



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Andrius Arlauskas

**DVIRAČIO SPYNOS NUOTOLINIO VALDYMO GALIMYBIŲ
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

prof. dr. E.Dragašius

KAUNAS, 2015

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS
GAMYBOS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Kazimieras Juzėnas

(data)

DVIRAČIO SPYNOS NUOTOLINIO VALDYMO GALIMYBIŲ
TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Mechatronikos studijų programa (kodas 621H73001)

Vadovas

(parašas) prof. dr. E.Dragašius

(data)

Recenzentas

(parašas) dr. Darius Mažeika

(data)

Projektą atliko

(parašas) Andrius Arlauskas

(data)

KAUNAS, 2015



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS

(Fakultetas)

Andrius Arlauskas

(Studento vardas, pavardė)

Mechatronika (kodas 621H73001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimas“
AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano **Andriaus Arlausko** baigiamasis projektas tema „Dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o 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)

Arlauskas, A. Dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. E.Dragašius; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas, Gamybos inžinerijos katedra.

Kaunas, 2015. 51 psl.

SANTRAUKA

Šio magistro baigiamojo darbo tikslas – atlikti dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimą bei modernizuoti spynos pavarą. Šiuo metu spyna yra valdoma su išmaniajame telefone įdiegta programėle naudojant „Bluetooth“ technologiją, tačiau valdymo sistema su „Bluetooth“ moduliu sunaudoja nemažą dalį akumuliatoriaus energijos, kuri yra itin svarbi siekiant, kad spyną būtų galima eksploatuoti mažiausiai 7 paras papildomai neįkraunant akumuliatoriaus. Tokiu atveju vartotojui nebūtų sudaroma papildomų problemų, kurios iškiltų, jeigu būtų būtina spynos akumuliatorių krauti kasdien. Tuo pačiu padidėtų ir vartotojo gaunama nauda, nes tai sutaupytų jo laiko.

Teorinėje dalyje apžvelgus užregistruotus patentus pastebima, kad daugelis panašių savo funkcinę ir valdymo dalimis buvo užpatentuoti 2014 metų pradžioje, kas patvirtina šios įrenginio inovatyvumą ir vystymo galimybes. Žiniasklaidoje ir keletyje žurnalų taip pat paminėta apie garsių kompanijų kuriamus panašaus įrenginio prototipus, tačiau iki šiol nė vieno artimomis funkcijomis ir valdymo savybėmis pasižyminčio bei visuomenei prieinamo įrenginio dar įsigyti negalime.

Eksperimentinėje dalyje suprojektuota ir ištirta krumpliaratinė pavara spynai, siekiant pilnai išpildyti jo funkcines galimybes. Atsižvelgiant į finansines galimybes pagamintas pavaros prototipas iš ABS plastiko. Sukurta RFID valdymo sistema ir ištirtos jos energijos sąnaudos komunikacijos metu. Gauti rezultatai palyginti su energijos sąnaudomis, gautomis naudojant valdymo sistemą su „Bluetooth“ moduliu.

Reikšminiai žodžiai (iki 8 žodžių):

Nuotolinis valdymas, RFID.

Arlauskas, A. Feasibility study of remote control for bicycle lock. *Master final work / supervisor prof. dr. E.Dragašius; Kaunas university of technology, Faculty of mechanical engineering and design, Department of Production Engineering.*

Kaunas, 2015. 51 pg.

SUMMARY

The aim of master's final work is to do bicycle lock's remote control feasibility study and design a new gear for the lock. At present, the lock is operated with in a smartphone installed program (gadget) using Bluetooth technology, but the operating system with Bluetooth module consumes a significant part of the battery. In addition it is extremely important for the lock to be operated for at least 7 days without recharging the battery. In this case, there would not be created a problem, which could arise if it would be necessary to charge the battery daily. At the same time, user's benefit would be increased, because it would save his/her time.

The theoretical part review of registered patents noted that many devices, similar in it's operational systems and functionality, have been patented in early 2014, which confirms, that this device is innovative and has a wide range of development opportunities. In the media and in several magazines were also mentioned about prominent companies, which informed about creating similar device prototypes. Since, at the moment there is not similar product in the market, which would be accessible to the public and you could buy.

In the experimental part cylindrical spur gears drive was designed and tested in a motion simulation in order to fully meet object's functionality. Taking into account the financial capabilities the drive prototype was made of ABS plastic. RFID management system was developed and tested by monitoring it's power consumption during communication. The results were compared with energy consumption when „Bluetooth“ technology was used.

Keywords (up to 8 words):
Remote control, RFID.

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas
(vardas, pavardė)

**MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO DARBO UŽDUOTIS
Studijų programa MECHATRONIKA**

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis darbas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas (projektas), kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu magistrantas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju darbu bei jo gynimu magistrantas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Darbo tema

Dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimas.

Patvirtinta dekanu 2015 m. gegužės mėn. 11 d. įsakymu Nr. ST17-F-11-2

2. Darbo tikslas

Atlikti dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimą bei modernizuoti spynos pavarą.

3. Darbo struktūra

Patentinės medžiagos ir literatūros apžvalga;
Spynos įvertinimas ir darbo uždavinių patikslinimas;
Valdymo sistemos, naudojančios RFID technologiją parinkimas ir aprašymas;
Krumpliartinės pavaros projektavimas, tyrimas BEM bei gamyba;
Atlikti energijos sąnaudų palyginimo tyrimai, kai spyna yra valdoma „Bluetooth“ ir RFID technologijų sistemomis ir jų rezultatai.

4. Reikalavimai ir sąlygos

Suprojektuota pavara turi atitikti funkcinis spynos reikalavimus bei būti konstrukciškai tvirta, kad atlaikytų apkrovas, atsirandančias spynos veikimo metu. Valdymo sistema, naudojanti RFID technologiją, turi būti nedidelių matmenų.

5. Darbo pateikimo terminas **2015 m. birželio mėn. 1 d.**

6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo darbo dalis

Išduota studentui Andriui Arlauskui

Užduotį gavau

Andrius Arlauskas
(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas

prof. dr. Egidijus Dragašius
(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)

TURINYS

IVADAS.....	9
1. LITERATŪROS IR PATENTINĖS MEDŽIAGOS APŽVALGA	11
1.1. Patentų apžvalga.....	11
1.2. Straipsnių apžvalga	13
1.2.1. RFID medicinoje.....	13
1.2.2. RFID elektronikoje	14
1.2.3. NFC bevielis ryšys mobiliuosiuose telefonuose	15
2. SPYNOS ANALIZĖ IR DARBO UŽDAVINIŲ PATIKSLINIMAS	16
3. RFID SISTEMOS ELEMENTŲ PARINKIMAS IR APRAŠYMAS.....	19
3.1. Mikrovaldiklis SIL F330.....	19
3.2. Puslaidininkinis įtampos reguliatorius NCP 1117	20
3.3. Operacinis stiprintuvas LM 358.....	20
3.4. RFID modulis RDM630.....	21
4. SPYNOS PAVAROS PROJEKTAVIMAS	23
5. PAVAROS ELEMENTŲ GAMYBA LYDŽIOS MASĖS FORMAVIMO (FDM) METODU	26
5.1. Lydžios masės formavimo proceso struktūra:.....	26
5.2. Lydžios masės formavimo procesui naudota įranga	26
5.3. Lydžios masės formavimo proceso eiga	27
5.4. Spynos pavaros elementų gamybos sąnaudų apskaičiavimas ir palyginimas su dviem kitais gamybos metodais	30
6. TIRIAMOJI DALIS	31
6.1. Pavaros eksploataavimo simuliacijos analizė BEM metodu	31
6.1.1. Pavaros modelio elementų suvaržymai.....	31
6.1.2. Pavaros veikimo analizės rezultatai	33
6.2. „Bluetooth“ modulio energijos sąnaudų tyrimas	35
6.2.1. Tyrimo rezultatai.....	37

6.3.	RFID modulio energijos sąnaudų tyrimas.....	38
6.3.1.	Tyrimo rezultatai.....	39
6.4.	Energijos sąnaudų tyrimų rezultatų apibendrinimas	41
	IŠVADOS.....	43
	LITERATŪRA.....	44
	PRIEDAI	47
	1 PRIEDAS. RFID MODULIO RDM630 VALDYMO PROGRAMOS KODAS	47
	2 PRIEDAS. MIKROVALDIKLIO ATMEGA328 KONTAKTŲ IŠDĖSTYMAS	51

IVADAS

Daugelio mūsų kasdienybėje yra daugiau ar mažiau elektronikos prietaisų, kurie vienaip ar kitaip lengvina mūsų buitį priklausomai nuo to, kaip ir kokiems tikslams įgyvendinti mes juos pritaikome.

Kai kurie iš mūsų net nesusimąstome kiek daug įvairiausių ir pažangios technologinės įrangos kasdien mus supa. Kaip pavyzdį galėčiau pateikti įprastą daugelio daugiabučių ir darboviečių automobilių stovėjimo aikštelėse randamus užtvarus. Tikiuosi nesuklaidinau šiuo pavyzdžiu, nes šiuolaikiniai užtvagai, tai nebe suvirinta konstrukcija iš vamzdžių, pakabinta ant vyrių ir su kilpa viename jos gale, kurią apjuosia spyna taip ribodama pravažiavimą keliu, kurį ji kerta. Dabartiniai užtvagai daugeliu atvejų palengvina mūsų gyvenimus, nes juose yra integruotos nuotolinio valdymo sistemos, kurių dėka lyjant ar sningant mums nebetenka lipti iš automobilio norint rankiniu būdu juos pakelti, užtenka tik sėdint automobilyje spustelti vieną mygtuką. Tą pačią sistemą galime sutikti garažo vartų pakėlimo įrenginyje, kiemo vartų atidarymo mechanizme ir nagrinėjant namo ar daugiabučio laiptinės spyną. Visas išvardintas ir dar daugelį kitų sistemų įgalina veikti RFID (Radio Frequency IDentification) technologija. Šios technologijos pirmtakas – radaras – buvo naudojamas dar Antrojo Pasaulinio karo metais, o komunikacijos radijo bangomis sistemą patobulinus, atlikus nemažai tyrimų ir bandymų, pradėdant 1950 metais buvo pritaikyta komercijai kaip prevencinė vagysčių sistema (EAS – Electronic Article Surveillance), kuri yra naudojama iki šių dienų. Jos veikimas pagrįstas tuo, kad daugelis prekių parduotuvėse yra pažymėtos 1 bito (integruotos mikroschemos atminties dydis) žymekliu (tag), kuriame yra įrašyta informacija apie tai ar už prekę yra sumokėta (0) ar ne (1), o šitą informaciją nuskaitytu radijo bangų skaitytuvu su ~ 1,5 m aukščio antena, įmontuotas išeinant iš parduotuvės arba iškart už kasos. Jeigu nuskaitymo įrenginys užfiksuoja prekę (žymę), už kuri nėra apmokėta, iškart aktyvuoja signalizaciją. Pirmieji šios RFID technologijos patentai pateikti 1973 metais JAV. Juos pateikė Mario W. Cardullo, aprašęs aktyvų RFID žymeklį su perrašoma atmintimi, ir Charles Walton, sukūręs pasyviu RFID žymekliu valdomą durų spyną. Paminėti atradimai suteikė pradžią dabartinėms žemo (LF-125 kHz), aukšto (HF-13,56 MHz) ir ypač aukšto (UHF) dažnio RFID sistemoms, kurios yra pritaikomos daugelyje sričių nuo gaminio sekimo jo gamybos cikle nuo gamyklos iki vartotojo, iki naminių gyvūnų žymėjo identifikaciniais ryžio dydžio RFID lustais, patalpintais į stiklinę kapsulę, kuri yra implantuojama po gyvūno oda tam, kad jam pasimetus būtų lengvai išaiškinamas jo savininkas. Stebėdamas ir domėdamasis šios technologijos sparčiu plitimu kasdienybėje (tai iššaukia ir prieinamą įrenginių kainą) bei turėdamas tikslą rasti energiją tausojantį komunikacijos būdą savo projektui, pasirinkau šią technologiją pritaikyti ir savo darbui.[1]

Magistro tiriamajame darbe pateikiamas suprojektuotos ir pagamintos nuotoliniu būdu valdomos dviračio spynos valdymo galimybių tyrimas, kuriame tiriamos spynos valdymo galimybės panaudojant RFID technologiją. Spyna yra valdoma išmaniuoju telefonu naudojant „Bluetooth“ ryšį, jame įjungus įdiegtą programėlę. Telefonas automatiškai susisiekiama su spynoje esančiu „Bluetooth“ moduliu. Valdymo sistema naudojant „Bluetooth“ technologiją naudoja nemažą dalį akumulatoriaus energijos, todėl ieškant būdų kaip jas sumažinti, pasitelkta RFID technologija. Naudojant naująjį valdymo metodą – RFID, prognozuojama, jog energijos sąnaudos turėtų žymiai sumažėti, nes naudojama radijo bangų identifikavimo sistema energijos reikalauja tik identifikacijos metu, tačiau tam įrodyti būtina atlikti tyrimą, kad būtų galima palyginti energijos sąnaudas abiejų valdymo sistemų atvejais.

Darbo tikslas – atlikti dviračio spynos nuotolinio valdymo galimybių tyrimą bei modernizuoti spynos pavarą.

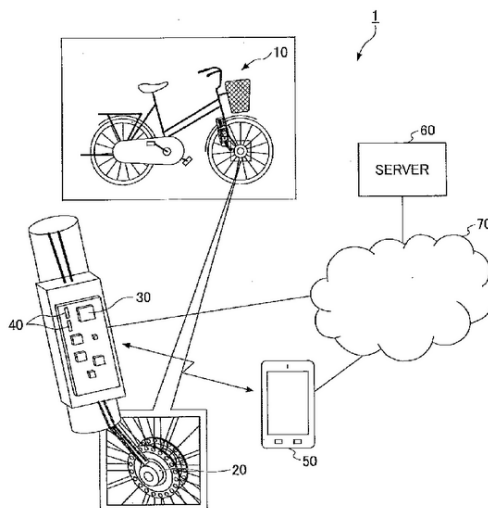
Darbo uždaviniai:

1. Apžvelgti panašių produktų patentus, keletą straipsnių apie alternatyvius įrenginius, juose taikomas technologijas, jų privalumus ir trūkumus;
2. Parinkti tinkamus valdymo sistemos, naudojančios RFID technologiją, komponentus, kurie būtų nedidelių matmenų ir atitinkamų charakteristikų.

1. LITERATŪROS IR PATENTINĖS MEDŽIAGOS APŽVALGA

1.1. Patentų apžvalga

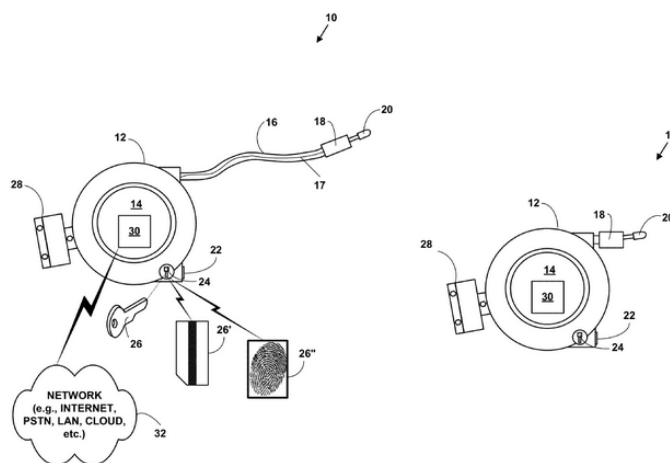
2014 balandžio 23 dieną Japonijoje publikuotas patentas, aprašantis užrakto mechanizmą, kuriam reikalingas raktas, veikiantis radijo bangomis (žr. 1.1 pav.). Jo autoriai – Kawase Tsutomu, Nishizaki Yoshiaki ir kt..



1.1 pav. Užrakto mechanizmas ir užrakto sistema [2]

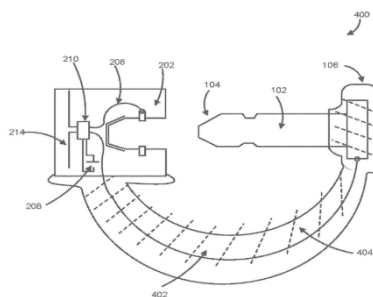
Užrakto mechanizmas yra pritvirtinamas prie dviračio šakės. Jo veikimui reikalingas maitinimo šaltinis arba generatorius, kuris yra integruotas į užrakto sistemą. Užrakto sistemai taip pat priklauso radijo identifikacinė kortelė-raktas, kuri radijo bangomis valdo užrakto būseną. Sistemos veikimą realizuoja trumpo veikimo galios generatorius. Valdymo blokas, priėmęs atitinkamą informaciją iš radijo identifikacinės kortelės, sulygina ją su turima atitinkama informacija valdiklio atmintyje. Jeigu duomenys identiški – užraktas yra atrakinamas, priešingu atveju lieka pirminės būsenos. Užrakto užrakinimo/atrakinimo metu tam, kad būtų mažiau apkraunamas sistemos maitinimo šaltinis yra naudojamas galios generatorius. Paveikslėlyje pateikiama ir galimybė užraktą belaidžiu internetu susieti su serveriu, kuriame būtų saugoma informacija apie tuometinę užrakto būseną, maitinimo šaltinio įkrovos dydį ir užrakto sistemos geografinę padėtį, kurią būtų galima stebėti naudojant savo išmanųjį telefoną bet kuriuo metu.

2014 sausio 2 d. Jungtinėse Valstijose buvo publikuotas patentas, kuriame aprašomas mobilus užraktas su ištraukiamu lanksčiu kabeliu (žr. 1.2 pav.). Deja patento autoriai nėra minimi.



1.2 pav. Mobilus užraktas su ištraukiamu lanksčiu kabeliu [3]

Šis užraktas yra sudėtinė transporto priemonės (dviračio, motorolerio, vežimėlio ir t.t.) dalis. Šis užraktas tvirtinamas ant transporto priemonės ir turi ištraukiamą lankstų kabelį, kurį galima apsukti apie stacionarų objektą (medį, dviračio stovą ar pan.). Apsukus kabelį apie stacionarų objektą kabelio antgalis prisijungia prie užrakto korpuso, užtikrindamas, kad transporto priemonė nebus nuvaryta be valdytojo žinios. Užrakte yra integruota bevielė vietos nustatymo sistema, kuri gali tiksliai nustatyti transporto priemonės buvimo vietą realiu laiku (tai paranku, jeigu ji yra nuvaroma). Taip pat vietos nustatymo sistema automatiškai išsiunčia žinutę (pvz.: į elektroninį paštą, trumpąją žinutę į telefoną, pranešimą į balso paštą telefone) arba sukuria automatiškai skelbimus socialiniuose tinkluose (Facebook, Twitter ir pan.) apie tai, kad transporto priemonė buvo nuvaryta. Užrakto paveikslėlyje parodyta, kad užrakto mechanizmas yra būtų valdomas panaudojant radijo bangų identifikavimo kortelę (RFID), įprastiniu raktu arba pirštų antspaudų nuskaitymo technologija.[3]



1.3 pav. Krovinių konteinerių plombos varžto užraktas su RFID technologija [4]

RFID ryšys yra patrauklus renkantis įrenginio valdymo sistemą dėl ganėtinai nedidelių sistemos matmenų. Pavyzdžiui 2013 rugsėjo 26 d. Jungtinėse Valstijose buvo pavišintas patentas,

aprašantis krovinių konteinerių plombos varžto užraktą, kuriame panaudota RFID technologija (žr. 1.3 pav.). Įrenginį sudaro užrakto modulis, elektrai laidus varžtas pritaikytas greitam užrakinimui įspraudžiant jį į užrakinimo modulį bei plastikinis hermetikas, kuris apriboja varžto judėjimą užrakinimo modulyje. Hermetiko sandaroje yra elektrai laidai terpė, pvz. laidas jungiantis užrakinimo modulį su kitu varžto galu. RFID elektronika yra patalpinta į užrakinimo modulį ir yra užprogramuota užfiksuoti momentą, kai grįžtamasis signalas nutrūko (pvz. buvo nupjautas varžtas). Tokiu atveju užrakto modulyje patalpinta elektronika įrašo tuometinį laiką ir/arba datą. Po užfiksuoto nusikaltimo panaudojant RFID skaitytuvą galima nustatyti tikslų nusikaltimo laiką. [4]

2014 gegužės 7 d. Kinijoje buvo publikuotas naujas elektroninės dviračio spynos dizainas, išsiskiriantis valdymu panaudojant RFID technologiją. Pagal užrakto aprašymą, tai, kas tuo metu naudojasi dviračiu yra nustatoma pagal RFID jungiklį (ar tai yra dviračio valdytojas, ar asmuo tam naudojimuisi neturintis teisės). Dviračio judėjimas yra fiksuojamas pasitelkiant signalą ateinantį iš trijų ašių pagreičio jutiklio ADXL 345. Priimami signalai yra apdorojami mikrovaldiklio ir esant sąlygai yra išduodamas garsinis signalas per pjezo garsiakalbį. RFID ryšiui reikalinga antena yra atskira nuo likusios elektronikos, tačiau gaminant įrenginiui pritaikytus komponentus pagal užsakymą ją būtų galima integruoti gaminant PCB plokštę įrenginiui. Įrenginiui parinkti mažai energijos reikalaujantys komponentai, taip pat vieno lusto mikrovaldiklis. Įrenginio maitinimo šaltinis – 5 V įkraunama ličio jonų baterija. Užraktas yra tvirtinamas prie dviračio korpuso ir yra nepažeidžiamas iš išorės fiziškai arba oro sąlygų. [5]

1.2. Straipsnių apžvalga

1.2.1. RFID medicinoje

2007 metais belaidžio tinklo jutiklių technologijose lyderiaujanti įmonė „Gentag“ pasiskelbė vystanti medicininių RFID pleistrų technologiją, kuri sukurtų galimybę daktarams ir pacientams nuotoliniu būdu stebėti savo sveikatos būseną naudojant belaidį ryšį. Tai žymiai sumažintų sveikatos priežiūros išlaidas ir kartu padidintų pacientų saugumą.

Sujungiant mobiliuosius telefonus, galinčius nuskaityti informaciją iš RFID lustų, ir RFID pleistrus, atsiveria galimybė nuskaityti bet kur esančio RFID pleistro teikiamą informaciją, nes mobilusis telefonas persiųstų informaciją naudodamas interneto ryšį. Pirmasis į rinką išleistas RFID pleistras teikia informaciją apie žmogaus tapatybę ir asmens kūno temperatūrą. Prieiga per interneto ryšį prie bet kurio RFID pleistro teikiamos informacijos suteikia galimybę per atstumą stebėti vaikų, pacientų ar senesnio amžiaus artimųjų sveikatą ir taip užtikrinti geresnę jų sveikatos apsaugą.



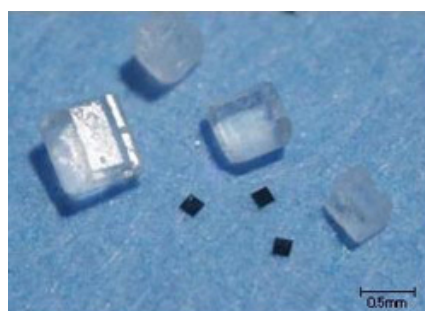
1.4 pav. Ultravioletinių spindulių intensyvumą fiksuojantis pleistras [6]

Įmonė taip pat patentavo išmaniojo RFID pleistro technologiją, kurią sudaro:

- RFID pleistras, užtikrinantis gliukozės kiekio kraujyje stebėjimą;
- RFID pleistras, užtikrinantis širdies veiklos stebėjimą;
- RFID pleistras, nustatantis ultravioletinių spindulių intensyvumą (žr. 1.4 pav.);
- RFID pleistras, informuojantis asmenį apie atsinaujinančios ligos požymius. [7]

1.2.2. *RFID elektronikoje*

2005 metais Aičyje (Japonija) vykusioje pasaulinėje mugėje įmonė „Hitachi“ pristatė elektroninius bilietus (identifikacinės kortelės įėjimui į mugę), kuriuose buvo įmontuotas 0,4 x 0,4 x 0,06 mm matmenų RFID mikroprocesorius, radijo bangomis perduodantis unikalų kodą į vartuose įmontuotą skaitytuvą (žr. 1.5 pav.).



1.5 pav. 2005 ir 2007 metais įmonės „Hitachi“ sukurtos RFID mikroschemos [8]

2007 metais ta pati kompanija sukūrė 0,15 x 0,15 x 0,0075 mm matmenų RFID mikroschemą, kuri turi 128 bitus ROM (read only memory) atminties ir talpina 38 ženklų skaičių. Žymus mikroschemos matmenų sumažinimas buvo pasiektas naudojant silikonas ant izoliatoriaus (silicon-on-insulator) procesą, kai tranzistorius yra formuojamas tiesiogiai ant silikono pagrindo. [9]

2008 metais kompanija „Verayo“ paskelbė sukūrusi nesufalsifikuojamą radijo identifikacijos (RFID) mikroschemą. Tai buvo pasiekta pasitelkus „elektroninės DNR“ technologiją

(„Physical Unclonable Functions - PUF“). Įprastinėse pasyvaus tipo RFID mikroschemose esančią informaciją galima lengvai nukopijuoti iš vienos mikroschemos į kitą. Tuo tarpu minėtos kompanijos gaminamos mikroschemos su PUF technologija identifikacijai naudoja eilę užduoties-atsakymo porų, kurios informacijos nukopijavimo tikimybę padaro beveik lygią nuliui. Kiekviena 64 bitų dydžio užduoties-atsakymo pora yra atsitiktine tvarka sugeneruojama kai to yra pareikalaujama. Tada poros yra nusiunčiamos į duomenų bazę, kad būtų atliekama autentifikavimo procedūra. Tokiu atveju net jeigu informacija ir yra nukopijuojama į kitą mikroschemą, tai ji vykstant identifikacijos procesui jau turės skirtingą užduoties-atsakymo porą. [10]

1.2.3. NFC bevielis ryšys mobiliuosiuose telefonuose

2010 metais kompanijos „Nokia“ rinkodaros vice prezidentas Anssi Vanjoki paskelbė, kad visi nauji kompanijos pristatomi išmanieji mobilūs telefonai nuo 2011 metų bus gaminami su NFC bevielio ryšio funkcija. Naudojant telefoną su NFC bevieliu ryšiu būtų galima gauti informaciją apie prekes ir už atsiskaityti už pirkinius.

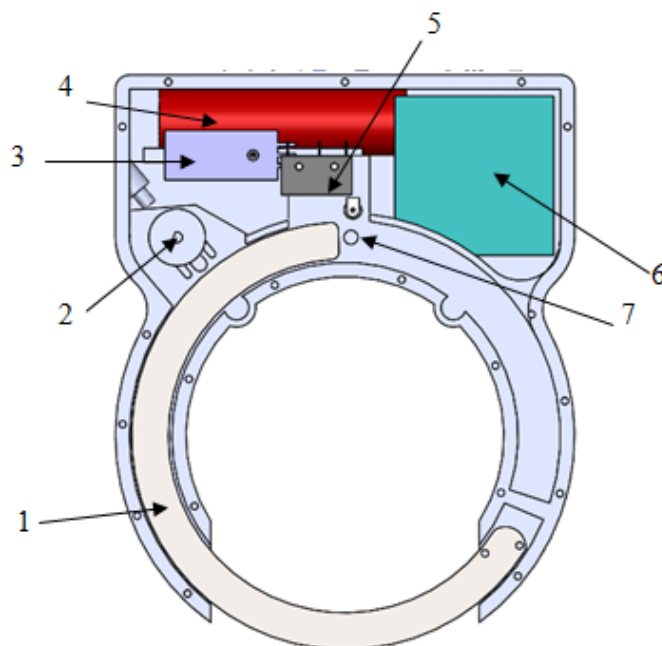


1.6 pav. Nokia 6216 SWP NFC mobilusis telefonas [11]

NFC- tai mažo atstumo radijo dažnio ryšio technologija, kurioje duomenimis yra apsiekiama 10 cm atstumu. NFC atitinka ISO 14443 atstumo standartą ir apjungia RFID kortelę bei jų skaitytuvą į vieną įrenginį, kuris gali keistis duomenimis su minėta standartą atitinkančiomis RFID kortelėmis, skaitytuvais bei kitais NFC įrenginiais.

Norvegijoje 2009 metais bankas „DnB NOR“ paskelbė apie savo planą „MasterCard“ kortelės turėtojams suteikti bandomąsias mobiliųjų mokėjimų paslaugas, kurių metu mobiliajame prietaise atliekamas „PayPass“ prisijungimas, o jį įvykdžius galima vykdyti mokėjimus visur, kur galima atsiskaityti tokio tipo kortelėmis. [12]

2. SPYNOS ANALIZĖ IR DARBO UŽDAVINIŲ PATIKSLINIMAS



2.1 pav. Spynos struktūra: 1) žiedo segmentas, 2) frikcinis ritinėlis, 3) vibracijų jutiklis 4) maitinimo šaltinis, 5) galinės padėties jutiklis, 6) mikrovaldiklis su „Bluetooth“ moduliu, 7) elektromagnetas

Šiuo metu pagaminta veikianti spyna (žr. 2.1 pav.) turi labai nedidelį vidinį tūrį, skirtą elementams sutalpinti, todėl į tai būtina atsižvelgti renkantis RFID valdymo sistemos komponentus, kurie įgalintų spynos valdymą radijo bangų identifikacijos metodu.

Pagrindiniai spynos elementai:

1. Pavaros variklis (tvirtinamas su plokšte);
2. Elektromagnetas (tvirtinamas kartu su galinės padėties jutikliu prie tos pačios korpuso sienelės);
3. Galinės padėties jutiklis (tvirtinamas su plokšte);
4. Frikcinė kinematinė pora (spyruoklė užtikrina tinkamą frikcinio ritinėlio prispaudimo jėgą prie žiedo segmento, o tai lemia sklandų veikimą be praslydimo);
5. Maitinimo šaltinis (įstatomas į specialią lentynėlę);
6. Vibracijų jutiklis (pritvirtinamas prie maitinimo šaltinį palaikančios lentynelės);
7. Mikrovaldiklis su „Bluetooth“ moduliu;
8. Spynos korpuso dangtis (varžtais pritvirtinamas prie korpuso).

Šiuo metu spynos pavaroje varomajam ritinėliui sukamąjį momentą suteikia šepetėlinis nuolatinės srovės variklis Polulu RB-Pol-208 kartu su cilindrinėmis tiesiomis krumplių reduktoriumi.

Galios atžvilgiu variklis visiškai tenkina poreikius. Deja, optimaliai transporto priemonės apsaugai garantuoti frikcinė pavara privalo būti pakeista į krumpliaratinę pavara. Pakeitus frikcinę pavara į krumpliaratinę, privalu pakeisti ir galinės padėties jutiklio tvirtinimo padėtį ar net patį jutiklį, nes esant frikcinėi pavarai jis slysdavo žiedo sienele tol, kol būdavo užfiksuojama viena iš dviejų spynos būsenų (užrakinta arba atrakinta), o esant krumpliaratinei pavarai, galinės padėties jutiklio konstrukcijoje esantis ratukas galėtų lengvai įstrigti tarp krumplių. Elektromagnetas garantuoja patikimą krumpliaštiebio arba žiedo galinės padėties fiksavimą.

Vienas iš dabartinės spynos konstrukcijos minusų yra tai, kad paskutinėje surinkimo stadijoje nerūdijančio plieno dangtis su spynos korpusu yra sujungiami varžtais. Jeigu vietoje varžtų būtų naudojamos kniedės, tai padidintų prevencinę transporto priemonės apsaugą.

Spynos elektronikos maitinimui parinkti nuosekliai sujungti du ličio jonų SANYO UR18650F akumulatoriai visiškai atitinka spynos valdymo bei eksploatacijos reikalavimus. Šis maitinimo šaltinis tiekia energiją ne tik mikrovaldikliui, bet ir galios grandinei, kuri reikalinga variklio valdymui. Naudojamam „Bluetooth“ moduliui maitinimas yra tiekiamas iš mikrovaldiklio 5 V išėjimo. Bakalauro baigiamojo darbo metu atlikus spynos veikimo tyrimą, gauti rezultatai apie valdymo metu, kai pasitelkiama „Bluetooth“ technologija, naudojamas srovės (žr. 2.1 lent.).

2.1 lentelė. Spynos valdymui naudojamos srovės

	R = 0,35 [Ω]	
	U, [mV]	I, [mA]
Miego režimas	17,8	50,86
Budėjimo režimas	36,1	103,14
Variklis	61,1	174,57
Elektromagnetas	268	765,71
Piezokeraminis garsiakalbis	153	437,14

Užrakto atrakinimo sistemos išsikrovusio akumulatoriaus atveju trūkumas paskatino ieškoti kitų valdymo galimybių, kurios kuo mažiau eikvotų akumulatoriaus energiją. Naudojant mikrovaldiklyje veikiančią programą jau buvo užtikrinama, kad bus garsiniu signalu pranešama apie tai, kad akumuliatorių reikia įkrauti. Taip pat bus garantuojama, kad ličio jonų akumulatorius nebus iškraunamas iki ribos, kuriai esant galėtų būti pažeistas jo funkcinės savybės. Naudojant spynos valdymą pasitelkiant RFID technologiją, sunaudojamos energijos kiekis sumažėtų mažiausiai perpus. Taip pat naudojant spynos valdymą radijo bangų identifikacijos metodu lygiagrečiai būtų įmanomas ir valdymas naudojant „Bluetooth“ technologiją, o kai dėl išsikrovusio akumulatoriaus „Bluetooth“ modulis būtų išjungiamas, tada paskutinį kartą prieš akumulatoriaus

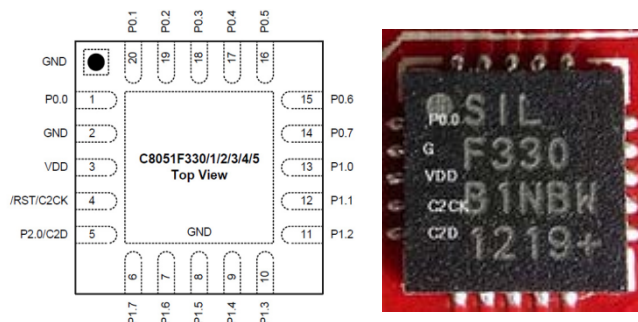
Įkrovimą spyną būtų galima atrakinti pasinaudojant RFID technologija. Tai garantuotų, jog išsikrovus išmaniajam telefonui arba spynos akumuliatoriui neteks namo eiti pėstute.

Viską apibendrinus patikslinami sekantys darbo uždaviniai:

1. Patobulinti spynos nuotolinio valdymo sistemą, kuri naudotų RFID technologiją. Sukurti mikrovaldiklio programą, pritaikant ją RFID* technologijos reikmėms.
2. Atlikti energijos sąnaudų palyginimo tyrimus, kai spyna yra valdoma „Bluetooth“ ir RFID technologijų sistemomis.
3. Suprojektuoti krumpliaratinę pavarą, kuri pakeistų dabartinę frikcinę pavarą. Ištirti pavarą BEM. Palyginti tris krumpliaratinės pavaros elementų gamybos metodus ir juos pagaminti.

3. RFID SISTEMOS ELEMENTŲ PARINKIMAS IR APRAŠYMAS

3.1. Mikrovaldiklis SIL F330



3.1 pav. Mikrovaldiklis SIL F330 [14,15]

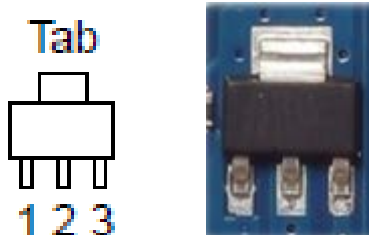
Mikrovaldiklį galima perprogramuoti net tada, kai jis yra integruotas į sistemą. Programa mikrovaldiklyje turi visapusišką išorinių įrenginių kontrolę, todėl gali atskirai išjungti bet kurį iš išorinių įrenginių siekiant sutaupyti energiją. Mikrovaldiklis turi du vidinius virpesių generatorius. Vienas jų – kalibruotas 24,5 MHz, o kitas – 80 kHz (aprūpina daug energijos nereikalaujančius mikrovaldiklio procesus, pavyzdžiui, miego būseną). Įprastinis sunaudojamos srovės kiekis eksploatacijos metu yra 6,4 mA esant 25 MHz, 9 μ A esant 32 kHz. Budėjimo režime mikrovaldiklis naudoja 0,1 μ A srovės. Taip pat mikrovaldiklyje integruotas temperatūros jutiklis.

3.1 lentelė. Mikrovaldiklio STM 8S003F3P6 techninės charakteristikos [16]

Programinė atmintis	8 [kB]
RAM atmintis	768 [B]
I/O skaičius	17
Dažnis	24,5 [MHz]
Programinės atminties tipas	Flash
Procesorius	CIP-51
Darbinė temperatūra	- 40 ~ + 85[°C]
Ryšiai	SMBus/I2C, UART, SPI
Maitinimo šaltinio įtampa (Vcc/Vdd)	2.7 ~ 3,6 [V]

Išorinis virpesių generatorius – kristalas – suteikia galimybę keisti mikrovaldiklio veikimo dažnį periodiškai iki 25 MHz, kai tuo metu mikrovaldiklis yra miego režime ir naudoja itin mažai energijos.

3.2. Puslaidininkinis įtampos reguliatorius NCP 1117



3.2 pav. Puslaidininkinio įtampos reguliatoriaus NCP 1117 loginė schema (1-įžeminimo kontaktas, 2-išėjimo įtampa, 3-maitinimo įtampa) ir išpildymas SOT-223 korpuse [17, 18]

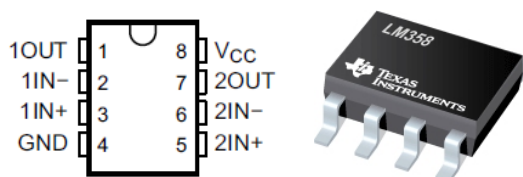
Komponento išskiriamą šilumą eksploatacijos metu sugeriantis ir išskleidantis kontaktas (Tab) (žr. 3.2 pav.) yra sujungtas su kontaktu nr. 2 – išėjimo įtampa. Šis komponentas naudojamas daugelio kietųjų diskų, baterijų įkroviklių bei kitose vartotojų ir pramoninės įrangos sistemose, kur yra reikalingas įtampos reguliavimas.

3.2 lentelė. Puslaidininkinio įtampos reguliatoriaus NCP 1117 techninės charakteristikos [18]

Maksimali išėjimo srovė	1 [A]
Fiksuotos išėjimo įtampos	1,5; 1,8; 1,9; 2,0; 2,5; 2,85; 3,3; 5,0; 12 [V]
Galimybė reguliuoti išėjimo įtampą	Taip
Išėjimo įtampos nuokrypis	± 1 %
Srovės ribojimas	Taip
Saugios eksploatacijos sistema	Taip
Apsauga nuo perkaitimo	Taip
Maksimali maitinimo įtampa	Iki 20 [V]

3.3. Operacinis stiprintuvas LM 358

Šis operacinis stiprintuvas yra sudarytas iš dviejų nepriklausomų, didelio stiprinimo operacinių stiprintuvų su dažnio kompensatoriumi, kurie suprojektuoti taip, kad veiktų su vienu maitinimo šaltiniu plačiame įtampų intervale. Jie plačiai naudojami įvairiose srityse nuo silpnų srovių stiprinimo iki oro drėgnumo matavimo įrenginių komponentų (žr. 3.3 pav. ir 3.3 lentelę).



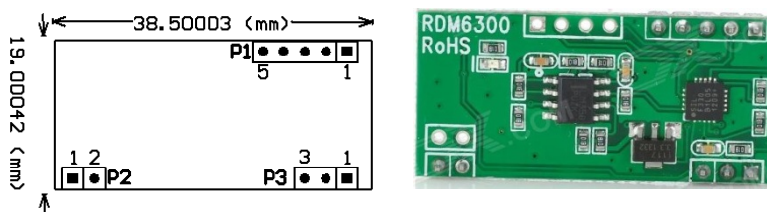
3.3 pav. Operacinio stiprintuvo kontaktų išdėstymas ir išpildymas SOIC korpuse [19, 20]

3.3 lentelė. Operacinio stiprintuvo LM358 techninės charakteristikos [20]

Kanalų skaičius	2
Mažiausia maitinimo įtampa	3 [V]
Didžiausia maitinimo įtampa	32 [V]
Darbinė temperatūra	0-70 [°C]
Lydymosi temperatūra	300 [°C]

3.4. RFID modulis RDM630

Visi trys anksčiau išvardinti komponentai įkomponuoti į bendrą integrinę mikroschemą sudaro RFID (Radio Frequency IDentification) modulį RDM630, kurio sukuriama užkoduotą signalą gavęs mikrovaldiklis pagal programą siunčia valdymo signalus į atitinkamus spynos elementus (pavarą, piezo garsiakalbį) (žr. 3.4 pav.).



3.4 pav. RFID modulio kontaktų išdėstymas su mikroschemos matmenimis ir bendras vaizdas [21,22]

Kontaktų išdėstymas: P1—1-TX, 2-RX, 3-NC, 4-GND, 5-VCC (+5V NS); P2—1-ANT1, 2-ANT2; P3—1-LED, 2-VCC (+5V NS), 3-GND.

RFID modulio veikimui reikalingas 5 V nuolatinės srovės šaltinis, o eksploatacijos metu jis sunaudoja mažiau nei 50 mA srovės. Kaip matyti paveikslėlyje paties modulio matmenys yra nedideli, todėl užtikrinant patikimą signalo gavimą iš RFID kortelės arba žymeklio (*tag*) prie modulio P2 skilties kontaktų yra prijungiama išorinė antena, kuri perduoda energiją į pasyvius identifikacijos elementus tam, kad jie galėtų perduoti saugomą informaciją moduliui. Modulio RDM630 veikimo dažnis lygus 125 kHz, kas sąlygoja 9600 simbolių per sekundę siuntimo greitį, kai vyksta komunikacija (žr. 3.4 lentelę). Taip pat šis modulis turi TTL lygio RS232 formato vartotojo sąsają, kurios dėka iš modulio į mikrovaldiklį perduotus ir atkoduotus signalus galima išvesti į nuoseklųjį programinės įrangos monitorių, kuriame realiu laiku galime stebėti komunikacijos proceso rezultatus, reikiamus parametrus. Tai pagreitina programavimo darbą ieškant klaidų programoje, nes nuolat gali stebėti modulio mikrovaldikliui teikiamą informaciją ir ją

manipuliuoti kuriant ar tobulinant programą. Ši sąsaja yra sukuriama modulio RX ir TX kontaktus sujungiant su atitinkamais priešingais mikrovaldiklio kontaktais. Prie P3 skilties LED kontakto prijungus šviesos diodą galima gauti informaciją apie modulio būseną eksploatacijos metu (nuskaitant RFID kortelę šviesos diodas mirksi). Maitinimo šaltinį moduliui galima prijungti prie pasirinkto vieno iš dviejų VCC kontaktų, o įžeminimą – prie vieno iš GND kontaktų.

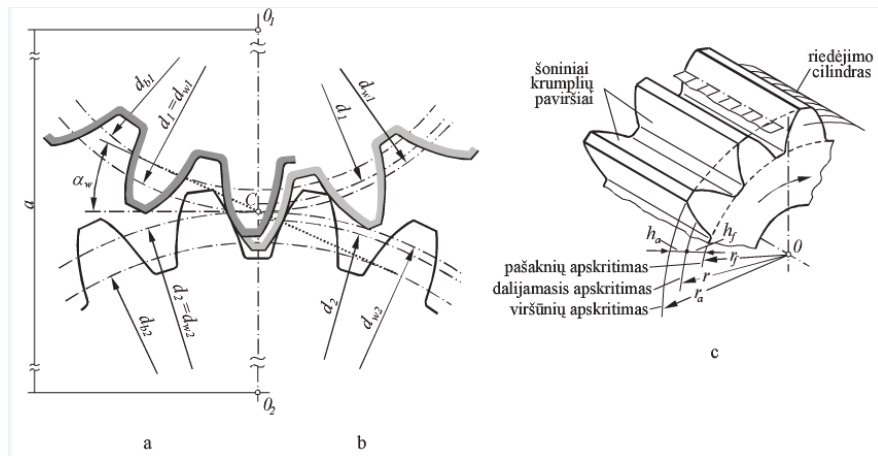
3.4 lentelė. RFID modulio RDM630 charakteristikos [22]

Darbinė įtampa	5 [V]
Darbinė srovė	< 50 [mA]
Dažnis	125 [kHz]
Simbolių/s skaičius	9600 [1/s]
Vartotojo sąsaja	TTL lygio RS232
Komunikacijos atstumas	20-50 [mm]

RDM630 modulis gali nuskaityti EM4100 tipo RFID korteles, kurių komunikacijos dažnis yra 125 kHz, o mažiausias atstumas tarp kortelės ir antenos turi būti nuo 20 iki 50 mm, tačiau kai kurios šio tipo kortelės suteikia ir didesnę komunikacijos atstumą. Nors kita vertus, nedidelis komunikacijos atstumas iššaukia ir nedideles komunikacijos energijos sąnaudas. Modulio nedideli matmenys, o ir bendras svoris su antena – 7 g, suteikia plačias pritaikymo galimybes kaip praėjimo kontrolės įrenginiai, laiko sekimo ir apsilankymo kontrolės sistemos, mokesčių surinkimo stotelės ir t.t..

4. SPYNOS PAVAROS PROJEKTAVIMAS

Projektuojant krumpliartinę perdavą, kuri pakeistų jau esamą, tačiau nefunkcingą, frikcinę pavarą, remtasi formulėmis, paimtomis iš knygos „Mašinų elementai. Skaičiavimas ir konstravimas“. Žemiau pavaizduotos tiesiakrumplių krumpliaračių princinės schemas su pagrindiniais geometriniais parametrais (žr. 4.1 pav.).



4.1 pav. Cilindrinė tiesiakrumplių krumpliaračių pagrindiniai geometriniai parametrai: a – be profilio perstūmos, b – su profilio perstūma, c – krumplių parametrai [13]

- w – pradinis paviršius ar apskritimas;
- b – pagrindinis paviršius ar apskritimas;
- a – viršūnių paviršiai ar apskritimai;
- f – pašaknių paviršiai ar apskritimai.

Pirmiausia iš standartinių modulių verčių lentelės parenkama modulio vertė, kuri naudojama kitiems krumpliaračio parametrams apskaičiuoti (žr. 4.1 lent.).

4.1 lentelė. Standartinės modulių m vertės, mm [13]

1 eilė	0,1	0,12	0,16	0,2	0,25	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
	1	1,25	1,5	2	2,5	3	4	5	6		8	
	10	12	16	20	25	32	40	50	60			
2 eilė	0,11	0,14	0,18	0,22	0,28	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95
	1,12	1,37	1,75	2,25	2,75	3,5	4,5	5,5	7		9	
	11	14	18	22	28	36	45	55	70			

Iš lentelės parenkama modulio vertė lygi 2. Tada apskaičiuojami likę krumpliaračių geometriniai parametrai, kurie bus reikalingi krumpliaračio ir krumpliatiebio projektavimui.

Išmatavę jau anksčiau suprojektuotos ir pagamintos spynos korpusą gauname, kad atstumas tarp krumpliaračio ir krumpliatiebio ašių yra $a = 68,5 \text{ mm}$.

$$a = 0,5m(z_1 + z_2); \quad (1.1)$$

Remdamasis 1.1 formule apskaičiuoju, kad $z_1 + z_2 \approx 68$, todėl priimu, kad varančiojo krumpliaračio krumplių skaičius $z_1 = 10$, o varomojo krumpliatiebio krumplių skaičius $z_2 = 58$. Esant tokiems krumplių skaičiams perdavimo skaičius $u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{58}{10} = 5,8$. Kabinimosi kampas $\alpha = 20^\circ$.

Tiesiakrumpliams krumpliaračiams pradinių apskritimų skersmenys d_{w1-w2} yra lygūs dalijamųjų apskritimų skersmenims d_{1-2} .

$$d_{w1} = d_1 = mz_1 = 2 * 10 = 20 \text{ mm}; \quad d_{w2} = d_2 = mz_2 = 2 * 58 = 116 \text{ mm}; \quad (1.2)$$

Dalijamasis žingsnis apskaičiuojamas pagal 1.3 formulę:

$$p = \pi m = 2\pi; \quad (1.3)$$

Radialinis tarpelis lygus:

$$c = 0,25m = 0,5 \text{ mm}; \quad (1.4)$$

Krumplio pašaknio aukštis lygus:

$$h_f = m + c = 2,5 \text{ mm}; \quad (1.5)$$

Krumplio galvutės aukštis lygus:

$$h_a = m = 2 \text{ mm}; \quad (1.6)$$

Viršūnių apskritimų skersmenys apskaičiuojami pagal 1.7 formulę:

$$d_{a1} = d_1 + 2h_a = 24 \text{ mm}; \quad d_{a2} = d_2 + 2h_a = 120 \text{ mm}; \quad (1.7)$$

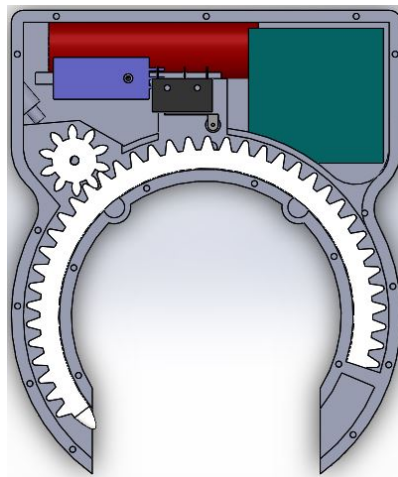
Pašaknių apskritimų skersmenys apskaičiuojami pagal 1.8 formulę:

$$d_{f1} = d_1 - 2h_f = 15 \text{ mm}; d_{f2} = d_2 - 2h_f = 111 \text{ mm}; \quad (1.8)$$

Pagrindinių apskritimų skersmenys apskaičiuojami pagal 1.9 formulę:

$$d_{b1} = d_1 \cos \alpha = 18,8 \text{ mm}; d_{b2} = d_2 \cos \alpha = 109 \text{ mm}; \quad (1.9)$$

Pagal aukščiau pateiktus atliktus skaičiavimus panaudojant „SolidWorks“ programinį paketą sukuriama varančiojo krumpliaračio bei varomojo krumpliatiebio modeliai ir integruojami į bendrą modelį (žr. 4.2 pav.).



4.2 pav. Krumpliaračio ir krumpliatiebio modeliai, integruoti į spyną

5. PAVAROS ELEMENTŲ GAMYBA LYDŽIOS MASĖS FORMAVIMO (FDM) METODU

Spynos su suprojektuotais pavaros elementais sklandaus veikimo patikrinimui reikia pagal modelius pasigaminti krumpliaratį su krumpliaštiebiu. Vienas plačiau nagrinėjamų būdų yra pavaros elementų spausdinimas naudojant 3D spausdintuvą lydžios masės formavimo (FDM) metodu. Šiuo atveju pavaros elementų gamybai naudojamas ABS plastikas, o dviem kitais metodais – plienas S235. Šitie metodai – tai detalių pjovimas plazma arba nuolatinės srovės lazeriu iš plieno S235 lakštų. Pirmiausia lydžios masės formavimo metodu gaminamų detalių gamybos sąnaudos bus gautos atliekant gamybos simuliaciją, o atspausdinus detales bus palyginami gauti rezultatai. Pavaros elementų gamybos iš S235 plieno gamybos sąnaudos bus sužinotos pateikus užklausą tuo užsiimančioms įmonėms.

5.1. Lydžios masės formavimo proceso struktūra:

- 1) Pasiruošimas spynos pavaros elementų gamybai:
 - Sukuriamas 3D CAD modelis bei jo *.STL failas;
 - CatalystEX programa modelio failas paruošiamas gamybai;
 - Paruošiamas lydžios masės formavimo įrenginys.
- 2) Spynos pavaros elementų gamyba:
 - Sugeneruotas ir paruoštas gaminti modelio failas nusiunčiamas į įrenginį;
 - Stebimas gamybos procesas (laiko bei medžiagos sąnaudos).
- 3) Spynos pavaros elementų paruošimas naudojimui:
 - Spynos pavaros elementų išėmimas iš įrenginio;
 - Spynos pavaros elementų paruošimas naudojimui.

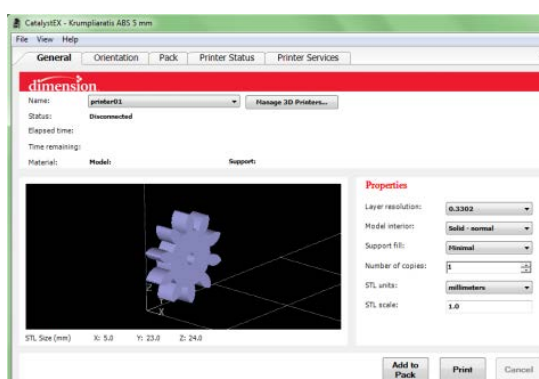
5.2. Lydžios masės formavimo procesui naudota įranga

- 1) Programinė įranga
 - „SolidWorks“ programinis paketas, su kuriuo sukurtas modelis ir jo *.STL failas;
 - Programinė įranga skirta darbui su 3D spausdintuvu, leidžianti peržiūrėti *.STL failą, paruošti modelį spausdinimui bei nusiųsti jį į spausdinimo įrenginį (CatalystEX);
- 2) Technologinė įranga
 - FDM (lydžios masės formavimo) įrenginys RepRap Prusa i3;

5.3. Lydžios masės formavimo proceso eiga

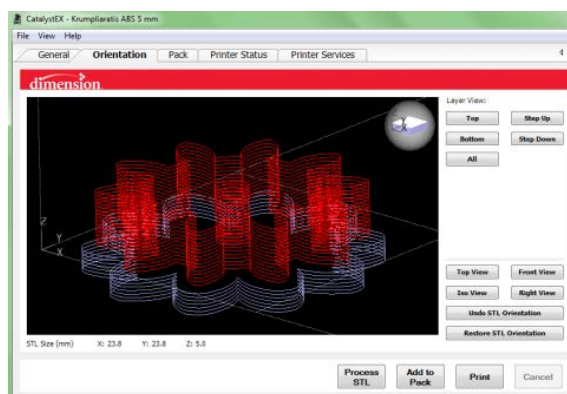
Atidaroma programa CatalystEx ir į ją įkeliamas sukurto modelio *.STL failas naudojant *File>Open STL* komandą. Lango *General* nustatomi reikiami parametrai (žr. 5.1 pav.):

- Layer resolution: 0,3302
- Model interior: Solid-normal
- Support fill: Minimal
- Number of copies: 1
- STL units: millimeters
- STL scale: 1,0.



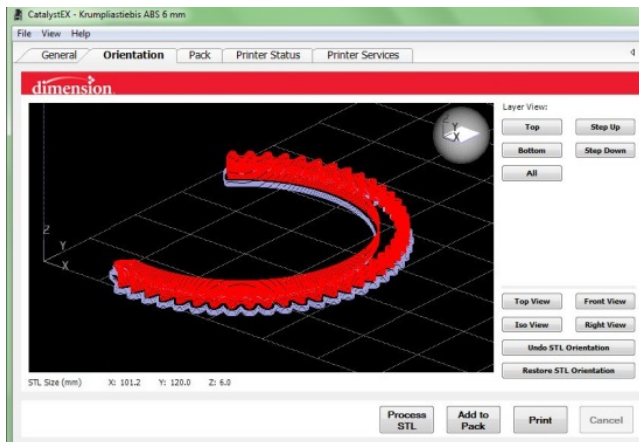
5.1 pav. Sukurtas krumpliaračio modelis atidaromas programoje CatalystEx ir nustatomi atitinkami parametrai

Lango *Orientation* pasirenkama *Auto Orient*, taip pat pasirenkama komanda *Process STL1*. Sukuriamas modelio *.CMB failas, kuris yra būtinas modelio gamybai 3D spausdintuvu (žr. 5.2 pav.).



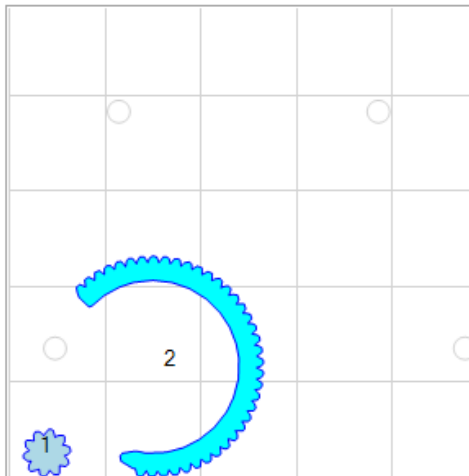
5.2 pav. Nustatoma automatinė krumpliaračio modelio orientacija (A) ir sukuriamas

Analogiškai lygiai tokios pat funkcijos atliekamos ir su krumpliaštiebio *.STL failu (žr. 5.3 pav.)



5.3 pav. Nustatoma automatinė krumpliaštiebio modelio orientacija (A) ir sukuriamas *.CMB failas

Lange *Pack* pasirenkamas modelių išdėstymas pagrindinėje spausdinimo plokštumoje. Komanda *Insert CMB* įkeliame sukurtą failą. Pelės pagalba modelį pastatome į pageidaujamą plokštumos vietą (žr. 5.4 pav.).

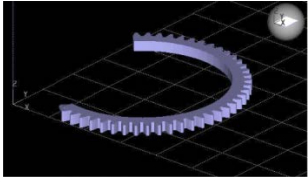
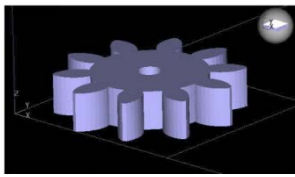


5.4 pav. Modelių padėtis spausdinimo plokštumoje.

Atlikus šiuos veiksmus pasirenkame komandą *Print*. Failas persiunčiamas į 3D spausdintuvą, prasideda gamybos pradžia.

Atlikus gamybos proceso simuliaciją programoje ir surinkus reikiamus duomenis atspausdinus spynos pavaros elementus gaunami rezultatai, kurie pateikiami 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. Gamybos simuliacijos ir spausdinimo 3D spausdintuvu (FDM) gamybos sąnaudos

		Pagrindinės medžiagos sąnaudos, cm ³	Pagalbinės medžiagos sąnaudos, cm ³	Gamybos trukmė, min
Simuliacijos duomenys (CatalystEx)		13,73	3,63	55
3D spausdinimo duomenys (RepRap Prusa i3)		14,14	4,00	90

3D spausdintuvu RepRap Prusa i3 spausdinant krumpliaratį su krumpliaštiebiu gamybos trukmė prailgo iki 90 min., bet realiai sunaudotų medžiagų kiekiai skiriasi nežymiai. Savaimė suprantama po atspausdinimo sekė ir pagalbines medžiagos pašalinimas bei modelių paruošimas eksploatacijai, nes kai kuriose vietose modelių paviršius atspausdinus gautas ganėtinai grubus ir nelygus. Kalbant apie modelio paruošimą naudojimui, patartina pagalbines medžiagas pašalinti iškart po modelio atspausdinimo, nes vėliau ji kietėja ir ganėtinai stipriai sulimpa su pagrindine medžiaga, o tada gali kilti problemų ją pašalinant ir tuo pačiu stengiantis nepažeisti modelio paviršiaus.

Krumpliaracio ir krumpliaštiebio spausdinimui kaip pagrindine ir pagalbine medžiaga buvo naudotas ABS plastikas į ekstruderio galvutę tiekiamas 3 mm storio siūlo forma. Spausdinimo metu, tose vietose kur ABS plastikas atstoja ne pagrindinę, o pagalbines medžiagas, sudaromas plonesnis ir trapesnis medžiagos sluoksnis, nes jos pagrindinė funkcija – tik laikinai sutvirtinti ant jos spausdinamą pagrindinę medžiagą, kol ji sukietės. Atspausdinti pavaros elementai integruojami į spyną tolesniam naudojimui (žr. 5.5 pav.).



5.5 pav. Spynos nuotrauka su krumpliaratine pavara

5.4. Spynos pavaros elementų gamybos sąnaudų apskaičiavimas ir palyginimas su dviem kitais gamybos metodais

Duomenys:

- Gamybos apimtis – 1 vnt.;
- Modelio medžiagos kaina $1000 \text{ cm}^3 = 203 \text{ €}$
- Pagalbinės medžiagos kaina $1000 \text{ cm}^3 = 203 \text{ €}$
- Modelio bazė (keičiama) = 5,8 €
- Įrenginio amortizacija 3 €val.

Gamybos sąnaudos, kai buvo gaminama viena spygnos pavaros elementų kinematinė pora: pagrindinė medžiaga – $14,14 \text{ cm}^3$ (2,87 €), pagalbinė medžiaga – 4 cm^3 (0,8 €). Dėl mažų modelio matmenų sutaupoma laiko ir lėšų, nes abu modelius galima atspausdinti ant vienos spausdinimo plokštumos vieno spausdinimo metu nekeičiant bazės. Modelių gamybos trukmė – 90 min, iš ko gauname įrenginio amortizaciją lygią 4,5 €. Viską susumavus modelių gamybos lydziosios masės formavimo metodu (FDM) sąnaudos gaunamos lygios 8,17 €

Ieškant būdų kur kokybiškai pasigaminti pavaros detales taip pat buvo susisiekiama su keletu vietinių įmonių, kurios užsiima detalių pjovimu lazeriu bei plazma iš metalo lakštų ir joms pateiktos užklausos. Įmonė Nr.1 informavo, kad ji pjaunanti tik plazma, todėl nors ir apskaičiavo detalių gamybos kainą (9,92 €), bet patarė detales pjauti lazeriu, nes pjaunant plazma iš 5 ir 6 mm storio S235 plieno lakštų tokias smulkias detales, jos gautųsi itin nekokybiškos. Įmonė Nr. 2 apskaičiavo 12,1 € detalių gamybos sąnaudas, kai detalės yra pjaunamos nuolatinės srovės lazeriu, bet taip pat pabrėžė, kad ant detalių paviršių gali matytis nežymios lazerio pjovimo pradžios taško vietos. Įmonėje Nr. 2 detalių gamyba būtų užtrukusi 9 dienas. Galiausiai, turint galvoje, kad gamybos iš ABS plastiko metodas užtruko tik 1,5 val., taip pat dėl mažesnės gamybos kainos, pasirinktas šis detalių metodas - FDM.

5.2 lentelė. Spynos pavaros elementų gamybos kaštai, įvertinant ir medžiagų sąnaudas

Spynos pavaros elementų gamybos metodas	Gamybos kaina, €
Spausdinimas 3D spausdintuvu (FDM)	8,17
Detalių pjovimas plazma iš S235 metalo lakštų	9,92
Detalių pjovimas NS lazeriu iš S235 metalo lakštų	12,1

6. TIRIAMOJI DALIS

6.1. Pavaros eksploataavimo simuliacijos analizė BEM metodu

Eksploatacijai realiomis sąlygomis varomasis krumpliaštiebis ir varantysis krumpliaratis būtų pagaminti iš lieto anglinio plieno (*Cast Carbon Steel*). Artimiausias techninėmis charakteristikomis šiam metalui yra plienas S235 (jo takumo riba yra 235 MPa, o lieto anglinio plieno – 248 MPa). Anglinio plieno lydinyje yra nuo 0,25 iki 0,8 % silicio ir nuo 0,5–1 % mangano (žr. 6.2 lent.). Remiantis šiais duomenimis bus atlikta judesio simuliacija, kurios metu bus įvertintos judėjimo porą kontakto taške veikiančios apkrovos ir dėl jų konstrukcijoje atsirandančių deformacijų bei įtempių dydžiai. Naudojamas programinis paketas – „SolidWorks“.

6.1 lentelė. Tūriniai pavaros modelio elementų parametrai

Elementas	Tūriniai parametrai
	Masė: 0,01 kg Tūris: $1,41 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ Tankis: 7800 kg/m^3
	Masė: 0.09 kg Tūris: $11,23 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$ Tankis: 7800 kg/m^3

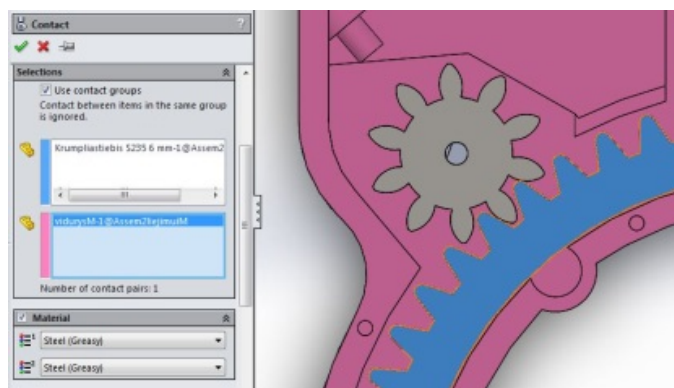
6.2 lentelė. Anglinio plieno mechaninės charakteristikos

Mechaninės charakteristikos	Lietas anglinis plienas
Takumo riba	248,168 Mpa
Tamprumo riba	482,549 MPa
Tamprumo modulis	$2e+05 \text{ MPa}$
Puasono koeficientas	0,32
Tankis	7800 kg/m^3
Šlyties modulis	$7,6e+04 \text{ MPa}$

6.1.1. Pavaros modelio elementų suvaržymai

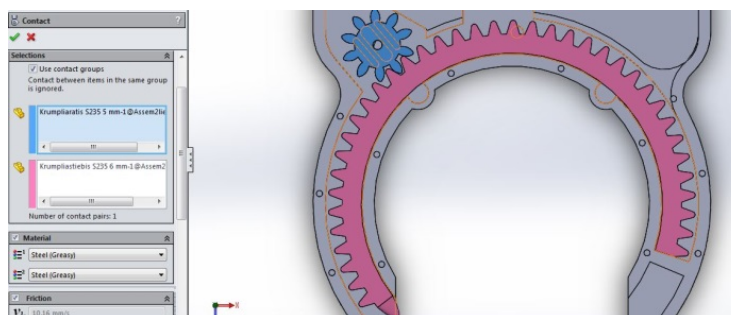
Spynos korpuse esančiomis kreipiančiosiomis juda krumpliaštiebis, kuris yra suvaržytas riedėjimo – slydimo įtvirtinimu, kad galėtų laisvai slysti kreipiančiosiomis. Aprašant judesio analizės kintamuosius, į skaičiavimus įtraukiama tai, kad iš anglinio plieno pagamintas

krumpliastiebis yra suteptas tepalu, kad judėjimui kuo mažesnę įtaką darytų trintis tarp kreipiančiųjų ir krumpliastiebio (žr. 6.1 pav.)



6.1 pav. Kontakto tarp krumpliastiebio ir kreipiančiųjų spygnos korpuse aprašymas

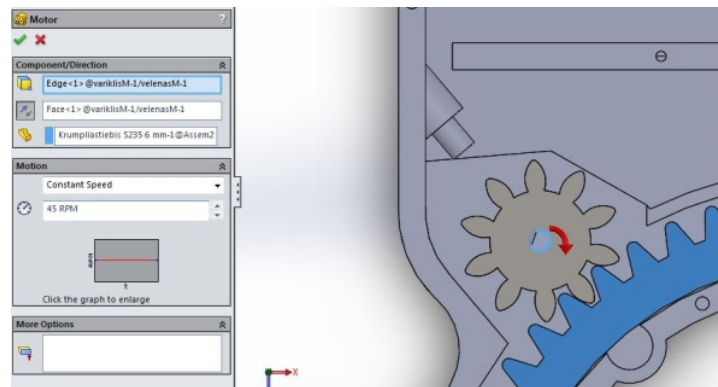
Kontakto aprašyme nurodoma, kad kontaktuojančių paviršių medžiaga yra plienas ir jie yra sutepti tepalu. Judesio metu laikoma, kad spygnos korpusas yra nejudamai įtvirtintas (tokios pat sąlygos būtų, kai spygna būtų pritvirtinta prie dviračio šakės). Užtikrinant krumpliastiebio ir krumpliaračio betarpišką kontaktą judesio metu atliekant judesio analizę yra aprašomas ir jų kontaktas (žr. 6.2 pav.).



6.2 pav. Krumpliaračio ir krumpliastiebio kontakto aprašymas

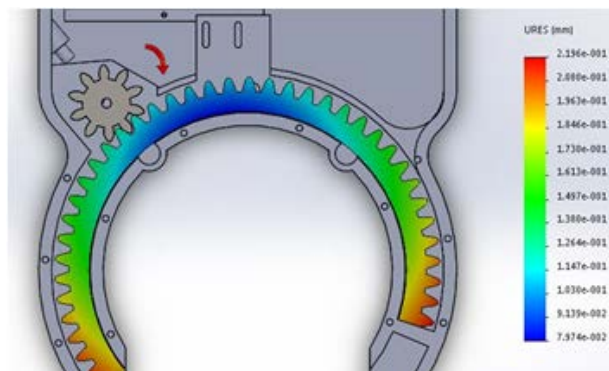
Varančiajam krumpliaračiui sukimo momentą suteikia šepetėlinis nuolatinės srovės variklis Polulu RB-Pol-208 kartu su cilindrinį tiesių krumplių reduktoriumi. Šis variklis su reduktoriumi sukuria didžiausią 0,5 Nm (100 aps./min), vidutinį – 0,32 Nm (75 aps./min) ir mažiausią – 0,28 Nm (45 aps./min) sukimo momentus. Siekiant užtikrinti judesio analizės rezultatų tikslumą ir iš dalies dėl tyrimui naudojamos programinės įrangos stabilumo ją atliekant pasirinktas variklio greitis – 45 aps./min, kai sukuriamas 0,28 Nm sukimo momentas. To pasekoje judėjimo

analizės aprašyme sukuriama pastovių greičių besisukantis variklis, kurio vieta nurodoma pasirenkant variklio veleną bei sukimosi kryptį (žr. 6.3 pav.).



6.3 pav. Judesio modeliavimui sukuriama varančiojo krumpliaračio sukimas atsižvelgiant į sukamąjį momentą suteikiančio variklio parametrus

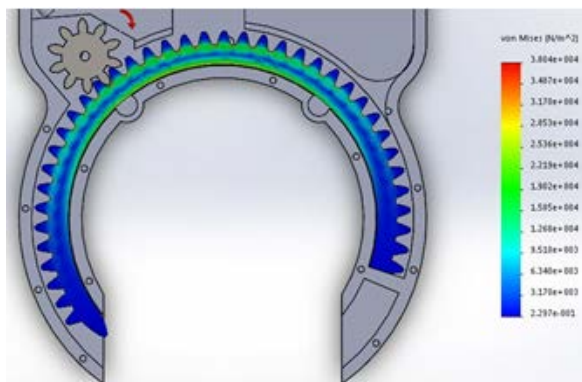
6.1.2. Pavaros veikimo analizės rezultatai



6.4 pav. Dėl pavaros veikimo metu veikiančių apkrovų atsiradusios krumpliastiebio deformacijos

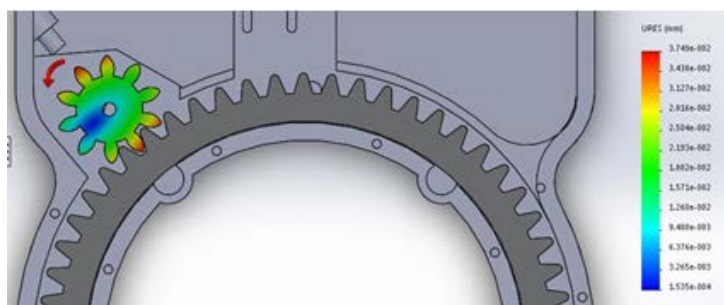
Kaip matyti iš aukščiau parodytos krumpliastiebio deformacijų dydį aprašančios skalės, judėjimo metu, kai varantysis krumpliaratis kontaktuoja su varomuoju krumpliastiebiu, jis patiria deformacijas 0,07 – 0,2 mm ribose. Didžiausias deformacijas patiria krumpliastiebio galai. Galime iškelti hipotezę, kad programinis paketas analizuodamas judesį interpretuoja tai, kad krumpliastiebio galai yra laisvi ir juda kreipiančiosiomis, kuriose yra užtikrinamas slydimas jų paviršiumi ir tuo pačiu metu būtinas kontaktas tarp krumpliaračio ir krumpliastiebio. Tai atspindi gauti rezultatai, nes mažiausias deformacijos dydis gaunamas vietoje, kurioje krumpliaratis kontaktuoja su krumpliastiebiu. Reikėtų paminėti tai, kad aukščiau pateiktame paveikslėlyje

pateikiami ne momentinės deformacijų reikšmės judesio pradžioje, o jų dydžiai viso judesio metu (pilno spynos užrakinimo metu).



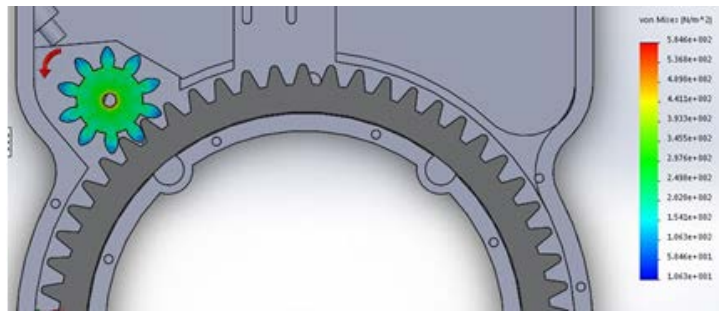
6.5 pav. Dėl pavaros veikimo metu veikiančių apkrovų atsiradę krumpliastiebio įtempiai

Krumpliastiebi judesio metu veikiantys įtempiai svyruoja nuo $2,3 \cdot 10^{-7}$ iki 0,04 MPa (žr. 6.5 pav.). Didžiausia įtempių koncentracija krumpliastiebyje yra išsidėsčiusi pagal krumpliastiebio pašaknių apskritimą, nes tose srityse krumpliastiebio krumpliai priešinasi varomojo krumpliaračio krumplių sukuriama lenkimo jėgai. Taip pat akivaizdu, kad įtempių koncentracija yra išsidėsčiusi krumpliastiebio dalyje, kuri kontaktuoja su krumpliaračiu pavaros veikimo metu.



6.6 pav. Dėl pavaros veikimo metu veikiančių apkrovų atsiradusios krumpliaračio deformacijos

Judesio metu krumpliaratis, kaip ir krumpliastiebis, patiria deformacijas, kurių dydis svyruoja nuo $1,5 \cdot 10^{-4}$ iki 0,04 mm (žr. 6.6 pav.). Iš pateiktos iliustracijos matyti, jog didžiausias deformacijas judesio metu patiria krumpliaračio krumplių viršūnės, kai besisukančio krumpliaračio krumpliai kontaktuoja su krumpliastiebio krumpliais.



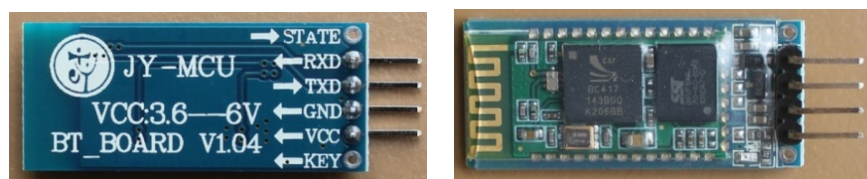
6.7 pav. Dėl pavaros veikimo metu veikiančių apkrovų atsiradę krumpliaračio įtempiai

Krumpliaratis kontakto su krumpliestiebiu metu patiria nuo $1,06 \cdot 10^{-5}$ iki $5,85 \cdot 10^{-4}$ MPa dydžio įtempius (žr. 6.7 pav.). Mažiausiai įtempių veikiamos sritys yra krumpliaračio krumplių viršūnės, o didžiausius įtempius patiria sritis aplink krumpliaračio lietimosi su variklio velenu plotą.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, kad spynos veikimo metu, kai variklis per reduktorių ir krumpliaratį perduoda judesį krumpliestiebiui, kontakto srityje bei tiek krumpliaračio, tiek krumpliestiebio konstrukcijose nesusidaro įtempiai, kurie viršytų leistinus. Todėl galima sakyti, kad krumpliaratis ir krumpliestiebis atitinka išsikeltus stiprumo reikalavimus bei tinkamai atlaikys patiriamas apkrovas spynos veikimo metu.

6.2. „Bluetooth“ modulio energijos sąnaudų tyrimas

Spynoje integruotas „Bluetooth“ modulis (Arduino „Bluetooth“ Tinkle JY-MCU) (žr. 6.8 pav.). Modulis yra maitinamas 5 V nuolatine srove, tiekiami iš mikrovaldiklio išėjimo.

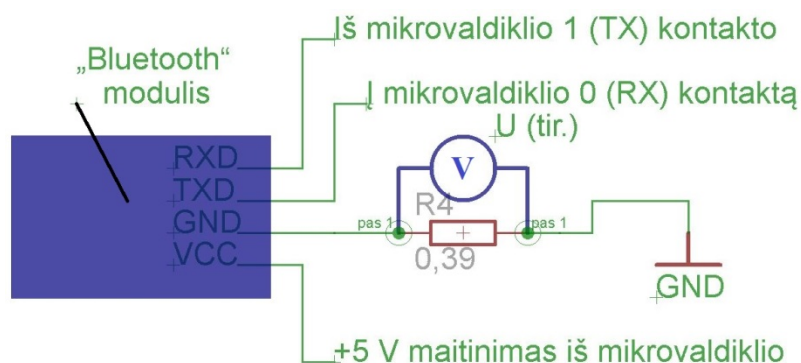


6.8 pav. „Bluetooth“ modulis JY-MCU [23]

„Bluetooth“ modulio specifikacijos:

- Veikimo dažnis: 2,4 GHz;
- Bangos diapazonas : 2,4 – 2,8 GHz, ISM Band;
- Protokolas: „Bluetooth“ V2.0;
- Maitinimo įtampa: 3.3 V (2.7 – 4.2 V);
- Srovės poreikis: Poravimosi metu – 35 mA, Susijungus – 8 mA;

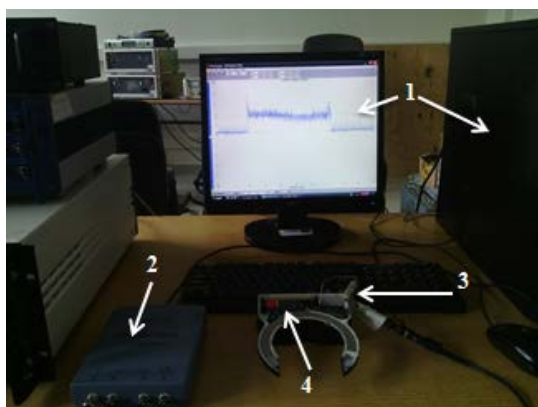
- Duomenų gavimo / išsiuntimo dažniai: 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200, 230400, 460800, 921600, 1382400;
- Matmenys: 26.9 mm x 13 mm x 2.2 mm.



6.9 pav. Tyrimo elektrinė principinė schema

Siekiant išsiaiškinti koks yra tikslus spynos valdymo metu sunaudojamos energijos kiekis atliktas tyrimas, kurio metu nuosekliai į „Bluetooth“ modulio įžeminimo (GND) išėjimą buvo įjungta 0,39 Ω varža (žr. 6.9 pav.). Lygiagrečiai prie varžos buvo prijungtas oscilografas PicoScope 3424 kanalas tam, kad būtų galima fiksuoti įtampos kritimą ant varžos. Iš oscilografo vaizdiniai duomenys buvo pateikiami asmeniame kompiuteryje įrašytoje ir suderintoje programoje *PicoScope*. Tyrimo standas pavaizduotas žemiau pateiktame 6.10 paveikslėlyje.

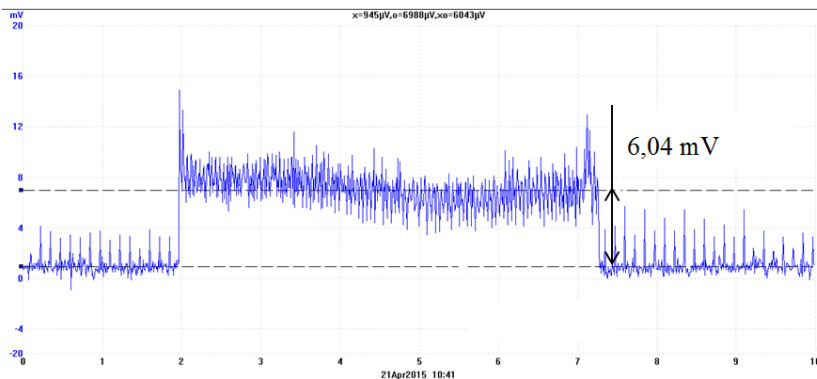
Tyrimo metu realiu laiku kompiuterio monitoriuje buvo stebimi įtampos pokyčiai kai spyna buvo valdoma (užrakinama ir atrakinama) išmaniuoju telefonu komunikaciją užtikrinant „Bluetooth“ moduli.



6.10 pav. Tyrimo standas: 1 – Asmeninis kompiuteris ir vaizduoklis, 2 – Oscilografas PicoScope3424, 3 – 0,39 Ω varža, 4 – Spyna

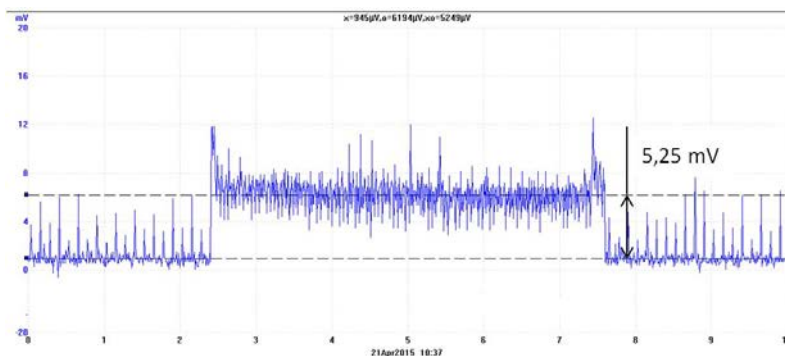
6.2.1. Tyrimo rezultatai

Atliekant tyrimą spyna buvo užrakinama ir atrakinama, o šių procesų metu gautos dvi oscilogramos (žr. 6.11 ir 6.12 pav.).



6.11 pav. Oscilograma gauta užrakinant spyną

Abiem atvejais buvo matuojamas įtampos pokytis 10 sekundžių intervale.



6.12 pav. Oscilograma gauta atrakinant spyną

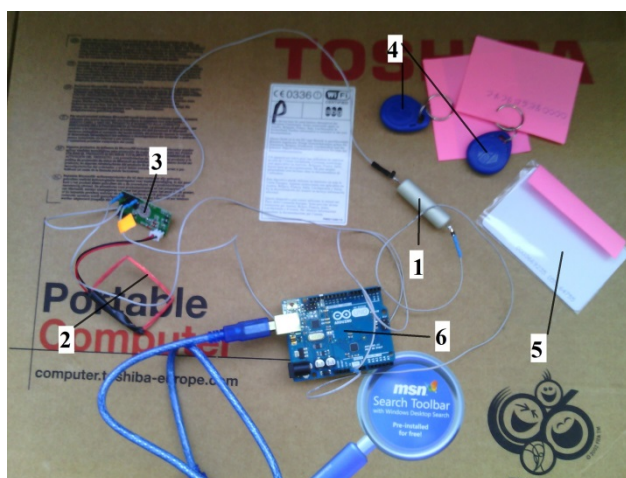
Atrakinant spyną užfiksuotas 5,249 mV įtampos kritimas, o užrakinant 6,043 mV įtampos kritimas varžoje. Kadangi turime įtampą, galime apskaičiuoti ir valdymo metu, naudojant „Bluetooth“ modulį, sunaudojamą srovės dydį bei energijos sąnaudas, kai per parą yra atliekama 14 ciklų (1 ciklas – vienas spynos užrakinimas arba atrakinimas) (žr. 6.3 lentelę).

6.3 lentelė. Spynos valdymo, naudojant „Bluetooth“ modulį, energijos sąnaudos (ciklų skaičius-14)

	R = 0,39 Ω		P, mW	Energijos sąnaudos 1 ciklo metu, mWh	Energijos sąnaudos per parą, mWh
	U, mV	I, mA			
Užrakinimas	6,04	15,5	93,6	0,140	1,96
Atrakinimas	5,25	13,5	70,7	0,106	1,49

6.3. RFID modulio energijos sąnaudų tyrimas

Dviejų valdymo metodų metu energijos sunaudojimo palyginimui naudojant tą pačią 0,39 Ω varžą buvo atliktas RFID modulio RDM630 energijos sąnaudų tyrimas. Analogiškai kaip ir prieš tai jau aprašytame tyrime su „Bluetooth“ moduliu, šiame taip pat rezultatų fiksavimui panaudotas oscilografas PicoScope3424 su asmeniniame kompiuteryje įdiegta bei sukonfigūruota programa *PicoScope*. Dėl techninių kliūčių tyrime negalėjo būti naudojama spyna, tačiau tai rezultatams nedaro įtakos, kadangi tiriamos ne spynos valdymo srovių dydis, o tik komunikacijos moduliui tenkanti energijos dalis. Žemiau pavaizduotas tyrimo standas (žr. 6.13 pav.).

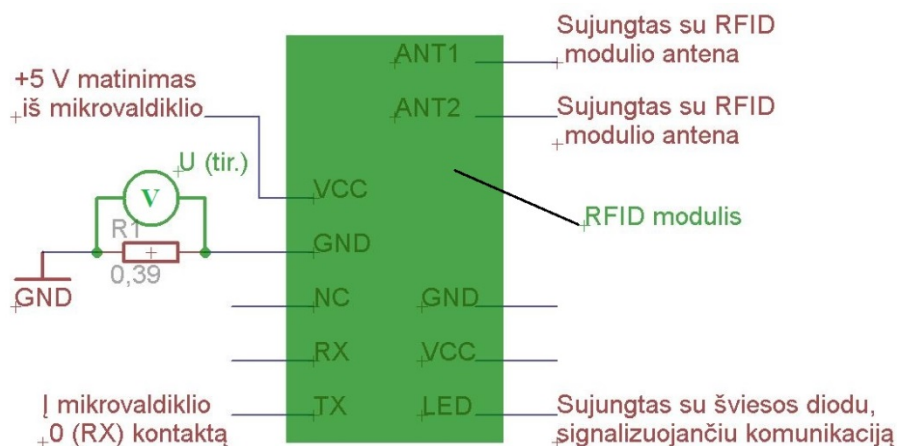


6.13 pav. RFID modulio energijos sąnaudų tyrimo standas: 1-0,39 Ω varža, 2-RFID modulio antena, 3-RFID modulis RDM630, 4-RFID žymekliai, 5-RFID kortelė, 6-mikrovaldiklis ATmega328.

Spynoje yra integruotas ATmega32u4 mikrovaldiklis, o šiame tyrime dėl pastarojo mikrovaldiklio techninio gedimo panaudotas ATmega328 mikrovaldiklis (mikrovaldiklio kontaktų schema – žr. 2 priedą). Abu paminėti mikrovaldikliai analogiškai apdoroja informaciją gautą iš RFID modulio, nes abu turi tą pačią TTL lygio RS232 vartotojo sąsają, todėl tai rezultatams nedaro įtakos (žr. 6.14 pav.).

Tyrimo metu iš asmeninio kompiuterio USB prievado mikrovaldikliui buvo tiekama 5 V nuolatinė srovė mikrovaldiklio maitinimui. Iš mikrovaldiklio 5 V kontakto pajungtas maitinimas RDM630 moduliui. Prie RFID modulio taip pat prijungta komunikacijai reikalinga antena. Mikrovaldiklio ir RFID modulio įžeminimo kontaktai sujungti per 0,39 Ω varžą tam, kad modulio eksploatacijos metu oscilografo kanalo kontaktus prijungus prie varžos būtų galima stebėti įtampos kritimą ant varžos. Mikrovaldiklis tyrimo metu duomenis apdorojo ir informaciją į nuoseklųjį

programinės įrangos monitorių perdavinėjo pagal jame įkeltą programą, kuri parašyta naudojant Arduino1.6.3 programinę įrangą (programos kodas – žr. 1 priedą).

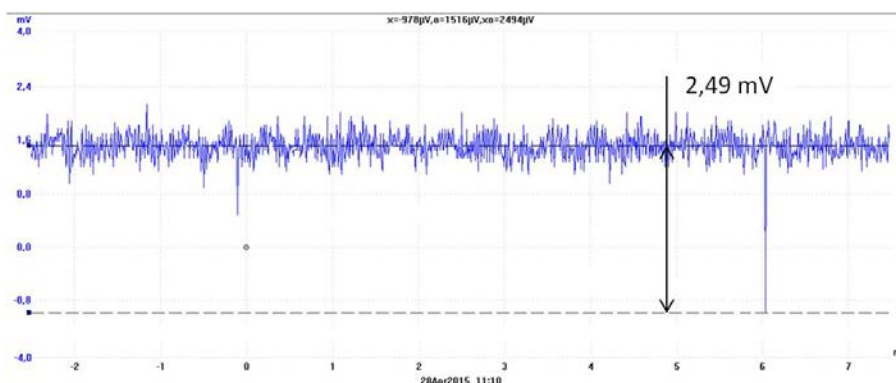


6.14 pav. Tyrimo elektrinė principinė schema

Siekiant tuo pačiu patikrinti RFID modulio komunikacijos galimybes, tyrimo metu komunikacijai užtikrinti naudota RFID kortelė ir du RFID žymekliai (kortelės ir žymeklių veikimo dažnis yra 125 kHz).

6.3.1. Tyrimo rezultatai

Tyrimo metu vienintelis pastebėtas skirtumas komunikacijai naudojant kortelę arba žymeklį buvo tai, kad naudojant kortelę galimas didesnis atstumas tarp kortelės ir RFID modulio antenos lyginant su atstumu kai yra naudojamas žymeklis, tačiau jis yra nežymus ir gautuose rezultatuose pastebimų pasikeitimų neįneša (žr. 6.15 pav.).

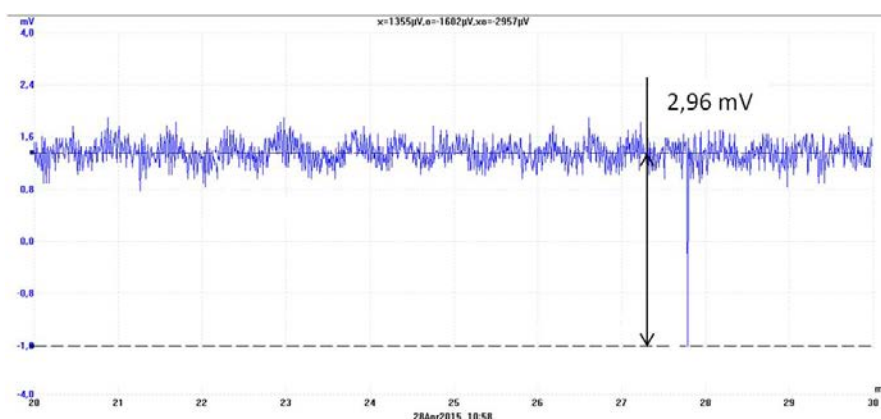


6.15 pav. Oscilograma gauta komunikacijai naudojant RFID žymeklį (tag)

Kaip matyti iš oscilogramos didžiausia užfiksuota įtampos viršūnė (peak), naudojant RFID žymeklį yra lygi 2,494 mV. Šis rezultatas gautas naudojant trigerį, kuris užfiksavęs atitinkamą

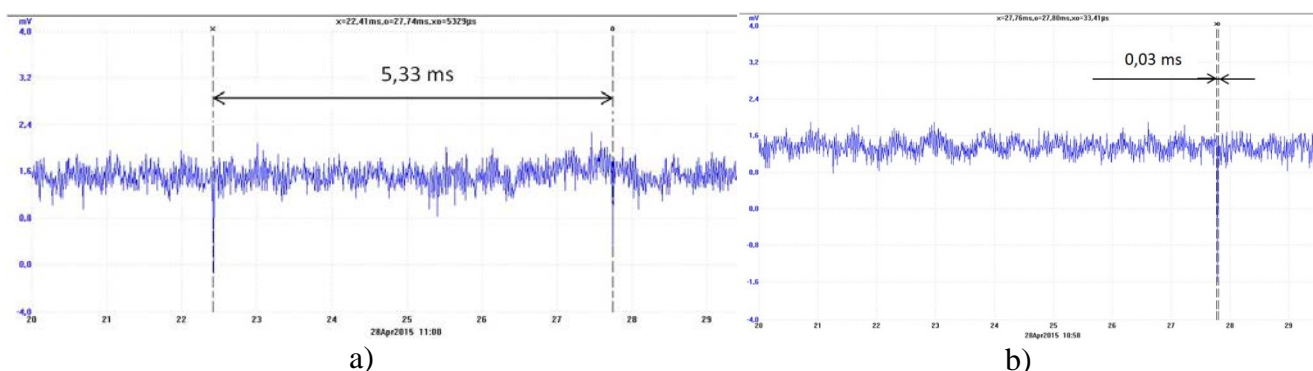
įtampos vertės pokytį pasirinktame intervale sustabdydavo rezultatų fiksavimą. Triggeris panaudotas siekiant kuo tikslesnių matavimo rezultatų, nes informacijos kitimo dažnis buvo didelis, informacijos perdavimo trukmė labai maža.

Komunikacijai naudojant RFID kortelę didžiausia užfiksuota įtampos vertė siekė 2,957 mV (žr. 6.16 pav.). Taigi skirtumas naudojant kortelę ar žymeklius nėra didelis, tačiau siekiant kuo mažesnių energijos sąnaudų vertėtų naudoti RFID žymeklius. Žymekliai turi mažesnę integruotą vidinę anteną negu esančios kortelėse, todėl būtina komunikacijos metu užtikrinti ne didesnę atstumą tarp antenos ir RFID žymeklio, negu atstumas nurodytas RFID modulio specifikacijoje (20 – 50 mm).



6.16 pav. Oscilograma gauta komunikacijai naudojant RFID kortelę

Esant rimties būsenai, kai komunikacija nevyksta, fiksuojamas pastovus 1,6 mV įtampos signalas. Įprastai bet kokiai užprogramuotai užduočiai atlikti mikrovaldikliui užtenka iš RFID modulio gauti vieną impulsą (persiūtą simbolių seką), bet RFID žymeklio nepašalinus iš apklausinėjimo zonos (atstumo, kuriame RFID modulis dar nuskaito RFID kortelę ar žymeklį), RFID modulis pakartotinai siunčia signalus į mikrovaldiklį (žr. 6.17 pav.).



6.17 pav. Oscilogramos teikiančios informaciją apie laiką tarp komunikacijos impulsų (a) ir komunikacijos trukmę (b)

Tyrimo metu išmatuota trukmė tarp RFID modulio signalų siuntimo yra lygi 5,329 ms, o komunikacijos trukmė, kurios metu RFID modulyje esantis mikrovaldiklis užkoduoja ir persiunčia simbolių seką į ATmega328 mikrovaldiklį, gauta lygi 0,033 ms. Komunikacijai naudojant RFID modulį didžiausia gauta įtampos vertė yra lygi 2,957 mV, tad jos metu sunaudojamos srovės dydis yra lygus:

$$I = \frac{U}{R} = \frac{2,957 * 10^{-3}}{0,39} = 7,582 \text{ mA} \quad (6.1)$$

6.4. Energijos sąnaudų tyrimų rezultatų apibendrinimas

Atlikus tyrimus su RFID bei „Bluetooth“ moduliais atlikti skaičiavimai, kuriuose įvertintas vienas sistemos eksploatacijos atveju.

Skaičiavimams naudoti duomenys:

- RFID komunikacijos trukmė, val. - $9,167 * 10^{-9}$;
- „Bluetooth“ komunikacijos trukmė, val. – 0,0015;
- Tyrimams naudoto imtuvo varža, Ω - 0,39;
- Laikotarpis, kai valdymo sistema yra rimties (pradinėje) būsenoje, val. – 23,98;
- Atliekamų ciklų skaičius, vnt. – 14.

„Bluetooth“ ir RFID modulių komunikacijos trukmės, kurios reikalingos spynos valdymui gautos iš tyrimų metu užfiksuotų oscilogramų. RFID modulio komunikacijos trukmė yra 163 tūkst. kartų trumpesnė „Bluetooth“ modulio komunikacijos trukmę (atitinkamai 0,033 ms ir 5,4 s). Atliekant skaičiavimus buvo priimta, kad spyną su viena iš valdymo sistemų žmogus eksploatuoja kasdien ir per parą atlieką vidutiniškai 14 ciklų (1 ciklas – vienas spynos užrakinimas arba atrakinimas). Laiko tarpas, kai valdymo sistema yra rimties būsenoje, apskaičiuotas atsižvelgiant į tai kiek laiko yra sugaištama valdymo metu. Skaičiavimuose taip pat įvertinta ir tai, kad „Bluetooth“ modulio užfiksuotos įtampos spyną atrakinant ar užrakinant skiriasi. Atlikus skaičiavimus gauti rezultatai (žr. 6.4 lent.)

Iš atliktų skaičiavimų matyti, kad tuo atveju, kai valdymo sistemų moduliai didžiąją eksploatacijos laiko dalį praleidžia būdami rimties būsenoje, o ne valdymo režime, reikia rinktis valdymo sistemą su „Bluetooth“ moduliu, kadangi tada yra sunaudojama 2,75 karto mažiau energijos. RFID valdymo sistemos komunikacijos trukmė yra itin maža, todėl valdymo metu yra sunaudojamas 54 mln. kartų mažesnis energijos kiekis lyginant su energijos sąnaudomis, kai RFID valdymo sistema yra rimties būsenoje.

6.4 lentelė. Energijos sąnaudų skaičiavimų rezultatai per parą, kai ciklų skaičius lygus 14

	U, mV	I, mA	P, mW	Energijos sąnaudos 1 ciklo metu, mWh	Energijos sąnaudos per parą, mWh	Suma, mWh
RFID sistema - rimties būseną	1,6	4,10	6,56		157,41	157,41
RFID sistema – komunikacijos režimas	2,96	7,58	22,42	$2,06 \cdot 10^{-7}$	$2,87 \cdot 10^{-6}$	
„Bluetooth“ sistema - rimties būseną	0,95	2,44	2,31		55,49	57,22
„Bluetooth“ sistema - komunikacija (užrakinimas)	6,04	15,49	93,64	0,140	0,98	
„Bluetooth“ sistema - komunikacija (atrakinimas)	5,25	13,46	70,65	0,106	0,74	

Siekiant atrastį lūžio tašką, kuriame abiejų sistemų energijos sąnaudos tampa beveik lygios, buvo didinamas ciklų skaičius ir atitinkamai mažinamas laikotarpis, kai valdymo sistema yra rimties (pradinėje) būsenoje. Lūžio taškas pasiektas, kai ciklų lygus 800, o laiko tarpas valdymo sistemai esant rimties būsenoje lygus 22,1 val. (žr. 6.5 lent.).

6.5 lentelė. Energijos sąnaudų skaičiavimų rezultatai per parą, kai ciklų skaičius - 800

	U, mV	I, mA	P, mW	Energijos sąnaudos 1 ciklo metu, mWh	Energijos sąnaudos per parą, mWh	Suma, mWh
RFID sistema - rimties būseną	1,6	4,10	6,56		149,66	149,66
RFID sistema – komunikacijos režimas	2,96	7,58	22,42	$2,06 \cdot 10^{-7}$	$1,64 \cdot 10^{-4}$	
„Bluetooth“ sistema - rimties būseną	0,95	2,44	2,31		52,76	151,33
„Bluetooth“ sistema - komunikacija (užrakinimas)	6,04	15,50	93,64	0,140	56,18	
„Bluetooth“ sistema - komunikacija (atrakinimas)	5,25	13,46	70,65	0,106	42,39	

IŠVADOS

1. Iš kelių spynos valdymo sistemų, naudojančių radijo bangų identifikacijos technologiją (RFID), parinkta valdymo sistema su mažomis energijos sąnaudomis ir jai sukurta mikrovaldiklio programa įgalino valdyti spyną.
2. Spynos eksploatacijos, naudojant RFID modulį, energijos sąnaudos per parą (157,4 mWh) yra 2,75 karto didesnės, lyginant su energijos sąnaudomis naudojant „Bluetooth“ modulį (57,2 mWh). Energijos sąnaudoms didelę reikšmę turi tai, kokią laiką tarpą valdymo sistemos praleidžia tiek rimties būsenoje, tiek ir komunikacijos režime. Abiejų valdymo sistemų energijos sąnaudos per parą tampa beveik lygios, esant tik gana dideliu valdymo ciklų skaičiui (800).
3. Suprojektuotos krumpliaratinės pavaros modelio konstrukcinis tvirtumas patikrintas „SolidWorks“ programiniu paketu, simuliuojant pavaros veikimą, kai kontaktuoja krumpliaštiebis su kreipiančiosiomis bei krumpliarachio krumpliais. Rezultatai parodė, kad pavara visapusiškai atlaiko apkrovas ir tinka eksploatacijai realiomis sąlygomis, nes maksimalūs įtempiai medžiagoje (0,04 MPa) neviršija plieno S235 takumo ribos (235 MPa). Palyginus pavaros elementų 3-ą gamybos metodų ir medžiagų sąnaudomų kaštus, jų gamybai pasirinktas lydžiosios masės formavimo metodas (FDM).

Rekomendacijos.

Sekančiame spynos prototipe reikia pakeisti korpuso medžiagą iš ABS plastiko į metalą tam, kad spyna pilnai atliktų savo funkciją, būtų tvirtos konstrukcijos. Beje, dėl pakeistos suprojektuotos krumpliaratinės pavaros būtina keisti krumpliaštiebio galinės padėties jutiklio padėtį, nes šiuo metu jis negali tinkamai funkcionuoti. Savaime suprantama sekančiame spynos prototipe pavaros detalės bus gaminamos iš S235 plieno, nes baigiamojo darbo metu susisiektu su įmonėmis, kurios turi gamybinį pajėgumą tai atlikti, žinomos siūlomos detalių gamybos kainos. Galutinėje produkto stadijoje spynos funkciniai elementai bus integruoti į vieną mikroschemą tam, kad būtų galima išvystyti didesnę produkto surinkimo spartą bei sumažinti klaidos tikimybę surinkimo metu.

LITERATŪRA

1. Mark Roberti. The History of RFID Technology. Iš RFID Journal [interaktyvus]. 2005, sausis [žiūrėta 2015-05-02]. Prieiga per internetą:
<http://www.rfidjournal.com/articles/view?1338/>
2. Autorius: Ricoh co LTD, Kawase Tsutomu, Nishizaki Yoshiaki, Yamaguchi Takahisa, Yamazaki Yukiko. Patent numeris: EP2722825. Publikacijos data: 2014-04-23. Prieiga per internetą:
<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=EP97168935&recNum=115&office=&queryString=bicycle+lock+rfid&prevFilter=&sortOption=Pub+Date+Desc&maxRec=962>
[žiūrėta 2014-12-18].
3. Patent numeris: US20140000322. Publikacijos data: 2014-01-02. Prieiga per internetą:
<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=US95757783&recNum=139&office=&queryString=bicycle+lock+rfid&prevFilter=&sortOption=Pub+Date+Desc&maxRec=962>
[žiūrėta 2014-12-18].
4. Autorius: Joe Mullis, James Robert Kruet. Patent numeris: WO2013142104. Publikacijos data: 2013-09-26. Prieiga per internetą:
<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=WO2013142104&recNum=191&office=&queryString=bicycle+lock+rfid&prevFilter=&sortOption=Pub+Date+Desc&maxRec=962>
[žiūrėta 2014-12-20].
5. Autorius: Huang Shan, Yang Lan, Wang Kai. Patent numeris: CN103770861. Publikacijos data: 2014-05-07. Prieiga per internetą:
<http://patentscope.wipo.int/search/en/detail.jsf?docId=CN97453012&recNum=2&office=&queryString=FP%3A%28Bicycle+lock+RFID%29&prevFilter=&sortOption=Pub+Date+Desc&maxRec=20> [žiūrėta 2014-12-20].
6. Ultravioletinių spindulių intensyvumą fiksuojantis pleistras. Prieiga per internetą:
https://www.medgadget.com/img/UV_skinpatch.JPG [žiūrėta 2015-01-24].
7. Josh Umbehr. Diagnostic Sensors Read By RFID-Enabled Cell Phones. Iš Medgadget [interaktyvus]. 2007, gegužė [žiūrėta 2015-01-24]. Prieiga per internetą:
https://www.medgadget.com/2007/05/diagnostic_sensors_read_by_rfidenabled_cell_phones.html.
8. 2005 ir 2007 metais įmonės „Hitachi“ sukurtos RFID mikroschemos. Prieiga per internetą:
<http://i.kinja-img.com/gawker-media/image/upload/s--9igxILM2--/18s0qspjvagmfjpg.jpg>
[žiūrėta 2015-01-24].

9. Haroon Malik. Hitachi Mocks Your Manhood, Makes World's Smallest RFID Chip. Iš gizmodo [interaktyvus]. 2007, spalio [žiūrėta 2015-01-24]. Prieiga per internetą:
<http://gizmodo.com/316002/hitachi-mocks-your-manhood-makes-worlds-smallest-rfid-chip>
10. Elaine Chow. Verayo RFID Chips Use "Electronic DNA" to Make Them "Unclonable". Iš gizmodo [interaktyvus]. 2008, rugsėjis [žiūrėta 2015-01-24]. Prieiga per internetą:
<http://gizmodo.com/5047082/verayo-rfid-chips-use-electronic-dna-to-make-them-unclonable>
11. Nokia 6216 SWP NFC mobilusis telefonas. Prieiga per internetą:
<http://www.technologijos.lt/upload/image/n/technologijos/gsm/S-13577/nokia-6216-nfc.jpg>
[žiūrėta 2015-01-24].
12. Sarah Clark. All new Nokia smartphones to come with NFC from 2011. Iš nfc world [interaktyvus]. 2010, birželis [žiūrėta 2015-01-24]. Prieiga per internetą:
<http://www.nfcworld.com/2010/06/17/33966/all-new-nokia-smartphones-to-come-with-nfc-from-2011/>
13. J. Dulevičius, V. Eidukynas, M. Liutkevičius ir kt. (2000). Mašinų elementai: skaičiavimas ir konstravimas. Kaunas: Technologija. 428 p.. ISBN9986-13-847-4.
14. Mikrovaldiklio SIL F330 kontaktų išdėstymas. Prieiga per internetą:
http://fa-tamariba.sakura.ne.jp/sblo_files/kousaku/image/F330.jpg [žiūrėta 2015-04-28].
15. Mikrovaldiklis SIL F330. Prieiga per internetą:
<https://www.flickr.com/photos/rkspics/9222701927/> [žiūrėta 2015-04-28].
16. Mikrovaldiklio SIL F330 specifikacija. Prieiga per internetą:
<https://www.silabs.com/Support%20Documents/TechnicalDocs/C8051F33x.pdf> [žiūrėta 2015-04-28].
17. Puslaidininkis įtampos reguliatorius NCP 1117. Prieiga per internetą:
http://www.adrirobot.it/datasheet/integrati/integrati_regolatori.htm [žiūrėta 2015-04-28].
18. Puslaidininkio įtampos reguliatoriaus NCP 1117 specifikacija. Prieiga per internetą:
<http://www.onsemi.com/PowerSolutions/product.do?id=NCP1117> [žiūrėta 2015-04-28].
19. Operacinis stiprintuvas LM358. Prieiga per internetą:
<http://www.ti.com/graphics/folders/partimages/LM358.jpg> [žiūrėta 2015-04-28].
20. Operacinio stiprintuvo LM358 specifikacija. Prieiga per internetą:
<http://www.ti.com/product/lm358?qgpn=lm358> [žiūrėta 2015-04-28].
21. RFID modulis RDM630. Prieiga per internetą:
http://img.dxcdn.com/productimages/sku_206725_1_small.jpg [žiūrėta 2015-04-30].

22. RFID modulis RDM630 specifikacija. Prieiga per internetą:
<http://www.seeedstudio.com/depot/datasheet/RDM630-Spec..pdf> [žiūrėta 2015-04-30].
23. Informacija apie „Bluetooth“ modulį. Prieiga per internetą:
<http://souloapz.wordpress.com/2012/11/16/wireless-serial-4-pin-bluetooth-rf-transceiver-module-backplane-rs232-v1-03/> [žiūrėta 2013-02-27].

PRIEDAI

1 PRIEDAS. RFID MODULIO RDM630 VALDYMO PROGRAMOS KODAS

```
#include <SoftwareSerial.h>
#define rxPin 4 //Priskiriami kontaktai komunikacijai užtikrinti
#define txPin 5
//Nustatomas komunikacijos kanalo pavadinimas
SoftwareSerial rfid = SoftwareSerial( rxPin, txPin );
//Priskiriami išėjimai
#define valdymas 12
#define sviesdiodis 13
//Nustatoma spynos valdymo trukmė
#define laikas 2
//Nurodomi registruotų RFID žymeklių identifikacijos kodai
char* allowedTags[] = {
    "870037FCF3",    //Žymeklis 1
    "00008DEC44",    //Žymeklis 2
    "00008E6E9C",    //Žymeklis 3
};
//Nurodomi atitinkamam asmeniui priklausantis žymeklis
char* tagName[] = {
    "Andriui",    //Žymeklis 1
    "Donatui",    //Žymeklis 2
    "Ainai",    //Žymeklis 3
};
//Patikrinamas autorizuotų žymeklių skaičius
int numberOfTags = sizeof(allowedTags)/sizeof(allowedTags[0]);
void setup() {
    pinMode(sviesdiodis, OUTPUT);
    digitalWrite(sviesdiodis, LOW);
    pinMode(valdymas, OUTPUT);
```

```

digitalWrite(valdymas, LOW);
Serial.begin(9600); //Aktyvuojamas komunikacijos kanalas
rfid.begin(9600); //Aktyvuojamas komunikacijos kanalas RFID moduliui
Serial.println("RFID modulis aktyvus");
}
void loop() {
  byte i = 0;
  byte val = 0;
  byte checksum = 0;
  byte bytesRead = 0;
  byte tempByte = 0;
  byte tagBytes[6];
  char tagValue[10];
  if((val = rfid.read()) == 2) { //pažymima kodo pradžia
    bytesRead = 0;
    while (bytesRead < 12) {
      val = rfid.read();
      // Užfiksuojamas nuskaitytas 1 žymeklio kodas
      if (bytesRead < 10)
      {
        tagValue[bytesRead] = val;
      }
      //Tikrinama ar kode yra randama kodo pradžios žymė
      if((val == 0x0D)|| (val == 0x0A)|| (val == 0x03)|| (val == 0x02)) {
        break;
      }
      //ASCII/HEX kodavimas
      if ((val >= '0') && (val <= '9')) {
        val = val - '0';
      }
      else if ((val >= 'A') && (val <= 'F')) {
        val = 10 + val - 'A';
      }
    }
    if (bytesRead & 1 == 1) {

```



```

tagBytes[bytesRead >> 1] = (val | (tempByte << 4));
if (bytesRead >> 1 != 5) {           //Jeigu randama kodo pradžios žymė,
    checksum ^= tagBytes[bytesRead >> 1]; //tada skaičiuojama suma.
};
} else {
    tempByte = val; //Išsaugoma kodo reikšmė
};
bytesRead++; //Pasiruošiama skaityti sekantį kodą
}
//Siunčiama informacija į nuoseklųjį monitorių
if (bytesRead == 12) {
    tagValue[10] = '\0';
    Serial.print("Žymeklis nuskaitytas: ");
    for (i=0; i<5; i++) {
        if (tagBytes[i] < 16) {
            Serial.print("0");
        }
        Serial.print(tagBytes[i], HEX);
    }
}

Serial.println();
Serial.print("Suma: ");
Serial.print(tagBytes[5], HEX);
Serial.println(tagBytes[5] == checksum ? " -- autorizuotas." : " -- neautorizuotas.");
//Rodomas žymeklio kodas
Serial.print("Žymeklio kodas: ");
Serial.println(tagValue);
//Duombazėje ieškomas registruotas žymeklio kodas
int tagId = findTag( tagValue );
//Jeigu randamas registruotas žymeklio kodas
if( tagId > 0 )
{
    Serial.print("Autorizuoto žymeklio ID ");
    Serial.print(tagId);
    Serial.print(": Atrakinama ");

```

```

        Serial.println(tagName[tagId - 1]);
        Atrakinimas();
    } else {
        Serial.println("Žymeklis neautorizuotas");
    }
    Serial.println();
}
bytesRead = 0;
}
}
void Atrakinimas() {
    digitalWrite(sviesdiodis, HIGH);
    digitalWrite(valdymas, HIGH);
    delay(laikas * 1000);
    digitalWrite(valdymas, LOW);
    digitalWrite(sviesdiodis, LOW);
}
//Registruoto žymeklio paieška duombazėje, paprogramė
int findTag( char tagValue[10] ) {
for (int thisCard = 0; thisCard < numberOfTags; thisCard++) {
    if(strcmp(tagValue, allowedTags[thisCard]) == 0)
    {
        return(thisCard + 1);
    }
}
//Jeigu žymeklis nerandamas
return(0);
}

```

2 PRIEDAS. MIKROVALDIKLIO ATMEGA328 KONTAKTŲ IŠDĖSTYMAS

