



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
ELEKTRONIKAI ÉS KOMMUNIKÁCIÓS RENDSZEREK INTÉZET
MŰSZERTÉCHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI TANSZÉK



SZAKDOLGOZAT



OE-KVK
2022.

Kovács Bence
T008214/FI12904/K



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
MŰSZERTECHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI INTÉZET



HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 2022.05.11.

.....
hallgató aláírása



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Műszertechnikai és Automatizálási Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Kovács Bence

Szakedolgozat száma: SZD22030109189801

Törzskönyvi száma: T008214/FI12904/K

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: villamosmérnöki (magyar nyelven)

Specializáció: Műszer-automatika specializáció

A dolgozat címe: Okos futómű, elektromos autó töltése mozgási energia felhasználásával

A dolgozat címe angolul: Intelligent carriage, electric car charging with kinetic energy

A feladat részletezése: Elektromos autó mozgási energiájának felhasználása piezokerámiák segítségével. Energia átalakítása mérhető jelekké és ezen mozgási energiát elektromos energiává alakító eszközök/módszerek elemzése, kísérletek végzése. Prototípus megépítése és tesztelése.

Intézményi konzulens neve: Molnár József Zsolt

A kiadott téma elévülési határideje: 2025. március 1.

Beadási határidő: 2022. 05. 15.

A szakedolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 03. 21.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találom:

belső konzulens

.....
külső konzulens



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

KANDÓ KÁLMÁN VILLAMOSMÉRNÖKI KAR
MŰSZERTÉCHNIKAI ÉS AUTOMATIZÁLÁSI INTÉZET



KONZULTÁCIÓS NAPLÓ

Hallgató neve: Kovács Bence

Neptun Kód: [REDACTED]

Tagozat: OE-KVK, MAI, F1

Telefon: [REDACTED]

Levelezési cím: [REDACTED]

Szakdolgozat címe magyarul:

Okos futómű, elektromos autó töltése mozgási energia felhasználásával

Szakdolgozat címe angolul:

Smart undercarriage, charging an electric car using kinetic energy

Intézményi konzulens: Molnár Zsolt, MAI

Külső konzulens:

Alk.	Dátum	Tartalom	Aláírás
1.	2022.02.28	Ütemterv felvétele.	[Signature]
2.	2022.03.25	Téma megfelelő kidolgozása, egyéb kérdések.	[Signature]
3.	2022.04.08	Technológiai kérdések megvitatása.	[Signature]
4.	2022.05.04	Átnézés. Hibák keresése.	[Signature]

A Konzultációs naplót összesen 4 alkalommal az egyes konzultációk alkalmával kell láttamoztatni bármelyik konzulenssel.

A hallgató a „Szakdolgozat” tantárgy aláírási követelményét teljesítette.

[Signature]

Intézményi konzulens

Tartalom

1.	Bevezetés/Előzmények:	7
2.	Piezokerámia	8
	a. Tudományos háttér:	8
	b. Piezo kristály működése	9
3.	Elmélet bemutatása:	10
4.	Kiszámítható rezgések hatása a piezokerámiá(k)ra	11
	a. A kerámiák által bejárt út meghatározása	12
	b. Általam felhasznált eszközök:	13
	c. A keletkezett feszültség számolása:	14
	d. Fizikai erők melyekkel számolni kell a forgás során:	14
	e. Erőhatások számolása 50 km/h sebességnél:	16
	f. Erőhatások számolása 110 km/h sebességnél:	19
5.	Prototípus elkészítése	21
	a. Lehetőségek mérlegelése, anyagválasztás:	21
	b. Tartó szerkezet:	22
	c. Tárcsák:	22
	d. Hajtás:	22
	e. Röpsúlyok:	23
6.	Elektromos alkatrészek:	23
	a. Piezokerámia:	23
	b. Csúszó érintkezők:	24
7.	Mérés, üzemeltetés	26
	a. Csavarozógép egyes sebesség:	28
	b. Csavarozógép kettes sebesség:	28
8.	Mérések végzése energia átalakítás nélkül:	30
	a. Mérési eredmények kiértékelése:	30
9.	Kimeneti jel stabilizálása	31
	a. Megfelelő technológia/áramkör keresése, kialakítása:	31
10.	Energy harvesting technológia	39
	a. A technológia rövid bemutatása:	39
11.	Piezokerámia és a megépült feszültség stabilizáló áramkör együttes üzem közbeni mérése:	43
12.	Összes mérés kiértékelése, észrevételek:	45

13.	Befejezés/összegzés/további célok:	47
14.	Summary:	48
	a. Smart undercarriage, charging an electric car using kinetic energy:	48
15.	Források, linkek:	49

1. Bevezetés/Előzmények:

Ebben a bekezdésben szeretném egy kicsit személyesebb történettel indítani a szakdolgozatom. Úgy gondolom, hogy az előzmények mindig fontos információkat hordoznak magukkal, amik alakítják az eset/esetek végkifejletét.

Ezek az előzmények az online térben kerültek tudtomra egy hír kapcsán, amiben egy új típusú akkumulátort mutattak be a közönségnek. Ezek az akkutestek elektromos autók hatótávjának növelésében jelentenek nagy/nagyobb áttörést. Nos, ekkor kezdett kialakulni egy ötlet a fejemben. Mi lenne, ha nem az akkumulátorok kapacitását növelnénk, hanem a fogyasztást csökkentenénk. Még hozzá úgy, hogy a fogyasztás a valóságban nem csökkentjük, hanem megtartjuk ugyanis ez a fogyasztás csökkentés jelentős teljesítmény veszteséggel jár. A villamosenergia „fogyásának” mértékét kell csökkenteni. Ezt már a nagy autógyártó cégek is felismerték. Ezért is hallhatjuk sokhelyről a féken energiából való energia visszanyerés folyamatát. DE! Mi lenne, ha nem csak a fékezés közben tudnánk visszatermelni energiát, hanem mozgás, avagy a jármű nagyobb sebesség melletti használata közben is.

Mi lenne erre a legalkalmasabb eszköz? Generátor? Nem. Több energia megforgatni a tengelyt, mint amennyit egy fordulat alatt maga a generátor vissza tud termel a rendszerbe.

Napelem? Voltak autógyártók, akik próbálkoztak ezzel a lehetőséggel. De, hamar elvetették az ötletet. Túl kicsi a felület, illetve nagy a súly ahhoz, hogy kellően elég energiát nyerjünk vissza. Bár hosszabb távon mégis ez tűnik a legkifizetődőbbnek, ugyanis a napelemes rendszer a napközbeni parkolás közben is tud energiát termelni. Rövid távon kifizetődőnek bizonyult.

Piezokerámia? Lehet. A szakdolgozatom keretein belül szeretném elméleti és gyakorlati megvalósulását elkészíteni. Így utána járok, milyen tulajdonságai vannak ennek a technológiának és ezeket hogyan lehetne felhasználni egy teszt modell megalkotására. Továbbá egy prototípus elkészítése, annak tervezése, mechanikai paramétereinek méretezése, tesztelés és energia gyűjtő kimeneti áramkörök kiépítése.

2. Piezokerámia

a. Tudományos háttér:

Mivel a piezoelektromos energia hatásait csak az 1880-as években fedezték fel, viszont i.e. 314-ben görög tudósok is feljegyzéseket tettek olyan anyagokról (kristályokról) amelyek töltés szétválasztást tudtak létrehozni. Csak az 1990-es évek vége óta tudjuk lényegre törőbben használni. Kimondhatjuk, hogy ez napjainkban is egy feltörekvő technológiai ág.

Néhány érdekességet érdemes megemlíteni a technológia fejlődés történetében.

2006-ban sikeresen készítették el az elem nélküli és vezeték nélküli ajtócsengő nyomógombot, ami egy teljesen hétköznapi ajtócsengőt volt képes helyettesíteni. A koncepció lényege, az volt, hogy a külső egység (nyomógomb) nem tartalmazott elemet csak egy piezoelektromos nyomógombot, ami a megnyomás pillanatában képes volt leadni egy rádiófrekvenciás impulzust, amely gerjesztette a beltéri egységet, ami ennek hatására megszólalt.

Nemrégiben jó pár termék mutatta be. Köztük egy teljesen klasszikus kapcsolónak tűnő, de vezeték nélküli fali lámpakapcsolót, amelyet az Energy harvesting technology is működtethet.

Több ipari alkalmazási területen is megjelent ez a technológia 2000 és 2005 között.

A piezoelektromos rendszerek képesek akár az emberi test finom mozgását is elektromos energiává alakítani. A DARPA cégcsoport olyan lépéseket tett a technológia támogatása érdekében, melyek során szóba jött az emberi szervezetbe való beültetés gondolata is, amellyel a vérnyomást használhatnánk energia termelésre.

A Microbelt eszköz segítségével nem kevés elektromos áramot lehet gyűjteni a légzésből, amely képes egy pacemakert is ellátni energiával.

Számomra mégis úgy gondolom az alábbi tevékenység, ami a legtöbb segítséget adja munkám elvégzése során.

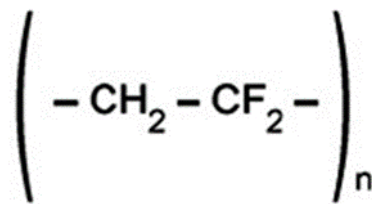
Piezoelektromos elemeket telepítettek be a sétányokba, járdákba, hogy visszanyerjék az ott közlekedő gyalogosok lépéseinek energiáját. Továbbá cipőkbe is beépíthetők az energia visszanyerése érdekében.

b. Piezo kristály működése

A kristályok deformációja, avagy térfogat változása során az anionok és a kationok vagy a dipólusok egy kissé aszimmetrikusan eltolódnak és dipólusok jönnek létre, emiatt megjelenik a felületen kimutatható polarizált töltés. A jelenség sok szervesetlen kristályszerkezetű anyagban megfigyelhető és mérhető.

Egy piezoelektromos töltés szétválasztására alkalmas anyagot két fémtest közé helyezve és összenyomva azok a fémlemezek feltöltődnek, és ezzel elektromos szempontból potenciál különbséget lehet létrehozni. Például az öngyújtók is ezt a potenciálkülönbséget hasznosítják a szikra létrehozásához, amellyel a gázt, benzint begyűjtják. Ezeket a villamos tulajdonságokat kihasználva gyártanak generátorokat és turbinákat is.

Az 1970-es évek óta ismert, hogy polimer műanyagok pl.: polivinilidén, polifluorid is piezoelektromosságot mutatnak



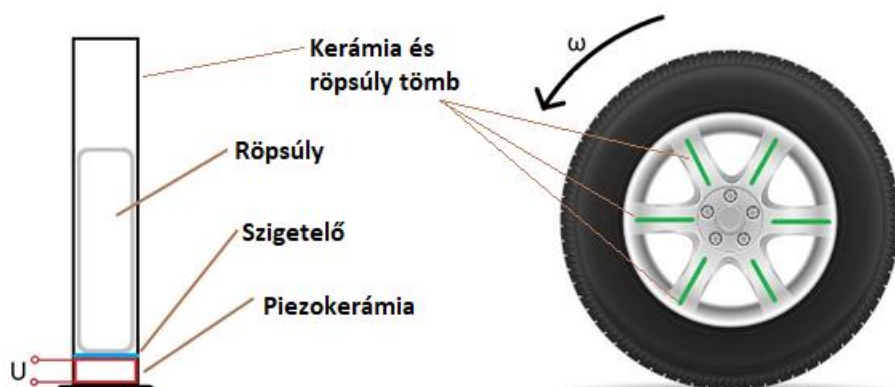
1. ábra. Általános felhasználású piezokerámia kémiai vegyjele.

Youtube-on található egy kísérlet, mely röviden bemutatja a piezoelektromos anyag/anyagok működését. Bár hatékonyságuk és általuk létrehozott töltés mozgás nagyon kicsi emiatt jóval több darab piezokerámia képes akkora energiát termelni, ami egy autót, ha nem is mozgásában, de legalább annak műszerfalán elhelyezett fedélzeti eszközök működéséhez szükséges energiát termeljen.

3. Elméletem bemutatása:

Az általam kitalált elmélet egy egyszerű rendszerrel megvalósítható. A 2. ábrán látható az öntöltésért felelős egység rajzolt metszete és annak elhelyezkedése a keréken látható. Az ábrán egy nehezebb anyagból készült röpsúly a centrifugális erő és a gravitációs erő hatására neki nyomódik a piezokerámiának, amely egy pillanatra töltés áramlást okoz. Az piezokerámia kivezetésein addig mérhető ez a töltés áramlás, amíg a nyomás változás folyamata történik. Természetesen a kerámia nem tud folyamatos és egyenletes töltést biztosítani, csakis impulzusokat, amik a ráható nyomás nagyságával egyenesen arányos mértékben változnak. Ezáltal minden a kerámiára ható nyomás vagy térfogat változás egy impulzus választ ad a kimenet két pontja között. Több kerámia elhelyezése a kerekek középpontjától kifelé megoldást jelenthet az impulzusok sűrítésében. Például a kerámia darabszámának duplázásával szintén dupla akkora lesz a kitöltési tényező.

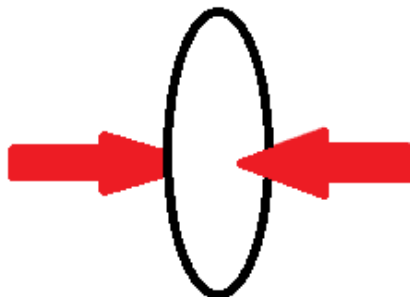
Természetesen ez a „technológia” az autó x sebességig való felgyorsulásában nem sok energiát termel. Annál inkább hosszabb távon. A fizikában is úgy taglalják, hogy „Több energia kell egy test A sebességről B-re felgyorsításához, mint egy állandó sebesség fenntartásához”. Pusztán a gumibroncsok bordázata és az aszfalt egyenetlenségei képesek akkora mozgási energiát átadni a fém súlyoknak, ezzel egy szinte kiszámíthatatlan frekvencián való rezgést biztosítva a kerámiáink felületére, amely akár több kivett energiát biztosíthat, mint amennyit a rendszer felgyorsítására és annak mozgatására elhasználnunk.



2. ábra. Kerámia egységek felépítése és elhelyezkedése a felnin.

4. Kiszámítható rezgések hatása a piezokerámiá(k)ra

Mivel a kerámia lapka méretei és kialakítása, amelyet használok, egy 200Ft-os pénzérmére hasonlít. Illetve a kerámia kivezetéseinek elhelyezkedése végett csak a nagyobb felületű oldalakon lehet nyomást gyakorolni. A 3. ábrán illusztrálva.



3. ábra. Kerámia felületére ható erők és ellen erők.

A fent bemutatott ábrán jól látszik, hogy a kerámiákra csakis két irányból érkező nyomások gyakorolnak hatást. Ezen erők irányvonala azonos, de értékük ellentétes. ($-F_b = F_j$) Tehát, ha a kerámiát letesszük egy egyenes felületre, amely tegyük fel elmozdíthatatlan és arra egy ugyanolyan síkfelülettel nyomást gyakorlunk, aminek értéke 100N és elhanyagoljuk a gravitáció fogalmát akkor a kerámiánk felületeire egyenként 50-50N erő nehezedik. Ebből látható, hogy az irányvonalak megegyeznek, de az értékek egymás ellentétét képviselik. Ezen erők gravitáció mentes térben előjel helyesen összegezve mindenesetben 0-t adnak. De, különleges esetben az erők nem csak egymás ellen hathatnak, hanem azonos erővonalon egymástól „kifelé” is felléphetnek. Például a piezokerámiát az asztallapjához ragasztjuk és tetejére egy a kerámia felületével megegyező méretű tárgyat ragasztunk. Fontos kiemelni a ragasztást! Ilyenkor mondhatni egy egész testet képvisel a kerámia és azt közrefogó két tárgy. Emiatt az egyik tárgy mozgatásával húzó erőt fejthetünk ki a piezokerámiára. Ez esetben is 0 a kerámiára ható erők előjelhelyes összege.

Az én projektem ennél földhöz kötöttebb és jelen esetben a gravitáció egy olyan tényező, ami gyakorlatilag működteti a rendszert, így ezt a további számolások során már nem tudom figyelmen kívül hagyni. Mivel az egységeink folyamatos forgásban vannak a tengelyközép körül így a kerámiánkra ható erő is folyamatosan változik a gravitáció miatt. A 4. ábrán bemutatott képen látható, hogy a kerék egyes pontjain az F erő

folyamatosan változik. A kerék felső részén a kifelé ható erőre negatívan hat a gravitációs erő (piros), emiatt azon helyen kisebb a kerámiára ható erő nagysága. Ezzel ellenben a kerék alsó részén a gravitációs erő által képviselt F_g hozzáadódik a centrifugális erőhöz így nagyobb erőt képviselve gyakorol nyomást a piezokerámia felületére. Tehát, megtaláltam azt az erőt, ami miatt a kerámiára nem csak folyamatosan (állandó jellegűen), de az erő nagyságában folyamatosan változó értékű nyomást gyakorol a kerámiára.

Mint az előzőekben már kifejtettem a piezokerámiák működése nem a nyomás nagyságától függ, hanem a kerámia felületére ható erő nagyságának változásától. Ugyanis a legegyszerűbben kifejtve a dolgot hiába gyakorlunk például 100N erőt a kerámia felületére, ha ez az erő állandó, akkor a nyomás megkezdésekor keletkezik egy túimpulzus. Ez után mivel térfogat változás nem történik, így feszültség sem keletkezik a kerámiánk két kivezetése között. Ennek a 100N-os erőnek az elvételekor szintén keletkezik egy túimpulzus, de ezesetben negatív impulzust mérhetünk. Ezt a negatív impulzust is fel lehet használni egy átalakító áramkörrel, amelyről a későbbiekben szót ejtek.

Ezzel ellentétben, ha a piezokerámiára ható erőnk mondjuk (pl.) 80N és 100N között változik folyamatosan a kimenetünkön állandó jellegű feszültséget mérhetünk. Ennek mérése oszcilloszkóppal minden további nélkül mérhető, illetve digitális multiméterrel csakis AC üzemmódban.

a. A kerámiák által bejárt út meghatározása

A gravitációs erőnek mindig csak a lapra merőleges komponensével számolok ami jelen esetben a tisztán kivehető energiával egyenesen arányos. Így a zavaró jeleket ki tudom szűrni és pontosabb eredménnyel tudok számolást elvégezni.

A magyarázat érthetősége kedvéért el kell neveznem a 4. ábrán bemutatott pontokat. A pirost 0° -nak, a narancsot 180° -nak a jobb oldali(z') zöldet 270° -nak a baloldali(z) pedig 90° -nak tekintem.

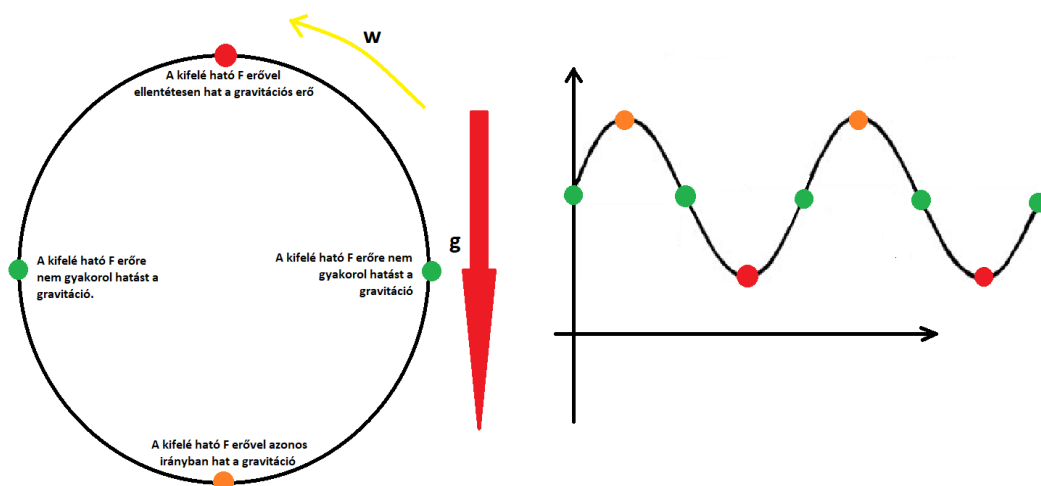
A 4. ábrára tekintve megállapítható, hogy a két oldalsó helyzetben a kerámialapokra ható gravitációs erő nagysága 0 N. Itt csak a centrifugális erő fejt ki nyomást a kerámia lapkánk felületére.

Mivel tisztában vagyunk a fizika egy szintén fontos törvényével miszerint a gravitáció hatással van minden tömeggel rendelkező testre. Így szintén szükséges megemlíteni a nehézségi gyorsulást ($F = m * g$). Ez az erőhatás mindössze két pontban nem érvényesül, viszont végtelen pontban igen.

0°-nál (piros) Mivel az ehhez tartozó röpsúlyunk a centrifugális erő miatt felfelé nyomódik a nehézségi gyorsulás ellenében, emiatt ezen értékek különbsége keletkezik. Ezen pontban a legkisebb a kerámia felületére ható erők összege.

180°-nál (narancs) a centrifugális erővel megegyezően hat a nehézségi gyorsulás emiatt az értékek összeadása történik. Ezen pontban a legnagyobb a kerámia felületére ható erők összege.

A kerék forgási sebessége is hatással van a jelszintekre. Legegyszerűbben úgy lehet leírni, hogy minél gyorsabban forog a kerék, annál magasabbra csúszik a szinusz jel értéke. Ezzel ellentétben minél lassabban, annál alacsonyabb jel értékeket vesz fel a szinusz hullám.



4. ábra. 0°-90°-180°-270°-360° pontok és a rájuk ható erők iránya.

b. Általam felhasznált eszközök:

Kerámia lapkák mechanikai és elektromos paraméterei:

Kapacitás: 3000pF

Impedancia: max.3Ω

Átmérő: 28mm

Vastagság: 2mm

Frekvencia: 1MHz

Ezek a kerámia lapkák otthoni tesztek alapján, melyet digitális multiméterrel csúcsértékeket mérve végeztem. Azt kaptam, hogy 1kg-os nyomás hatására 0.5V csúcsértékű impulzust generál egy szimpla kerámia. Ez azt jelenti, hogy egy 15-20 kg-os nyomás hatására, akár 8-10V-os túimpulzus is keletkezhet.

c. A keletkezett feszültség számolása:

$$U_f \cong \frac{1}{e_p} \cdot \frac{l_p}{A_p} \cdot f_F$$

5. ábra. Piezokerámia kimenetein kapott feszültségek matematikai leírása.

e_p : kristályállandó

l_p : a kristály hossza

A_p : a kristály felülete

f_F : a felületre ható terhelő erő nagysága

A piezokerámiák kimenetein kapott feszültségek matematikai leírására más lehetőség is van, de én ezt a megoldást választottam a szakdolgozatomhoz.

d. Fizikai erők melyekkel számolni kell a forgás során:

A centrifugális erő egy forgó rendszerben fellépő, sugárirányban kifelé irányuló (fiktív) tehetetlenségi erő, melynek nagyságát az alábbi képlettel tudjuk meghatározni:

$$F = m\omega^2 r$$

6. ábra. Nyomóerő számolása a tömeg és a forgási sebességgel.

A 6. ábrán feltüntetett képlettel könnyedén kiszámolható, hogy a tengelyközéptől kifelé haladva milyen erővel préselődik kifelé a kerámiáknak a röpsúly. A számolás során szükségünk lesz a kerék fordulatszámára, amelyet átváltva körfrekvenciával tudunk kifejezni. Továbbá a röpsúly tömegére és a tengelyközéptől való távolságára.

A járműiparban a gyártók többféle kerékmérettel szerelhetnek fel egy adott típusú járművet. Illetve a tulajdonosok meglátásán és ízlésén is múlhat a felni mérete. Természetesen az általam kidolgozott teória, illetve a megvalósított eszköz/eszközök csak a felniben vagy annak felületén helyezhető(ek) el. A gumiabroncsra az energia termelő egységek mechanikai sérülések elkerülése érdekében nem tehetők az egységek.

A saját számításaimban, mivel elektromos autó töltő rendszert alkotok meg, így segítségképpen egy valóságban is létező járműtípus paramétereit használok első körben, majd a saját prototípusom paramétereivel fogok számolni. Ezért a végén a mérésekkel fogom tudni igazolni a gondolatmenetem és a technológia hatásosságát.

Az általam választott a jármű egy általános felhasználásra tervezett Tesla Model 3. Számításaimban a legkisebb felszereltséghez járó 18"-os felni méretet használok. Ez a méret átváltva 45,72 cm-es átmérőt jelent. De ezt még osztanom kell kettővel és így kapom meg a felni sugarát, ami 22,86 cm nagyságú.

A 6. ábrán bemutatott képletbe behelyettesítem a felni sugarát, akkor láthatóvá válik, hogy még mindig van egy hiányzó elem. Ez nem más, mint a szögsebesség (ω [Omega]).

Mivel úgy gondolom, hogy egy sebességnél nem elég számolni, ezért két sebességet választok, amelyek a valósághoz közel állnak. Emiatt választom a kresz által és törvényben is elfogadott maximális sebességeket, ami a lakott területen 50 km/h (átváltva: 13,98 m/s) és autópályán 110 km/h (átváltva: 30,56 m/s).

Az általam kiválasztott Tesla Model 3. típusú személygépjármű és a hozzá választott felnihez gyárilag javallott az 5cm vastagságú gumiabroncs. Gyári ajánlásban szereplő méret: 215/50 R18.

Számításaimban az autó súlya miatt meggyűrődő gumit és emiatt keletkező bizonytalanság felett eltekintek. Ez azt jelenti, hogy a tengelyközéptől a gumi külső felületéig minden esetben 27,86 cm a sugárral tudok számolni.

$$A \text{ kör kerülete: } K=2 \cdot r \cdot \pi = 2 \cdot 0,2786 \text{ m} \cdot \pi = 1,75 \text{ m}$$

Egy másodperc alatti kerékfordulat 50 km/h sebességnél:

$$\omega = (13,98 \text{ m/s}) / (1,75 \text{ m}) = 7,99 \text{ 1/s}$$

Egy másodperc alatti kerékfordulat 110 km/h sebességnél:

$$\omega = (30,56 \text{ m/s}) / (1,75 \text{ m}) = 17,463 \text{ 1/s}$$

Számításaim során és a prototípuson is, minden kerámiához egy-egy külön röpsúlyt használok. Így elérve az egymáshoz képesti független működést. Ezen röpsúlyok felülete megegyezik a kerámiák felületével. Így kihasználhatóvá válik a kerámia teljes töltés szétválasztó felülete. Fém röpsúlyokat első körben 1 kilogrammra választom.

e. Erőhatások számolása 50 km/h sebességnél:

Centripetális erő nagysága 27,86 centiméteren, azaz 0,2786 méterrel számolva a már rendelkezésre álló kerék fordulat felhasználásával:

$$F_{cp}=1\text{kg}\cdot0,2786\text{m}\cdot(7,9\cdot7,9)=17,39\text{N}$$

Tulajdonképpen ez az F erő csakis a két oldalsó (zöld: z', z) pontban egyezik meg a számolásunk eredményével. Ezzel ellentétben, a többi pontban a gravitációs erő már befolyásolja a kerámiára ható erő nagyságát. Jelen esetben erre a két pontra (zöld: z', z) átváltás után megkapjuk, hogy 1,739 kg nyomó erő jut. Ez átszámolva:

$$U_{Csúcs}=0,5\cdot1,739 \Rightarrow U_{Csúcs}=0,869 \text{ V.}$$

Ez önmagában még semmire sem elég. Ugyanis napjainkban egy telefon töltéséhez is már minimum 5 V kell. Ez az érték még a fedélzeti műszerek energiaellátásának biztosítására sem elég, hiszen egy tranzisztor nyitó feszültsége 0,6-0,7 V. Bár jelen pillanatban mikroamperekről beszélek. Több kerámia párhuzamos kapcsolásával már lehetséges, hogy képes lenne kellő energia szolgáltatására a technológia.

Lássuk vajon mennyire is képes befolyásolni a kerámiáink felületére ható erő nagyságát a gravitáció:

Számolás 180°-os (Narancs) pontban. Mint minden másikon a gravitációs erő ebben a pontban is lefelé hat. A kerámia felületére felülről nyomódik az általam használt röpsúly. Ezen röpsúly által létre hozott F erő erővonala szintén lefelé mutat. Mivel az eredő erő nagyságát kell meghatározni így összegezni kell az erőket, ugyanis azok egy irányba mutatnak.

$$F_g=m\cdot g \Rightarrow F_g=1\text{kg}\cdot10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=10\text{N}$$

$$F_E=F_{cp}+F_g \Rightarrow F_E=17,39\text{N} +10\text{N} \Rightarrow F_E=27,39\text{N}$$

$$U_{csucs-le}=0,5\cdot(27,39\text{N} /10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le}=0,5\cdot2,739\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le}=1,37 \text{ V}$$

Ezen pontban már egy cseppet magasabb feszültségű jelet tud létrehozni a rendszer.

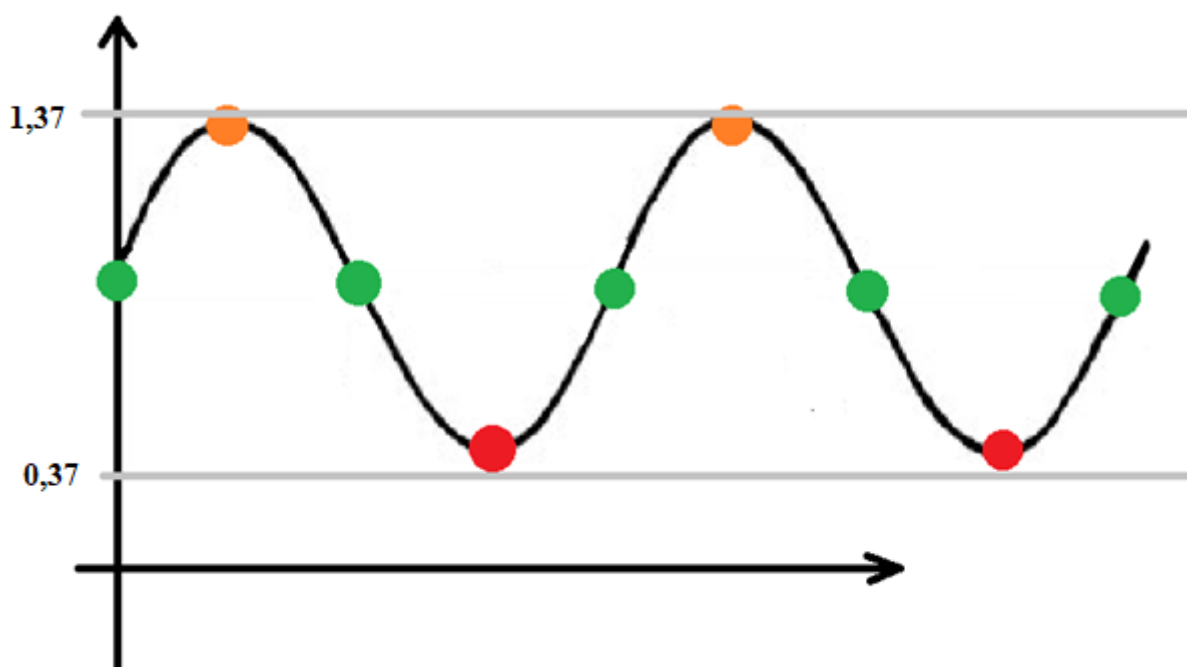
Nézzük meg, mi történik a 0°-os pontban (Piros). Ebben a helyzetben a kerámia gyakorlatilag fejjel lefelé van az előző ponthoz képest, illetve helyet cserélt a röpsúlyal. Mivel a röpsúly a centripetális erő miatt a tengelyközépponttól kifelé taszítódik, így ebben a pontban felfelé nyomódik. Emiatt az általa létrehozott erővonal felfelé mutat. De, amint az előbb már kifejtettem a gravitációs erő mindig minden pontban lefelé mutat így itt ellentétesen hat a röpsúly által létrehozott F erővel. Itt az erők előjelhelyes kivonását kell elvégezni:

$$F_g = m \cdot g \Rightarrow F_g = 1\text{kg} \cdot 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 10\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 17,39\text{N} - 10\text{N} \Rightarrow F_E = 7,39\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 \cdot (7,39\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 \cdot 0,739\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,37\text{ V}$$

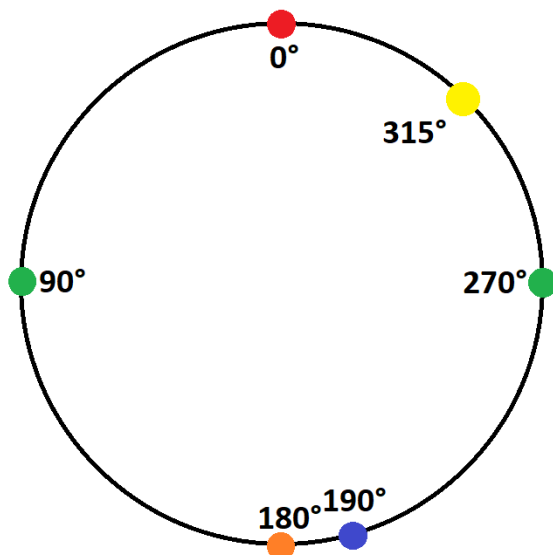
Összegezve a kapott értékeket és a korábban már bemutatott 4. ábra grafikonjába behelyettesítve megkaptuk, hogy a kimeneti feszültségek ezen beállítások mellett között állandósult 0,37 V illetve 1,37 V feszültség érték között változik.



7. ábra. Kimeneti feszültség szintek, 50 km/h sebességnél. [V]

A szélső értékek kiszámolása után számolni kell olyan pontban is ahol a gravitációs erő nem párhuzamos vagy merőleges a röpsúly által létrehozott kerámiára

ható erővel. Erre is van módszer, amellyel a maximális feszültség értékét kiszámolhatjuk egy adott pontban. Random jellegűen választok két pontot ahol a gravitációs erő nem párhuzamos vagy merőleges a piezokerámia felületére. Ezek a 190° és a 315° .



8. ábra. Forgáspontok pillanat értékeinek meghatározását bemutató grafikon.

315° -nál (sárga) elvégzett számítások. Ebben a pontban érvényesül a fentiekben taglalt se nem párhuzamos, se nem merőleges gravitációs erővonal. Ez arra enged következtetni, hogy a kerámiára ható erővonalak között „Alfa” szögeltérés van. Ezt a problémát egy egyszerű egyenlettel át lehet hidalni:

$$F_g = \sin(\text{Alfa}) * F_g = \sin(315^\circ) * 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = -7,0711\text{N}$$

Ez az eredmény elfogadhatónak tűnik ugyanis az érték nagysága a két véglet, -10 és 10 közötti lett. Ez azt jelenti, hogy a kapott értékünk nem nagyobb vagy kisebb, mint 0° -nál avagy 180° -nál számolt gravitációs erő hatása. Az értéke mínusz, ami megint elfogadható, ugyanis a kerék felső felében van a megválasztott pont, ahol a gravitációs erő negatívan hat a röpsúlyra.

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 17,39 - 7,0711\text{N} \Rightarrow F_E = 10,32\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (10,32\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 1,032\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5016\text{V}$$

190° -nál (kék) szintén elvégzek egy gyors számítást. Ehhez már nem fűznék több mondanivalót.

$$F_g = \cos(10^\circ) * F_g = \cos(10^\circ) * 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 9,848\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 17,39\text{N} + 9,848\text{N} \Rightarrow F_E = 27,24\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (27,24\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 2,724\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 1,362\text{V}$$

f. Erőhatások számolása 110 km/h sebességnél:

Ebben az esetben nagyobb sebességgel számolom végig a szükséges számításokat, amelyeket az előző bekezdésben megneveztem.

Centripetális erő nagyságát 27,86 centiméteren ebben az esetben is meg kell határozni, ugyanis a nagyobb kerék fordulat nagyobb centripetális erőt eredményez. Azaz 0,2786 méterrel számolva a már rendelkezésre álló kerék fordulat felhasználásával:

$$F_{cp} = 1\text{kg} * 0,2786\text{m} * (17,463 * 17,463) = 84,96\text{N}$$

Mint ahogy az előzőekben bemutattam ez az erő csakis a z és z' pontokban ennyi, mivel a gravitációs erő nem gyakorol hatást a kerámiára nyomódó röpsúly által. Jelen esetben erre a két pontra egy gyors átváltás után meghatározható, hogy 8,5 kg nyomó erő jut. Ez átszámolva: $U_{Csucs} = 0,5 * 8,5 = U_{Csucs} = 4,25\text{V}$. Ez már egy jóval magasabb érték, mint az előző sebesség mellett és ez az érték talán elég lehet a fedélzeti műszerek energiaellátásának biztosítására.

Számolás 180°-os (Narancs) pontban.

$$F_g = m * g \Rightarrow F_g = 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 10\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 84,96\text{N} + 10\text{N} \Rightarrow F_E = 94,96\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (94,96\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 9,496\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 4,748\text{V}$$

Ezen pontban már egy cseppet magasabb értékű jelet tud létrehozni a rendszerünk.

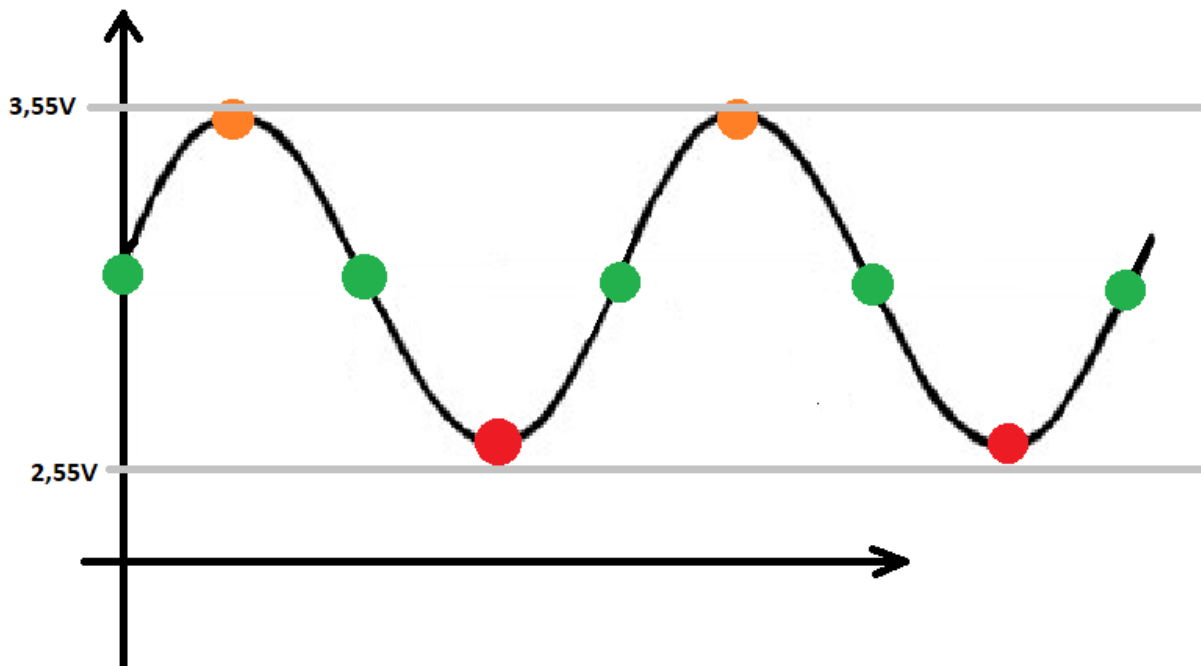
Nézzük, mi történik a 0°-os pontban (Piros).

$$F_g = m * g \Rightarrow F_g = 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 10\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 84,96\text{N} - 10\text{N} \Rightarrow F_E = 74,96\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (74,96\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 7,496\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 3,748\text{V}$$

Összegezve a kapott értékeket és a korábban már bemutatott 4. ábra grafikonjába behelyettesítve meghatározható, hogy a mérhető kimeneti feszültség ezen beállítások között állandósult 2,55 illetve 3,55 Voltos feszültség értékek között változik.



9. ábra. Kimeneti jelszintek, 110 km/h sebességnél.

Az előzőekben használt 190° és 315° -okat itt is kiszámolom.

315° -nál:

$$F_g = \sin(\text{Alfa}) * F_g = \sin(315^\circ) * 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = -7,0711\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 84,96\text{N} - 7,0711\text{N} \Rightarrow F_E = 77,89\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (77,89\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 7,789\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 3,945\text{V}$$

190° -nál (kék) szintén elvégzek egy számítást.

$$F_g = \cos(10^\circ) * F_g = \cos(10^\circ) * 1\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 9,848\text{N}$$

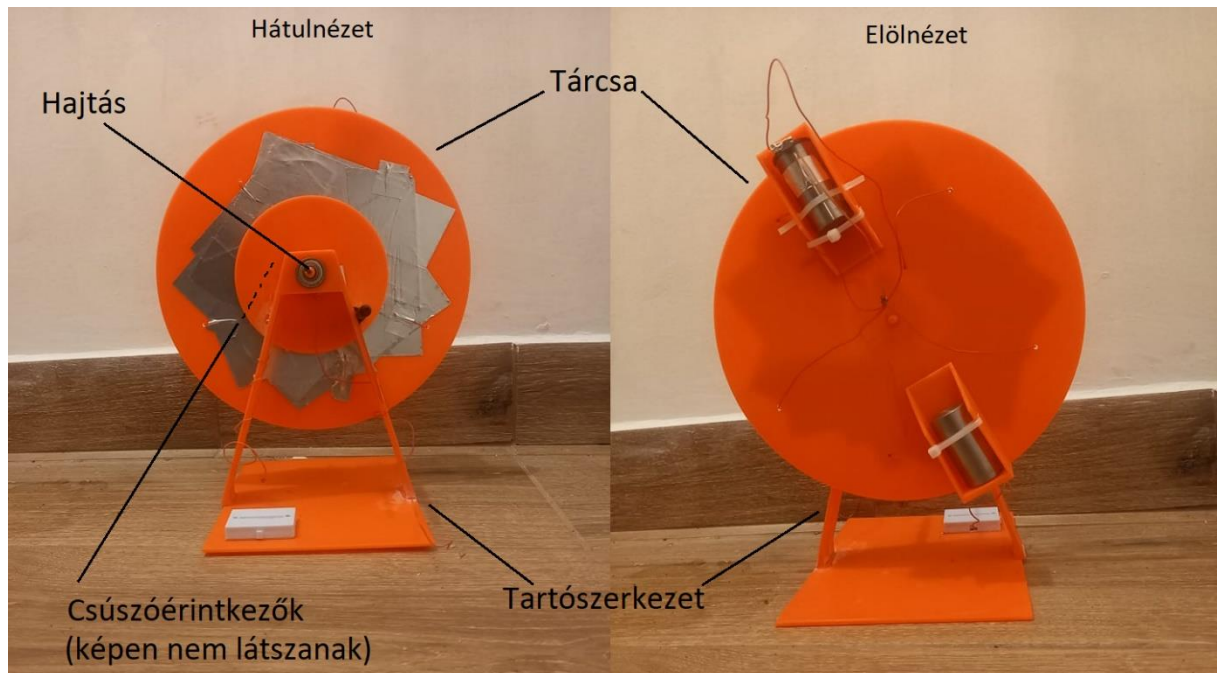
$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 84,96\text{N} + 9,848\text{N} \Rightarrow F_E = 94,808\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (94,808\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 9,48\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 4,74\text{V}$$

5. Prototípus elkészítése

a. Lehetőségek mérlegelése, anyagválasztás:

A prototípust 4 fő részből kell megvalósítanom: tartószerkezet, tárcsa, csúszó érintkezők, hajtás.



10. ábra. Megépített prototípus felépítése és részei.

(A fent csatolt 10. ábrán a két legfontosabb rész nem látszik ugyanis az érintkezők a kis és a nagyobbik tárcsa között találhatók. Továbbá a motorikus hajtás, amely a mérések során szépszavakkal is leszakadt a nagy terhelés miatt.)

Magát a szerkezetet Autodesk Inventor program segítségével terveztem meg. Ez a folyamat körülbelül egy hetet vett igénybe. A tervezet elkészülte után mérlegelnem kellett, hogyan és milyen anyagból fogom megvalósítani. Első körben a fára gondoltam, de sajnos ez az anyag nem kellően homogén. Így a tárcsa magasabb fordulata esetén egy periodikus ütést generált volna, ami hosszabb távon elgyengíti a tengelyt, ami annak eltöréséhez is vezethet. Továbbá a kimeneti jelet úgymond szennyezi egy periodikus rezgéssel. Ezen elmélet szem előtt tartása mellett esett döntésem a 3D nyomtatásra. Egyenletes anyagszerkezet és kellően nagy szilárdság jellemezi ezt a technológiát. Tehát képes kibírni a centripetális erő által létrehozott feszítő erőt, amely a tengelyközponttól kifelé haladva egyre erősebb és nem szennyezi zavaró jellel a méréseket.

A 3D nyomtatást egyik hallgatótársam csinálta a terveim alapján, de így is hetekbe telt mire az egész elkészült.

b. Tartó szerkezet:

Erről úgy gondolom, hogy nem kell sokat írnom. Így csak a lényegi részeket foglalom össze. A szerkezetnek kellően erősnek és rugalmasnak kell lennie. Előbbi a fém súlyok által képviselt tömeg tartása, utóbbi a forgó mozgás közbeni rezgés elnyelése érdekében.

c. Tárcsák:

A forgó tárcsa méreteinek megválasztása során figyelnem kellett a fentiekben használt számításaimra, hogy ezzel közel maradjak a reális eredményekhez. Méretben a határokat csak a 3D nyomtató asztala állított elem, ami miatt a nagyobbik tárcsa maximális átmérője nem haladhatta meg a 25 cm-et. Tehát a tengelyközéptől használt kerámia távolság olyan 12-12,5 cm-re jön ki. A stabilitás és a tartósság végett vastagsága 5mm.

A kisebbik fix tárcsa méretei a mérés és a tervezés során random jellegűek voltak, ugyanis ezzel a tárcsával csak a lentebb említett csúszó érintkezők megfelelő pozícióban tartása volt a cél. Méretei: Sugár: 6 cm (Átmérő: 12 cm), Vastagság 3 mm.

d. Hajtás:

Hajtásként kezdetben egy 12-36 V-os porszívómotort használtam. Három feszültségzintről vezérelve, 12-24-36 V. A kezdeti fázisban, amikor az alább említett súlyokat még nem tettem fel a tárcsára sikeresen feltudtam gyorsítani vele a készüléket. De a későbbi nagyobb terhelés hatására a szintén 3D nyomtatott tengely eltört így a hajtást egy csavarbehajtóval tudtam megvalósítani és helyettesíteni.

e. Röpsúlyok:

A súlyok (2db) anyagának megválasztása során olyan nagyobb tömegű vezetőt kellett keresnem, amely kellően alakítható, illetve vezetőképessége nem magas. Mérete adott volt, ugyanis az alapjának felülete azonos kellett legyen az általam használt piezokerámiával. Ha kisebb hasznosítható felületet választottam volna, akkor nem a teljes kerámiát használtam volna ki töltés szétválasztásra. Ha nagyobbat, akkor a rögzítés jelentett volna problémát. Az alap átmérője 28 mm. Magasság 5 cm. Tömegük ~400 gramm (konyhai mérleggel történő mérési sorozat után meghatároztam, hogy az első röpsúly 402 a második 404 gramm).

Anyaguk szénacél.



11. ábra. 400 grammos röpsúly.

6. Elektromos alkatrészec:

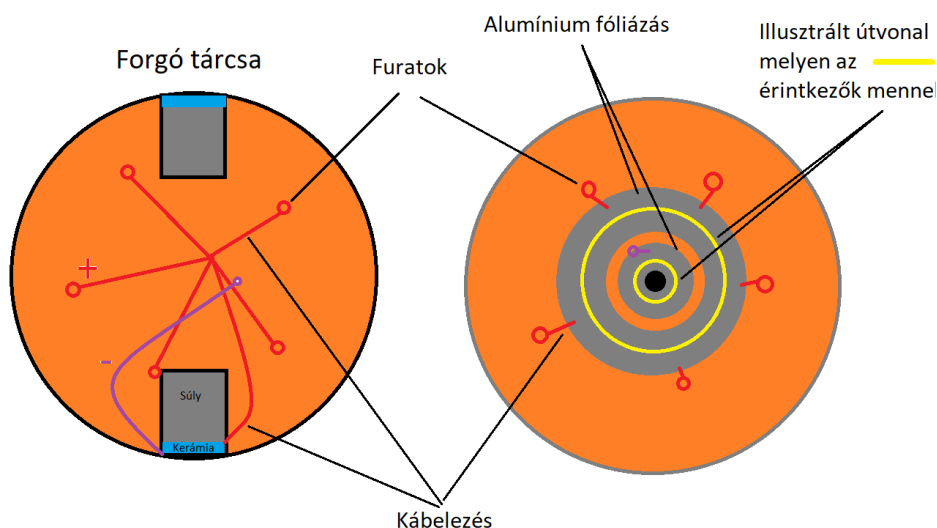
a. Piezokerámia:

Az általam használt piezokerámia méretei: vastagság 2 mm, átmérő 28 mm. Mindkét nagyobb felülete ezüst fóliázott. Ennek célja a kis ellenállása miatt a nagyon kis áramok vezetése. Elektromos szempontból maximális kimeneti feszültsége 55V, de ezt csak a nyomás változás hatására képes kiadni. A kerámia „áttétele” 0,5V/Kg. Tehát nagyságrendileg 100-110 kilogramm kell a maximális feszültség eléréséhez.

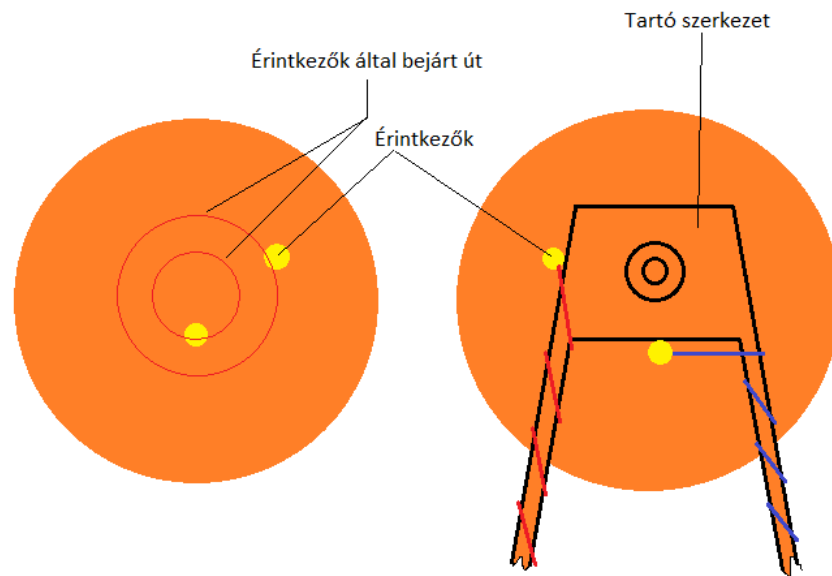
b. Csúszó érintkezők:

Csúszó érintkezőknek aranyozott felületű rugós mérőtűket alkalmaztam. Az aranyozott felület végett kicsi ellenállással tudtam dolgozni, melyet a mérés és a számolás során elhanyagolhatónak tekintek. Rugózott kialakítása végett könnyen letudja kezelni a forgás által keltett rezgések hatására csökkenő vagy növekvő távolságokat a két tárcsa között. Illetve állandósult értéken lehet tartani az érintkezésiponton fellépő súrlódást.

Fontos megemlíteni azt a felületet, amelyen ezen érintkezők csúsznak. Mivel jobb híján nem tudtam megoldani mással. Alumínium felületű ragasztószalagot használtam. Sajnos ennek az anyagnak nagy az ellenállása (1méter ilyen anyag képes 10-12 OHM ellenállást is képezni. Nem tűnik nagynak, de Mikro Amperes áramoknál már igencsak jelentős mértékű a veszteség). Emiatt a tárcsán szemből megtekinthető kábelezést 5 helyen vittem át a forgó tárcsán. Ennek célja, hogy a körbe ragasztott fólián csúszó rugós érintkező betáptól avagy a kerámiától számított távolsága folyamatosan kis értéken legyen tartva. Az alul illusztrált 12. és 13. ábrákon bemutatom a tárcsák kialakításának módját.



12. ábra. Piezokerámiát és a röpsúlyt tartó forgó tárcsa front oldala, elvi felépítése.



13. ábra. Piezokerámiát és a röpsúlyt tartó forgó tárcsa hátsó oldala, elvi felépítése.

7. Mérés, üzemeltetés

Mérésem során felhasznált segédeszközök:

- Digitális multiméter
- DC tápegység
- Akkumulátoros csavarbehajtó

Prototípus paramétereivel való számolások:

Mivel a forgó tárcsa átmérője 25 centiméter így a 12,5 centis sugárral számolok.

$$K=2*r*\pi \Rightarrow 2*0,125m*\pi \Rightarrow 0,78 \text{ m}$$

Másodpercenként a kerékfordulat 110 Km/h esetén: $\omega=(30,56\text{m/s})/(0,78\text{m}) \Rightarrow 39,17$ fordulat másodpercenként. Mivel ez nem egy egész érték, amelyet egy csavarozógép segítségével el lehet érni, így annak technikai paramétereit hívom segítségül.

Az adattábla szerint a csavarozógép 1-es sebességben elért maximális fordulata 550 fordulat/perc, ami átszámolva 9,16 fordulat másodpercenként, ami túl kevés a mérés valósághű elvégzéséhez. 2-es sebesség 1500 fordulat/perc, ami átszámolva 25 fordulat másodpercenként. 3-dik sebessége 2300 fordulat/perc, ami átszámolva 38,33 fordulat másodpercenként. A számok alapján a 3dik sebesség tűnik a legközelebbinek a számolt kerékfordulathoz viszonyítva. Ezért a továbbiakban ezzel viszem végig a számolást, hogy a reális valósághű értékeket tudjam mérni.

$$F_{cp}=0,4\text{kg}*0,125\text{m}*(38,33*38,33) \Rightarrow 73,46\text{N}$$

Három állapotot kell megvizsgálnunk:

Lefelé:

$$F_g=m*g \Rightarrow F_g=0,4 \text{ kg}*10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=4 \text{ N}$$

$$F_E=F_{cp}+F_g \Rightarrow F_E=73,46\text{N} + 4\text{N} \Rightarrow F_E=77,46 \text{ N}$$

$$U_{csucs-le}=0,5*(77,46 \text{ N}/10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le}=0,5*7,746\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le}=3,873\text{V}$$

Fölfelé:

$$F_g=m*g \Rightarrow F_g=0,4\text{kg}*10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=4\text{N}$$

$$F_E=F_{cp}+F_g \Rightarrow F_E=73,46\text{N}-10\text{N} \Rightarrow F_E=63,46\text{N}$$

$$U_{csucs-le}=0,5*(63,46\text{N} /10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le}=0,5*6,346\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le}=3,173\text{V}$$

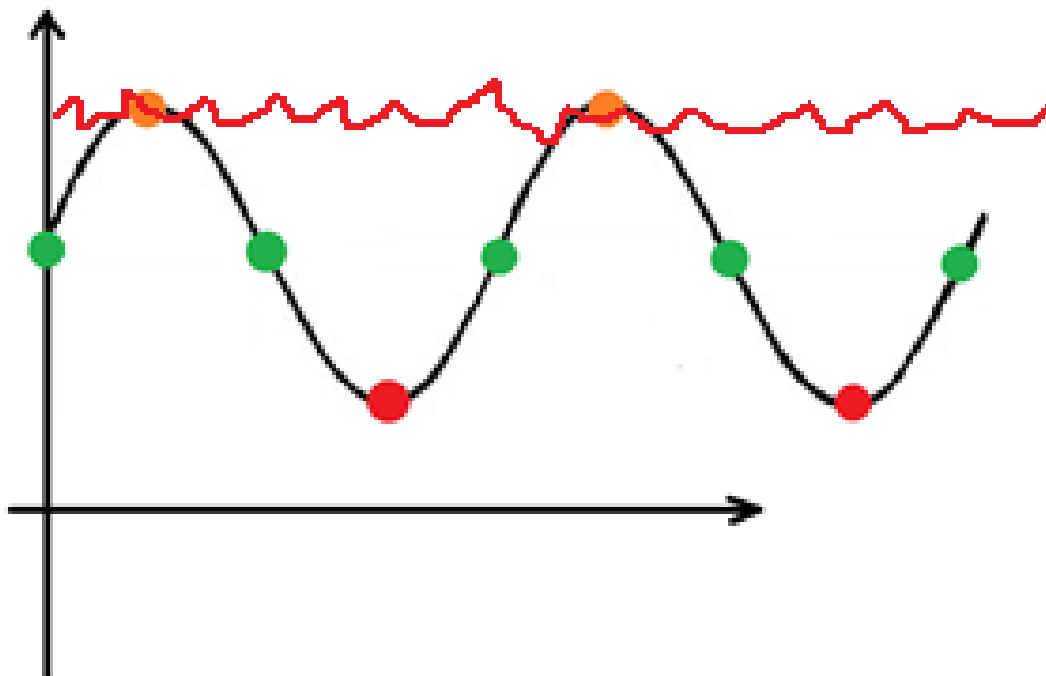
Oldalra:

$$U_{\text{Csúcs}} = 0,5 \cdot (73,46 \text{ N/10m/s}^2) = 0,5 \cdot 7,346 = 3,673 \text{ V}$$

A számolások után kialakulhatott egy kép a kimeneti feszültségekről. Ezen értékek a számolások szerint 3,173- 3,873V között ingadoznak. Későbbiekben fontos lesz, emiatt ezen értékek átlagát veszem: $(3,173+3,873+3,673+3,673)/4=3,598 \text{ V}$

A valóságban a nem számítható rezgések ezeket a számokat annyira befolyásolják, hogy a legnagyobb feszültséghez közeli értékeket mérhetünk állandó jelleggel a kimeneten.

Ezeket a mérési eredményeket a 14. ábra grafikonján tudom bemutatni.



14. ábra. A véletlen vagy kiszámíthatatlan rezgések hatásai a kimeneti feszültségre.

A pirossal jelzett feszültség szint a kimeneti jelet illusztrálja.

Vajon miért is van ekkora különbség a számolt és a valóságban tapasztalt jelek között? Mivel a kerámiák a rájuk ható nyomás változásra érzékenyek és adnak ki jelet emiatt a nem számítható véletlen rezgések, mint a gumi bordázottsága, illetve az út egyenetlensége képes folyamatos feszültséget eredményezni a kimeneten.

A mérési eredmények függenek a fordulattól, a súlyoktól, illetve a véletlen rezgésektől.

A mérések elvégzése érdekében kiszámolom a csavarozó gép két másik sebessége mellett fellépő feszültségértékeket a kerámia kimeneti pontjai között. Ezt szigorúan a gyártó által garantált értékekkel számolom végig, hogy a későbbiekben bemutatott grafikonokon viszonyítás alapot szolgáljon.

Fentebb a maximális, avagy a csavarozógép harmadik sebességével számoltam.

a. Csavarozógép egyes sebesség:

Fordulat másodpercenként: 9,16 fordulat/másodperc

$$F_{cp}=0,4\text{kg}\cdot0,125\text{m}\cdot(9,16\cdot9,16) \Rightarrow 4,195 \text{ N}$$

Lefelé:

$$F_g=m\cdot g \Rightarrow F_g=0,4 \text{ kg}\cdot10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=4 \text{ N}$$

$$F_E=F_{cp}+F_g \Rightarrow F_E=4,195\text{N} + 4\text{N} \Rightarrow F_E=8,195 \text{ N}$$

$$U_{csucs-le}=0,5\cdot(8,195 \text{ N}/10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le}=0,5\cdot0,8195\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le}=0,4975 \text{ V}$$

Fölfelé:

$$F_g=m\cdot g \Rightarrow F_g=0,4\text{kg}\cdot10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=4\text{N}$$

$$F_E=F_{cp}+F_g \Rightarrow F_E=4,195\text{N}-4\text{N} \Rightarrow F_E=0,195\text{N}$$

$$U_{csucs-le}=0,5\cdot(0,195\text{N} /10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le}=0,5\cdot0,0195\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le}=9,75 \text{ mV}$$

Oldalra:

$$U_{Csucs}=0,5\cdot(4,195\text{N}/10\text{m/s}^2) = 0,5\cdot0,4195 = 0,21 \text{ V}$$

$$\text{Ezen eredmények átlag értéke: } (0,4975+0,00975+0,21+0,21)/4=0,232 \text{ V}$$

b. Csavarozógép kettes sebesség:

Fordulat másodpercenként: 25 fordulat/másodperc

$$F_{cp}=0,4\text{kg}\cdot0,125\text{m}\cdot(25\cdot25) \Rightarrow 31,25 \text{ N}$$

Lefelé:

$$F_g=m\cdot g \Rightarrow F_g=0,4 \text{ kg}\cdot10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g=4 \text{ N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 31,25\text{N} + 4\text{N} \Rightarrow F_E = 35,25\text{ N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (35,25\text{ N}/10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 3,525\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 1,76\text{ V}$$

Fölfelé:

$$F_g = m * g \Rightarrow F_g = 0,4\text{kg} * 10\text{m/s}^2 \Rightarrow F_g = 4\text{N}$$

$$F_E = F_{cp} + F_g \Rightarrow F_E = 31,25\text{N} - 4\text{N} \Rightarrow F_E = 27,25\text{N}$$

$$U_{csucs-le} = 0,5 * (27,25\text{N} / 10\text{m/s}^2) \Rightarrow U_{csucs-le} = 0,5 * 2,725\text{kg} \Rightarrow U_{csucs-le} = 1,362\text{V}$$

Oldalra:

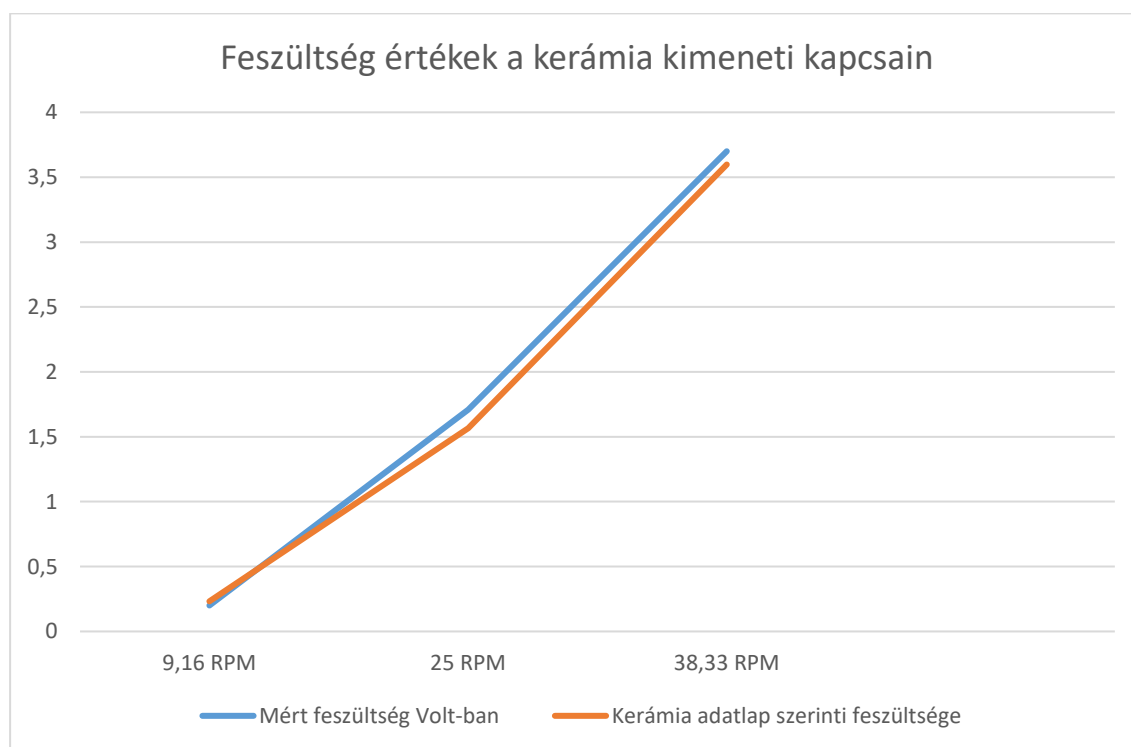
$$U_{Csúcs} = 0,5 * (31,25\text{N}/10\text{m/s}^2) = 0,5 * 0,4195 = 1,56\text{ V}$$

$$\text{Ezen eredmények átlag értéke: } (1,76 + 1,362 + 1,56 + 1,56) / 4 = 1,565\text{ V}$$

8. Mérések végzése energia átalakítás nélkül:

Mérésem során 1 darab kerámiát használtam. Ezen kerámiák darabszámának növelésével és azoknak párhuzamosan kötésével a feszültség szint nem változik, de a kimeneti áram arányosan nő a kerámiák darabszámával.

A mérés során kapott eredményeket a 15. ábra grafikonján tudom bemutatni. Ezek az eredmények csakis a kerámiáról levehető értékeket mutatják és a gyártó által garantált kivehető maximális feszültségértékeket. Ezek a jelek még nem lettek energia átalakító vagy feszültségstabilizáló áramkörrel feldolgozva.



15. ábra. A gyári és az általam mért feszültségértékek viszonya.

a. Mérési eredmények kiértékelése:

A mérést a csavározógép mind három fordulatával elvégeztem, hogy a fentebb bemutatott ábrán szemléltetni tudjam a feszültségértékek változását a fordulátváltozáshoz viszonyítva. Ebben az esetben mindig a maximális feszültség értékeket vettem fel a 15. ábra grafikonjába, ugyanis még feszültség stabilizáló áramkör nem került a piezokerámia két kimeneti kapcsolójára. Emiatt a mérőműszer nagyon ingadozó értékeket mutatott. Sokesetben egy-egy pillanatra akár 0 V-ra is lecsökkenő feszültség mellett.

A kék görbe a 15. ábra grafikonján a mérésem során kapott értékeket mutatja be, a narancssárga adatcsoport a fordulatokkal és a kerámia lapka adattáblájából felhasznált adatokkal kiszámolt értékeket mutatja be. Egyszerűsítve a narancs grafikon a gyártó által ígért feszültség értékeket a kék pedig a valóban mért értékeket mutatja be.

A valóság és az elmélet között minden esetben tapasztalható különbség. A két grafikon között is megállapítható kisebb mértékű feszültség különbség, de mint a korábbiakban írtam az ingadozó mérési eredmények végett csakis a maximális értékeket tudtam használni. Így ha a pillanatokra lecsökkenő feszültség komponenseket is figyelembe venném, a két grafikon jóval közelebb esne egymáshoz. De, sosem kerülne pontosan egymás fölé. Illetve az eltérő mérési eredmények különbségét a mérőeszközök pontatlansága is okozza.

9. Kimeneti jel stabilizálása

A piezokerámiák kimeneti jelei a nyomás változással egyenesen arányos méretű kimeneti impulzusokat adnak azok kimenetére. Ezen impulzusok nagysága, mint az előzőekben már leírtam maximum 55V nagyságúak lehet. De időtartamuk és kimeneti áramuk jóval kisebb. Jelenesetben a mérések során használt tárcsa fordulatokkal számolva a maximális időtartam, amit a kerámia impulzusain tudunk elérni, ami 50 km/h sebességnél maximum 125 milliszekundumig tart. De, a feszültség szint alacsony.

Ez a feszültség szint akkumulátor töltésére alkalmatlan, emiatt egy olyan módszert kell találnom ami, biztosítja nekem az állandó feszültség szintet és kitölti egy kondenzátor segítségével azon időintervallumokat, amikor a kerámia kimenetén kicsi vagy nulla feszültség szint mérhető.

a. Megfelelő technológia/áramkör keresése, kialakítása:

Két lehetséges technológia került elem a kutatásom és a konzulensemmel való egyeztetések után.

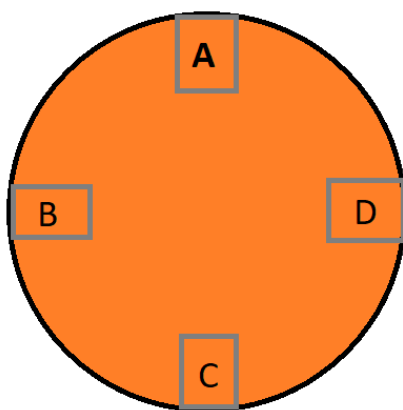
Elsőkörben a szünetmentes tápegységeket kezdtem elemezni és átnézni. Kerestem egy olyan áramkört, ami kellően kis feszültség szinttől, nagyságrendekkel nagyobb szintig képes kezelni a kerámia impulzusait. Fontos szempont volt, hogy a bemeneti jelet képes

legyen úgy lekezelni, hogy az esetenként az útegyszerlenségek végett nulla alatti tartományba is eshet. Továbbá az alacsony energiaigény, amelyet a piezokerámia kimeneti jeléből „fogyasszon”. Tehát ne igényeljen külön tápellátást.

Kutatásaim során a legkisebb induló feszültség feldolgozására alkalmas kapcsolás a 18. ábrán látható. Sajnos hátránya, hogy 7V alatti jeleket nagy csillapítással alakítja át. 5 V-os bemeneti impulzus nagyság mellett megjelenik a kimeneten a töltésre használható szintén 5V-os váltakozó, de pozitív értékű kimeneti feszültség. A kimeneti áramot 5V-os feszültségszint alatt erőteljesen korlátozza. A kapcsolás 6 V-os bemeneti feszültség elérése után már képes akkumulátor töltési feladat elvégzésére, de kimeneti árama a piezokerámiákat figyelembe véve egy LED működtetésére elegendő.

Az 5V-os minimum bemeneti feszültség elérése egydarab piezokerámiával valóságban szinte lehetetlen. Ezért ajánlott a piezokerámiák string*-ben kapcsolása. Feltéve, hogy az autó nem 200km/h sebességgel száguld. Az én esetemben ez az ötlet önmagában elvetésre került és a későbbiekben fogom használni segédáramkörrel. Emiatt elméleti síkon végig viszem a gondolatmenetet:

Tegyük fel, hogy 4 kerámia van elhelyezve a tárcsán, ezek mindegyike 90°-al elforgatva a mellette levőkhöz képest és minden kerámia a tárcsa széléhez pozícionálva foglal helyet, körbe rakva a tárcsán a 16. ábrán feltüntetett módon:



16. ábra. A tárcsán elhelyezendő négydarab kerámia szemléltetése.

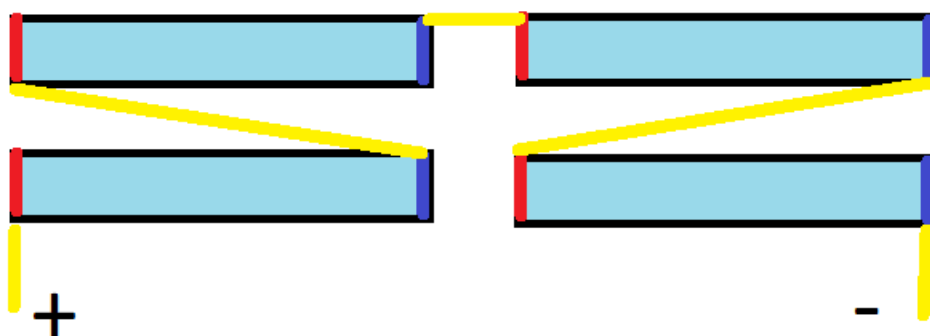
Ebben az esetben, ha feltételezzük, hogy a 16. ábrán bemutatott tárcsa éppen üzem közben látható és a kerámiákon kijeleznénk a feszültség szintet. Akkor mindegyik kerámián pozitív, de nem ugyanakkora feszültség szintű jelet mérhetünk.

Ha párhuzamosan kötnénk a kerámiákat, szükséges lenne a feszültségek azonossága. De jelen esetben mindegyik feszültség szint különböző, tehát párhuzamos kapcsolásuk több problémát vet fel. Pl. Az egyik kerámián 3 V és egy másikon pedig 1 V feszültség mérhető. A nagyobbik feszültség miatt az 1 V-os kerámia 2 V-os előfeszítésbe kerül. Ami ebben az esetben 0-ra redukálja a kivehető áramot.

Soros kötés esetén közel azonos áramerősségű impulzusok keletkeznek a kerámiákon. De, amint egy kerámia működésképtelenné válik, azonnal leáll a folyamat és nem folyik áram. Mivel a fentiekben kijelentettük, hogy a kerámiákon fellépő feszültségek folyamatosan pozitívak, de változó értékűek, így összegük is egy pozitív feszültség érték lesz.

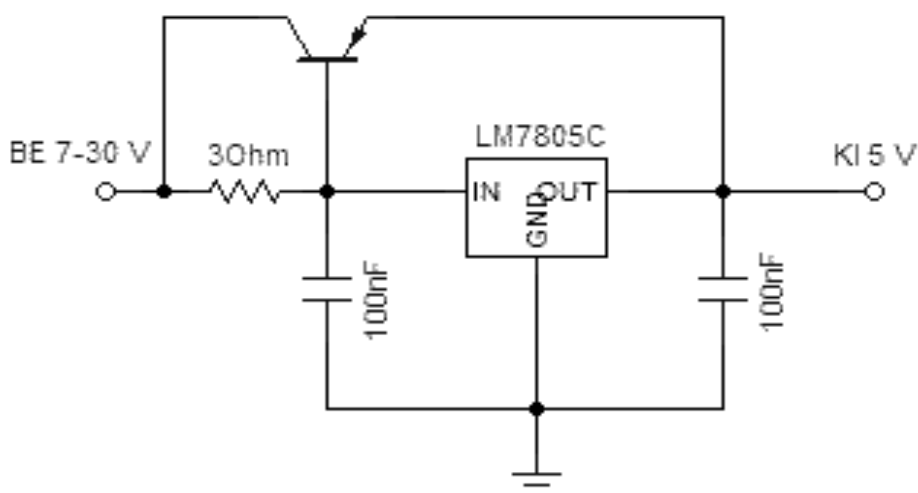
Továbbá a kimeneten egy állandósult jelet tudunk mérni. Ha a 16. ábrán bemutatott „A,B,C,D” pontokat vesszük figyelembe, akkor mindig van egy magas és egy alacsony jelszint, illetve két darab közepesszintű. Ezek összege mindig ugyanannyi bármilyen irányban is álljanak a kerámiák.

110 km/h sebesség mellett az „A” kerámia feszültsége számolás szerint 3,873 V, a „C” kerámia feszültsége 3,17V, illetve a „B” és a „D” kerámiák feszültsége 3,63V. Ezt összegezve 14,3 V feszültséget kapunk. Természetesen ez csakis a számolás eredménye, mint már fentebb említettem a valós feszültség a kiszámíthatatlan rezgések végett folyamatos már-már állandó értéket vesz fel, amely közelít az $U_{\max}$ -mért feszültséghez. Ezzel számolva mindegyik kerámián átlagban 3,63-al számolva közel 14V könyéki feszültséget kapunk. Ez az érték jóval közelebb áll a valósághoz, mint a számított érték.



17. ábra. A négydarab piezokerámia soros kapcsolási rajza a kimeneti feszültség szint növelése érdekében.

Ez még mindig nem egy felhasználható érték, ami állandósult jelszinten képes tölteni az autónkat. Emiatt tervezettemben szerepel, egy 25V-os elektrolit kondenzátor, amelyet a piezokerámiák töltenek. Tulajdonképpen pufferkondenzátorként használom, hogy a kimeneti jelet kisimítsa és állandósítsa. Ennek az alkatrésznek a kimenetére pedig nem csak a kerámiákat helyezem, hanem az előzőekben megismert stabil tápegységet is.

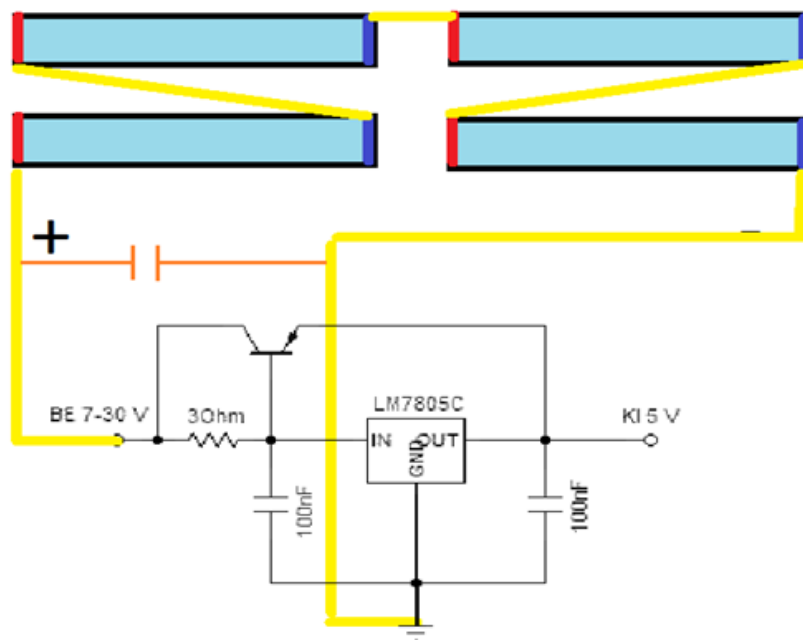


18. ábra. Stabil tápegység kapcsolási rajza.

Valós esetben a 18.-as ábrán bemutatott kapcsolási rajzon látható, hogy a 7 V alatti jeleket nem tudja lekezelni a kapcsolás. Sajnos a szerkesztett képet nem akarom elrondítani saját firkaímmal. De, hibásan van feltüntetve a bemeneti érték. Mint fentebb már említettem a bemeneti jeleket 5 V-tól már átengedi illetve 35V-ig még stabilan mindenfajta károsodás nélkül működik a kapcsolás. Tehát gyors számolással kb. 25 Km/h

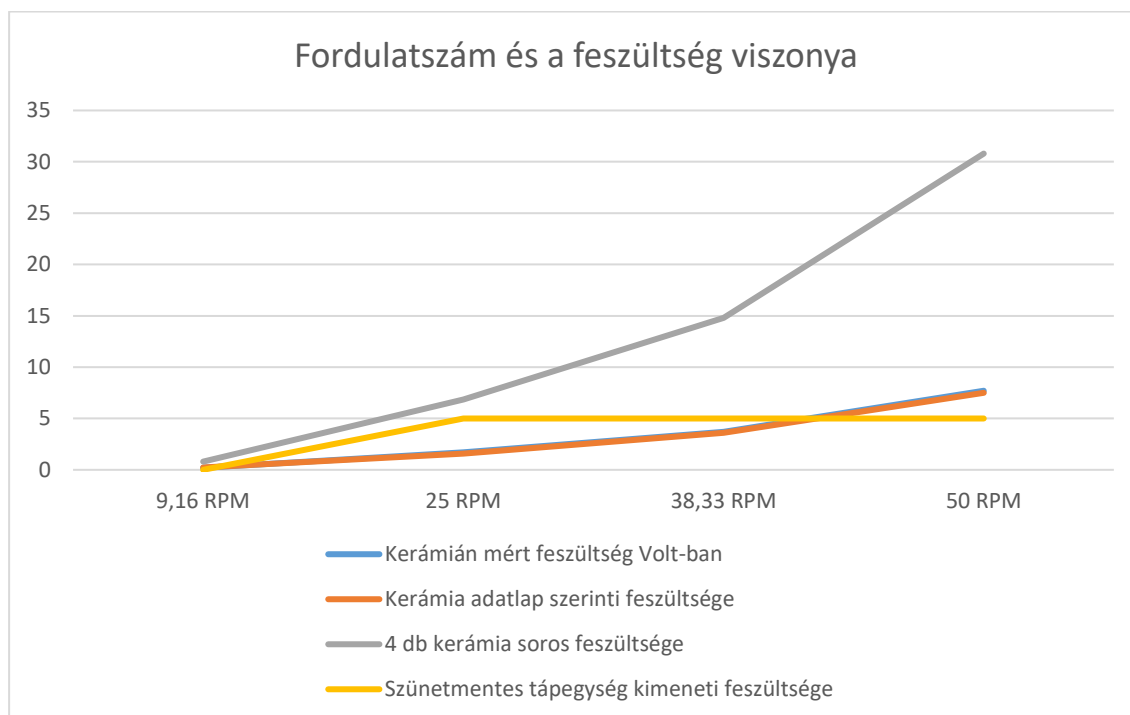
folyamatos sebességtől indulva felfelé, már stabil feszültség érték jelenik meg a kimeneten. A piezokerámiák ilyen módon való kapcsolása véget a sebesség felső határa körülbelül 220 Km/h-ra tehető. Kevésnek bizonyul abból a szempontból, hogy a Teslák már régen képesek a 300 km/h sebességre is. De a megengedett sebességre tervezem a készüléket, illetve egy másik stabilitápegységgel simán megoldható a probléma, amelynek bemeneti feszültsége 30 V-tól indul 110 V-ig.

A 19. ábrán a sorosan kapcsolt piezokerámiák és a stabil tápegység kapcsolási rajza látható, pufferkondenzátorral kiegészítve:



19. ábra. A sorosan kapcsolt piezokerámiák és a stabilitápegység kapcsolási rajza, pufferkondenzátorral kiegészítve.

A 19.-es ábrán látható kapcsolási rajznak a működési paramétereit a 20. ábrán bemutatott módon lehet felvenni a grafikont.



20. ábra. A gyárilag meghatározott, a számított és a mért feszültségértékek viszonya a szünetmentes tápegységgel.

A 20.-as ábrán bemutatott diagrammon látható a kerámiákon fellépő átlag feszültség értéke a fordulatszinten, a kerámiák adatlapszerinti számolt feszültsége, az előre meghatározott helyű négy darab sorosan kapcsolt kerámia feszültsége és a szünetmentes tápegység kimeneti feszültsége.

A grafikonon szereplő kék és narancssárga görbékben változás nem található emiatt itt nem kapnak különösebb figyelmet ennél a bekezdésnél, mivel új információt nem tartalmaznak. Annál érdekesebb a négy darab kerámia feszültsége és a szünetmentes tápegység kimeneti feszültségének összefüggése.

Láthatóan a grafikon elejétől haladva a végéig (balról-jobbra) növekvő fordulattal egyenesen arányosan növekszik a négy piezokerámián mérhető eredő feszültség. Három szakaszra bontanám ezt a grafikont az elemzés szempontjából.

Elsőként a 0 fordulattól, avagy 0V-tól, a másodpercenként 25 fordulattig, amihez a négy sorosan kapcsolt kerámián mérhető 5 V-os feszültség érték tartozik. Ezen a szakaszon hivatalosan még nem szabad a szünetmentes tápegység kimenetén feszültséget mérni. De az LM7805C típusú IC nyitófeszültségénél nagyobb feszültségtől már mérhető kimeneti feszültség. Ennél az IC-nél ez az érték adattáblából kiolvasható 0,7 V, de mint az

előzőekben írtam csak 5 V-tól használható töltésre a kapcsolás. Tehát ennél kisebb bemeneti feszültséget nem képes átengedni.

Második szakasz a 25 fordulathál lévő időpillanat, ilyenkor az IC elérte a maximális 5 V-os kimeneti feszültséget. Ebben az esetben a maximális áthajtható áramerősség az adattábla szerint 0,5 A. Természetesen ez az áramerősség nem érhető el pár darab kerámiával. De, mind a 4 keréken elhelyezendő 16-16 piezokerámia képes ezt az áramerősséget előállítani.

A harmadik szakaszon, ami a 25-ös kerék fordulatszám feletti részt képezi, a sorosan kapcsolt kerámiák eredő kimeneti feszültsége már jóval nagyobb, mint 5 V. Mégis az IC kimenetén mérhető feszültség maximális értéke sosem haladja meg az 5 V-ot, pedig a bemeneti feszültség ennek sokszorosát is képes elérni. Ez a szakasz a kerámiák számára a legalkalmasabb a töltés szétválasztás szempontjából. Mivel az előzőekben meghatározásra került, hogy a négy darab kerámia 90°-ként elhelyezve forgásközben a soros kapcsolásuk esetén minden esetben ugyanakkora a feszültség. Emiatt több ilyen négyes blokk párhuzamos kapcsolása növeli a kimeneti áram nagyságát.

Ez a lehetőség azért kielégítő, mert minden azonos keréken elhelyezett (4db négyes blokk, avagy 16 kerámia) négyes blokk feszültsége megegyezik. Emiatt párhuzamos kapcsolásuk minden esetben lehetséges.

Ezzel a módszerrel megoldásra került a piezokerámiák feszültség szint növelése és a töltésre használható áramuk növelése is. Továbbá a szünetmentes tápegység bemenetére is biztosítva van a minimum feszültség szint. De a legtöbb piezoelektromos hatáson alapuló eszköz és kristály, avagy áramforrás milliwatt nagyságrendű (a szünetmentes tápegység minimum bemeneti feszültségével számolva, ami 5 Volt, egy 2 milliwatt teljesítményű impulzus $2\text{mW}/5\text{V}=0,4\text{mA}$ nagyságú áramot generálhat) energiát képes termelni, ami túl kevés a folyamatos energiaellátás biztosítására. Mivel az általam választott IC minimum 5 mA áramot vesz fel és ennek megfelelő mennyiségű energiát fogyaszt el. Legalább 13x4db kerámiát kellene párhuzamosan kötni, hogy bármilyen plusz töltő áramot tudjak elérni. Ami önmagában túl nagy tömeg 0,2 milliamper töltő áramért cserébe. Emiatt a konzulensem ajánlására az energy harvesting technológiát kezdem el tanulmányozni és használni.

Bár meg kell jegyezni, hogy a piacon rengetegféle piezokerámia és azoknak kimeneti jeleit feldolgozó áramkör fellelhető, amelyeknek kimeneti feszültség szintje és

árama mind különbözik. Példának okáért a siencedirekt oldalról leszedtem az 1. táblázatot, amelyben olyan digitális áramkörök vannak felsorolva amik, kis energia felvétel mellett képesek a piezokerámiák jeleit lekezelni és feldolgozható formátumra konvertálni.

Sensor Board	Developed by	Voltage	Current (mA)			Max power (mW)	Special features
			Processor (Active)	Radio Rx	Radio Tx		
Mica	UC, Berkeley	2.7–3.6 V	6.4	3.8	12	55.2	TinyOS
Mica2	UC, Berkeley	2.7–3.3 V	8	10	27	95	TinyOS
TelosB	UC, Berkeley	2.1–3.6 V	1.8–2.4	23	21	75	Low power, fast wakeup
Medussa	UCLA	1.5 V	5.5	3.8	12	26.55	Multiple Processor
Amps	Rockwell	3–3.6 V	76	27	50	378	DVFS
Wins/Sgate	Rockwell	3–3.6 V	127	122	221	1080	DVFS, Linux
Pico	UC, Berkeley	1 V	1	N.A	N.A	10	-
Eyeys	European Research Grp	1.8–3.6	400 μ A	12	3.8	12.6	Low-end sensors, OS

1. táblázat Piezoelektromos hatást feldolgozni és átalakítani képes áramkörök listája

A táblázatban is látható a kimeneti feszültség a felsoroltak többségénél maximum 3,6 V. Ez az általam talált IC-s analóg áramkör kimenetén lévő 5V-os jelnél kisebb. Ami a mai telekommunikációs rendszerekben kevésnek bizonyul. (Egy átlagos telefontöltő 5V-al tölt) Továbbá a „Max power” azaz maximális teljesítmény az áramkör maximumon kiadott kimeneti teljesítménye. Az általam vizsgált IC teljesítmény igénye alacsony és kimeneti teljesítménye magasabb, mint a 1. táblázatban felsoroltaké. Így ezek az áramkörök képtelenek egy elektromos autóra felszerelhető piezokerámiák energiájának kinyerésére. Emiatt választom a fentebb említett Energy harvesting technológiát kiegészítésképpen a stabil tápegység mellé.

10. Energy harvesting technológia

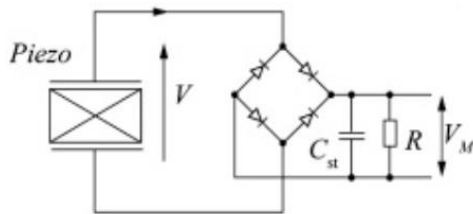
a. A technológia rövid bemutatása:

Az Energy harvesting-et magyarul energiagyűjtést, a kis mennyiségű energia összegyűjtésére és a vezeték nélküli áramkörök energia ellátására, alkalmazható technológia. Legtöbb esetben a legjobb szolgálatot olyan helyeken nyújtja a technológia, ahol akkumulátorok használata nem lehetséges, túlságosan körülményes vagy költséges. Például az egészségügyben használatos testérzékelő eszközök és a hozzáférhetetlen rendszerek. Az energiagyűjtő készülékek teljesítménye vagy potenciálja nagyon függ a felhasznált anyagok vagy eszközök teljesítményétől és tulajdonságaiktól.

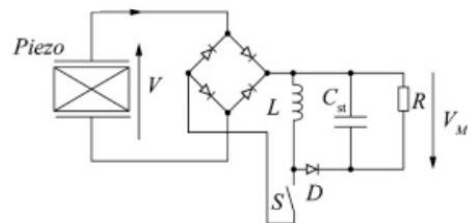
A gyakorlatban ez a technológia a környezeti energiák kinyerésére használható alternatíva. Előnyként akkumulátoros rendszerek helyettesítése nevezhető meg, mert ennek üzemelése közben nem szükséges az akkumulátor megléte, ugyanis az éppen vizsgált eszköz kimenetén fellépő teljesítmény csekély részéből képes üzemelni.

Az általam választott téma és technológia során fontos a hosszú távú üzemképesség és a kis energia fogyasztás. Az energiatermelő eszközök (piezokerámiák) mellett az interfész, avagy feldolgozóegység áramkörei nélkülözhetetlen részeit képezik ezekben az energiagyűjtő rendszerekben.

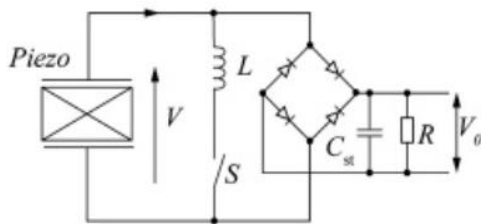
A piezokerámiákat tárgyaló szakirodalmakban négyféle energiaátalakító és vagy -tároló áramköri kapcsolás létezik. Amelyeket általános felhasználási körülmények között alkalmaznak energiagyűjtő eszközökhöz:



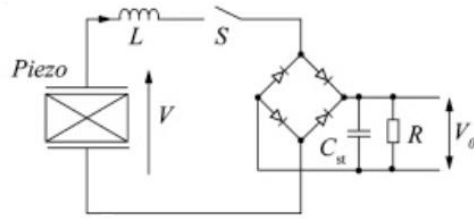
21. ábra. Szabványos energiaátalakító és tároló interfész áramkör.



22. ábra. SECE áramkör.



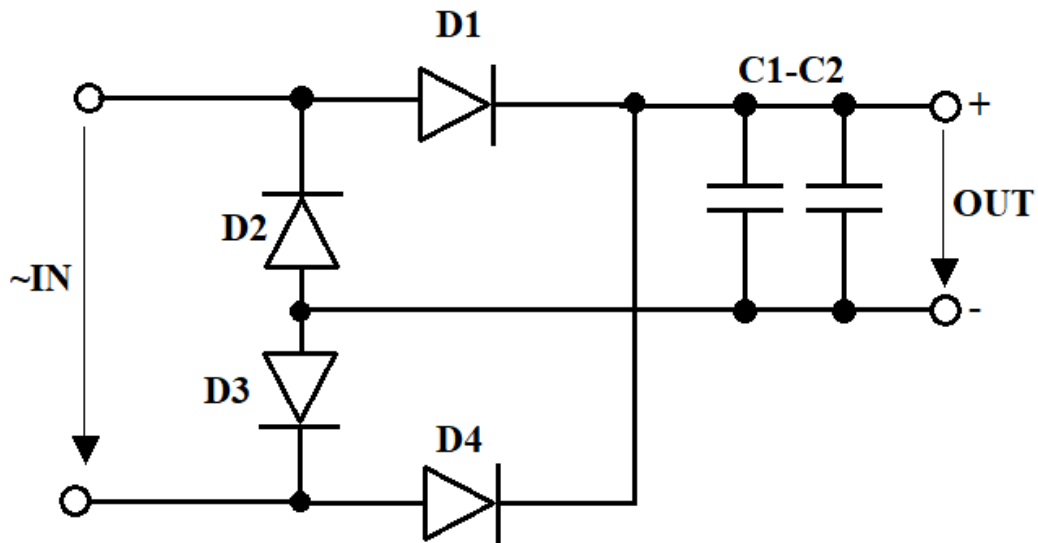
23. ábra. párhuzamos SSHI áramkör.



24. ábra. soros SSHI áramkör.

Az energia tároló és kapacitással ellátott szabványos energiaátalakító és tároló eszközök a leggyakrabban és legszéleskörűbben használható áramkörök a rezgésenergia-gyűjtő és piezoelektromos eszközök között. A fentebb bemutatott négy darab ábrán az előbb említett töltés tároló egység, ami ezen estben egy kondenzátor is helyet foglal. Feladatuk mind a négy esetben pufferkondenzátori szerep.

Számomra a legegyszerűbb és költségben is a legkisebb kerül megépítésre. Amely egy szabványos energiaátalakító és tároló interfész kapcsolás (21. ábra), amit az alábbi 25. ábrán mutatok be.



25. ábra. Általam tervezett feszültség stabilizáló áramkör kapcsolása.

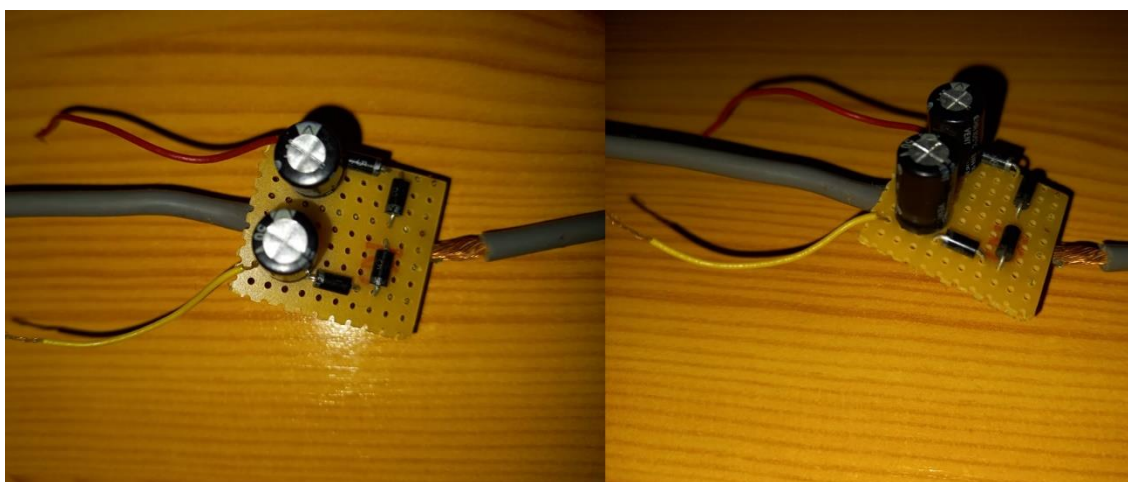
Látható, hogy kissé átterveztem a kapcsolás kimenetét. Az R ellenállást megszüntettem és helyette megdupláztam a C kondenzátort. Célom ezzel a módosítással a kimeneti áram maximalizálása és a töltő energia teljes kihasználása. Gyakorlatilag bármely féle és bemeneti impedanciájú elektronika a kimenetre kapcsolva a teljes termelt árammennyiséget feltudja venni, mert nincs vele egy párhuzamos ellenállás, amin megoszlaná az áram.

A megduplázott kondenzátorok a töltés tárolás végett kerültek kialakításra. Mindkét kondenzátor töltés tároló kapacitása ugyanakkora így párhuzamos kapcsolásuk dupla akkora töltés tárolását eredményezi. Azért alakítottam ki ezt a részét a kapcsolásnak így, mert a piezokerámia átalakítás mentes feszültsége a mérések során párszor 0V-ra csökkent le. Ilyenkor a kondenzátorok megnövelt kapacitása pótolja az „energiahiányos állapotot” és állandósítja a kimeneti feszültséget.

A megépített kapcsolás képes 1,4 V és 50V közötti jelek stabilizálására. Ez a feszültség sáv jóval szélesebb, mint a stabilitápegység esetében tapasztaltak. Illetve a bemeneti feszültség értéke is jóval kisebb szinttől átkerül a kapcsolás kimenetére. Ezt a minimum feszültséget a Graetz-hídban felhasznált diódák adják meg. Mivel a pozitív- és a negatív feszültségértékek esetén is az áram minden esetben két darab diódán megy át így azok nyitófeszültsége összeadódik. Emiatt a $0,7\text{ V} + 0,7\text{ V} = 1,4\text{ V}$ a legkisebb váltó feszültség, amit már le tud kezelni az áramkör.

Az általam használt komponensek a kapcsolási rajzban és megépítésnek a rövid bemutatása:

Kondenzátorok:	C1-C2:	elektrolit 50V 100 μ F
Diódák:	D1-...-D4:	4db 1N4148 75V 150mA
NYÁK:	Alaplap	1db PC-8 lap
Vezetékek:	Hulladék vezetékek újra hasznosítva	



26. ábra. Elkészített Energy harvesting kapcsolat.

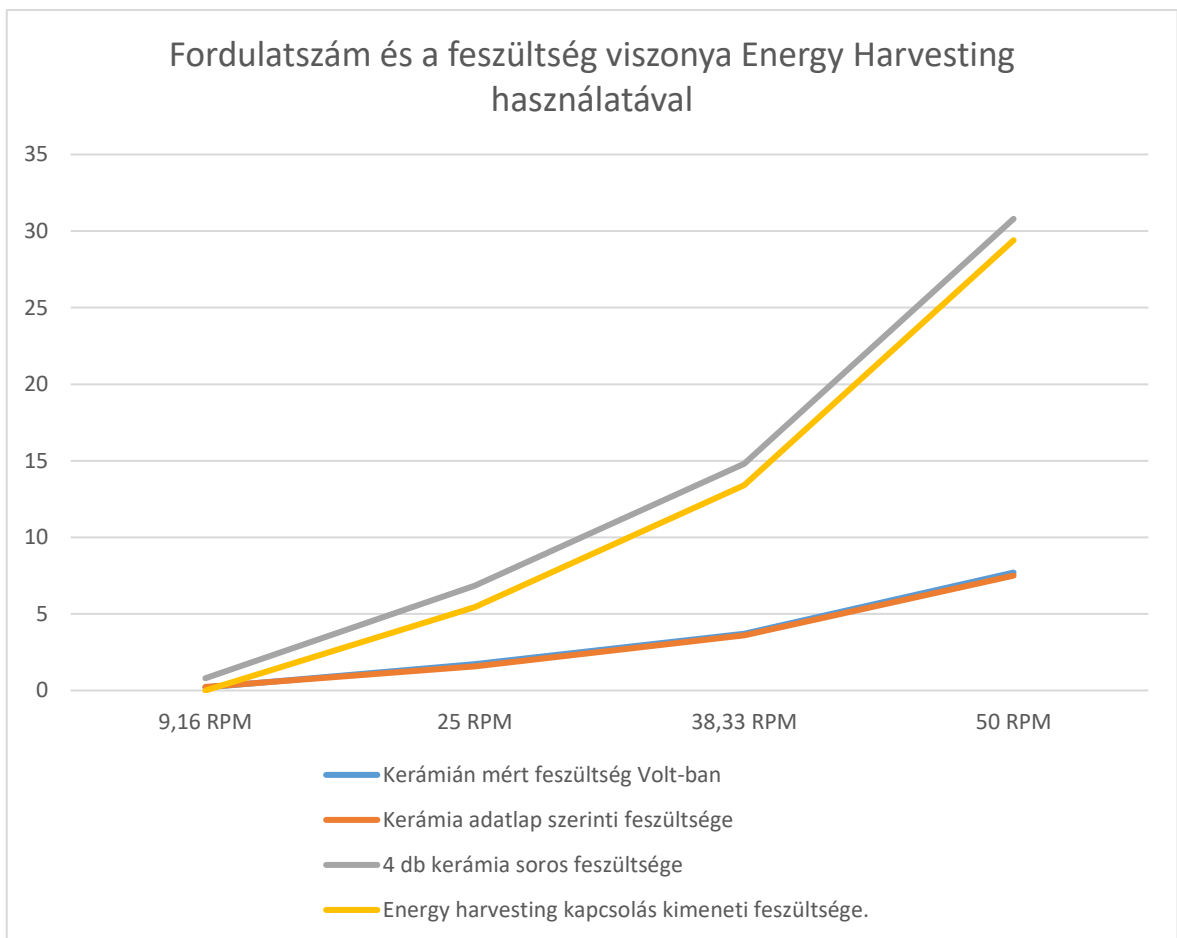
A választott dióda típus véleményem szerint teljesen alkalmas a piezokerámiák kimeneti feszültségének átengedésére. A fentebb bemutatott számolások során kiderült, hogy a négy darab kerámia soros feszültsége 110 km/h sebességnél átszámolva 38,33 fordulat/másodperc mellett 15 V nagyságú kimeneti feszültséget tud eredményezni. Ha az elméletem végleteit próbáljuk elérni és a német autópályán vett korlátlan sebességet veszem figyelembe, akkor igencsak elérhető a dióda maximális feszültségértéke. De jelen esetben nem a kapcsolat rongálása a cél. hanem a hibamentes működés biztosítása. Átfolyó maximális 150 mA áram az általam használt kerámiák mind soros mind pedig párhuzamos kapcsolása esetén is nehezen érhető el. (Több száz kerámia együttes működése kellene ezen érték eléréséhez, ami egy autó négy kerekén nem fér el.)

A kapcsolat kis bonyolultsága végett a teljes PC-8-as panelt nem használtam fel, körülbelül egy 200 forintos érme nagyságú darabot vágtam le, amelyen a felhasznált alkatrészek és a be- illetve kimenetek vezetékei kényelmesen elférnek. Forrasztás során ólommentes ónt használtam. A megépítés összesen 25 percet vett igénybe.

11. Piezokerámia és a megépült feszültség stabilizáló áramkör együttes üzem közbeni mérése:

A 3D nyomtatott tartó szerkezeten levezetett kerámia kivezetéseket nem fix kötésre terveztem. A megépült prototípus könnyebb és biztonságosabb szállítása érdekében a feszültség stabilizáló áramkört és a tartószerkezetről érkező vezetékeket Bread Board segítségével kapcsolom össze. Így az elkészült komplett kapcsolás minden része javítható és cserélhető percek alatt.

A feszültség stabilizáló áramkörön már jóval stabilabb a kimeneti feszültség a pufferkondenzátorok végett, illetve a diódás graetz-híd kapcsolás végett megszűntek a negatív irányú feszültség impulzusok.



27. ábra. A gyárilag meghatározott, a számított és a mért feszültségértékek viszonya az „Energy harvesting” technológia használatával.

A 26. ábrán felvett mérési eredmények az elkészült feszültség stabilizáló áramkör be- és kimeneti értékeit is felveszi. A szimpla kerámián és a négy sorosan kapcsolt kerámián mérhető feszültségek a szünetmentes tápegységnél elvégzett mérésekhez mérten nem változtak. Tehát állandók. A mérések pontos ábrázolása érdekében itt is felvettem ezeket az értékeket.

A 26. ábrán a mérés kiértékelése érdekében a jelen esetben citromsárgával és szürkével rajzolt görbékre kell nagyobb figyelmet fordítani. Az „Energy harvesting” kapcsolás kimeneti feszültsége kicsit alacsonyabb jelszinten, de hasonló görbét követ, mint a négy darab kerámia soros eredő feszültsége. Ennek oka a fentebb bemutatott és megépített kapcsolásban használt diódák nyitó feszültsége. Korábban kiszámolt 1,4 V feszültség minden fordulat egységnél levonásra kerül a négydarab kerámia eredőfeszültségéből.

12.Összes mérés kiértékelése, észrevételek:

Az előzőekben felvezetett mérések során meghatározásra kerültek a mérhető és számolható jelszintek. Ezen jelszintek minden esetben grafikonra kerültek felvételre, amiken jól látszanak az üzem közbeni és a számolással kapott értékek egymáshoz képesti viszonyai.

A mérések során továbbá olyan információk kerültek tudomásomra, amelyek az alábbi következtetésre adnak okot:

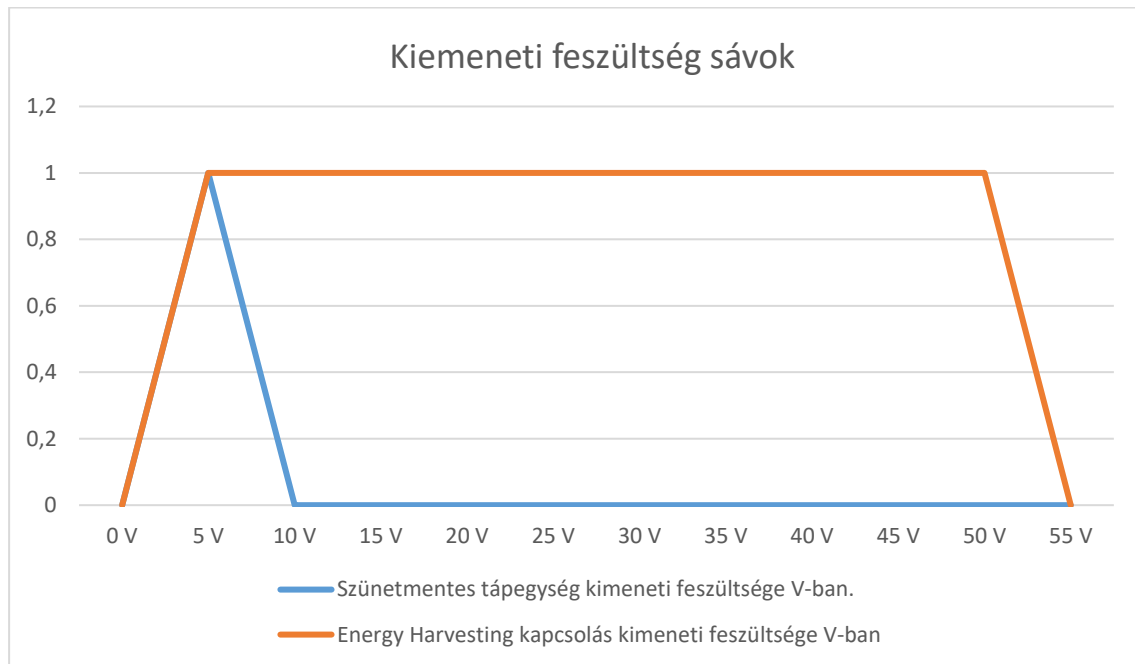
A kerámiák önállóan kis töltés szétválasztásra alkalmasak így minden esetben, ha van rá lehetőség több kerámiát kell alkalmazni egyszerre.

A kerámiákat a kellő feszültség szint eléréséhez és annak megtartásához ajánlott String* kapcsolásmódban kötni. Több független String kialakítása növelheti a kivehető áram nagyságát és stabilizálhatja a kimeneti feszültséget.

Önmagában sem a stabilitápegység sem az Energy harvesting kapcsolás nem alkalmas akkumulátor töltését kiszolgálni. Csakis egyszerre lehet őket soros kapcsolásban alkalmazni.

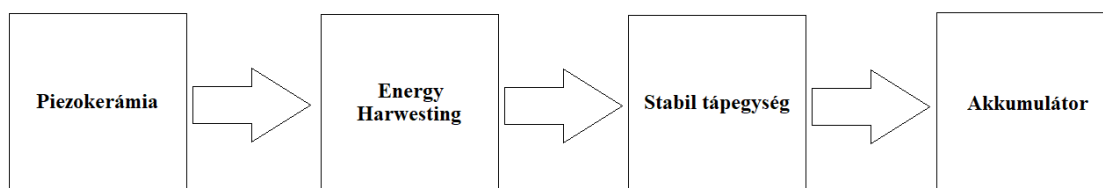
A 28. ábrán látható blokklánc az általam kikísérletezett legopcionálisabb kapcsolási mód. Így sikeresen tudtam a kerámiák által biztosított energiát begyűjteni majd a szünetmentes tápegység segítségével állandósítani a feszültségértékét. A kerék fordulatszámától függ a kivehető töltőáram nagysága, de a feszültség mindig fix 5V. Az áram nagysága mindig egyenesen arányosan nő a fordulat növelésével.

String: Egyszerű adatok sorozata. Jelen esetben a kerámiák soros és-vagy párhuzamos kapcsolása. Pozitív és negatív végpontokkal rendelkezik.*



28. ábra. Felhasznált kapcsolások kimeneti feszültségeinek eloszlása.

A 28. diagrammon próbálom bemutatni az általam használt kapcsolások kimeneti feszültségeinek eloszlását 0-55 V-os tartományban. Ezzel azt szeretném szemléltetni, hogy a két kapcsolás nem szabad egymáshoz viszonyítani. Ugyanis a stabil tápegység állandó kimeneti feszültséget biztosít, az Energy harvesting kapcsolás pedig kis eltéréssel követi a kerámiákon fellépő feszültséget. Akkumulátor töltésre a kapcsolások összekötése és közös használata alkalmas.



29. ábra. Akkumulátor töltés szabályozásának blokkvázlata

13. Befejezés/összegzés/további célok:

Ismét sajátvéleménnyel hozakodom elő:

Úgy gondolom, ebben a témában nem lehet eleget írni és eleget kutatni. Az elektromos autók a piacon egyre szélesebb teret nyernek ezzel kiszorítva a fosszilis energiahordozókat hasznosító járműveket.

Bár tudom ez egy önálló szabadalomhoz kevés. De az induláshoz pont elég. Mielőtt a projektemet elkezdtem több autógyártóval is felvettem a kapcsolatot, illetve vettem volna... ugyanis a többség nem méltatott válaszra. Egyedül a Mercedes-Benz-től kaptam egy nagyon is korrekt választ, amiben bátorítanak a témával való foglalkozásra és várják a következő válaszom, amikor már önálló szabadalommal keresem fel őket. Úgy gondolom, felfogom keresni őket a jövőben. A diplomamunkám alapul szolgálhat egy későbbiekben komolyabb munka elkészítésében.

Zárásképpen úgy hiszem a Mercedes-től kapott választ csatolom:

Hi Kovács, thank you for contacting Mercedes-Benz Customer Service, and for suggesting your concept. We are delighted that you thought to approach us here at Mercedes-Benz to propose your invention. As you can imagine, Mercedes-Benz tends to receive many proposals for new products and inventions, so we are unable to put you directly in touch with a technical specialist to evaluate yours at this stage. In order to manage this influx of new ideas, our policy is only to consider such proposals once they have successfully obtained a patent. Therefore we invite you to arrange and provide evidence of a patent before we can delegate your proposal to the relevant department for proper consideration. We thank you for your interest in our brand, your inventiveness and your enthusiasm. We wish you well with your patent application and look forward to hearing from you again thereafter.



2020. aug. 28. du. 8:26

14. Summary:

a. Smart undercarriage, charging an electric car using kinetic energy:

In my dissertation, I try to solve the biggest problem of electric cars. Most car manufacturers are trying to solve the problem of short range electric cars. Every day we hear about new batteries that are constantly increasing in capacity. Or we can hear that this capacity cannot grow to infinity without an increase in weight.

My idea is not to reduce the capacity of the batteries, but to reduce the energy consumed. I try to do this with piezoceramics and I try to convert the kinetic energy of the car into a usable electric current. I position the ceramics on the wheels and operate them using weights, centripetal force and gravitational force. I convert the energy produced by the ceramics with Energy harvesting technology and add it to the input of the stable power supply. The stable power supply is now able to generate a constant voltage to charge the battery.

Because of its technological ability to produce very little energy. Therefore, it can only provide power to the electronics on the dashboard. It does not cover the power supply of electric motors. The project aims to reduce energy consumption.

The aim of my dissertation is to get to know, design, build, measure and test this topic. All measurements were performed with my own technology.

After completing the measurements, I can state that the technology is fully functional, but its efficiency is very small.

15. Források, linkek:

1. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-harvesting>
Megtekintve: 2022.04.13 11:00
2. <https://www.tme.eu/hu/details/pc-8/univerzalis-nyak-ok/sci/>
Megtekintve: 2022.04.17 10:00
3. <https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/energy-harvesting>
Megtekintve: 2022.04.23 12:00
4. <https://www.maximintegrated.com/en/glossary/definitions.mvp/term/Energy%20Harvesting/gpk/1144>
Megtekintve: 2022.04.02 10:00
5. https://www.ad-na.com/magazine_en/archives/437
Megtekintve: 2022.04.25 9:00
6. <https://www.hindawi.com/journals/smr/2014/410316/>
Megtekintve: 2022.04.30 17:00
7. <https://engineer.decorexpro.com/hu/elektrika/rele/blok-besperebojnogo-pitaniya.html>
Megtekintve: 2022.04.20 15:00
8. <http://www.mntsys.com/szunetmentes-aramellatas>
Megtekintve: 2022.04.10 10:00
9. http://www.sze.hu/~zsoldos/valogatott_fejezetek_az_anyagtudomanybol_MSc_leckek/funkcion%C3%A1lis_ker%C3%A1mi%C3%A1k_lecke.pdf
Megtekintve: 2022.04.29 10:00
10. <https://www.magyar-elektronika.hu/folyamatmuszerezes/1011-piezo-es-piroelektromos-atalakitok-10>
Megtekintve: 2022.05.03 9:00
11. <https://hu.jf-parede.pt/what-is-piezoelectric-effect-working>
Megtekintve: 2022.04.25 19:00
12. https://fizipedia.bme.hu/index.php/Piezoelektromos_%C3%A1lland%C3%B3k_m%C3%A9r%C3%A9se
Megtekintve: 2022.05.11 9:00

13. <http://szft.elte.hu/oktat/www/Mscfizikalabor/meresleirasok/AFM.pdf>

Megtekintve: 2022.05.01 11:00

14. http://hadmernok.hu/2011_3_repas.pdf

Megtekintve: 2022.05.01 11:00

15. https://www.youtube.com/watch?v=bZBvygOVIjY&feature=youtu.be&ab_channel=G%C3%A1borSiegler

Megtekintve: 2022.05.01 11:00

Piezokerámiaerámia:

<http://www.piezo.hu/keramia%20lapka.pdf>

Megtekintve: 2022.05.01 10:00