovimo lygis)	Talpos mažėjimas esant 100% įkrautai baterijai sandėliavimo metu (Daugelio vartotojų laikymo sąlygos)
0°C	2% per 1 metus; 98% likusi talpa	6% sumažėjimas per 1 metus; 94% likusi talpa
25°C	4% per 1 metus; 96% likusi talpa	20% sumažėjimas per 1 metus; 80% likusi talpa
40°C	15% per 1 metus; 85% likusi talpa	35% sumažėjimas per 1 metus; 65% likusi talpa
60°C	25% per 1 metus; 75%; likusi talpa	40% talpos sumažėjimas per 3 mėnesius

Aplinkos temperatūra turi didelę įtaką baterijos tarnavimo laikui ir charakteristikai. Žema temperatūra padidina vidinę baterijos varžą ir sumažina talpą. Baterijos, kurios turi 100% talpos, esant 25°C laipsnių temperatūrai, esant neigiamai -18°C laipsnių temperatūrai turės tik apie 50% talpos. Talpa tiesiogiai priklauso nuo temperatūros.

Li-ion baterijų charakteristikos yra žymiai blogesnės esant žemoms temperatūroms, nei – aukštoms. Baterijos pasiekia ilgiausią tarnavimo laiką, esant 20°C laipsnių temperatūrai. Daugelio nikelio, ličio, švino pagrindu akumuliatoriai charakteristikos dramatiškai pablogėja esant žemai temperatūrai, esant neigiamai -20°C.

2. Superkondensatoriai.

Superkondensatoriai ir paprasti kondensatoriai skiriasi savo specifine talpa. Superkondensatorių specifinė talpa yra didesnė 10-100 [4] kartų už įprastų kondensatorių.

Superkondensatorių yra didelis galios tankis lyginant su baterijomis, kadangi superkondensatorių vidinė varža yra žymiai mažesnė nei baterijų. Tačiau baterijų energijos tankis yra didesnis už superkondensatorių. Šiuo metu yra bandoma tai pakeisti.

Tam kad išvengti gilių akumulatoriaus iškrovimų ir sumažinti iškrovimo srovę pikiniu momentu, naudojami superkondensatoriai. Naudojant superkondensatorius pagerėja automobilio dinaminės savybės ir akumuliatorių eksploataavimo trukmė. Superkondensatorių ilgaamžiškumas yra daugiau nei 100 000 [4] įkrovimo/iškrovimo ciklų.

2.1. Nano vamzdelių superkondensatoriai.

Šiuo metu elektromobiliuose naudojami anglies nano vamzdelių (Carbon NanoTube – CNT) superkondensatoriai. Anglies nanovamzdelių superkondensatorių talpa siekia nuo 20 F/g iki 180 F/g [4], o elektrodų paviršiaus plotas – 1,300 m²/g. Šaltinyje [3] teigiama, kad elektrodų paviršiaus plotas gali siekti 2000 m²/g.

Pagrindiniai trūkumai:

- Didelė kaina;
- Nano vamzdeliai linkę susiraizgyti į kamuolį, tai apsunkina jų gamybą.

2.2. Grafeno superkondensatoriai.

Vietoje toliau tobulinti ir ieškoti būdu kaip sumažinti CNT kondensatorių kainą, Nanotek Instruments, Inc. stropiai dirbo, kad atrastų alternatyvą. Buvo atrasti vieno sluoksnio grafeno lapai ir pavadinti nano grafeno plokštelėmis (NanoGraphene Platelets – NGP). Plokštelė yra vieno atomo storio, kurios storis yra mažiau nei 0,34 nm. Nano grafeno medžiagos pasižymi dideliais temperatūros ir elektros laidumais, taip pat tvirtumu.

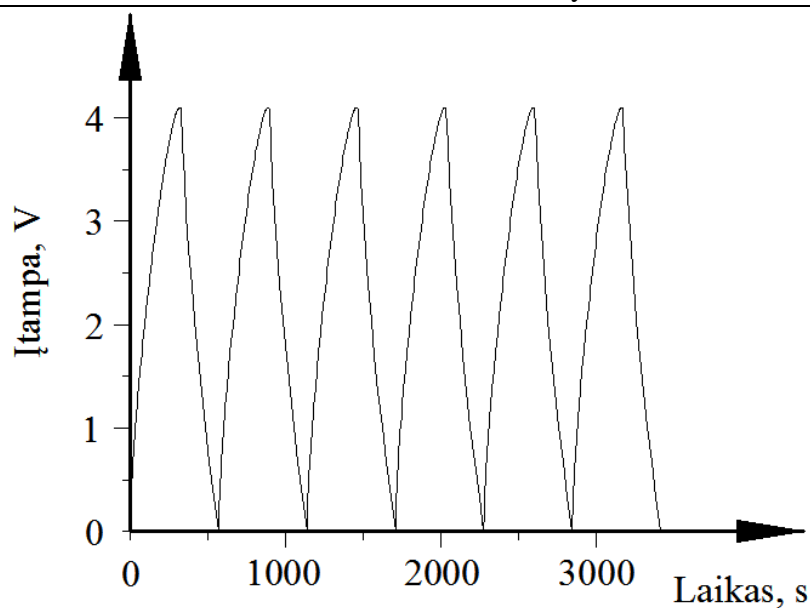
Kad ant elektrodo galėtų susikaupti kuo didesnis kiekis krūvininkų, elektrodas turi būti porėtas. Kadangi grafeno plokštelės linkusios sluoksnuoti, jas reikia kažkokiu būdu atskirti ir išlaikyti atitinkamą tarpelį tarp jų.

Šaltiniai [7] ir [8] teigia atradę būdą išlaikyti tarpus tarp grafeno plokštelių (spacer-modified). Grafeno plokštelės storis yra mažesnis nei 10nm ir tarp jų yra pavieniai, nelaidūs elektrai tarpikliai. Tarpikliai yra prisitvirtinę prie plokštelės paviršiaus. Šios struktūros elektrodo poros buvo pritaikytos KOH elektrolito molekulėms, kurios yra mažesnės už joninio elektrolito molekules, tačiau konkretus porų dydis nebuvo paminėtas. Tai reiškia, kad joninio elektrolito molekulės nepatektų arba sunkiai patektų į tokio elektrodo poras ir nesusikauptų didelis elektros krūvis.

Naujajame išradime nenaudojami minėti tarpikliai. Tarpikliai nereikalingi, kadangi grafeno plokštelės yra išlenktos ir taip sudaro mezo-poras. Naujasis superkondensatorius susideda iš dviejų elektrodų, poringo separatoriaus tarp dviejų elektrodų ir joninio skysto elektrolito. Vienas iš dviejų elektrodų sudarytas iš meso-poringos struktūros suformuotos iš daugybės nano grafeno plekštelių ir porų. Elektrodas pagamintas iš grafeno ir 15% priemaišų. Naudojamas elektrolitas - C₆H₁₁BF₄N₂. Kai į poras patenka joninio tirpalo molekulės, jose formuojasi didelis kiekis dvigubo sluoksnio elektrinių krūvių. dėl šių priežasčių šie superkondensatoriai pasižymi išskirtinai didele specifine talpa ir energijos tankiu [4].

Joninio skysčio molekulės dydis yra nuo 1,2nm iki 1,6nm. Pageidautinas poros dydis yra bent tris kartus didesnis už molekulės dydį, tai būtų apie 4nm. Patento autoriai ištyrė, jog poros mažesnės už 2nm neleidžia joninio skysčio molekulėms laisvai patekti į poras. Poros mažesnės už 4nm apsunkina dvigubo sluoksnio krūviui formotis. Mezo-poros yra nuo 2nm iki 50nm, tačiau naujajame įrenginyje – nuo 2 iki 25nm [4].

Elektrodo masė yra 6.6mg, o diametras 13 mm. Superkondensatoriaus talpa nuo 100 F/g iki 250 F/g esant dideliame srovės tankiui 1A/g ir 4V iškrovimo įtampai. Iškrovimo kreivė yra beveik tiesi linija, kas rodo gerą dvigubo elektrinio krūvio sluoksnio formavimąsi (pav.3). Energijos tankis 81,4 Wh/kg prie 1 A/g. Galios tankis 9,838 W/kg prie 8 A/g (energijos tankis šiuo atveju 53,1 Wh/kg). 90, 85.6, 76.3, 67.7 ir 53.1 wh/kg energijos tankis buvo pasiektas taitinkamai prie tokių srovės tankių: 0.5, 1, 2, 4 ir 8 A/g, iškrovimo/įkrovimo laikai atitinkamai: 580, 270, 120, 50 ir 20 sekundžių [4].



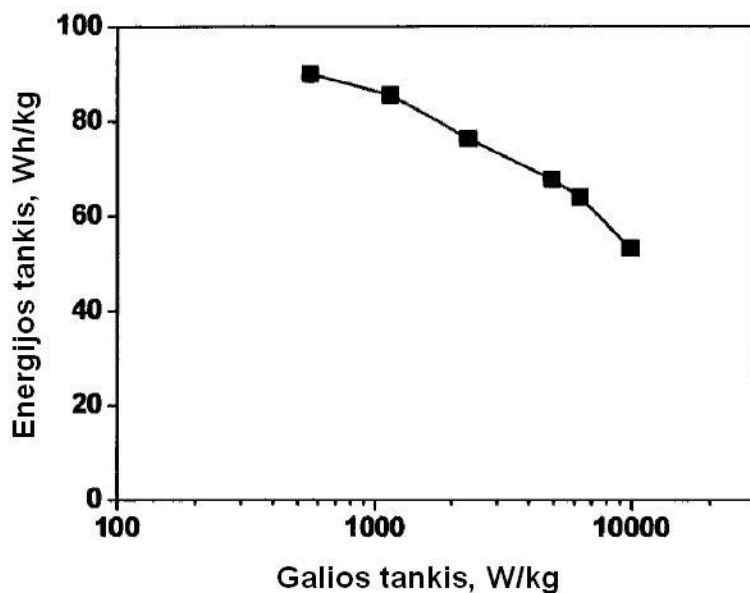
Pav. 3 superkondensatoriaus įkrovimo/iškrovimo kreivė [4].

Dėka jau minėto elektrolito, įkrauto kondensatoriaus įtampa siekia daugiau kaip 4,5V. Dėl šios priežasties padidėja superkondensatorių energijos tankis.

NGP kondensatorių elektrodų paviršiaus plotas – 2,675 m²/g, tai yra dvigubai daugiau nei CNT superkondensatorių.

Pasiekti geresnių parametrų būtų galima panaudojus abu elektrodus iš meso-porų. Grafeno plokštelės storis turi būti ne didesnis nei 100 nm, idealiu atveju - atomo storio.

Galima teigti, kad šių superkondensatorių nominalus energijos tankis yra apie 67,7 Wh/kg, kas prilygsta nikelio metalo hidrido baterijoms (75 Wh/kg [6]), kurios buvo naudojamos elektromobiliuose EV1 [3].



Pav.4 grafeno superkondensatorių energijos tankio priklausomybė nuo galio tankio [4].

Iš kreivės paveiksle 4 matyti, kad grafeno superkondensatorių energijos tankis gali būti pakankamai didelis – iki 90 Wh/kg.

Išvados

1. Naudojant grafeno superkondensatorius padidėtų li-ion baterijų ilgaamžiškumas, nes superkondensatoriai tiektų elektros energiją elektromobiliui bėgėjantis ar kylant į kalną. Baterijos tik palaikytų tolygų elektromobilio važiavimą, tokiu būdu nebūtų viršyta baterijų iškrovimo srovė.

Taip pat nebūtų viršyta baterijų įkrovimo įtampa, rekoperacinio stabdymo metu, dalį energijos perduodant superkondensatoriams.

Tokiu atveju, baterijų tarnavimo laikas būtų maksimaliai ilgas ir artimas gamintojo deklaruojamajam tarnavimo laikui.

2. Grafeno superkondensatoriai elektromobiliuose galėtų būti naudojami be akumuliatorių. Grafeno superkondensatorių energijos tankis (67,7 Wh/g) yra artimas nikelio metalo hidrido baterijų energijos tankiui (75 Wh/kg). Tiesa, elektromobilis negalėtų nuvažiuoti ilgų distancijų, bet sumažėtų jo priežiūra ir padidėtų įkrovimo laikas.

3. Naujųjų grafeno superkondensatorių talpa yra nuo 100 iki 250 F/g, o anglies nanovamzdelių superkondensatorių talpa nuo 20 iki 180 F/g. Taip pat grafeno superkondensatorių kaina bus mažesnė dėl paprastesnės gamybos.

Literatūros sąrašas

1. How to prolong lithium – based batteries. Nuoroda į straipsnį: http://batteryuniversity.com/learn/article/how_to_prolong_lithium_based_batteries>. [Peržiūrėta 2012-04-02].
2. Discharging at High and Low Temperatures. Nuoroda į straipsnį: http://batteryuniversity.com/learn/article/discharging_at_high_and_low_temperatures>. [Peržiūrėta 2012-03-12].
3. J. M. Boyea, R. E. Camacho, S. P. Turano and W. J. Ready, 2007. Carbon based supercapacitors: technologies and markets.
4. Zhenning Yu, David Neff, Chen-guang Liu, Bor Z. Jang, Aruna Zhamu, „Supercapacitor with a Meso-Porous Nano Graphene Electrode“ US. patent application Ser. No 12/804,911 (Aug. 2, 2010).
5. General motors EV1. Nuoroda į straipsnį: http://en.wikipedia.org/wiki/General_Motors_EV1#Battery>. [Peržiūrėta 2012-04-13].
6. Nikel metal hidride battery. Nuoroda į straipsnį: http://en.wikipedia.org/wiki/Nickel_metal_hydride>. [Peržiūrėta 2012-04-13].
7. Aruna Zhamu, Zenning Yu, C, G. Liu, and Bor Z. Jang, „Spacer-Modified Nano Graphene Electrodes for Supercapacitors“ US. patent application Ser. No 12/655,247 (Dec. 28, 2009).
8. Aruna Zhamu, Zenning Yu, C, G. Liu, and Bor Z. Jang, „Continuous Process for Producing Spacer-Modified Nano Graphene Electrodes for Supercapacitors“ US. patent application Ser. No 12/655,744 (Jan. 7, 2010).
9. Electric vehicle problems still ignored. Nuoroda į straipsnį: <http://www.driving.ca/Electric+vehicle+problems+still+ignored/3814126/story.html>>. [Peržiūrėta 2012-03-22].

2 PRIEDAS. Enkoderio - sūkių matuoklio programa Arduino aplinkoje.

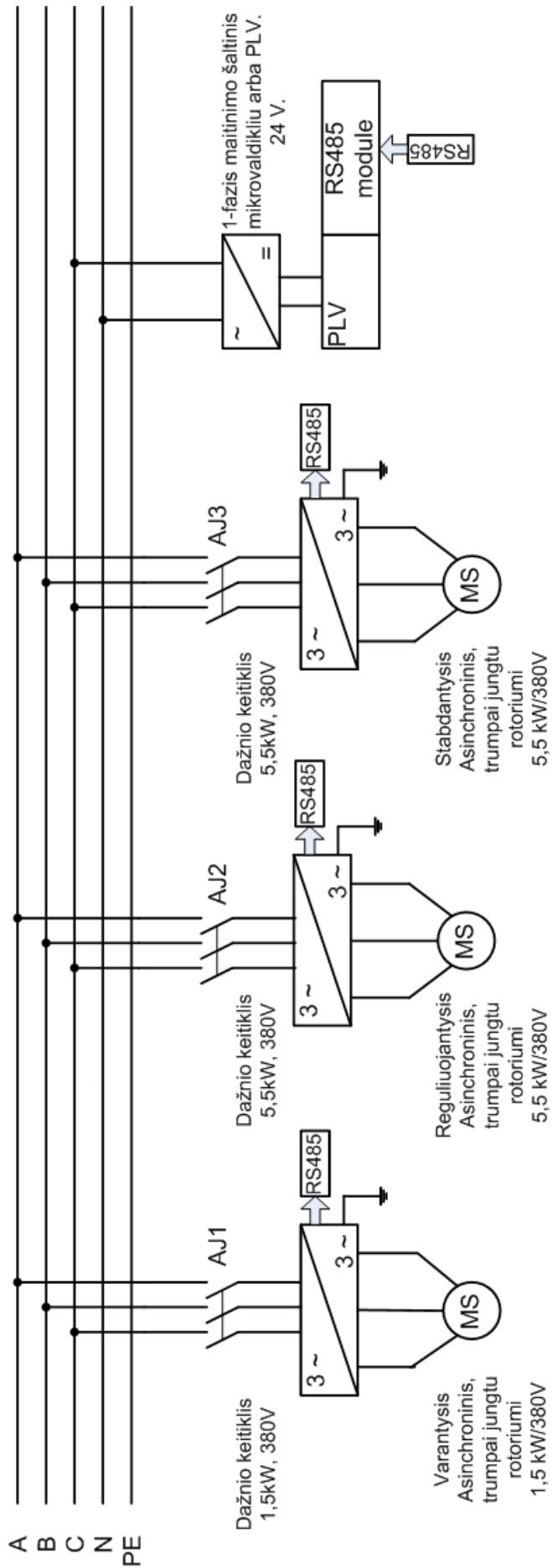
```

//CONSTANTS:
//Pin number for Vishay Telefunken Opto-reflecting TCRT1000 sensors:
#define TCRT1      12
#define TCRT2      11
#define TCRT3      10
//Number of seconds per minute:
#define SecondsPerMinuteQuad 60
//Number of pulse changes per revolution:
#define PulsesPerRevolution1 94.00
#define PulsesPerRevolution2 106.00
#define PulsesPerRevolution3 40.00
//VARIABLES:
//Number of pulses counted:
int      PulseCount1=0;
int      PulseCount2=0;
int      PulseCount3=0;
//Calculated rotations per minute:
double   Rpm1      =0;
double   Rpm2      =0;
double   Rpm3      =0;
//Time saved to compare
unsigned long TimeOld  =0;
//Achieved signals saved:
boolean   Status1  =0;
boolean   Status2  =0;
boolean   Status3  =0;
//Signals saved to compare:
boolean   StatusOld1 =0;
boolean   StatusOld2 =0;
boolean   StatusOld3 =0;
void setup() {
  //Begin serial communication with BAUD rate 9600bps:
  Serial.begin(9600);
  //Set input pins for TCRT1000:
  pinMode(TCRT1, INPUT);
  pinMode(TCRT2, INPUT);
  pinMode(TCRT3, INPUT);
}
void loop() {
  //Read and save TCRT1000 status:
  Status1=digitalRead(TCRT1);
  Status2=digitalRead(TCRT2);
  Status3=digitalRead(TCRT3);
  //Compare current status with the previous one:
  //If changed, then increment the counting:
  if (StatusOld1!=Status1){
    StatusOld1=Status1;
    PulseCount1++;
  }
  if (StatusOld2!=Status2){

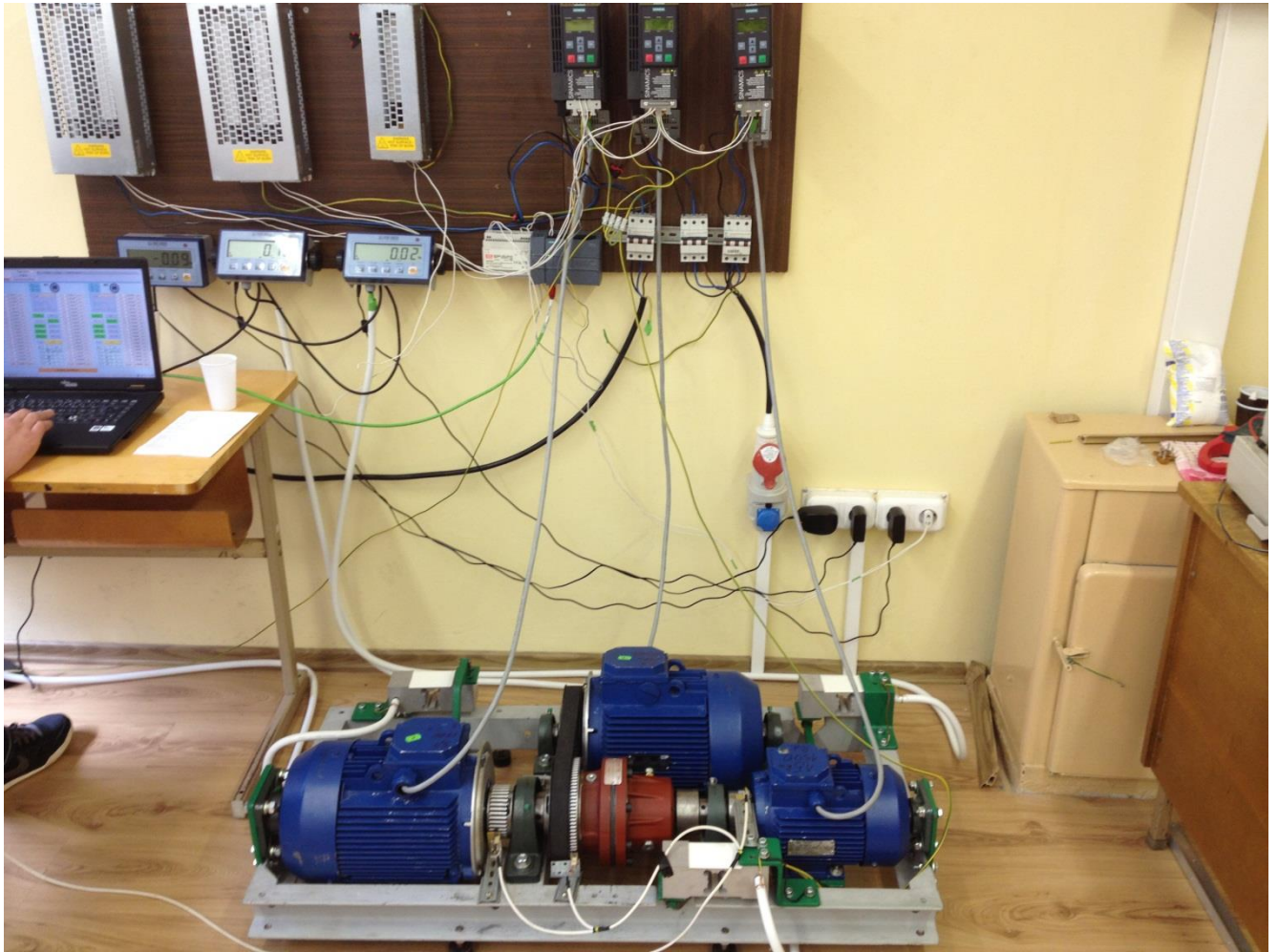
```

```
StatusOld2=Status2;
PulseCount2++;
}
if (StatusOld3!=Status3){
  StatusOld3=Status3;
  PulseCount3++;
}
//Compare time if it exceeds 1s:
if (millis()-TimeOld>=500){
  //Calculate RPM:
  Rpm1=SecondsPerMinuteQuad*PulsesPerRevolution1/PulseCount1;
  Rpm2=SecondsPerMinuteQuad*PulsesPerRevolution2/PulseCount2;
  Rpm3=SecondsPerMinuteQuad*PulsesPerRevolution3/PulseCount3;
  //Reset counting:
  PulseCount1=0;
  PulseCount2=0;
  PulseCount3=0;
  //Nullify the time difference:
  TimeOld=millis();
}
//Print the results:
if (Serial.available()) {
  if (Serial.read() == 'R'){
    Serial.print(Rpm1, DEC);
    Serial.print(',');
    Serial.print(Rpm2, DEC);
    Serial.print(',');
    Serial.println(Rpm3, DEC);
  }
}
}
```

3 PRIEDAS. Stendo elektrinė schema.



4 PRIEDAS. Eksperimentinių tyrimų stendo nuotrauka.



5 priedas. Kvietimas dalyvauti All Japan Robot Sumo 24th Grand Final. Pasiekimas - TOP



50817-23036

出場証明書
CERTIFICATION

全日本ロボット相撲大会事務局は、
次の者が世界最大のロボット相撲競技大会である
【第23回全日本ロボット相撲 全国大会】
へ参加することを証明します。

The organizing committee of All Japan Robot-Sumo Tournament
hereby certify
that the following people has the right of a participation
in the largest Robot-Sumo competition in the world.
That is
“The 23rd All Japan Robot-Sumo Tournament” Grand Final.

Rodman Robotics
Martynas Lukas

大会は、2011年12月18日に東京・国技館にて開催されます。
詳細は大会公式ホームページ <http://www.fsi.co.jp/sumo/> を参照ください。

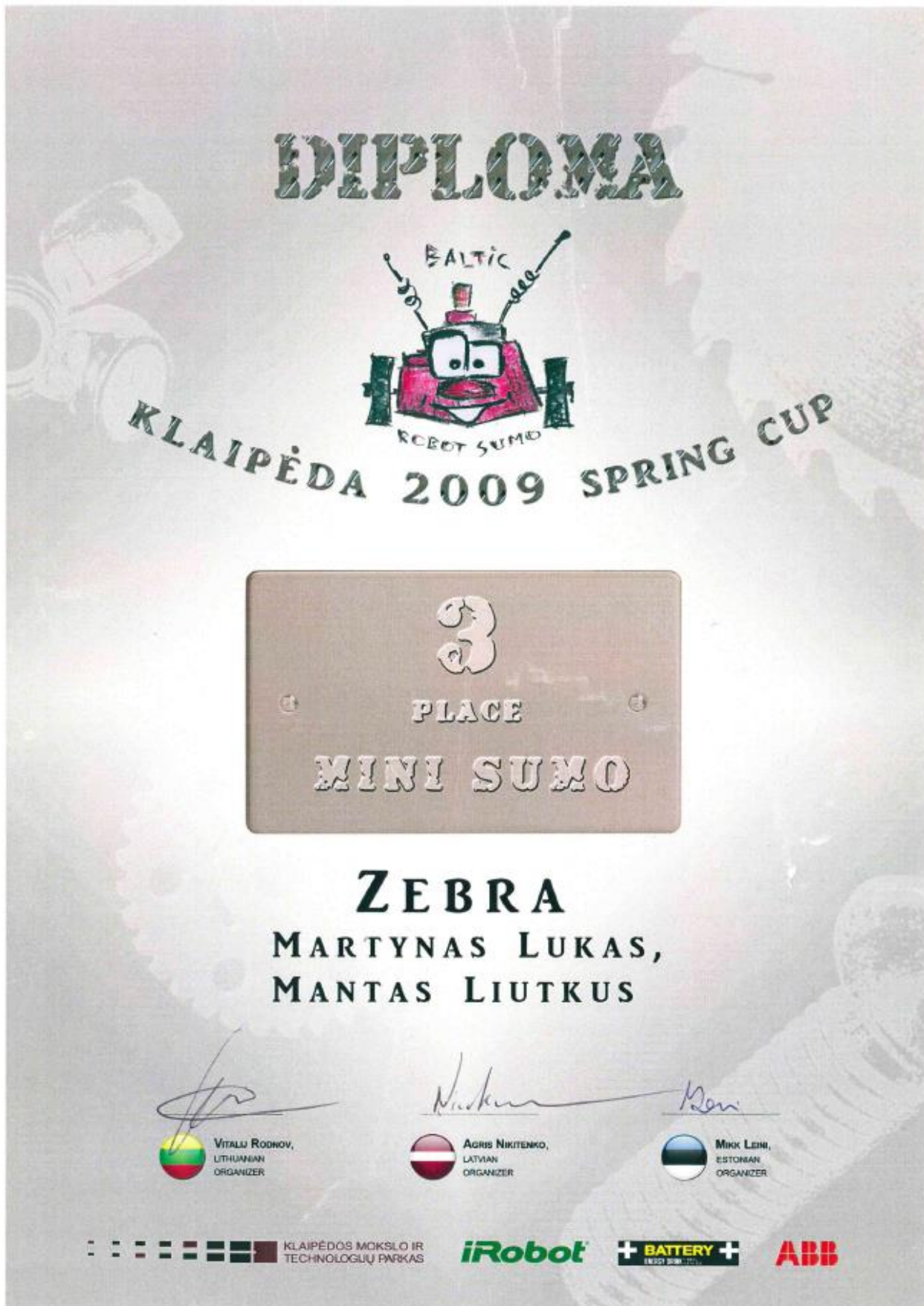
The event will be held on December 18th, 2011 in Tokyo, Japan.
You can see the detail on our website: <http://www.fsi.co.jp/sumo/>

金井 健
富士ソフト株式会社
全日本ロボット相撲大会
事務局 長

Takeshi Kanai

Takeshi KANAI
FujiSoft Inc.
Secretary-General of
The All Japan Robot-Sumo Tournament

6 priedas. Mini sumo Baltic robot sumo 2009 (Klaipėda, Lietuva). Pasiekimas - III vieta.



7 priedas. Standart sumo Baltic robot sumo 2011 (Klaipėda, Lietuva). Pasiekimas – III vieta.



8 priedas. Roomba sumo Baltic robot sumo 2010 (Talinas, Estija). Pasiekimai – I vieta.



Name: Martynas Lukas

Team: RODMAN ROBOTICS



9 priedas. Standart sumo Baltic robot sumo 2010 (Riga, Latvija). Pasiekimas – II vieta.

Robotika

Baltic Robot Sumo 2010 Riga Cup

Diploma

II Place / Vieta 3 kg Sumo

Robot / Robots:

ZEBRAS

Team / Komanda:

RODMAN Robotics

Organizers' comittee:

Viktorija Klimko
Agris Nīkitenko

V. Klimko

A. Nīkitenko

1.05.2010

Organizers:



General partner:

O! KARTE
KAM IR KO TEIKT

10 priedas. Standart sumo RoboComp 2010 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – I vieta.



11 priedas. Standart sumo RoboComp 2011 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – I vieta.



FESTIWAL ROBOTYKI

robocomp 2011

Dyplom uczestnictwa

Martynas Lukas

Przygotował/a robota oraz uczestniczył/a w
Festiwalu robotyki ROBOCOMP 2011

Zarząd KN INTEGRA
Akademia Górniczo - Hutnicza
Stanisław Staszica w Krakowie
ul. Krak. 1, 31-064 Kraków
www.integrakn.org.pl

ORGANIZATORZY

14 MAJA 2011 KRAKÓW



12 priedas. Standart sumo RoboComp 2013 (Krokuva, Lenkija). Pasiekimas – II vieta

DYPLOM

dla robota
Zebros [KU]

przygotowanego przez
Martynas Lukas

za zajęcie  miejsca

w katergorii StandardSumo



 **robocomp**

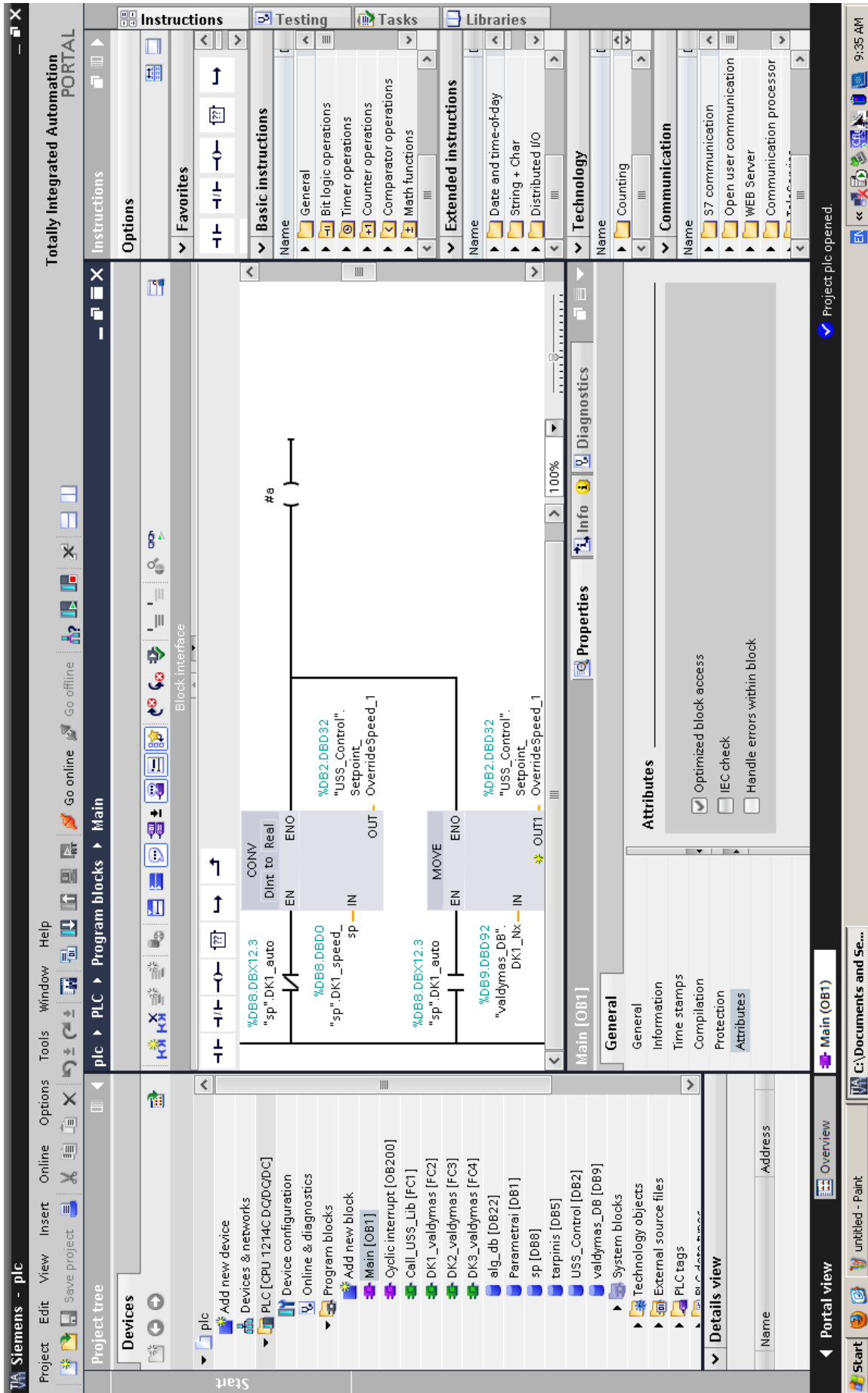
Zarząd KN INTEGRA
Akademia Górniczo - Hutnicza
Martynas Lukas
im. Stanisława Staszycy w Krakowie
e-mail: integra@agh.edu.pl
organizator

11 maja 2013, Kraków


      

13 priedas. SIEMENS STEP 7 programos aplinka.



13 priedas. (tęsinys)



6/6/2013 9:31:05 AM

M1

V
A
Hz

M2

V
A
Hz

M3

V
A
Hz

Algortimas

Algorithmas

Pagrindinis

Graphikai

Avariniai pranešimai

Nr.

Laikas

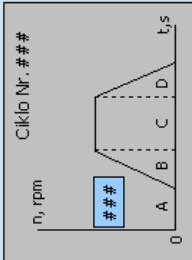
Data

Būsena

Tekstas

M1

Ciklo Nr. ###



Auto

Run on

Forward

OFF2 on

OFF3 on

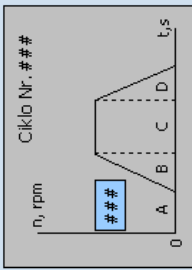
Reset

ACK

Sk.	#####	vnt.
N	#####	aps/min
A	#####	s
B	#####	s
C	#####	s
D	#####	s

M2

Ciklo Nr. ###



Auto

Run on

Forward

OFF2 on

OFF3 on

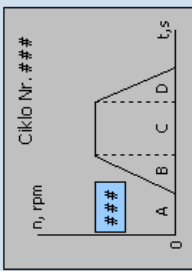
Reset

ACK

Sk.	#####	vnt.
N	#####	aps/min
A	#####	s
B	#####	s
C	#####	s
D	#####	s

M3

Ciklo Nr. ###



Auto

Run on

Forward

OFF2 on

OFF3 on

Reset

ACK

Sk.	#####	vnt.
N	#####	aps/min
A	#####	s
B	#####	s
C	#####	s
D	#####	s

P01	#####	kw/h
P02	#####	kw/h
P03	#####	kw/h
P04	#####	kw/h
P05	#####	kw/h
P06	#####	kw/h
P07	#####	kw/h
P08	#####	kw/h
P09	#####	kw/h
P10	#####	kw/h
P11	#####	kw/h
P12	#####	kw/h
P13	#####	kw/h
P14	#####	kw/h
P15	#####	kw/h
P16	#####	kw/h
P17	#####	kw/h
P18	#####	kw/h
P19	#####	kw/h
P20	#####	kw/h
Pvid.	#####	kw/h

P01	#####	kw/h
P02	#####	kw/h
P03	#####	kw/h
P04	#####	kw/h
P05	#####	kw/h
P06	#####	kw/h
P07	#####	kw/h
P08	#####	kw/h
P09	#####	kw/h
P10	#####	kw/h
P11	#####	kw/h
P12	#####	kw/h
P13	#####	kw/h
P14	#####	kw/h
P15	#####	kw/h
P16	#####	kw/h
P17	#####	kw/h
P18	#####	kw/h
P19	#####	kw/h
P20	#####	kw/h
Pvid.	#####	kw/h

P01	#####	kw/h
P02	#####	kw/h
P03	#####	kw/h
P04	#####	kw/h
P05	#####	kw/h
P06	#####	kw/h
P07	#####	kw/h
P08	#####	kw/h
P09	#####	kw/h
P10	#####	kw/h
P11	#####	kw/h
P12	#####	kw/h
P13	#####	kw/h
P14	#####	kw/h
P15	#####	kw/h
P16	#####	kw/h
P17	#####	kw/h
P18	#####	kw/h
P19	#####	kw/h
P20	#####	kw/h
Pvid.	#####	kw/h

Grupinis paleidimas

Start

SIMATIC WinCC flexib...

untitled - Paint

9:31 AM

11 priedas.

14 priedas. RobotChallenge 2013 dalyvis

