

Mestna občina Celje
Komisija mladi za Celje

**MOŽNOST UPORABE AMORTIZERJA ZA POLNJENJE BATERIJE
ELEKTRIČNEGA VOZILA**
RAZISKOVALNA NALOGA

ŠIFRA: 1820
LETNIK: 2 LETNIK

Celje, marec 2024

MOŽNOST UPORABE AMORTIZERJA ZA POLNJENJE BATERIJE
ELEKTRIČNEGA VOZILA
RAZISKOVALNA NALOGA

ŠIFRA: 1820
LETNIK: 2 LETNIK

Povzetek: Ideja za raziskovanje se je oblikovala iz iskanja načinov za pridobivanje električne energije iz do zdaj še neizkoriščenih virov energije na vozilih. Tako sva dobila idejo o amortizerju, ki ima zaradi neprestanega premikanja in sprejemanja velikih sil veliko neizkoriščene energije. Iskala sva način, kako pretvoriti to energijo v električno, in pomislila na uporabo magnetne indukcije. Raziskala sva, kako delujejo magneti, tuljave, različne elektronske komponente in vzmetenja avtomobilov ter koles. Opravila sva več poskusov, s katerimi sva nekatera najina predvidevanja potrdila, druge pa zavrnila. S tem znanjem sva sestavila vezje, ki omogoča uporabo sil amortizerja.

Ključne besede: amortizer, magnetna indukcija, tuljava, magnet

Summary: The idea evolved from finding ways to generate electricity from previously untapped energy sources on vehicles. So we came up with the idea of a shock absorber, which has a lot of unused energy due to the constant movement and reception of large forces. We needed a way to convert that energy into electricity, and we came up with the idea of using magnetic induction. We investigated how magnets, coils, various electronic components and suspensions of cars and bicycles work. We conducted several experiments that confirmed some of our theories and rejected others. With this knowledge, we built a circuit that allows us to use the shock absorber forces.

Keywords: shock absorber, magnetic induction, coil, magnet

Kazalo

1.	UVOD	1
1.1	ZAČETNA IDEJA	1
1.2	RAZISKOVALNO VPRAŠANJE	1
1.3	RAZISKOVALNE METODE	1
1.4	ORODJA IN PRIPOMOČKI	2
2.	TEORIJA	3
2.1	MAGNETI IN MAGNETNO POLJE	3
2.2	MAGNETNI PRETOK	4
2.3	ELEKTRIČNI IN IZMENIČNI ELEKTRIČNI TOK	4
2.4	MAGNETNA INDUKCIJA	5
2.5	SNOV V MAGNETNEM POLJU	6
2.6	VZMETENJE AVTOMOBILA	7
2.7	TRANSFORMATOR	9
2.8	GRAETZEV MOSTIČEK	10
3.	OSREDNJI DEL	11
3.1	PRVOTNE IDEJE	11
3.2	VEZJE REGENERATIVNEGA AMORTIZERJA	12
4.	POSKUSI	14
4.1	NAJUČINKOVITEJŠA POSTAVITEV MAGNETOV TER TULJAVE ZA INDUKCIJO 14	
4.2	VPLIV RAZDALJE MED MAGNETOM IN TULJAVO NA MAGNETNO INDUKCIJO 14	
4.3	MERITVE PREMIKANJA VZMETENJA NA AVTOMOBILU	16
5.	ANALIZA POSKUSOV	18
5.1	NAJUČINKOVITEJŠA POSTAVITEV MAGNETOV	18
5.2	VPLIV RAZDALJE NA MAGNETNO INDUKCIJO	19
5.3	MERITVE PREMIKANJA VZMETENJA NA AVTOMOBILU	20
6.	IZDELAVA PROTOTIPA	21
7.	KONČNA IDEJA	24
8.	KONČNI IZRAČUNI	25
9.	SKLEPI	25
10.	ZAKLJUČEK	27
	VIRI IN LITERATURA	28
	PRILOGE	29

Kazalo slik

Slika 1 Prikaz delovanja magneta v obliki črke U	3
Slika 2 Prikaz delovanja magneta	3
Slika 3: Graf izmeničnega toka.....	4
Slika 4: Nabiranje napetosti.....	5
Slika 5: Pozitivni in negativni sunek	6
Slika 6: Primer vzmetenja z dvojnima nosilcema	8
Slika 7: Primer vzmetenja z dvojnimi prečkami	8
Slika 9. Prikaz transformatorja	9
Slika 10: Prikaz Graetzevega mostička	10
Slika 11: Prikaz prvotne ideje	11
Slika 12: Prikaz druge ideje.....	11
Slika 13: Prikaz tretje ideje	11
Slika 14: Transformator	12
Slika 15: Graetzev mostiček.....	12
Slika 16: Kondenzator	12
Slika 17: Načrt vezja.....	13
Slika 18: Meritve s pripomočkom	15
Slika 19: Sprotne meritve	15
Slika 20: Voltmeter in tuljava	15
Slika 21: Vezje med ultrazvočnim senzorjem ter Arduinom.....	16
Slika 22: Nastavljanje razdalje med tuljavo in magneti.....	16
Slika 23: Program uporabljen za meritve.....	16
Slika 24 postavitev med poskusom	16
Slika 25: pot avtomobila med poskusom	17
Slika 26: Primer meritve	19
Slika 27: Graf rezultatov	20
Slika 28: Prikaz meritev	18
Slika 29: Prikaz rezultatov meritve	20
Slika 30: PVC cev za tuljavo	21
Slika 31: Končni izgled tuljave	21
Slika 32: Izdelava tuljave.....	21
Slika 33: Vijak z magneti	21
Slika 34: Uporaba Graetzevega mostička	22
Slika 35: Končni izgled prototipa	22
Slika 36: Prikaz vezja prototipa	22
Slika 37: Testiranje s prototipom	22
Slika 38: Prikaz meritev prototipa	23
Slika 39: Skice o poteku silnic in izbira števila magnetov	24
Slika 40: Prikaz učinkovitosti posebnih zlitin	25
Slika 41: Prikaz učinkovitosti jekla.....	25
Slika 42: Meritev učinka razdalje 1mm	29
Slika 43: Meritev učinka razdalje 3mm	29
Slika 44: Meritev učinka razdalje 5mm	30
Slika 45: Meritev učinka razdalje 7mm	30
Slika 46: Meritev učinka razdalje 10mm	31

Slika 47: Meritev učinka razdalje 15mm	31
Slika 48: Meritev učinka razdalje 20mm	32
Slika 49: Meritev učinka razdalje 30mm	32
Slika 50: Meritev učinka različnih dolžin verige magnetov.....	33
Slika 51: Meritev testiranja prototipa	33
Slika 52: Meritve učinkovitosti magnetne indukcije	34

1. UVOD

1.1 ZAČETNA IDEJA

Ideja za raziskovalno nalogo se je začela razvijati iz preprostega vprašanja, in sicer kako bi avtomobili lahko pridobili energijo, da bi bili učinkovitejši. Po razmisleku sva ugotovila, da je edina zunanja sila, ki sama po sebi gibanja ne zavira, sila podlage (tal) na vozilo. Pri nekaterih kolesih in pri avtomobilih je učinek te sile ublažen z uporabo amortizerja. Tako sva dobila idejo, da bi lahko gibanje vzmetenja uporabili kot način pridobivanja električne energije. Najbolj smiseln način za to se je zdela magnetna indukcija, ki je posledica spreminjanja magnetnega pretoka skozi tuljavo.

Po pregledu obstoječih rešitev sva ugotovila, da so to težavo že reševali na MIT. Študentje so izdelali prototip amortizerja s hidravličnim sistemom, ki potiska tekočino skozi turbino, pritrjeno na generator. Aktivni elektronski sistem blaženja umirja vožnjo vozila in proizvaja elektriko, ki polni baterijo ali napaja električno opremo. Njihovo testiranje je pokazalo, da bi lahko vsak od šestih amortizerjev v težkem tovornjaku ustvaril do 1 kW moči pri vožnji po standardni cesti. (Herb, 2009)

Na neizkoriščeno energijo amortizerja sva pomislila tudi midva, a sva si rešitev zamislila drugače. Idejo sva najprej razvijala za uporabo na električnih kolesih, a sva ob koncu poskusov ugotovila, da bi bila verjetno smiselnejša uporaba v električnih avtomobilih. Predpostavljava, da amortizerji avtomobilov prepotujejo daljšo razdaljo, sprejemajo večje sile, hkrati pa jih je več kot pri kolesu. Dodatna masa najinega mehanizma bi imela manjši vpliv na avtu kot pri kolesu. Začetno idejo rabe na kolesih sva zato dopolnila in raziskovala možnost uporabe tudi pri avtomobilih.

1.2 RAZISKOVALNO VPRAŠANJE

Zastavila sva si raziskovalno vprašanje, ki naju je vodilo skozi vse poskuse:

Ali lahko z magnetno indukcijo preko gibanja vzmetenja proizvedemo in shranimo dovolj električne energije, da z njo podaljšamo doseg električnega vozila (kolesa ali avtomobila)?

1.3 RAZISKOVALNE METODE

Ker je najino raziskovanje temeljilo predvsem na optimizaciji uporabe fizikalnega koncepta v praksi, sva večinsko uporabljala le dve metodi raziskovanja:

- Sistematični pregled literature – metoda, s pomočjo katere sva se učila o fizikalnih zakonitostih, ki sva jih potrebovala za izvedbo poskusov in razumevanja rezultatov. Ugotovitve najinih poskusov sva poskušala povezati s teoretičnimi napovedmi ter tako prišla do ključnih sklepov.
- Eksperiment – čim več svojih idej sva poskusila eksperimentalno preveriti. Tako sva dobila natančne podatke o delovanju in s tem ovrgla ali potrdila svoja predvidevanja.

1.4 ORODJA IN PRIPOMOČKI

Za najino raziskovanje sva uporabila naslednja programska orodja:

Google Drive je okolje, ki vsebuje urejevalnik dokumentov, ustvarjanje elektronskih prosojnic in ustvarjanje map za odlaganje dokumentov. Zaradi enostavnosti omogoča hitro deljenje ter shranjevanje dokumentov s pomočjo mobilnih naprav in računalnika.

Office 365 je okolje za urejanje dokumentov, ki ga je razvilo podjetje Microsoft. Paket vsebuje urejevalnik besedil, načrtovalec dogodkov, izdelavo elektronskih prosojnic, hrambo dokumentov itd. Pripomoček sva uporabila za pisanje raziskovalne naloge in deljenje ter shranjevanje dokumentov.

Fusion 360 je inovativen program za oblikovanje in načrtovanje, ki združuje močne funkcije 3D modeliranja, CAD (računalniško podprto načrtovanje), CAM (računalniško podprto oblikovanje) in CAE (računalniško podprto inženirstvo) v enem integriranem paketu. Ta program omogoča inženirjem, oblikovalcem in ustvarjalcem, da ustvarjajo kompleksne 3D modele, jih analizirajo, optimizirajo ter nato izdelajo prototipe in končne izdelke.

PrusaSlicer je napreden program za pripravo modelov za 3D tiskanje, razvit s strani priznanega podjetja Prusa Research. Omogoča enostavno pretvorbo 3D modelov v datoteke, ki so pripravljene za tiskanje na 3D tiskalnikih. S svojimi naprednimi funkcijami omogoča prilagajanje nastavitev tiskanja, kot so hitrost tiskanja, debelina plasti, polnjenje in podpora, kar omogoča uporabnikom optimizirati proces tiskanja glede na njihove potrebe. *PrusaSlicer* je znan po svojem uporabniku prijaznem vmesniku in visoki zanesljivosti, zaradi česar je priljubljena izbira med uporabniki 3D tiskalnikov.

GIMP (GNU Image Manipulation Program) je brezplačen in odprtokoden program za urejanje slik, ki ponuja široko paleto funkcij za oblikovanje, retuširanje in manipulacijo slik. Z uporabo programa GIMP lahko uporabniki izvajajo različne operacije, kot so retuširanje napak, prilagajanje barv, ustvarjanje digitalnih ilustracij, oblikovanje grafičnih elementov itd.

Tinkercad Circuits je del priljubljenega spletnega programa *Tinkercad*, ki uporabnikom omogoča oblikovanje, risanje in simulacijo elektronskih vezij na enostaven in intuitiven način. S pomočjo različnih elektronskih komponent kot so upori, kondenzatorji, tranzistorji in drugi, lahko uporabniki ustvarijo in preizkusijo svoje vezje ne da bi ga dejansko sestavili v fizični obliki. *Tinkercad Circuits* omogoča simulacijo delovanja vezja, preverjanje njegovega delovanja in odpravljanje morebitnih težav, kar omogoča uporabnikom hitro integriranje in optimizacijo njihovih elektronskih projektov. Ta funkcionalnost omogoča inženirjem, študentom in ustvarjalcem, da se naučijo osnov elektronike in razvijejo svoje spretnosti na področju oblikovanja vezij.

2. TEORIJA

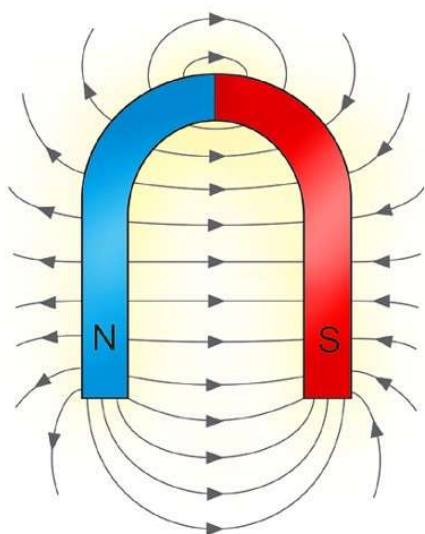
2.1 MAGNETI IN MAGNETNO POLJE

Magnetizem je ena od temeljnih lastnosti narave, ki izvira iz gibanja električnega naboja. Poznamo:

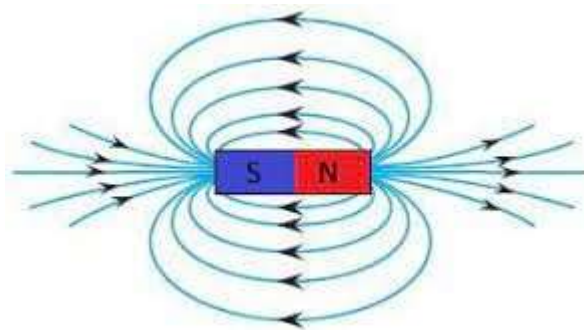
- stalne magnete– naravno namagnetene kose magnetita in
- permanentne magnete– umetno narejene magnete kot so feritna keramika, neodimski magneti ...

Ti učinkujejo na daljavo s silo na druge magnete ali železo in njemu podobne (feromagnetne) snovi. Vsak magnet ima dva pola: severnega (po dogovoru kaže proti geografskemu severu, kadar je magnet prosto vrtljiv okoli navpične osi) in južnega. Magnetni poli iste vrste se med seboj odbijajo, nasprotni magnetni poli pa se privlačijo.

Prostor, v katerem na magnet učinkuje magnetna sila, imenujemo magnetno polje. Če so silnice ravne in med seboj vzporedne, je polje v vseh točkah enako – tako po velikosti, kot po smeri – to poimenujemo homogeno magnetno polje. Tako magnetno polje med drugim nastane med krakoma podkvastega magneta.



Slika 1 Prikaz delovanja magneta v obliki črke U



Slika 2 Prikaz delovanja magneta

Magnetno polje lahko ponazorimo z magnetnimi silnicami. Te so usmerjene in jih po dogovoru usmerimo od severnega proti južnemu polu magneta – severni pol je izvir, južni pa ponor silnic magnetnega toka v magnetnem polju izven magneta.

(Hribar, 2001) ter (Mohorič in Babič, 2007)

2.2 MAGNETNI PRETOK

$$\Phi = B \cdot S' = B \cdot S \cdot \cos\varphi$$

Magnetni pretok Φ skozi izbrano ploskev je definiran kot produkt med velikostjo ploskve in komponento gostote magnetnega polja, ki je pravokotna na ploskev. Magnetni pretok skozi ploskev je povezan z gostoto in smerjo magnetnega polja na tej ploskvi. Njegov predznak je odvisen od smeri, v kateri silnice prebadajo ploskev. Če je ploskev položena vzdolž silnic magnetnega polja (takrat je njena normala pravokotna na silnice), je magnetni pretok skozi njo enak nič.

(Hribar, 2001) ter (Mohorič in Babič, 2007)

2.3 ELEKTRIČNI IN IZMENIČNI ELEKTRIČNI TOK

Električni tok je usmerjeno gibanje nosilcev električnega naboja. Električni tok skozi ploskev definiramo s kvocientom naboja, ki se prenese skozi ploskev, in časa, v katerem se ta naboj prenese: $I = \frac{\Delta e}{\Delta t}$

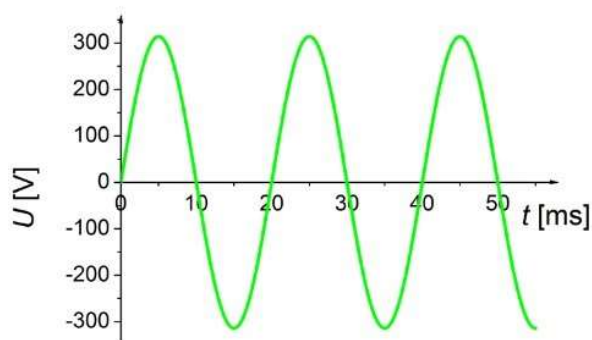
Izrazimo ga z enoto amper (A).

Smer toka je enaka smeri gibanja nosilcev pozitivnega naboja oziroma kaže nasprotno od smeri gibanja negativnega naboja. Tok v snovi omogočajo gibljivi delci naboja. V večini trdnih snovi so to elektroni, v plinih elektroni in kationi, v kapljevinah ioni, ki nastanejo z razcepom ionskih vezi v molekulah. Neurejeno, termično gibanje elektronov prenaša toploto, urejeno gibanje pa električni tok. Ta nastane, ko v kovini ustvarimo električno polje tako, da z roba kovine s pozitivnim priključkom vira napetosti v kovino pobiramo elektrone. Z negativnim priključkom vira napetosti v kovino dovajamo elektrone. Tok je večji, če se hkrati z večjo hitrostjo usmerjeno premika večje število nosilcev naboja.

Kvocient električnega toka in ploščine preseka, skozi katerega se pretaka, je gostota električnega toka: $j = \frac{I}{S}$

Od gostote električnega toka je odvisen učinek električnega toka.

Izmenični električni tok je električni tok, pri katerem električni naboj ne poteka vedno v isto smer, pač pa se smer gibanja naboja periodično spreminja oz. niha. Izmenični



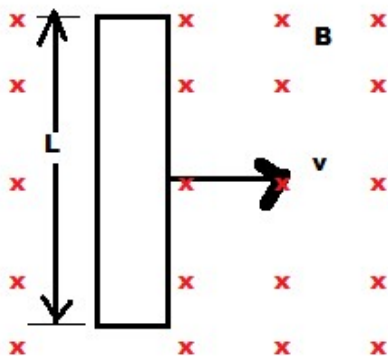
Slika 3: Graf izmeničnega toka

električni tok teče skozi električne porabnike, ki so priključene na vir izmenične napetosti. Gospodinjstva imajo v vtičnicah izmenično električno napetost, ker se ta uporablja v električnem omrežju zaradi učinkovitejšega prenosa električne energije na velike razdalje.

(Hribar, 2001) ter (Mohorič in Babič, 2007)

2.4 MAGNETNA INDUKCIJA

Če giblremo vodnik skozi magnetno polje, ustvarimo napetost med koncema vodnika. Toka v vodniku ni, razen na začetku, ko se naboji še nabirajo na koncih vodnika. To se zgodi zaradi magnetne sile na nabite delce, ki se gibljejo prečno na silnice magnetnega polja. Ta sila potiska elektrone vzdolž vodnika, zato se na enem koncu nabira negativen, na drugem pa pozitiven električni naboj. To napetost imenujemo inducirana napetost.



Slika 4: Nabiranje napetosti

Za izračun jakosti električnega polja v vodniku množimo hitrost premikanja vodnika z gostoto magnetnega polja. Enačba velja le, če se vodnik giblje pravokotno na silnice magnetnega polja. Če to jakost pomnožimo z osnovnim nabojem, dobimo velikost magnetne sile na elektron. Če jakost električnega polja pomnožimo z dolžino vodnika, pa izračunamo inducirano napetost med koncema vodnika.

$$E = v \cdot B$$

$$U_i = l \cdot v \cdot B$$

$$F = e \cdot v \cdot B$$

Da bi lahko z induciranim tokom poganjali in napajali električni porabnik, bi se morali vodniki neprestano premikati. Če se vodnik ustavi, se s tem preneha tudi inducirana napetost, posledično se ustavi tudi električni tok.

Indukcijski zakon ali Faradayev zakon pravi, da lahko izračunamo napetost med koncema vodnika iz magnetnega pretoka s spodnjo formulo.

$$\Delta\Phi_m = l \cdot v \cdot B \cdot \Delta t \rightarrow U_i = - \frac{\Delta\Phi_m}{\Delta t}$$

Negativni predznak je posledica Lenzovega pravila, ki določa, da inducirana napetost poganja tok v taki smeri, da magnetno polje tega toka skuša ohraniti prvotni magnetni pretok.

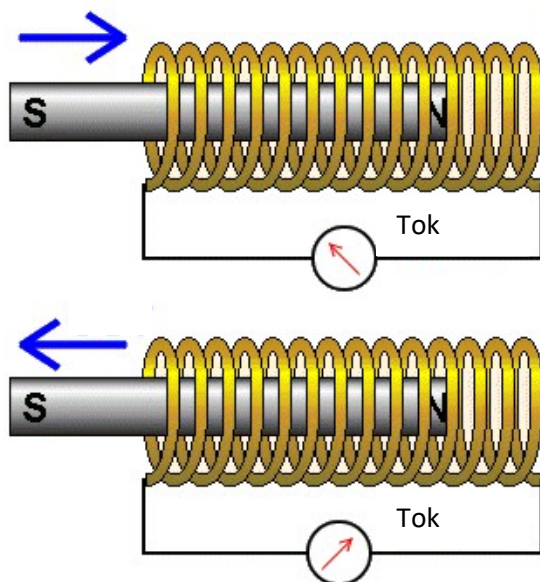
Inducirana napetost se pojavi ob vsaki spremembi magnetnega pretoka skozi zaključeno zanko. Spremembe v magnetnem pretoku nastanejo ob spreminjanju velikosti in orientacije zanke, glede na silnice magnetnega polja.

Če se magnetni pretok spreminja enakomerno, je inducirana napetost stalna. Ena od možnosti za tako spremembo je npr. enakomerno povečevanje ali zmanjševanje tokovne zanke.

Indukcijski zakon lahko zapišemo tudi v obliki: $U_i \cdot \Delta t = -\Delta\Phi_m$

Količina na levi je strani enačbe sunek inducirane napetosti, ki ga za stalno napetost izračunamo kot produkt inducirane napetosti in časa trajanja. Če se napetost s časom spreminja, lahko določimo sunek napetosti s ploščinskim pravilom.

Če tuljavo potisnemo skozi pola paličastega magneta s stalno hitrostjo, dobimo pozitivni sunek napetosti ob vstopu in negativni sunek napetosti ob izstopu iz magnetnega polja. Pozitivni in negativni sunek sta si nasprotno enaka.



Slika 5: Pozitivni in negativni sunek

(Hribar, 2001), (Mohorič in Babič, 2007) in (OpenProf)

2.5 SNOV V MAGNETNEM POLJU

Magnetno polje povzroči v snovi spremembe zaradi magnetnih lastnosti gradnikov snovi – atomov. Te si lahko predstavljamo kot tokovno zanko oz. magnet z diploidnim momentom, ki je posledica gibanja nabitih delcev v atomu. Če si atom predstavljamo kot pozitivno jedro, okoli katerega se gibljejo elektroni, prestavlja to gibanje tokovno zanko, okoli katere se vzpostavi magnetno polje. Magnetna polja, ki jih utvarjajo elektroni, se lahko med seboj oslabijo.

Če kos snovi postavimo v prostor z gostoto B_0 , se zaradi medsebojnega vpliva zunanjega magnetnega polja in magnetnimi polji posameznih atomov magnetno polje v snovi in njeni bližnji okolici nekoliko spremeni. To spremembo izrazimo s kvocientom

med gostoto magnetnega polja v snovi B in gostoto polja na istem mestu, če snovi ni. Vpeljemo permeabilnost snovi: $\mu = \frac{B}{B_0}$.

Po odzivu na magnetno polje snovi razdelimo na:

- Diamagnetne ($\mu < 1$): Pojav diamagnetizma nastane, ko se osnovni gradniki snovi v zunanjem magnetnem polju orientirajo tako, a so silnice njihovega magnetnega polja usmerjene nasprotno od silnic zunanjega magnetnega polja. Gostota magnetnega polja je zato nekoliko manjša, kot bi bila v praznem prostoru. Pojav je posledica gibanja elektronov, a ni izrazit, zaradi česar je permeabilnost diamagnetne snovi le nekoliko manjša od 1. V nehomogenem magnetnem polju deluje sila na diamagnetne snovi v vse smeri, v katere se magnetno polje razredči.
- Paramagnetne ($\mu \geq 1$): Pojav paramagnetizma nastane, ko se magnetno polje nekoliko zgosti zaradi delno urejenih magnetnih momentov v smeri silni zunanjega magnetnega polja in magnetnih momentov gradnikov paramagnetne snovi. Permeabilnost take snovi je malo večja od 1. V nehomogenem magnetnem polju deluje na paramagnetne snovi sila v smeri, v kateri se polje zgosti.
- Feromagnetne ($\mu \gg 1$): Pojav feromagnetizma se zgodi ob močnem povečanju gostote magnetnega polja v snovi. Če telo postavimo v zunanje magnetno polje, se v smeri silnic tega polja obrnejo momenti celotne domene, ki je gruča lokalno urejenih magnetnih momentov, s čimer dobimo močno ojačan paramagnetni pojav. Za razliko od paramagnetnih snovi, ki se razmagnetijo takoj, ko jih vzamemo iz magnetnega polja, ostanejo pri feromagnetnih snoveh domene delno orientirane v smeri, v katero je kazalo zunanje magnetno polje. Feromagnetne snovi lahko zato namagnetimo, razmagnetimo pa jih s postavljanjem v nasprotno usmerjeno magnetno polje ali pa jih močno segrejemo.

(Hribar, 2001) ter (Mohorič in Babič, 2007)

2.6 VZMETENJE AVTOMOBILA

Vzmetenje avtomobila skrbi, da imajo med vožnjo kolesa stalen stik s tlemi. Hkrati oblaži vplive različnih izboklin ter lukenj na cestišču za čim bolj udobno vožnjo potnikov. Glavni sestavni deli vzmetenja avtomobila so vodilni elementi, elastični elementi, amortizerji ali blažilci, stabilizacijske palice, pritrdilni elementi. Za najino raziskovalno nalogo so pomembni elastični elementi ter amortizerji. Nekatera modernejša vozila lahko uporabljajo zračno vzmetenje, ki deluje na nekoliko drugačnih pristopih. Avtomobili imajo torej več vrst vzmetenja, a oboje, vzmetenje s klasično vzmetjo ter zračno vzmetenje, ima nekakšno obliko amortizerja.



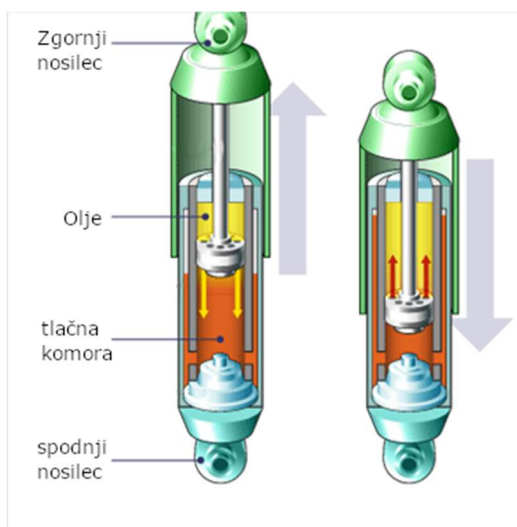
Slika 7: Primer vzmetenja z dvojnimi prečkami



Slika 6: Primer vzmetenja z dvojnima nosilcema

Elastični elementi služijo kot blažilnik med avtomobilom ter neenakomernim cestiščem. Elastični elementi so najpogostejše vijačne vzmeti, torzijske vzmeti, listnate vzmeti itd.

Amortizer je mehanska ali hidravlična naprava, zasnovana za absorpcijo in blaženje udarnih impulzov. Kinetično energijo udarca največkrat pretvori v toploto, ki se nato razprši. Sam amortizer ne blaži udarca kolesa, saj je to delo vzmeti. Amortizer preprečuje prekomerno gibanje vzmeti ter blaženje nihanja vzmeti, kar prepreči poskakovanje avtomobila. To je nevarno, saj lahko povzroči izgubo oprijema kolesa s podlago in posledično izgubo nadzora nad vozilom. Amortizer to doseže s premikanjem bata z ventili skozi olje, ki posledično povzroča upor ter s tem upočasni gibanje vzmeti. Amortizer se nahaja znotraj vzmeti, in sicer eden pri vsakem kolesu. Poznamo več vrst amortizerjev, a vsi delujejo na zelo podoben način in imajo enako nalogo: odvajajo kinetično energijo, ki jo največkrat pretvorijo v notranjo, kar predstavlja segrevanje, drugače zapisano – izgube. To energijo bi želela uporabiti v najinem izdelku.



(Avtotachki), (Zhagar, 2022) in (Airride)

2.7 TRANSFORMATOR

Transformator je naprava, ki se uporablja za prenos električne energije med različnimi napetostmi. Deluje na osnovi elektromagnetne indukcije in je sestavljen iz dveh ali več navitih tuljav – primarni in sekundarni navitki –, ki so med seboj navadno izolirani.

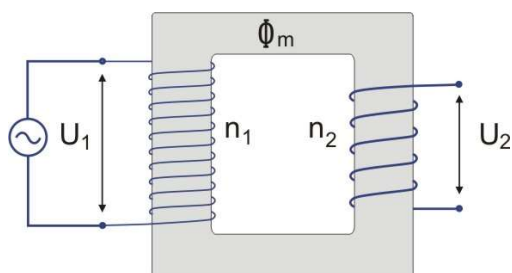
Deluje na podlagi naslednjih principov:

- Primarna stran – električni vir, kot je na primer električno omrežje, napaja primarno tuljavo z izmeničnim električnim tokom. To ustvari spreminjajoče se magnetno polje v jedru transformatorja.
- Indukcija – spreminjajoče se magnetno polje v jedru povzroči inducirano napetost v sekundarni tuljavi transformatorja.
- Izhodna napetost – ta inducirana napetost v sekundarni tuljavi je odvisna od števila navojev v primarni in sekundarni tuljavi. Če je število navojev na sekundarni tuljavi večje od števila ovojev primarne tuljave, se ustvari izhodna napetost, ki je večja od vhodne napetosti, in obratno.
- Ohranjanje energije – idealni transformator deluje na principu ohranjanja energije, pri čemer je moč na izhodu enaka moči na vходу. Pri realnem transformatorju moramo upoštevati še izgube zaradi upornosti žic in jedra ter drugih faktorjev.

Uporaba transformatorjev:

Transformatorji se uporabljajo na različnih mestih, vključno z distribucijskimi omrežji za prenos električne energije na različne napetosti. Prav tako se uporabljajo v napajalnih adapterjih za prilagajanje napetosti električnih naprav. Veliki transformatorji se uporabljajo tudi v industriji, na primer v električnih generatorjih in motorjih za regulacijo napetosti in pretoka električne energije.

(Hribar, 2001) ter (Mohorič in Babič, 2007)



Slika 8. Prikaz transformatorja

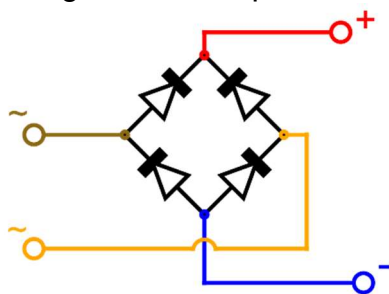
2.8 GRAETZEV MOSTIČEK

Graetzov mostiček je elektronska naprava, ki se uporablja za pretvarjanje izmenične napetosti (AC) v enosmerno napetost (DC). Sestavljen je iz štirih diod, ki so povezane v mostiščno vezje.

Deluje na podlagi naslednjih principov:

- Vhodna izmenična napetost – izmenična napetost, ki jo dobimo iz vira, napaja vhod Graetzovega mostička.
- Diodni mostiček – štiri diode v mostičku omogočajo usmeritev polovičnih valov izmenične napetosti tako, da se pretvorijo v enosmerno napetost.
- Usmerjanje toka – med pozitivnimi polovičnimi valovi ene faze je ena dioda vodilna, medtem ko sta drugi diodi izključeni. Med negativnimi polovičnimi valovi se vodilnost prenese na drugi par diod.
- Izhodna enosmerna napetost – po prehodu skozi Graetzov mostiček se izmenična napetost pretvori v enosmerno napetost na izhodu, kar omogoča uporabo v enosmernih električnih napravah.

Graetzov mostiček je ključna komponenta v enosmernih napajalnih enotah, polnilnih vezjih in drugih aplikacijah, v katerih potrebujemo pretvorbo izmenične napetosti v enosmerno napetost za napajanje električnih naprav. Ta preprost, a učinkovit princip omogoča široko uporabo v elektronskih sistemih.



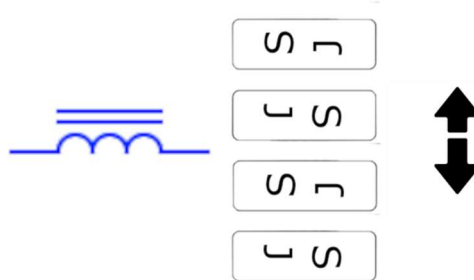
Slika 9: Prikaz Graetzovega mostička

3. OSREDNJI DEL

3.1 PRVOTNE IDEJE

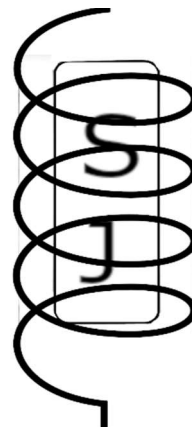
Po pregledu literature in teorije raziskovalnega področja sva dobila nekaj idej, kako bi regenerativni amortizer lahko deloval. Začela sva s tremi idejami: pri dveh bi se magneti premikali linearno s tuljavo, pri tretji pa bi se vrteli.

Prva ideja je vključevala tuljave s feromagnetnim jedrom, ki so postavljene pravokotno na magnetne, ti pa se premikajo ob tuljavah gor in dol. V vrsti bi imeli več magnetov, ki se jim orientacija izmenjuje. S tem bi lahko proizvajala elektriko tudi pri večjih premikih vzmetenja. A več magnetov pomeni, da so stroški višji in tudi povečajo maso amortizerja. Ta ideja ima tudi omejitve zaradi oblike, saj jo je težko uresničiti v valjasti strukturi večine avtomobilskih vzmeti.



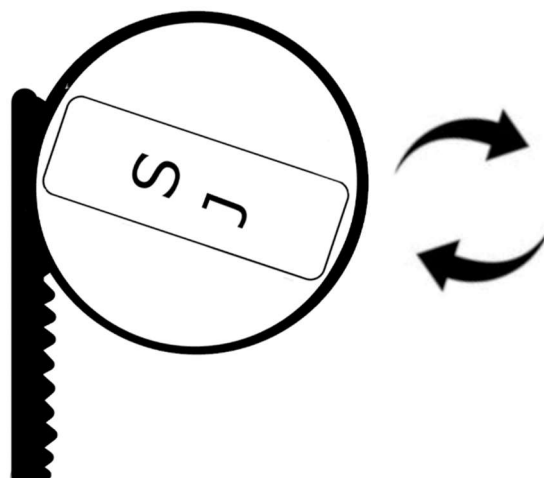
Slika 10: Prikaz prvotne ideje

Druga ideja je vključevala eno tuljavo in magnetne. Magnetni bi se premikali čez sredico tuljave. Pri tej ideji sva že od začetka pričakovala najboljše izkoristke energije, a je pri tovrstnem sistemu izdelava prototipa težja. Tuljava mora biti namreč čim bližje magnetu, kar pomeni, da je velika verjetnost, da bi morala tuljavo izdelati sama.



Slika 11: Prikaz druge ideje

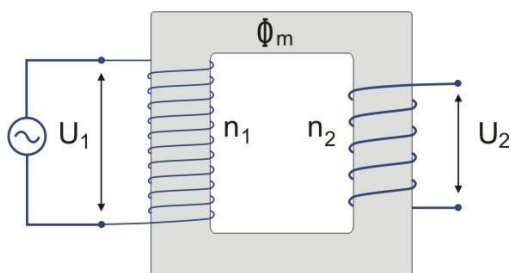
Tretja ideja bi pretvorila linearno gibanje v rotacijo magnetov, ki so v tuljavi. Menila sva, da bi bil izkoristek še vedno dovolj velik, a sva imela pomisleke, povezane s trpežnostjo materiala, ki bi moral zdržati velike in hitre spremembe hitrosti ter smeri gibanja. Zaradi strahu pred mehanskimi težavami in težavami pri izdelavi prototipa sva se odločila, da takšnega sistema ne bova preizkušala.



Slika 12: Prikaz tretje ideje

3.2 VEZJE REGENERATIVNEGA AMORTIZERJA

Naslednje področje ki sva ga raziskovala, je električno vezje. Potrebovala sva vezje, ki bi lahko polnilo baterijo avta. Najprej sva pregledala literaturo in ugotovila, da pri indukciji v tuljavi nastaja izmenični električni tok. To je bilo za naju popolno, saj bi lahko takoj za tuljavo postavila transformator, ki za delovanje potrebuje izmenični tok. Transformator bi uporabili za povišanje napetosti, saj električni avtomobili trenutno uporabljajo baterije z napetostjo 400 V. Transformator bi uporabila za dvig napetosti nad to prag napetost baterije, a bi se posledično precej zmanjšal električni tok. Preveriti sva morala, kateri transformator bi bil najustreznejši za najin prototip.

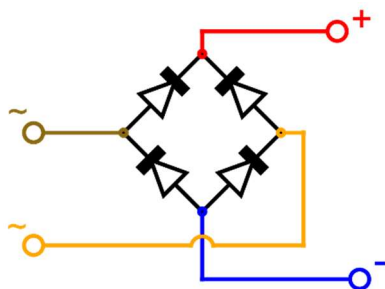


Slika 13: Transformator

Za transformatorjem bi uporabila Graetzev mostiček. Graetzev mostiček uporabi štiri diode, da pretvori izmenični tok v enosmerni tok s čim manjšimi izgubami. Če bi gledali napetost na grafu, bi videli, kako nastaneta namesto enega pozitivnega in enega negativnega skoka napetosti dva posamezna pozitivna skoka. To je nujna komponenta vezja, saj lahko baterijo polni samo enosmerni električni tok.

Za Graetzevim mostičkom bi vzporedno vezala kondenzator in baterijo avta. Kondenzator je zelo učinkovit, saj upočasni padanje napetosti med dvema vrhovoma. Pri stalnem premikanju vzmetenja bi to preprečilo visoke vrhove in strme padce napetosti in tako zagotovilo bolj stalno vir za polnjene baterije.

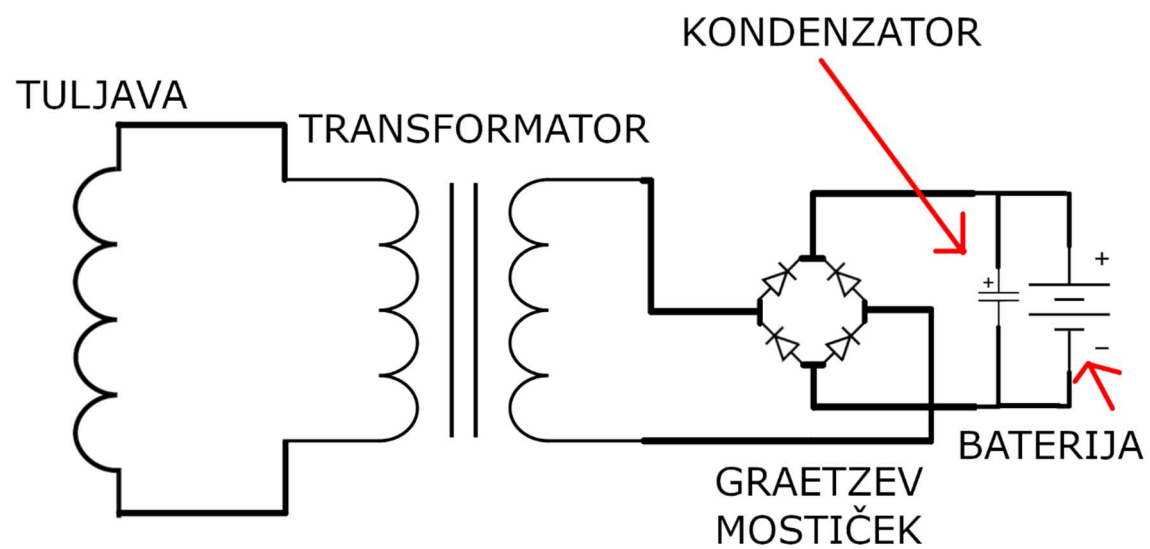
(Ling, Moebs in Sanny v Openstax, 2016)



Slika 14: Graetzev mostiček



Slika 15: Kondenzator



Slika 16: Načrt vezja

4. POSKUSI

Med letom sva opravila veliko poskusov, s katerimi sva spoznala delovanje posamezne komponente najinega vezja. Preverila sva, kako deluje Graetzev mostiček, ki ga lahko uporabiva za pretvorbo izmeničnega toka v enosmernega, kako delujeta transformator in kondenzator ter kako deluje princip magnetne indukcije. Izvedla sva tri glavne poskuse: vpliv razdalje med magnetom in tuljavo na pojav inducirane napetosti, najučinkovitejša postavitve magnetov in tuljave ter meritve premikanja vzmetenja na avtomobilu.

4.1 NAJUČINKOVITEJŠA POSTAVITEV MAGNETOV TER TULJAVE ZA INDUKCIJO

Pri tem poskusu sva hotela ugotoviti, katera postavitve magnetov ter tuljave je najučinkovitejša oz. pri kateri postavitvi bova izmerila največjo napetost. Pri poskusu sva uporabila dve tuljavi – tuljavo s feromagnetnim jedrom ter tuljavo brez feromagnetnega jedra. Za meritve s tuljavo brez feromagnetnega jedra sva uporabila šolsko tuljavo z 870 navoji, ki je na žalost prevelika za uporabljene magnete. Pri tej tuljavi sva poskušala magnete premikati skozi sredico tuljave v različnih orientacijah, jih vrtela v tuljavi in premikala ob njej. Poskusila sva uporabiti tudi različne oblike magnetov; magneti v eni palici, magnet v obliki podkve. Eksperimentirala sva tudi z različnimi dolžinami palic magnetov. Vse meritve sva opravila z digitalnim brezžičnim merilnikom napetosti.

4.2 VPLIV RAZDALJE MED MAGNETOM IN TULJAVO NA MAGNETNO INDUKCIJO

S tem poskusom sva želela preizkusiti, kolikšen vpliv ima razdalja med magneti in tuljavo na inducirano napetost. Odločila sva se, da sestaviva leseni testni pripomoček, s katerim bova lahko prosto premikala magnete, hkrati pa bova imela natančen nadzor razdalje med magneti in tuljavo. Najin testni pripomoček je bil sestavljen iz centralne lesene deske, na katero so bile postavljene vse preostale komponente. Na to centralno desko sva privijačila dva para nosilcev za predal, ki sta bila pravokotna drug na drugega. Na nosilce predalov sva nato privijačila še dve posamezni deski. Na eno izmed desk sva privijačila tuljavo s feromagnetnim jedrom ter nato z dolgim vijakom in sistemom matic naredila konstrukcijo, na kateri je vrtenje vijaka spreminjalo razdaljo deske s tuljavo od druge deske. Na drugo desko sva z vijaki in vezicami pritrdila magnete.

Desko z magneti sva želela nato za nadzor nad frekvenco premikati s koračnim motorjem. Da bi pretvorila rotacijo motorja v linearno gibanje deske, sva s 3D printerjem zmodelirala in natisnila komponente, ki bi delovale na enak način kot parne lokomotive pretvarjajo linearno gibanje v rotacijo. Naletela sva na težavo, saj sta imela motorja, ki sva jih poskušala usposobiti, težavo z neenakomerno hitrostjo in zatikanjem. Motorje sva skušala popraviti z različnimi triki pri programiranju – hitrost motorja se počasi povečuje, a težave so ostale. Teh težav nisva mogla rešiti in meniva, da je težava mehanska, v samih motorjih, saj sta bila oba že rabljena. Nato sva se

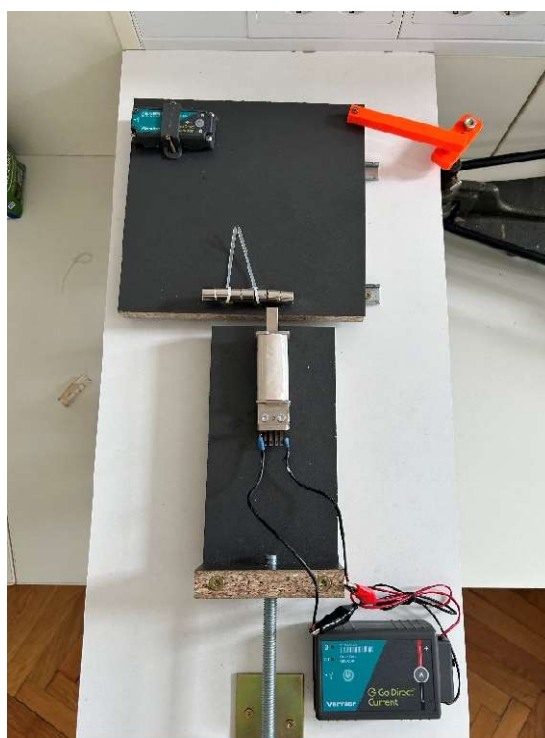
odločila, da bova uporabila preprost motor na enosmerni električni tok. Naletela sva na novo težavo, saj ta motor ni ustvaril dovolj navora, da bi lahko poganjal desko.

Zaradi vseh zapletov sva se odločila, da bova desko poganjala ročno, in sicer s pripomočkom, ki se uporablja za prikazovanje centrifugalnih sil pri pouku. Zaradi ročnega pogona naju je skrbelo, da ne bova zagotovila enakomerne hitrosti pri različnih razdaljah med izvedbo poskusa. To težavo sva rešila tako, da sva na desko z magneti dodala brezžični merilec pospeškov, s katerim sva primerjala pospeške med poskusom in tako zagotavljala minimalne razlike v hitrosti.

Pri izvedbi poskusa sva uporabila brezžični voltmeter ter prej omenjen merilec pospeškov, ki sta bila povezana na računalnik in sta usklajeno pošiljala podatke o hitrosti ter napetosti. Poskus sva ponovila na 8 različnih razdaljah, in sicer: 1 mm, 3 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm. Za vse razdalje je absolutna napaka $\pm 0,2$ mm.



Slika 17: Meritve s pripomočkom



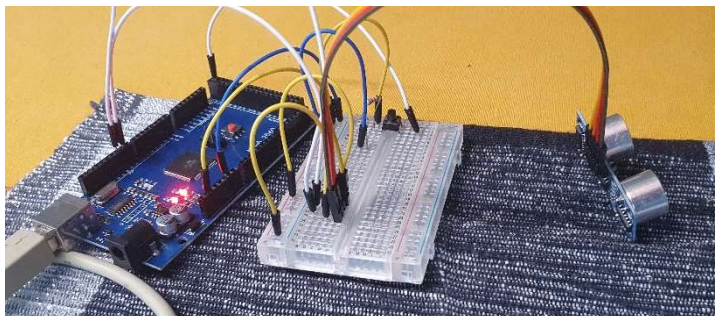
Slika 19: Voltmeter in tuljava



Slika 18: Sprotne meritve

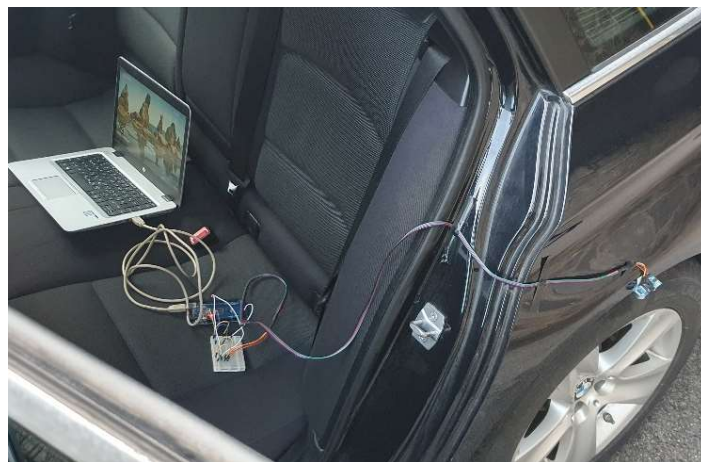
4.3 MERITVE PREMIKANJA VZMETENJA NA AVTOMOBILU

S tem poskusom sva želela ugotoviti, koliko se med vožnjo avtomobila premika vzmetenje. Za izvedbo poskusa sva uporabila ultrazvočni senzor razdalje ter mikrokontroler Arduino. Prvotna ideja je bila, da bi Arduino deloval samostojno ter bi za vir elektrike uporabil baterijo in bi se šele po končani vožnji povezal z računalnikom in zahteval podatke. Odločila sva se, da bo računalnik povezan tudi med poskusom, da lahko med testiranjem preveriva, če vse deluje. To sva dosegla s štirimi kablji, ki imajo na eni strani ženski, na drugi strani pa moški konektor. Podaljšala sva jih ter s tem dosegla, da sva ultrazvočni senzor prilepila na zunanjo stran avtomobila in imela vse ostale komponente varno v vozilu.



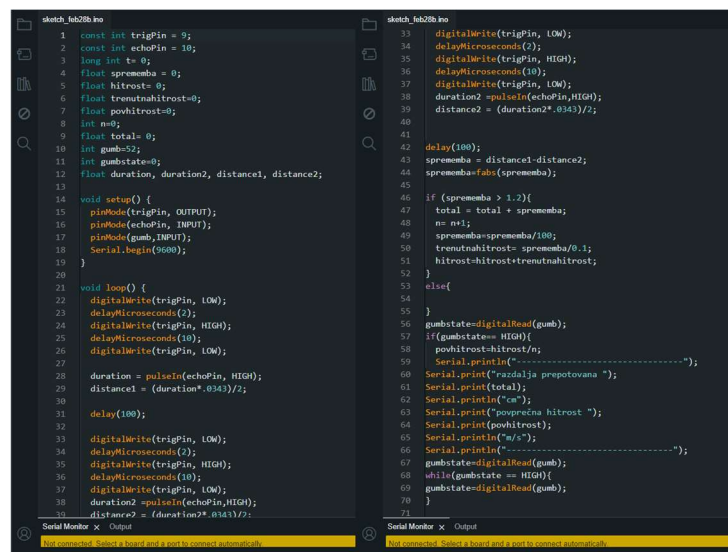
Slika 20: Vezje med ultrazvočnim senzorjem ter Arduino

Nato sva spisala program, s katerim je ultrazvočni senzor izvajal meritve razdalje v intervalu 0,1 sekunde. Te meritve je nato med seboj odštel in tako izračunal prepotovano pot. Da sva se izognila napakam zaradi nenatančnosti senzorja, je program zabeležil samo razlike, ki so bile večje od 1,2 cm. Ker sva poznala prepotovano razdaljo in prepotovan čas, sva se odločila, da bova izračunala tudi povprečno hitrost. Ta je bila izračunana samo za dovolj velike premike. Vse te podatke je Arduino izpisal na računalniku ob pritisku na gumb.



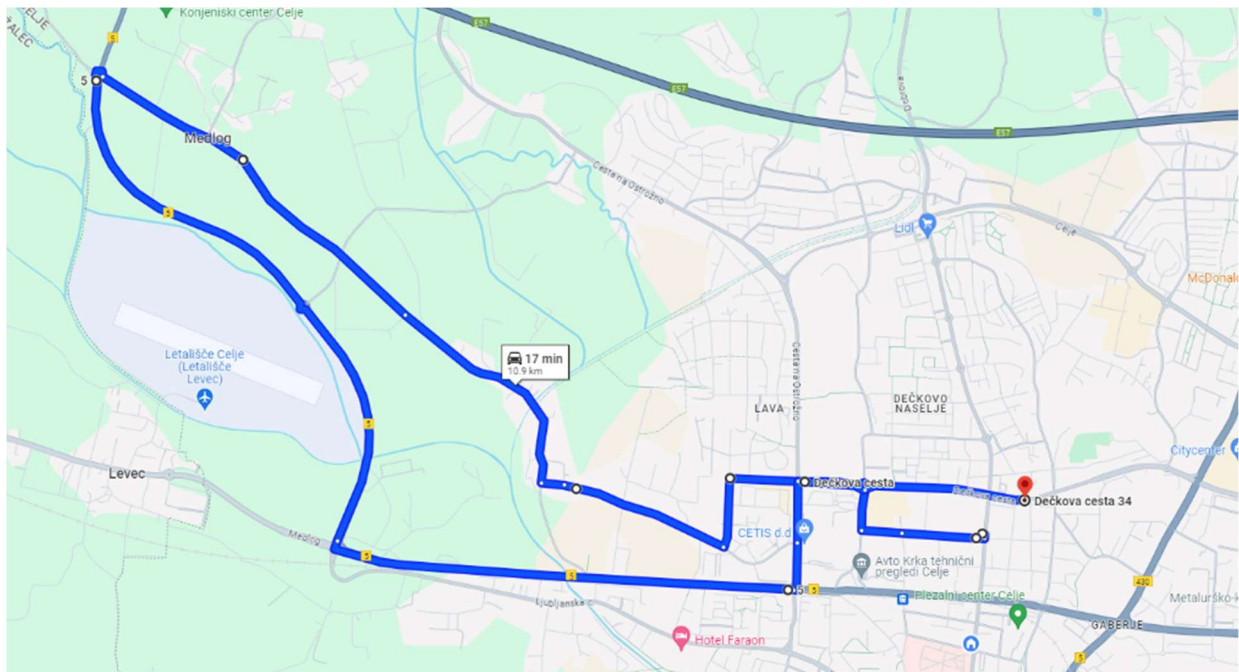
Slika 21: Nastavljanje razdalje med tuljavo in magneti

Za izvedbo meritev smo se peljali po Celju in okolici. Meritev sva izvajala na približno 10 km dolgi vožnji. Vse ceste so bile asfaltirane, a so bile različne starosti oz. različno kvalitetne. Avto, ki je bil uporabljen, je BMW serija 5 z zračnim vzmetenjem. Senzor je bil nameščen na zunanji strani blatnika nad zadnjo gumo. Odločila sva se, da bova merila razdaljo med karoserijo ter tlemi in ne razdalje med karoserijo in gumo. Pri analizi sva zanemarila sile, ki jih prevzame kolo in ne vzmetenje. S tem sva zagotovila, da med vožnjo s kolesa ni odletel kamen, ki bi lahko uničil senzor. Opozoriti morava, da je senzor deloval v zelo



Slika 22: Program, uporabljen za meritve

spremenljivih pogojev na odprtem v vetru na cesti. Zato se zavedava, da ima meritev nezanemarljivo napako, a meniva, da so rezultati še vedno primerni za oceno, koliko se v resnici premika vzmetenje.

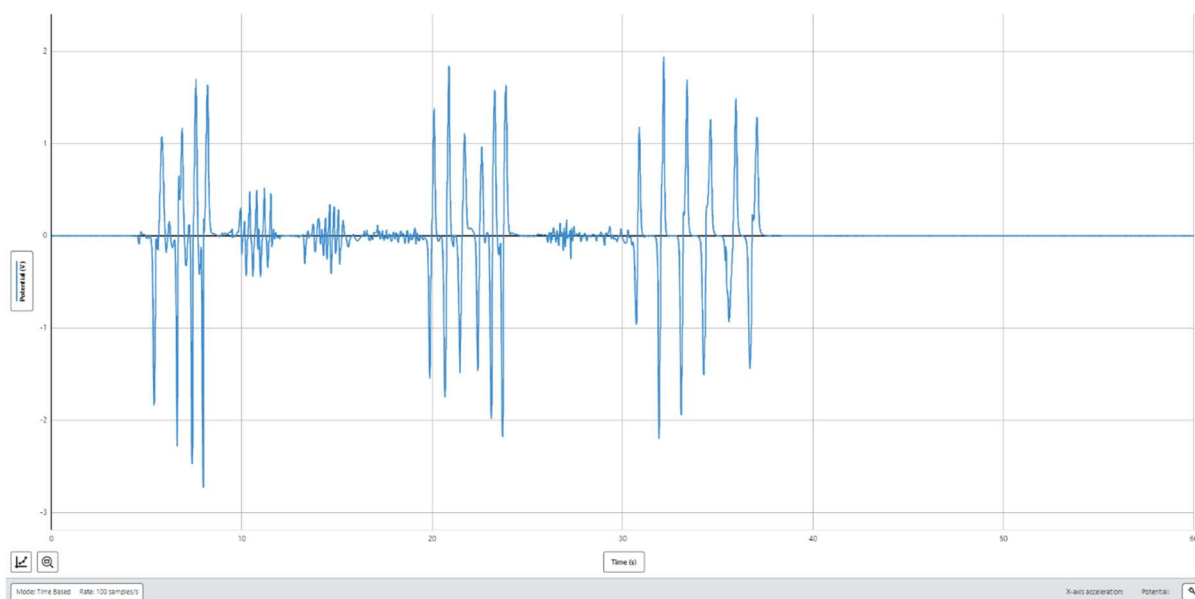


Slika 24: Pot avtomobila med poskusom

5. ANALIZA POSKUSOV

5.1 NAJUČINKOVITEJŠA POSTAVITEV MAGNETOV

Pri tem poskusu sva merila napetost v tuljavi med tem, ko sva magnet premikala okoli tuljave in v njej. Skušala sva ugotoviti, kakšno premikanje in katera oblika magnetov je najučinkovitejša za proizvodnjo elektrike. V drugem delu poskusa sva testirala, koliko inducirane napetosti proizvedejo različne dolžine verig magnetov.



Slika26: Prikaz meritev

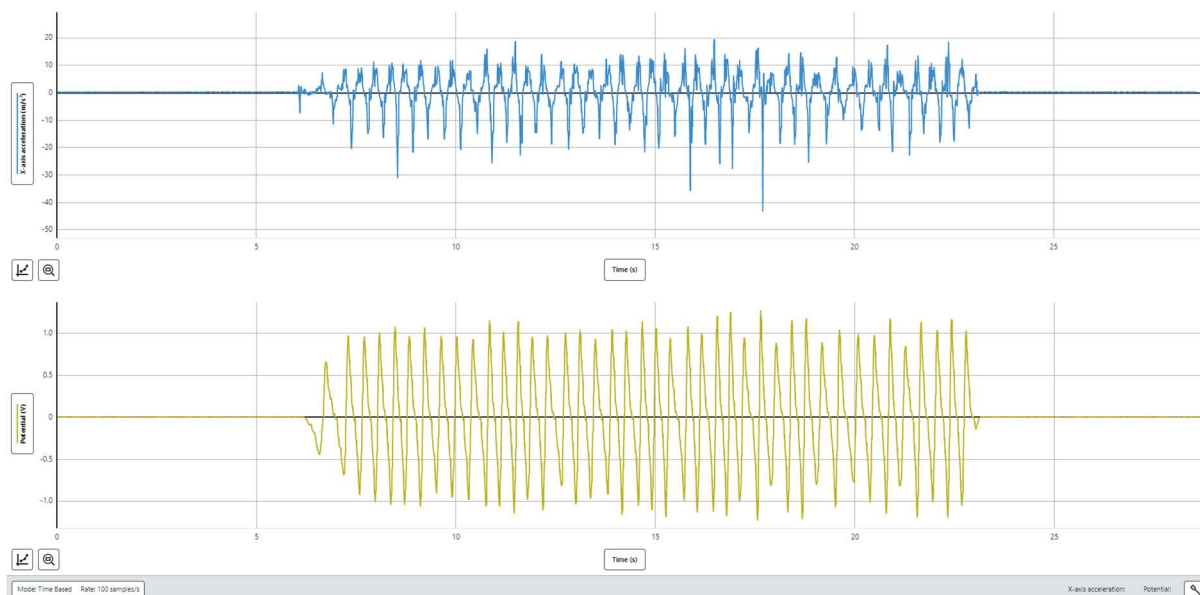
Po meritvah sva ugotovila, da je najučinkovitejše gibanje magnetov skozi notranjost tuljave, saj je pri tem napetost skočila najvišje. Edini način, s katerim sva dosegla temu enako napetost, je bil magnet v obliki podkve, na katerem je bila ena stran magneta v tuljavi, druga pa zunaj nje. Ker magnet v obliki podkve zavzame več prostora in hkrati zahteva zahtevnejšo izdelavo prototipa, sva se odločila, da bova skozi sredico tuljave premikala niz paličastih magnetov.

Pri testiranju dolžine verig magnetov sva ugotovila, da daljše verige ne prinašajo velike prednosti. Največjo napetost sva zaznala, ko se je konec verige magnetov premikal po tuljavi. Po nadaljnjem testiranju sva ugotovila, da eden ali dva magneta proizvedeta približno enako energije kot večje število magnetov.

Tako sva ugotovila, da je najučinkovitejša postavitev tuljava, skozi katero se pomika posamezen magnet ali več njih, ti pa so na dovolj veliki razdalji, da ne vplivajo drug na drugega. Možnost več magnetov se nama zdi smiselna samo pri manjših modelih, pri katerih so magneti tako majhni in šibki, da na dovolj veliki razdalji ne vplivajo drug na drugega. Na najinem končnem produktu bi bilo to za avtomobil neugodno, saj se želiva izogniti dodajanju dodatne mase, če res ni potrebno.

5.2 VPLIV RAZDALJE NA MAGNETNO INDUKCIJO

Kot sva opisala v prejšnjem poglavju, sva opravila meritve na razdalji 1 mm, 3 mm, 5 mm, 7 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm, 30 mm. Ko sva izvajala meritve, sva merila tudi pospešek deske. Zato sva iz meritev vzela le napetost, ki sva jo izmerila pri najbolj primerljivem pospešku deske z drugimi meritvami. Razlike pospeškov ne presegajo $0,7 \text{ m/s}^2$.

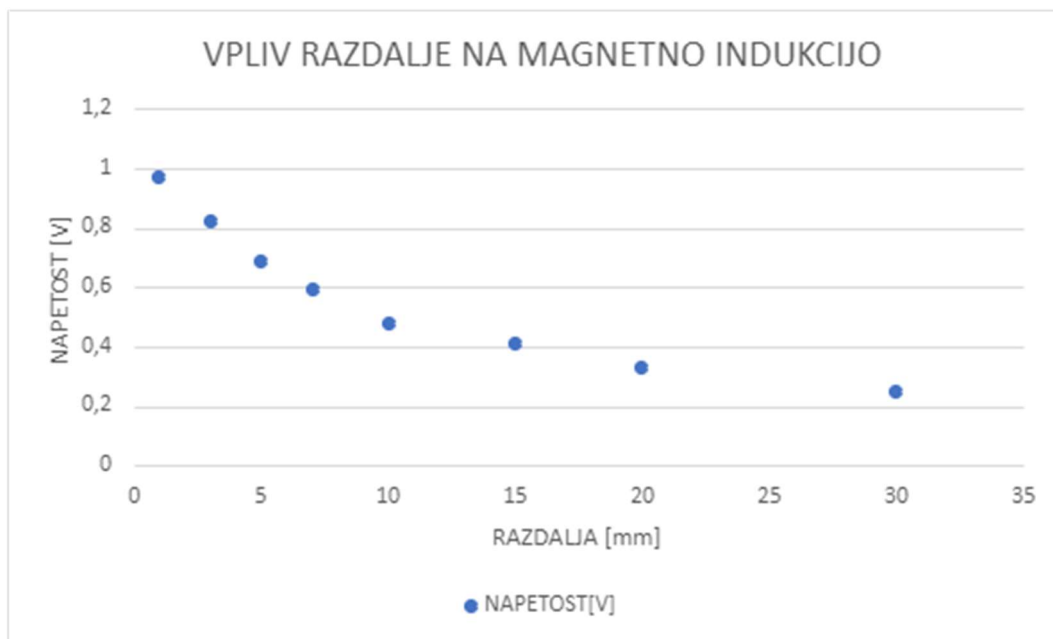


Slika 27: Primer meritve

REZULTATI:

RAZDALJA	NAPETOST
1 mm	0,97 V
3 mm	0,82 V
5 mm	0,69 V
7 mm	0,59 V
10 mm	0,48 V
15 mm	0,41 V
20 mm	0,33 V
30 mm	0,25 V

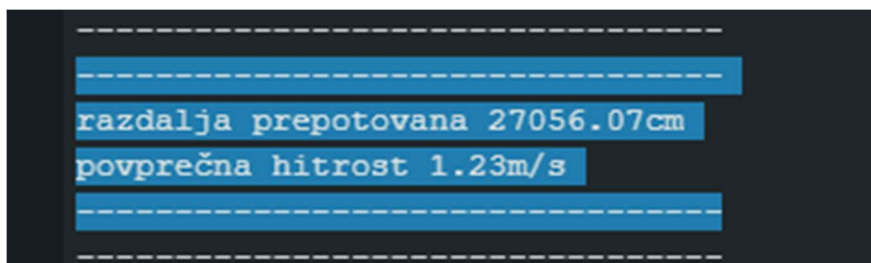
Za lažji prikaz sva narisala graf. Ugotovila sva, da napetost hitro pade pri manjših razdaljah. Ta padec se pri večjih razdaljah upočasni. Zaradi tega sva morala biti pri izdelavi prototipa zelo pozorna na to, da je bila tuljava čim bližje magnetom, sicer bi hitro začela izgubljati veliko energije.



Slika 28: Graf rezultatov

5.3 MERITVE PREMIKANJA VZMETENJA NA AVTOMOBILU

Po 10 km vožnje je senzor izmeril 270 m prepotovane razdalje amortizerja s povprečno hitrostjo 1,23 m/s. Zavedava se, da je ta izmerek (precej) negotov, saj smo meritve opravili z ultrazvočnim senzorjem v zelo spremenljivih pogojih. Tudi če predpostavimo, da je relativna napaka meritve 50 %, kar se nama kljub vsemu zdi pretirana ocena, je to še vedno 135 m prepotovane razdalje vzmetenja.



Slika 25: Prikaz rezultatov meritve

To pomeni, da se je vzmetenje posameznega kolesa premaknilo za 13,5 m na 1 km vožnje. Če to pomnožimo s 4, da dobimo približek za vsako kolo, je to 54 m razdalje, ki bi jo lahko prepotoval magnet. S tem poskusom sva skušala dokazati, koliko energije lahko izkoristimo pri vzmetenju.

Pri tem je zanimiv podatek tudi povprečna hitrost. Vidimo, da se vzmetenje premika precej hitro, kar je za magnetno indukcijo odlično, saj na količino inducirane elektrike vpliva tudi hitrost.

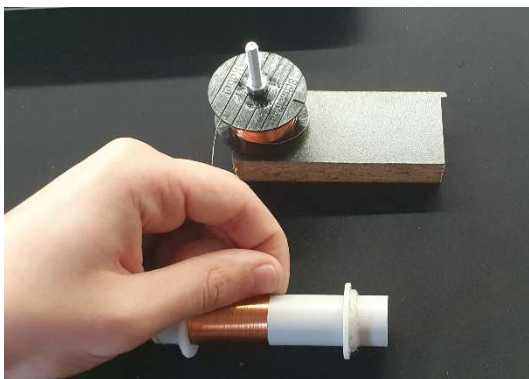
Eksperiment bi želela ponoviti z laserski senzorjem razdalje, ki je natančnejši in hkrati odpornejši na vplive okolja. Tako bi lahko opravila del napake.

6. IZDELAVA PROTOTIPA

Odločila sva se za izdelavo majhnega prototipa, s katerim bi lahko dokazala koncept ter izmerila, koliko energije lahko pridobimo iz majhne različice. Naprej sva pregledala ponudbo magnetov na spletni strani Svet magnetov. Odločila sva se za nakup magnetov v obliki obroča, da sva jih lahko pritrdila z vijakom. Kupila sva magnetne s premerom 17 mm, s 6 mm veliko luknjo na sredini. Ti magneti so magnetizacije N42, kar pomeni, da je gostota magnetnega polja 0,00132 T. Posamezen magnet lahko torej dvigne 6,2 kg težko 10 mm ploščo. Kupila sva PVC cev z notranjim premerom 17,2 mm. Cev sva skrajšala na primerno razdaljo za prototip ter na konce cevi z vročim lepilom prilepila gumijaste obročče. Nato sva previdno navila 0,5 mm debelo lakirano žico okoli PVC cevi in tako ustvarila tuljavo. Po najinih ocenah ima tuljava od 900 do 1300 navojev. Tuljavo sva zalepila z izolirnim trakom, da sva jo zaščitila pred zunanjimi vplivi. S koncev žic sva olupila lak ter jih spajkala na drugi žici. Žice sva povezala na vezavno ploščo, kjer sta bila nameščena Graetzev mostiček ter kondenzator. V šoli sva z brezžičnim merilcem napetosti merila, koliko elektrike lahko proizvedeva. Poskus sva ponovila dvakrat: enkrat s kondenzatorjem in enkrat brez. Tako sva hotela prikazati vpliv kondenzatorja v najinem vezju. Pri testiranju nama je uspelo doseči napetost 4 V. Opozoriti morava, da v prototip nisva vključila transformatorja, ki bi ga uporabila pri končnem izdelku.



Slika 26: PVC cev za tuljavo



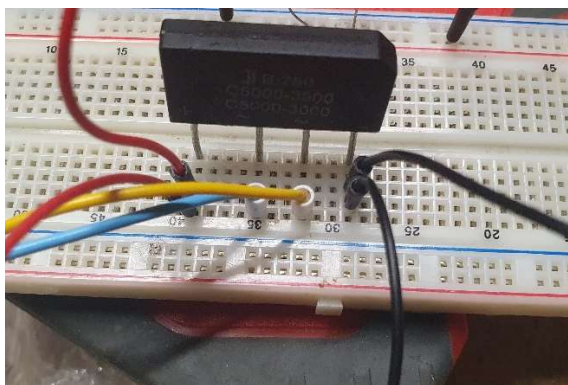
Slika 27: Izdelava tuljave



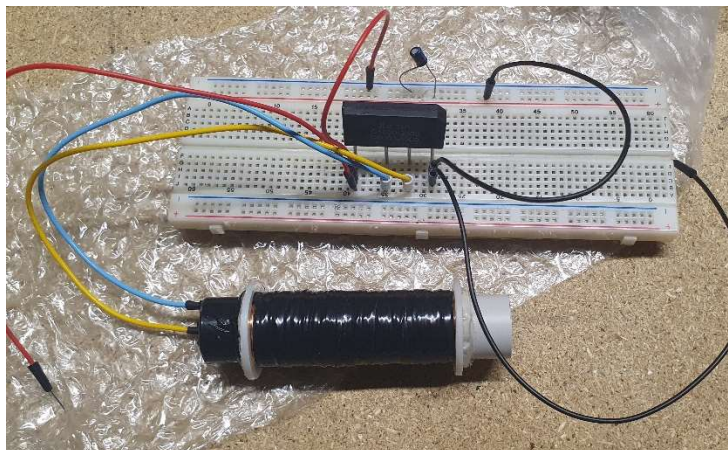
Slika 28: Končni izgled tuljave



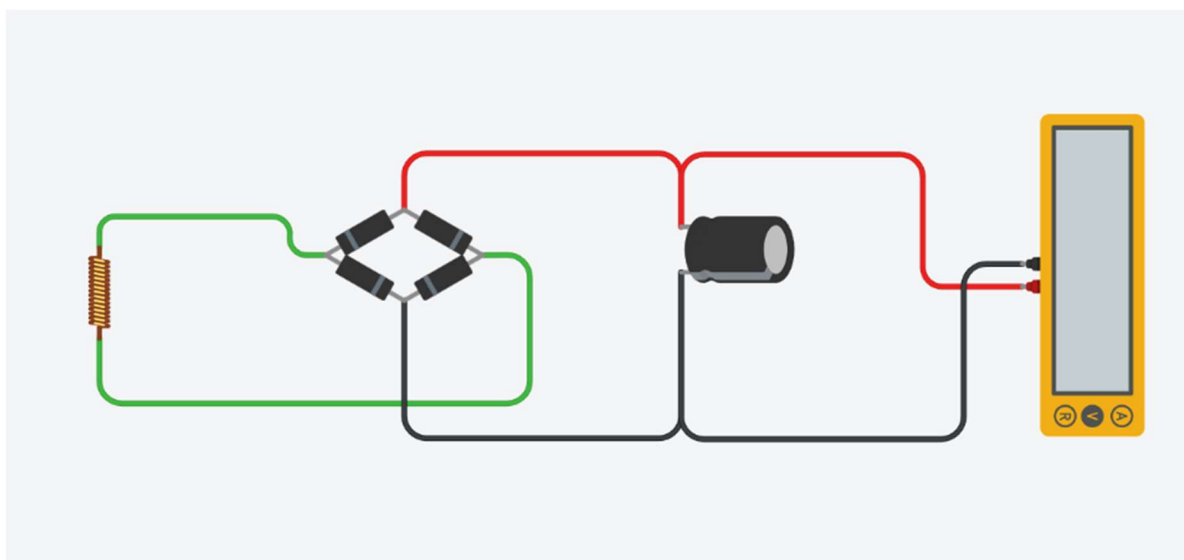
Slika 29: Vijak z magneti



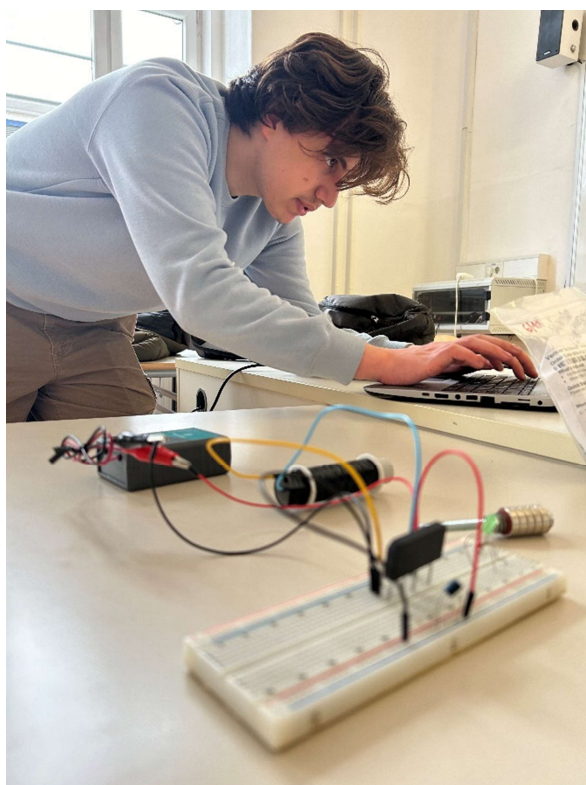
Slika 30: Uporaba Graetzevega mostička



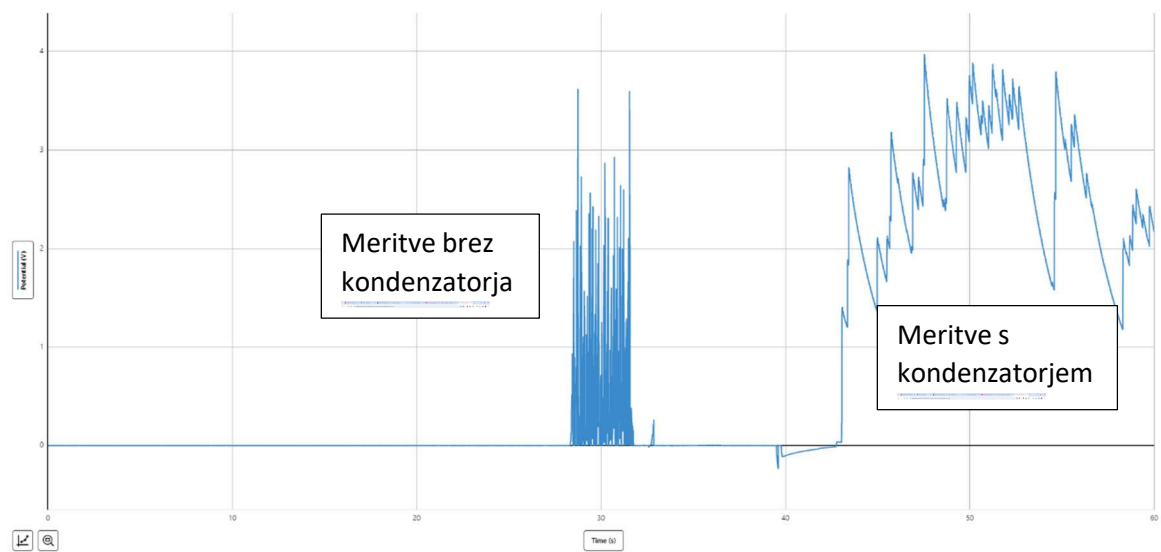
Slika 31: Končni izgled prototipa



Slika 32: Prikaz vezja prototipa



Slika 33: Testiranje s prototipom

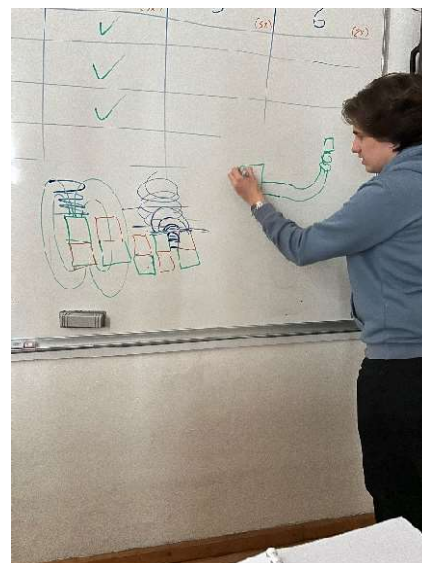


Slika 34: Prikaz meritev prototipa

7. KONČNA IDEJA

Po vseh poskusih in preizkusu prototipa sva si zamislila, kako bi izgledal najin končni produkt. Da bi lahko najina ideja nadomestila amortizer, bi morala magnet in tuljava proizvesti čim večjo silo upora. To lahko dosežemo z magnetom, ki ima zelo gosto magnetno polje, ter s tuljavo z veliko navoji. Potrebovali bi neodimski super magnet.

Uporabila bi le en super magnet, saj sva med testiranjem ugotovila, da več magnetov ne proizvede opazno več elektrike kot posamezni. To bi rešilo tudi pomisleke glede teže. Najmočnejši super magnet na voljo za prosti nakup ima gostoto magnetnega polja 0.00138 T , kar pomeni, da lahko magnet (po meritvah prodajalca) drži 200 kg . Tak magnet je težek $0,64\text{ kg}$, vendar pa bi moral biti magnet, ki bi ga uporabila za amortizer na avtu, še veliko močnejši. Žal poskusa s super magnetom nisva izvedela, saj to predstavlja večji finančni zalogaj.



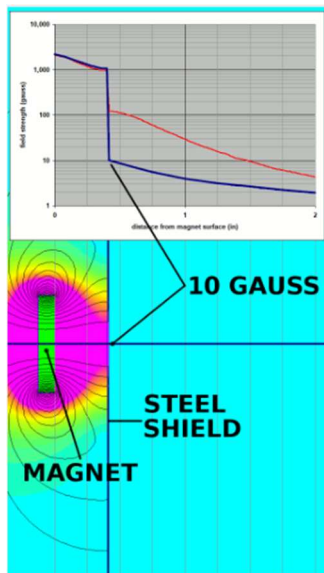
Slika 35: Skice o poteku silnic in izbira števila magnetov

Okrog tovrstnega magnetu bi napeljala tuljavo z debelino kabla 2 mm . Tako se med delovanjem ne bi segreval preveč, saj je magnet primeren samo za temperature pod $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Tuljava bi morala imeti čim več navojev, vendar točnega števila trenutno še ne veva, saj bi bilo za to potrebno testiranje z močnejšimi magneti in večjimi tuljavami.

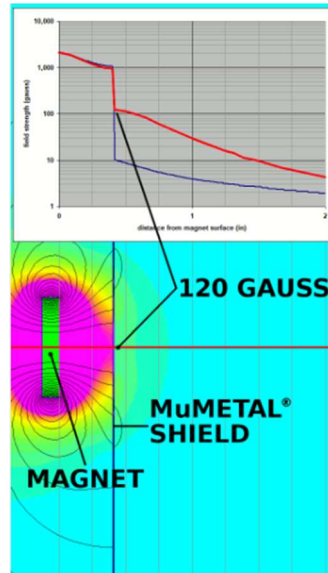
Okrog tuljave bi navila jeklo. S tem bi omejila učinke, ki jih lahko ima tako močen magnet, če njegovo magnetno polje sega izven obsega amortizerja. Najprej sva razmišljala o uporabi posebnih zlitin, ki imajo lastnosti, da lahko bolje absorbirajo ter odbijajo magnetna polja. Ob nadaljnjem raziskovanju sva ugotovila, da se te zlitine hitreje saturirajo in nato postanejo veliko manj učinkovite pri omejevanju magnetnega polja. (K&J Magnetics, Inc.) Primeri neželenih učinkov so lahko razmagnetenje kartic, trdih diskov, težave, ki bi jih povzročal mehaniku ob servisu vozila, delovanje na druge komponente avtomobila itd.

Izven te zaščitne plasti bi napeljala vse preostale komponente vezja. Najprej transformator, ki bi dvignil napetost na približno 400 V , za tem bi sledil Graetzev mostiček, ki bi pretvoril izmenični tok v enosmernega. Sledil bi še $600\text{ V } 100\text{ }\mu\text{F}$ kondenzator. Zadnja komponenta bi bila baterija, ki bi jo najin prototip polnil. To konfiguracijo bi ponovila na vseh štirih kolesih na avtu.

Najina končna rešitev je tako utemeljena na teoriji, a nama končnega produkta še ni uspelo izdelati. Ta bi zahteval napredno znanje in orodje, posledično tudi več finančnega vložka. Za končno izdelavo bi se morala še podrobneje poglobiti v teorijo in narediti še nekaj izračunov s strokovnjakom elektrotehniko.



Slika 37: Prikaz učinkovitosti jekla



Slika 36: Prikaz učinkovitosti posebnih zlitin

8. KONČNI IZRAČUNI

S pomočjo strokovnjaka bova naredila izračune glede tega, koliko energije bi lahko najin amortizer proizvedel in hkrati kakšno gostoto magnetnega polja bi potreboval, da bi mehanizem še vedno deloval kot amortizer. Za te izračune naprej potrebujeva še nekaj več podatkov o amortizerjih, kot npr. kolikšna sila deluje na bat amortizerja. Ker ti podatki niso javno dostopni na spletu, sva pisala na elektronske račune večjih proizvajalcev avtomobilov ter amortizerjev, v želji da bi nama pomagali in delili te podatke. Trenutno še nisva dobila odgovora s temi podatki. Takoj ko bova dobila zaželen odgovor, bova te izračune izvedla ter s tem preverila, če je najina rešitev finančno uresničljiva ter kako učinkovita je.

9. SKLEPI

Najina raziskovalna naloga je vsaj delno potrdila najina pričakovanja. Iz neuporabljene energije amortizerja je mogoče z magnetno indukcijo pridobiti električno energijo. Izkazalo se je, da največ energije pridobimo s premikanjem paličastega magneta po osi tuljave. Poskus s prototipom je pokazal, da z magneti s tako majhno močjo, kot sva jih uporabljala midva, pridobimo premalo električne energije za polnjenje baterije. Da bi najina rešitev delovala za avtomobil, bi potrebovali super magnete, ki imajo veliko večjo moč in gostoto magnetnega polja. Prav zaradi velike moči bi morali uporabiti jeklo, ki bi preprečevalo vpliv magnetne sile super magneta na predmete v okolici.

Da bi bil tako predelan amortizer zmožen polniti baterijo, bi v vezju potrebovali naslednje komponente: transformator, Graetzev mostiček in kondenzator. Transformator potrebujemo, da zagotovimo dovolj visok tok, ki bi polnil baterijo. Z Graetzerjevim mostičkom bi pretvorili dvosmerni tok, ki ga dobimo z magnetno indukcijo, v enosmerni tok, potreben za polnjenje baterije. Za ključnega se je izkazal

tudi kondenzator. Ob poskusu na prototipu se je namreč izkazalo, da so nihanja napetosti prevelika za polnjenje baterije oz. v najinem primeru svetenje lučke.

Trenutno še ne znava odgovoriti na vprašanje, koliko energije bi takšno vzmetenje proizvedlo, zaradi česar še najinega raziskovalnega vprašanja ne moreva popolnoma potrditi. Za natančnejše poskuse bi potrebovala več časa in tudi večjo finančno podporo. Najin namen je vzpostaviti stik s profesorjem elektrotehnike na Šolskem Centru Celje, ki bi pregledal najino teorijo ter nama jo pomagal naprej razviti in izvesti račune, potrebne za končno idejo.

10. ZAKLJUČEK

Raziskovalna naloga je bila odličen način za odkrivanje novih znanj. Tako sva lahko izvajala poskuse na področju, ki naju zanima in s tem preverjala tudi lastno predstavo o tematiki. Preveriti lastna dognanja sam, je namreč veliko bolje, kot pa branje o že izvedenih raziskavah. Raziskovalna naloga nama je odprla tudi pot za izvedbo nadaljnjih poskusov in nadaljnjo razvijanje ideje.

Rada bi se zahvalila mentorju za usmerjanje in zagotavljanje materiala in sredstev za izvedbo naloge. Prav tako so nama bili v veliko pomoč profesorji fizike na Gimnaziji Celje – Center, ki so z nasveti in strokovnimi mnenji pripomogli k raziskavi. Hvala tudi vsem drugim profesorjem, ki so pomagali pri snovanju in ustvarjanju raziskovalne naloge. Posebna zahvala tudi profesorici Ani Rotovnik Omerzu za lektoriranje raziskovalne naloge.

VIRI IN LITERATURA

Mohorič Aleš in Babič Vito (2017): Učbenik za fiziko v 3. letniku gimnazij in štiriletnih strokovnih šol. Ljubljana: Mladinska knjiga

Hribar Marjan (2001): Električna, svetloba in snov: Fizika za 3. in 4. letnik srednjih šol. Ljubljana: Modrijan

Magnetna indukcija: Dostopno na:

https://si.openprof.com/wb/magnetna_indukcija?ch=240 (7. 10. 2023)

Herb, Shuldiner (2009): MIT Team Develops Super-Regenerative Shock Absorber.

Dostopno na: <https://www.wardsauto.com/news-analysis/mit-team-develops-super-regenerative-shock-absorber> (25. 8. 2023)

Avtotachki: Kaj je vzmetenje avtomobila. Dostopno na: <https://sl.avtotachki.com/chtotakoe-podveska-avtomobila/#i> (14. 10. 2023)

Zhagar (2022): Kako deluje amortizer in kdaj ga zamenjati. Dostopno na: <https://alfa-klub.com/kako-deluje-amortizer-in-kdaj-ga-zamenjati/> (14. 10. 2023)

Airride: Air suspension explained. Dostopno na: <https://airride.co.uk/air-suspension-explained/> (14. 10. 2023)

MuMetal: Dostopno na: <https://www.kjmagnetics.com/blog.asp?p=mumetal> (16. 2. 2024)

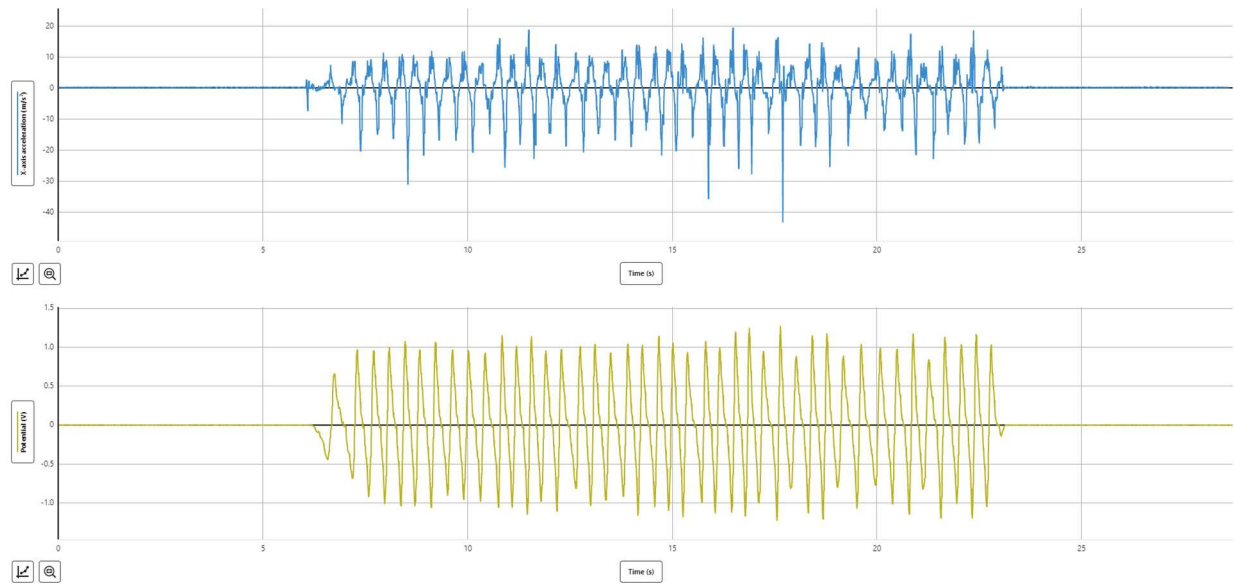
Openstax citira Saumel Ling, William Moebs in Jeff Sanny(2016): University Physics Volume 2. dostopno na: <https://openstax.org/books/university-physics-volume-2/pages/8-1-capacitors-and-capacitance> (11. 1. 2024)

Magnetic Properties of neodymium magnets: Dostopno na:

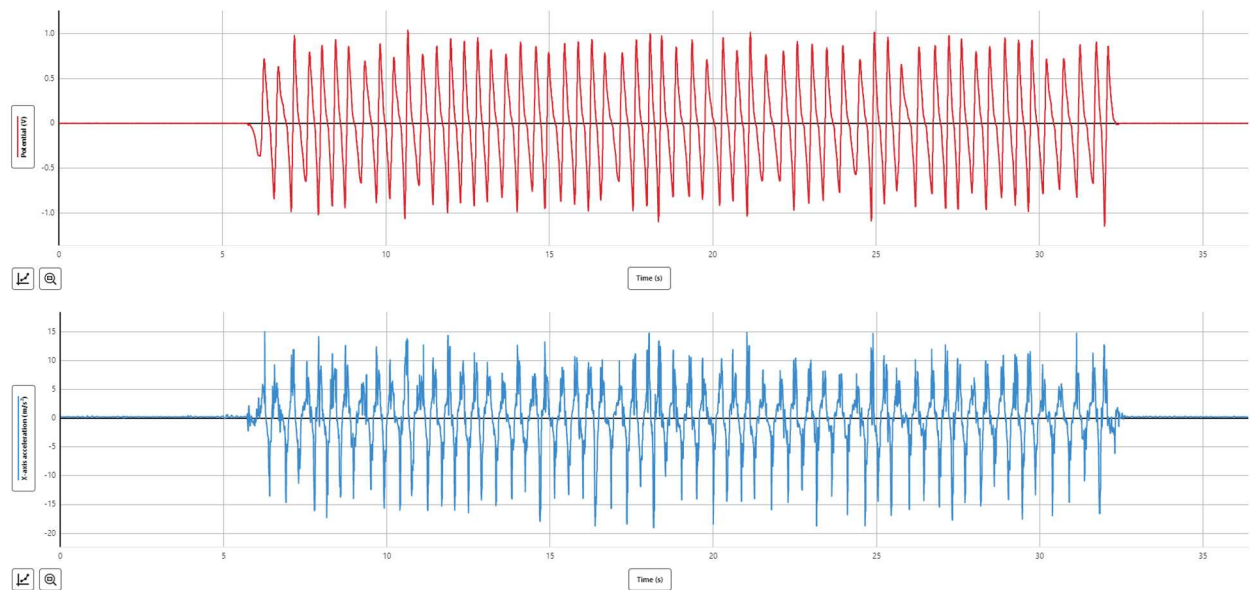
<https://www.magnetexpert.com/magnetic-properties-of-neodymium-magnets-i694> (7. 2. 2024)

PRILOGE

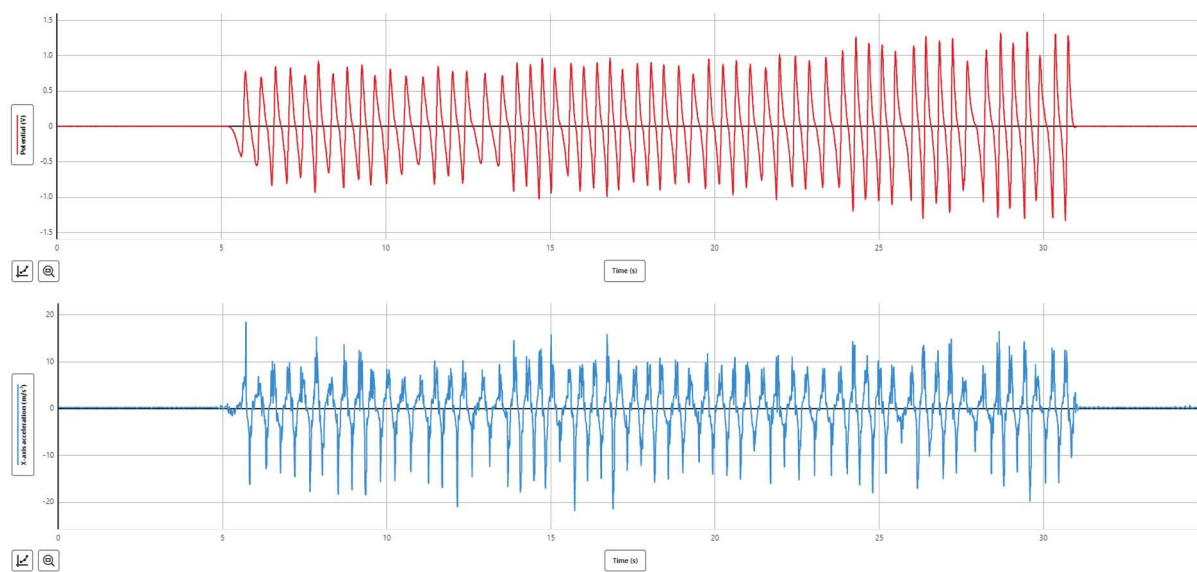
Meritve poskusov:



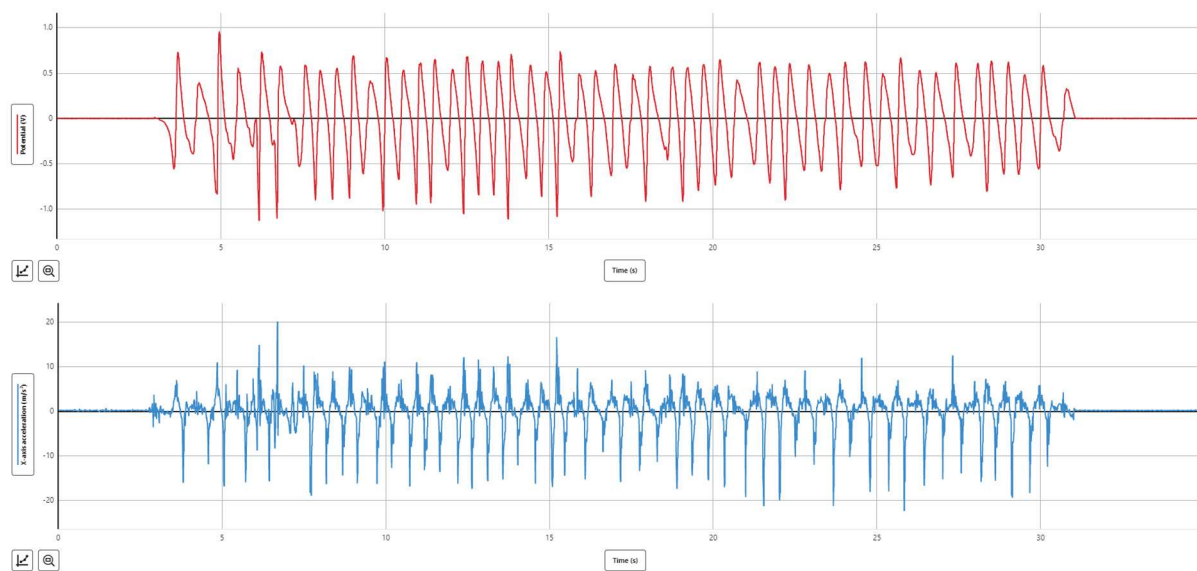
Slika 38: Meritev učinka razdalje 1 mm



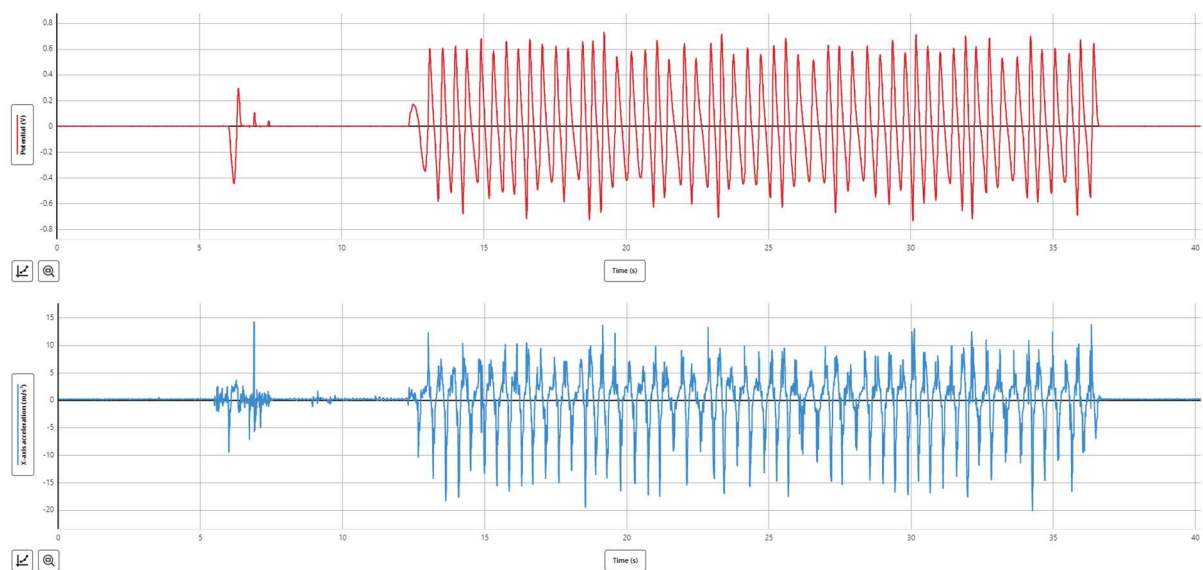
Slika 39: Meritev učinka razdalje 3 mm



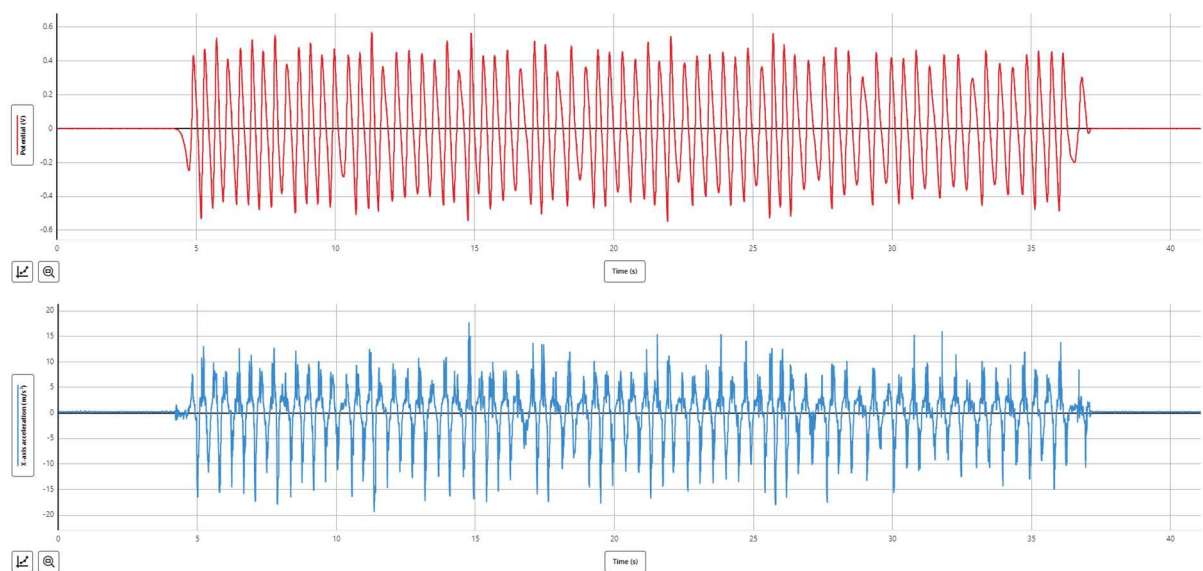
Slika 40: Meritev učinka razdalje 5 mm



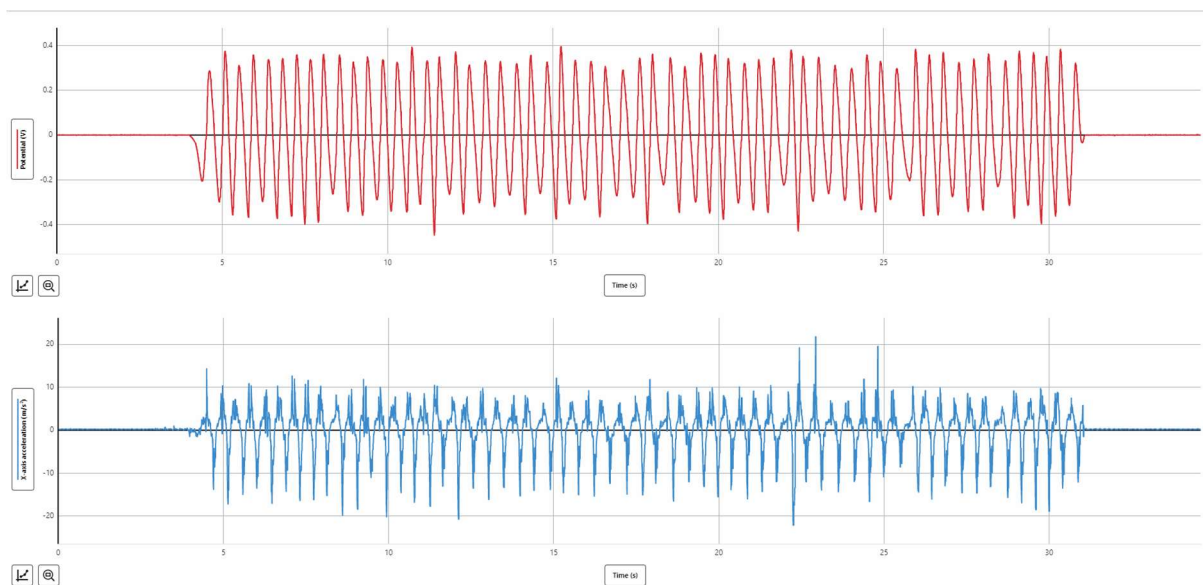
Slika 41: Meritev učinka razdalje 7 mm



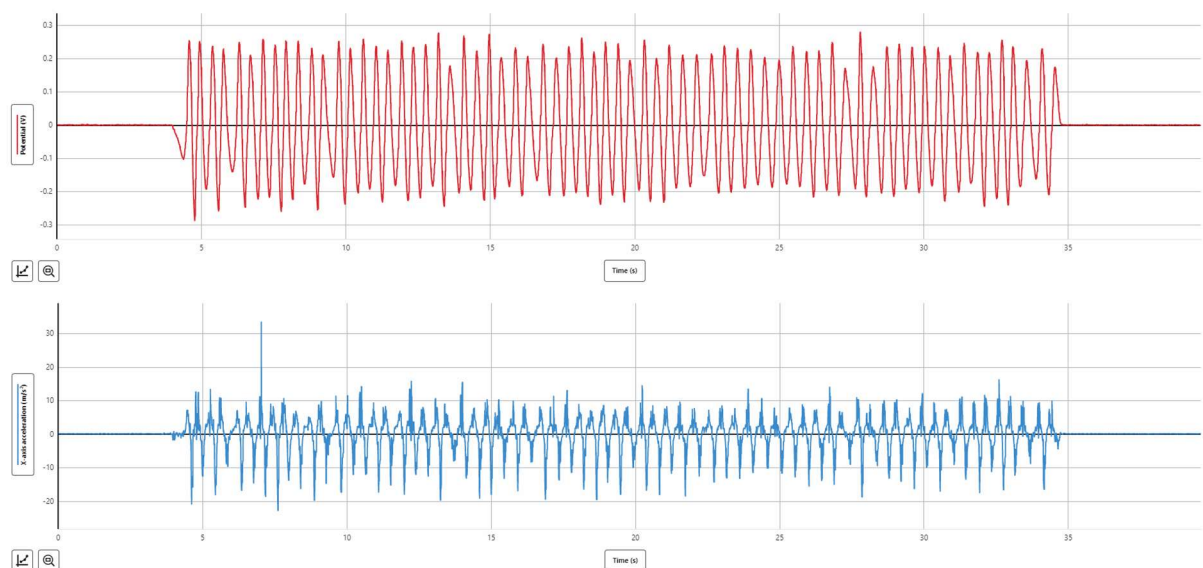
Slika 42: Meritev učinka razdalje 10 mm



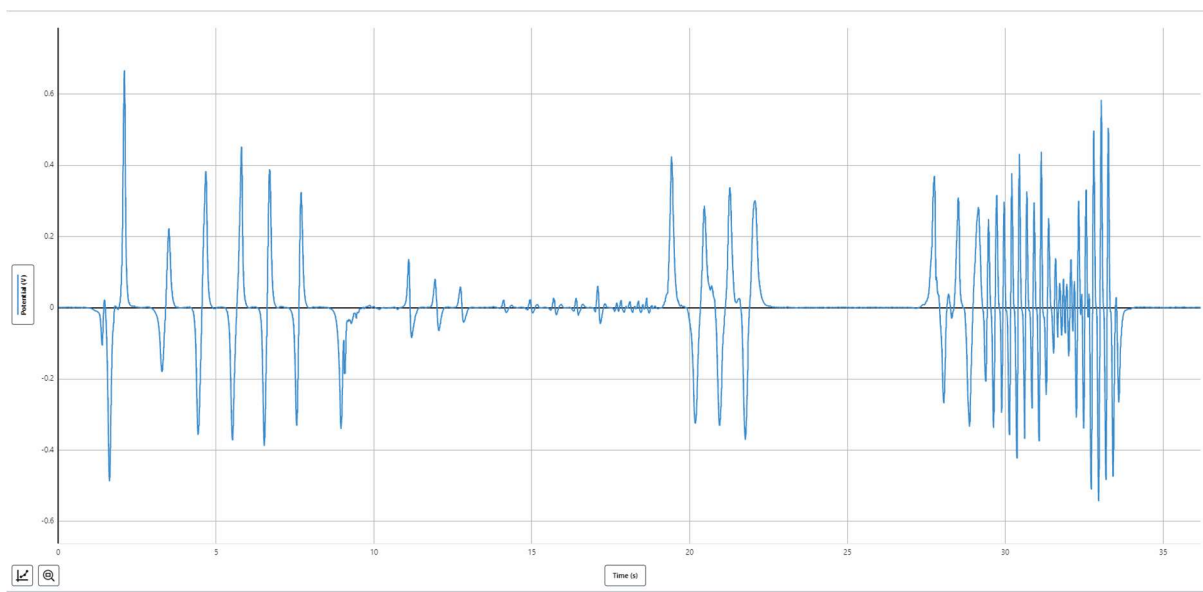
Slika 43: Meritev učinka razdalje 15 mm



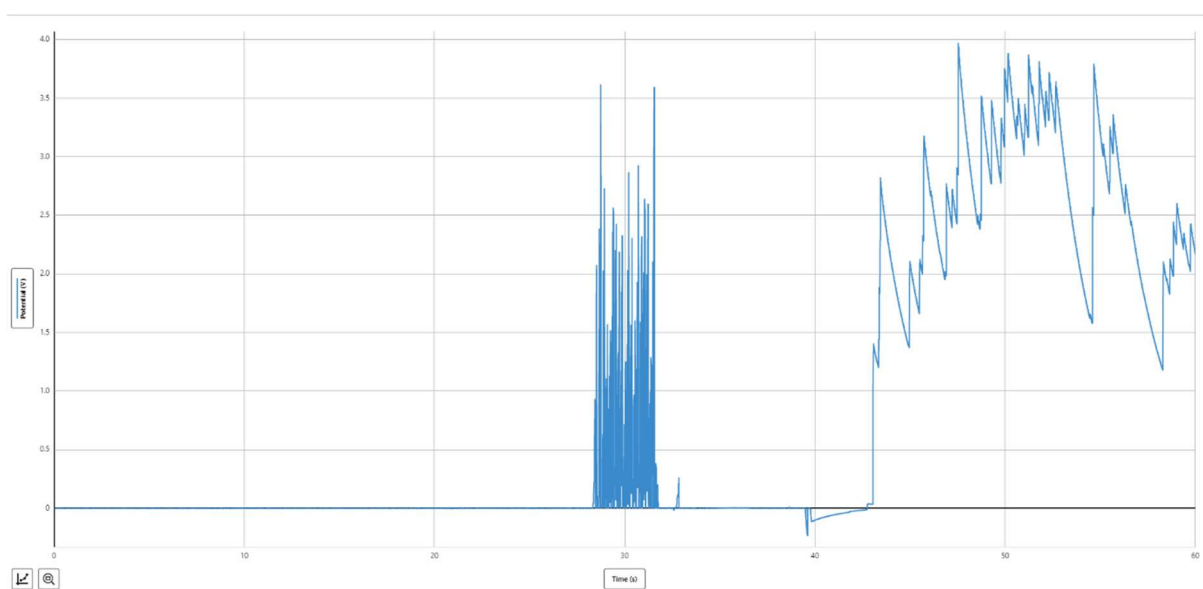
Slika 44: Meritev učinka razdalje 20 mm



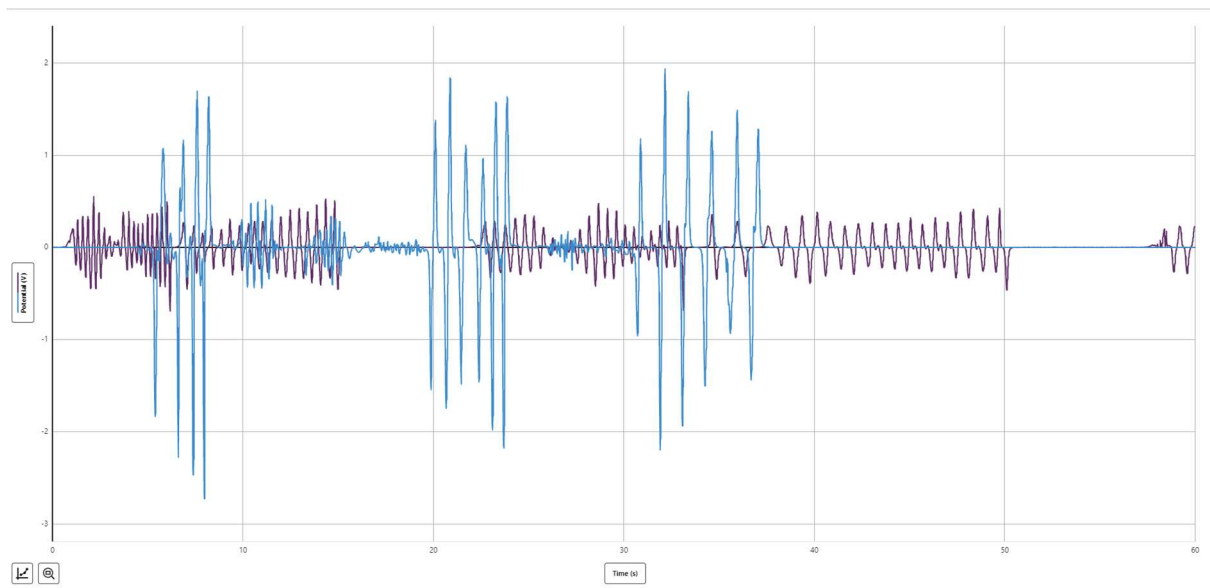
Slika 45: Meritev učinka razdalje 30 mm



Slika 46: Meritev učinka različnih dolžin verige magnetov



Slika 47: Meritev testiranja prototipa



Slika 48: Meritve učinkovitosti magnetne indukcije