



**Óbudai Egyetem
Kandó Kálmán Villamosmérnöki Kar
Villamosenergetikai Intézet**



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

ÁRAMFEJLESZTŐ SPINNING KERÉKPÁR

Szerző:

Hébenstreit Máté

villamosmérnöki szak, II. évfolyam

Konzulens:

Dr. Kádár Péter

intézetigazgató

Budapest, 2012

Tartalomjegyzék

Bevezetés	3.
Logikai Áttekintés	5.
I) Áramfejlesztés és mérés	7.
1) Irodalomkutatás	8.
2) Generátor kiválasztása	9.
3) Mechanikai kialakítás	12.
4) Mérési módszer és kijelzés	14.
II) Elektronikus terhelés szabályozás	16.
III) Konklúzió	17.
IV) Irodalomjegyzék	18.

Áramfejlesztő kerékpár. Lerágott, elásott csont.

Emberi erővel hajtott, villamos energiát termelő gépezet gondolata már régóta foglalkoztatja a világot, azon belül is elsősorban a hadászati szférában merült fel először igény egy hordozható, emberi erővel hajtott áramfejlesztő szerkezet megvalósítására, mely mobilis, természeti viszonyoktól független, pusztán emberi munkavégzésre támaszkodó kvázi szünetmentes áramforrásként bármely, civilizációtól távoli zord vidéken, megbízható áramforrásként funkcionál a hadtest számára. Az ember által végzett mozgási energiát villamos energiává alakító eszköz természetesen egy villamos generátor, melynek tengelye és az ember közé egy olyan erőátviteli konstrukciót igyekszünk megvalósítani, mely amelelt, hogy emberi oldalon kényelmes, hosszantartó munkavégzésre ad lehetőséget, jó hatásfokkal, kis veszteség mellett adja át az így végzett munkát a generátornak. Ezen szempontoknak tökéletesen megfelel a lábbal hajtott, forgórészekben bővelkedő és ezáltal a generátorra könnyedén csatlakoztatható egyszerű közlekedési eszköz, a kerékpár.



Az évek múltán a legtöbb haditechnikai és űrkutatásban használt berendezéshez hasonlóan, az áramfejlesztő szobabicikli is kiutat talált a hadititkok dossziéjából és kis idő elteltével az egyszerű civil által is elérhető, megvásárolható készülékké vált, mely az állami forrásokból finanszírozott bőséges büdzséből merítő hadi fejlesztések után a piaci verseny nyomása alatt, az eredeti problémára szinte már-már tökéletes megoldást nyújtó masinává forrta ki magát. Napjainkban is sok, a legkülönbözőbb specifikációkkal felszerelt szerkezet áll az áramfejlesztési óhajtó kerékpározó rendelkezésére, ám a "villámló szobabiciklik" csillaga a viszonylag olcsó és széles körben rendelkezésre álló villamos energia árnyékában lassan elhalványult.

Zöldségek és a trendiség ereje.

A csontot miért ássa ki mégis, porolja le és rágcsálja meg újra e dolgozat, ha az azzal kapcsolatos kérdéseket, problémákat már számtalanszor körbejárták és megoldották? Az értekezés létjogosultságát alátámasztó két pillér, melyek külön-külön talán nem bírnák el a téma említése kapcsán az olvasóra nehezedő unalomérzet súlyát, a mára már az értelmiségi ember egy státuszsztimbólumának modható zöld gondolkodás, illetve egy teljesen más terület mégpedig a modern sportkultúra egy felfutó ágán megjelent testmozgási lehetőség, a spinning kerékpározás, mely a régi idők szobabiciklizésének átkeresztelésével annak boldog reneszánszát éli.



A sorra nyíló spinning termek és a sport növekvő népszerűsége miatt kézenfekvő zöldenergia forrás lehet a spinning kerékpárok áramfejlesztésre alkalmasítása, ám a modern sporteszközök által nyújtott edzési lehetőségek és funkciók megjelenése új igényeket támaszt e szerkezetekkel kapcsolatban, melyeket a régi, hagyományos áramfejlesztő kerékpárok nem tudnak kielégíteni.

A dolgozat egy meglévő spinning kerékpár áramfejlesztő kerékpárrá való átalakításával foglalkozik amellyel, hogy annak minden “újkori” funkcióját igyekszik megtartani.

A project célja:

Egy meglévő spinning kerékpárra szerelhető konstrukció megvalósítása, mely a kerékpárokozó által végzett munkát villamos energiává alakítja, az így termelt energiát méri és kijelzi, **valamint alkalmas az eredeti, mechanikus fékhez hasonló nehézségfokozat állításra.**

A projekt folyamán a következő alapvető szempontokat tartjuk szem előtt:

- ✓ A kerékpár eredeti mozgásdinamikájának, teljesítmény fokozat szabályozhatóságának megőrzése.
- ✓ Áramfejlesztési hatékonyság és teljesítmény maximalizálása.
- ✓ Előállítási költségek minimalizálása és karbantarthatóság.
- ✓ Méret, a kerékpár mozgathatóságának megőrzése.
- ✓ A kerékpár minimális károsodása az átalakítások következtében.
- ✓ A felhasználói élmény minél közelebb legyen az eredeti, súrlódással fékezett kivitelhez.
- ✓ A terhelés szabályozása tekerés közben, a nyergen ülve elvégezhetőnek, illetve finoman hangolhatóknak kell lennie.

A projektet két nagy részre bontjuk.

- Első felében pusztán az energiatermeléssel és annak minél jobb hatásfokú megvalósításával foglalkozunk, a fent említett kitételeket tiszteletben tartva. Ez természetesen a mechanikus fék elhagyását jelenti, így annak valamilyen helyettesítésére később gondolnunk kell.
- A dolgozat második felében pedig a spinning kerékpár karakterisztikáinak és funkciójainak visszaállításával foglalkozunk, lehetőleg az energiatermelés minél nagyobb hányadát megtartva.

Gondolatmenet:

1. Adott spinning kerékpár technikai paramétereinek feltérképezése, karakterisztikáinak, dinamikus tulajdonságainak megismerése.
2. Az áramfejlesztő blokk áttekintő vázlatának megtervezése.
 - a. Generátor kiválasztásának szempontjai.
 - b. Mechanikai kialakítás, generátor felfogatása, erőátvitel.
 - c. Adott generátorhoz tartozó névleges fordulatszám eléréséhez szükséges áttétel számítása és realizálásának terve.
 - d. Választott generátor vizsgálata, valamilyen átmeneti felfogató megoldás mellett.
 - e. A termelt energia szabványos formában való szolgáltatását megoldó kimeneti áramköri csatlakozó. (Például 12V-os akkumulátor töltő aljzat.)
 - f. A végső konstrukció vizsgálata felszerelés után.

3. Termelt energia mérése és kijelzése.

- a. Mérendő mennyiségek, mérési pontok megválasztása.
 - b. Termelt energia becslése a mérési tartományok nagyságrendi meghatározásához.
 - c. Mérőeszközök kiválasztása a fent megállapított feltételek, határadatok ismeretében.
 - d. Mérőeszköz csatolása a mérendő áramkörhöz, a készülék védelme esetleges túlfeszültségekkel, tranziens jelenségekkel szemben.
 - e. A mért paraméterek, illetve az azokból számított mennyiségek megjelenítése valamilyen grafikus felületen.
4. Áramfejlesztő blokk megvalósításának végső vizsgálata, esetleges hibák, potenciális hibaforrások keresése.
5. Terhelés szabályozás leírása.
6. Szabályozási mód kiválasztása. (pl. generátor terhelésének változtatása, gerjesztés szabályozás.)
7. A választott szabályozási mód részelemeinek tervezése, kivitelezése és tesztelése.
8. A szabályozó elektronika csatlakoztatása a felhasználói felülethez. A nehézségfokot állításnak a felhasználó által könnyen, tekerés közben elvégezhetőnek kell lennie.

I. Áramfejlesztés és mérés

Ez a fejezet a kerékpározó által leadott teljesítmény minél jobb hatásfokkal történő, villamos energiává alakításával és ennek fizikai megvalósításának problémáival, illetve az így megtermelt energia mérésével és a mért mennyiségek valamilyen, a felhasználó számára könnyen értelmezhető, átlátható felületen való megjelenítésével foglalkozik.

A megtermelt energia elsősorban a kerékpározó által végzett munka és a projekt során alakuló konstrukció mechanika munkát, villamos energiává alakító hatásfokától függ. Ezek közül magától érthetődő módon, csak a másodikra vagyunk befolyással, így ennek minél jobb megvalósítására koncentrálnunk.

Áramfejlesztő összeállításunk hatásfoka függ a beépített generátortól, de azt mint adott és a gyártó által legjobb hatásfokra optimalizált berendezést alapul véve, az ezen elemen fellépő energia veszteséggel sajnos mindenféleképpen számolnunk kell.

Az erőátviteli mechanizmus jó kialakítával azonban nagyban csökkenthetjük a rendszer veszteségét, figyelembe tartva a fentiekben meghatározott alapvető szempontokat, azok közül is első sorban a „A kerékpár minimális károsodása az átalakítások következtében.” kritériumot. Egy olyan megoldásra törekszünk, mely e két feltétel mérlegelése mellett a lehető legjobb hatásfokú erőátvitelt biztosítja.

További veszteségek keletkezhetnek a kerékpár belső áttétein, de ezekkel szintén nem foglalkozunk, illetve az általunk kialakított erőátviteli egység súrlódása közben fejlődő hő formájában, melyet egyelőre csak mint potenciális zavarforrás említünk a generátor hűtése illetve a forgó részek által generált zaj jelenségekkel egyetemben.

Számottevő hasznos energiát vonhat el ellenben rendszerünkben a generátor gerjesztő tekercsében folyó áram, nem véletlen, hogy a piacon fellelhető megoldások túlnyomó hányadában állandó mágnesű generátorok találhatók. Figyelembe kell vennünk azonban a „Generátor kiválasztása” fejezetben megfogalmazott második kitétel, mely szerint a generátornak képesnek kell lennie az eredeti mechanikus fékrendszer által beállítható, legnagyobb terhelési fokozat nyomatékának biztosítására, mindent az előző fejezetben leírt szempontok megvalósítása mellett, azok közül is első sorban a „Méret, a kerékpár mozgathatóságának megőrzése.” pontra való tekintettel.

Energiamérleg

Energianyereség

- Kerékpározó által végzett munka.
100%

Energiavesztés

- Kerékpár belső áttétein fellépő súrlódásos veszteség.
- Általunk kialakított erőátviteli mechanizmuson eső veszteségek: súrlódásos, hő.
 - Generátor hatásfoka.
- (Generátor gerjesztő tekercsén folyó áram!)
- Elektronikákon fellépő veszteségek.

1. Irodalomkutatás

Ebben a fejezetben napjainkban is kapható áramfejlesztő kerékpárok létező realizációit vizsgáljuk, hiszen projektünk alapját egy teljesen hasonló megoldásra kívánjuk felépíteni, így ezen berendezések tanulmányozása sok időt takaríthat meg néhány jellemző hiba elkerülése és ötletes megoldások nyújtása révén.



windstreampower.com/Bike_Power_Generator.php

A *Windstream Power LLC* által fejlesztett, kerékpárral hajtott, áramfejlesztő szerkezet lehetőséget ad rá, hogy közúti, hétköznapi kerékpárunkkal villamos energiát termeljünk. Ahogy a mellékelt ábrán látszik, a szerkezet kialakítása olyan, hogy bármilyen kerékpárral kompatibilis legyen és csatlakoztatása egyszerű, minimális szerelést igényel.

Az áramfejlesztést egy nagy fordulatszámú **állandómágnesű egyenáramú generátor** biztosítja, melynek maximális leadott teljesítménye, $W_p = 275W$, de a leadott teljesítmény függ a generátor fordulatszámától és a kapcsain lévő terhelés nagyságától. A gyártó szerint a leadott teljesítmény, kényelmes, tartható tempó mellett, $W_{at} = 60 - 100W$.

Erőátvitel:	Súrlódásos
Generátor:	Állandó Mágnesű Egyenáramú Generátor
Leadott teljesítmény:	$W_p = 275W$, $W_{at} = 60 - 100W$
Fékezőerő szabályozás:	Nincs
U,I,P kijelzés:	Nincs
Akkumulátor töltésre optimalizált 12V DC kimenet.	

econvergence.net/The-Pedal-A-Watt-Bicycle-Generator-Stand-s/1820.htm

A *Windstream* termékéhez hasonlóan, a *Pedal A Watt* fantázianévre hallgató szerkezet is egy áramfejlesztő eszköz mely súrlódó ellenálláson keresztül csatlakozik kerékpárunk hátsó kerekének gumibroncsához és így veszi fel az áramfejlesztéshez szükséges teljesítményt, melyet kerékpárján tekerő sportársunk biztosít.

A két termék technikai paramétereiben alig tér el egymástól, a *Windstream* készüléke is az állandó mágnesű generátort részesíti előnyben és az erőátvitel is súrlódással történik. Az egyetlen különbség talán csak a két berendezés leadott teljesítménye között mutatkozik, a *Windstream* masinája a gyártó bevallása szerint 400 watt kiadására is képes, de kényelmes tekerés mellett már meg kell elégedjünk a szerényebb 150-300 wattos teljesítménnyel.



2. Generátor kiválasztása

A generátor kiválasztásánál két fontos szempontot kell figyelembe vennünk:

1. Egy átlagos ember által kerékpározás közben leadott teljesítmény, kényelmes tekerés mellett megközelítőleg 100-200W tartományba esik, bár mértek már profi sportoló által tekert 800 wattos csúcsteljesítményt is, így célszerű a berendezésünk jóval az átlagos értékek fölé méreteznünk. A mechanikai áttéteken fellépő súrlódásos veszteség, illetve a generátor hatásfokára való tekintettel, nagyságrendileg ebbe a teljesítmény tartományba eső generátort tervezünk beépíteni.
2. Fontos még azonban, hogy a választott generátor nyomatéka az adott fordulatszámon meghaladja, de legalább elérje az eredeti, mechanikus féken beállítható legnagyobb terheléskor mérhető nyomatékot. Ennek meghatározása tapasztalati úton történt a mechanikus fék felső határának beállításakor érezhető ellenállás illetve az aktuális generátor maximális terhelés melletti ellenállásának összehasonlításával.
A villamos motorokról általánosan elmondható, hogy nyomatékuk a fordulatszám növelésével csökken. Legnagyobb nyomatékuk álló helyzetben fejtik ki (indító nyomaték), egy bizonyos körfrekvencia elérése után pedig nyomatékuk nullával lesz egyenlő, a motor nem gyorsul tovább (üresjárási frekvencia).
A generátor által leadott teljesítmény a forgatónyomaték és körfrekvencia szorzatával egyenlő.

Külső gerjesztésű egyenáramú motorok három fő fajtája:

- a) Párhuzamos gerjesztő tekercselés: terheléstől független egyenletes fordulatszám.
- b) Soros gerjesztő tekercselés: nagy indító-, de a fordulatszám növelésével erősen csökkenő nyomaték.
- c) Vegyes kialakítás: a fent leírt két megoldás valamilyen kombinációja.

Megjegyezzük, hogy hybrid fékrendszer (mechanikus + generátor terhelés szabályozás) esetén kisebb forgatónyomaték is elegendő és a maximális generátor terhelés elérése után mechanikus fékkel növelhető tovább a fékező erő.

További elvárások:

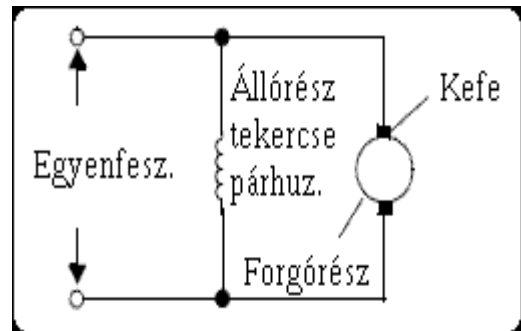
- Csekély zajszennyezés.
- Jó helykihasználás.
- Súly minimalizálása.
- Mobilitás megőrzése.

Ezen alacsonyabb prioritású, de szintén fontos szempontok figyelembe vételével tovább szűkíthetjük a potenciális generátor jelöltek körét.

V-Master 500 W Fúró motor mérése

A fent leírtak tükrében választottuk ki a V-Master 500 W fúró motorját, mely kompakt méretével, 500 wattos teljesítményével és nem utolsósorban olcsó beszerzési költsége mellett ideális áramfejlesztő generátornak tűnt.

Előnye még továbbá, hogy párhuzamos (mellékáramkörű) kialakítású, mely motorokra jellemző, **hogy a terheléstől független, egyenletes sebességgel forognak.**



Mérés időpontja: 2012.09.03.

Mérés helyszíne: Óbudai Egyetem, Bécsi Út 96/B, labor 111.

A mérés célja:

V-Master 500 W fúró motor karakterisztikáinak megismerése, generátorként való alkalmazásának mérlegelése.

Teljesítmény mérése a gerjesztés függvényében, állandó fordulatszámon, azonos terhelés mellett.

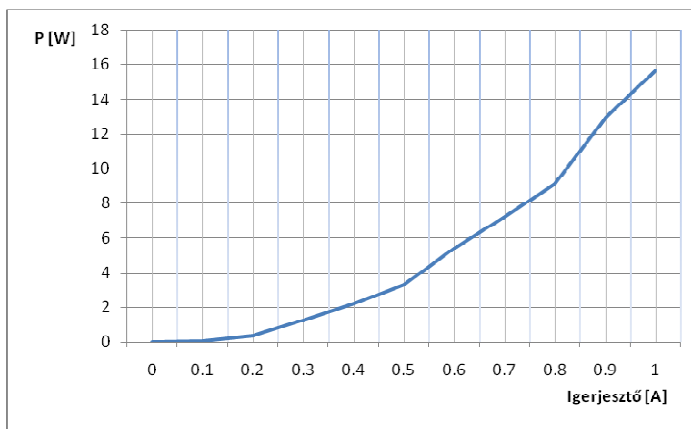
Mérési pontok:

Igerjesztő = 0 A – 1 A, tíz mérési ponton.

Határadatok:

$I_{gerj,max} = 1$ A, $R_{gerj.tek.} = 17.8$ ohm, $U_{gerj,max} = 17.8$ V., $R_t = 5$ ohm (a fordulatszám és a terhelés nagysága valójában nem fontos csupán az, hogy állandóak legyenek a mérések során, ugyanis nem a konkrét teljesítmény értékekre, hanem a görbe jellegére vagyunk kíváncsiak.)

Igerj [A]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
Uki [V]	0	0.6	2	3.5	4.4	5.5	6.7	8	9.1	10.8	11.2
Iki [A]	0	0.07	0.18	0.35	0.5	0.6	0.8	0.9	1	1.2	1.4
Pki [W]	0	0.042	0.36	1.225	2.2	3.3	5.36	7.2	9.1	12.96	15.68



Ebből a mérésből a görbe jellege nem határozható meg kellő biztonsággal, a mérés alapján az összefüggés éppúgy lehet lineáris nagy mérési hibákkal, mint másodfokú.

Az 1 A gerjesztés mellett elért 15 wattos leadott teljesítmény sem túl biztató biztató.

Megjegyzés: a mérés során nem tapasztalható számottevő változás a tekerési nehézségben.

Lada Szamara G.224 mérése

A V-Master 500 W fúró motor egy kissé alulteljesített elvárásainkhoz képest, így egy sokkal masszívabb konstrukcióhoz fordultunk a Lada G.224-es generátor személyében, mely 55 A névleges kimeneti áramával reményeink szerint már felér a feladathoz.

Mérés időpontja: 2012.09.25.

Mérés helyszíne: Óbudai Egyetem, Bécsi Út 96/B, labor 111.

A mérés célja:

A Lada Szamara G.224 jelű generátor leadott teljesítményének mérése a gerjesztés függvényében, állandó fordulatszámon, azonos terhelés mellett.

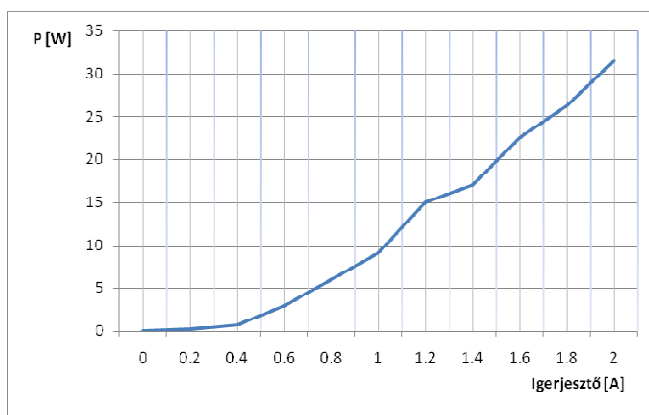
Mérési pontok:

Igerjesztő = 0 A – 2 A, tíz mérési ponton.

Határadatok:

Igerjesztő_{max} = 2 A, Rgerj.tek. = 12 ohm, Ugerj.max = 24 V, Rt = 2 ohm

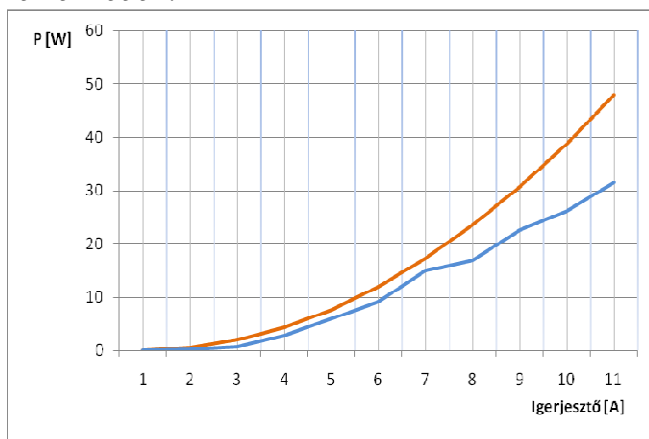
Igerj [A]	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2
Uki [V]	0	0.6	1	2.2	3	3.8	5	5.3	6	6.4	7
Iki [A]	0	0.3	0.7	1.3	2	2.4	3	3.2	3.75	4.1	4.5
Pki [W]	0	0.18	0.7	2.86	6	9.12	15	16.96	22.5	26.24	31.5



A vártakhoz hűen a Lada generátor nagyobb teljesítményt adott le a fúrómotornál, bár a maximális 31 wattos érték még mindig nem igazán kielégítő, viszont a forgatónyomték változása határozottan érezhető volt a gerjesztés változtatásával.

Sajnos azonban a gerjesztés teljesítményigénye mindkét mérés során, meghaladja a generátor kapcsain megjelenő teljesítmény értékét, így ez a megvalósítás energiadeficit és ezért

alkalmatlan.



Ahogy az a második grafikonon jól látható a gerjesztés által felvett teljesítmény (sárga görbe), végig a generátor leadott teljesítménye (kék görbe) fölött halad.

A két mérésből arra a következtetésre jutottunk, hogy bár kényelmes szabályzási módra ad lehetőséget, a gerjesztés szabályozás nem energiahatékony megoldás.

Mechanikai kialakítás

A mechanikai kialakításnál figyelembe vett fontosabb szempontok:

A projekt egészére vonatkozó egyik alapvető kikötésünk, hogy a rendelkezésünkre bocsájtott spinning kerékpár lehetőség szerinti legkisebb módosítása mellett oldjuk meg a problémát, ezért alapvetően valamilyen súrlódásos áttétlen keresztül szeretnénk megvalósítani az erőátvitelt a bicikli és a generátor között.

Egy másik fontos kritérium a kerékpár mobilitásának megőrzése, ezért a generátor felrögzítésénél ügyelnünk kell arra, hogy az úgy helyezkedjen el a kerékpár vázán, hogy annak előredönthetőségében és ezáltal elmozdíthatóságában ne gátolja azt.

A végleges konstrukció megválasztásánál előnyt élveztek továbbá az olyan megoldások melyek lehetővé teszik a rögzítés egyszerű fel-le szerelését, illetve lehetőséget nyújtanak a generátor cseréjére, másik modellel való helyettesítésére.

Rögzítés

A fent leírtak szellemében végül egy olyan szerkezet került megvalósításra mely az összes felsorolt kitételnek eleget tesz: nem károsítja a kerékpárt, nem gátolja azt mozgathatóságában illetve univerzális kengyelként funkcionál több generátor típusnak is.

Itt szeretnék köszönetet mondani Ollé Tibor Úrnak, aki rutinos és precíz munkájával nagyban hozzájárult a felfogató eszköz tervezéséhez és megvalósításához.

A kerékpár első villájának egyik szárára illeszkedő fém nyereg a villaszár mögött két csavarral rögzíthető ám ezek nem hatolnak át a kerékpár fémszerkezetén, csupán a két fémlap összeszorításával rögzítik magukat a kerékpárhoz, így a bicikliben nem tettünk kárt és az egyszerű fel-le szerelést is megoldottuk.



Erőátvitel

Az erőátvitel egy, a generátor tengelyére rögzített súrlódó kerék és a spinning kerékpár lendkerekeinek felülete között történik. A nagy tapadás érdekében a generátorra rögzített súrlódó kerék puha gumi anyagú, amely még a névleges fordulatszám (lásd. Áttétel, generátor fordulatszám) túllépése esetén sem csúszik meg és biztosítja a magas hatásfokú, folyamatos erőátvitelt. Előnye, hogy a kerékpáron változtatás nem igényel (pl. ékszíj esetén a lendkereket módosítani kell), illetve, hogy könnyen cserélhető, más fordulatszám beállításához szükséges áttétel váltás esetén, gyorsan és egyszerűen szerelhető.

Áttétel, generátor fordulatszám

Az ideális működéshez és a magas hatásfokú áramfejlesztéshez elengedhetetlen a kerékpár forgórésze, jelen esetben a lendkerék és a generátor tengelyére szerelt súrlódó kerék közti áttétel helyes megválasztása, mely a következő logikai lépéssorrenden keresztül történt:

1. A választott generátorhoz tartozó nominális fordulatszám adott. Ezt szeretnénk minél inkább megközelíteni a maximális teljesítmény eléréhez.
2. A kerékpározó által hajtott kerék fordulatszáma ugyan változhat, de ez a változás viszonylag kis intervallumban történik, az edzés nehézségét inkább a tekerési nehézség (forgatónyomaték) változtatásával állítjuk, nem pedig a tekerési frekvencia változtatásával.
3. A két fordulatszám ismeretében már könnyen kiszámolhatjuk a szükséges áttételt.
4. Az áttét meghatározása után, a lendkerék átmérőjéből számíthatjuk a generátorra szerelendő súrlódó kerék átmérőjét.



Egy konkrét választott generátoron (Lada Szamara G.224) bemutatva:

1. A generátor névleges fordulatszáma: 3000 rpm
2. Egy átlagos kerékpározó, kényelmes tempó mellett megközelítően 100 rpm fordulatszámmal teker. Azonban a kerékpár hajtánya és a lendkerék közti áttételt is figyelembe kell vennünk a végső áttétel meghatározásánál, hiszen a lendkerékről nem pedig közvetlen a pedáloktól vesszük le a hajtást. A lendkerék és a hajtány közti áttételt jó közelítéssel meghatározhatjuk, ha egy a lendkeréken kitüntetett pont fordulatainak számát mérjük a hajtány egy teljes tekerése mellett.
A spinning kerékpár belső áttétele: 4.8:1, így a lendkerék fordulatszáma 100 rpm tekerési fordulatszám mellett = 480 rpm
3. A szükséges áttétel = $3000 \text{ rpm} / 480 \text{ rpm} = 6.25:1$
4. A spinning kerékpár lendkerekeinek átmérője = 47 cm, ebből következik, hogy a $47/x = 6.26$ összefüggéssel számolva a súrlódó kerék átmérőjének, a névleges 3000 rpm generátor oldali fordulatszám eléréséhez, 7.5 cm átmérőjűnek kell lennie.

4. Mérési módszer és kijelzés

E fejezet elején szeretnék köszönetet mondani Durucz Béla műszeres kollégámnak, aki nagy segítségemre volt a bekezdés elkészítésében.

Laikus felhasználó számára is érthető és könnyen megfogható mennyiség a **kWh** melyel ha nem is túl sűrűn, de villanyszámlájának befizetésekor mindenképpen találkoznia kellett, így a felhasználói felületen ezt a mennyiséget, illetve ennek valamilyen más nagyságrendbe eső változatát fogjuk megjeleníteni, mivel 1 kWh megtermeléséhez, 100-200W tekerési teljesítmény mellett körülbelül 7-8 órát kellene kerékpáros delikvensünknek pedáloznia, így ez a mértékegység nem túl szemléletes.

A **pillanatnyi teljesítmény** meghatározásához két mennyiséget mérünk, a generátor kimeneti kapcsain lévő **feszültséget**, illetve **áramot** közvetett módon egy sorosan kapcsolt, kis rezisztanciájú mérőellenálláson. Ezek szorzatából számítjuk a leadott teljesítményt.

„Az így kapott jelek a mérések eredményei szerint AC jelek nagy DC komponenssel. Az eszköz DC mérést végez mintavételezéssel, így a következő problémába ütköztünk: a mérés során a viszonylag nagy amplitúdójú AC komponensnek köszönhetően folyamatosan változó eltérés jelentkezik a DC szinthez képest. Ezt digitálisan is szűrhetjük, viszont ez esetben egy rosszul választott mintavételi frekvenciával komoly mérési hibát követhetünk el. A mért generátor a sebesség változtatásával változtatja az AC komponens frekvenciáját is, ezért a sokkal egyszerűbb és célravezetőbb analóg **RC szűrést** alkalmazzuk. Ugyan méretezést igényel az RC szűrő, viszont a kis feszültségen működő mikrokontrollerek mindenképp igényelnek egy **jelkondicionáló és védelmi elektronikát**, így az RC szűrő nem igényli külön NYÁK készítését, bele lehet integrálni a többi analóg elektronikát igénylő részbe.

A kondicionált feszültségjeleket az eszköz beépített ADC-jével alakítjuk feldolgozható digitális értéké. Az így kapott érték egy beállítható feszültségreferenciához képest normalizált érték, amely megfelelően stabil referencia esetén egyértelműen meghatározza a mért értéket. Az áram- és feszültségértéket összeszorozva kapjuk az aktuális teljesítményt. A felhasználói igény követelménye a megtermelt energia számítása is, ehhez ismerni kell a mérések között eltelt időt. Amennyiben ütemezett, és nem véletlenszerű időpontban történnek a mérések, a mérések között eltelt idő is nagy pontossággal adott, így egy újabb szorzással jó közelítéssel számítható a két mérés között termelt villamos energia is. Ezt folyamatosan összegezve, integráló műszerként a megtermelt összenergia is adódik.

A mikrokontroller a fejlesztési fázisban egy Arduino Mega 2560 fejlesztőpanelbe integrálva található, néhány külső perifériával és az IO lábainak kivezetéseivel, így a viszonylag magas ár mellett rugalmas használatot biztosít. Az Arduino egy Creative Commons licenz alatt fejlesztett eszközcsalád, szabványosított IO elrendezéssel, így a lehetőség felkínálkozott egy ún. shield – kiegészítő panel – tervezésére, amely esetén a sűrűn elhelyezkedő lábak beforrasztását elkerülve egy otthon is könnyen elkészíthető, viszont a panel és shield használata egyáltalán nem költséghatékony megoldás, helyette a végleges változatban saját tervezésű NYÁK-ba lesz ültetve minden eszköz. Valószínűleg a korábban említett jelkondicionáló és védelmi áramkörök is erre a NYÁK-ra lesznek elhelyezve.

Az LCD egy teljesen szabványos, 2X16 karakteres LCD kijelző, amely elégséges az aktuális teljesítmény és az összes addig termelt energia és néhány egyéb fontos információ kijelzésére. Az eszköz nem igényel komoly felhasználói felületet, egy ilyen esetben a felhasználói beavatkozás minimális, az informativitás az elvárt.

A rendszer lelke, az Atmega 2560 típusú mikrokontroller több tíz kivezetett IO lábbal, analóg bemenettel, beépített EEPROM-mal és 16 MHz-es órajelen 16 MIPS teljesítményt nyújtva megfelelőnek tűnik a célra. A digitális IO felületen keresztül vezéreljük az LCD kijelzőt, és két gombbal pedig vezérelni tudjuk a rendszert. A többcsatornás analóg bemeneten keresztül 8 bites felbontással mérjük a jeleket, amelyek szorzata megfelelően finom felbontást ad (2^{16}). A beépített EEPROM integráló jellegű műszer esetén hasznos, mivel itt tudjuk tárolni a megtermelt energia értékét, a nehézségi fokozatot és esetleg néhány egyéb fontos adatot feszültségmentes állapotban is. 16 MIPS-es teljesítménye a 8 bites feldolgozóegységet tekintve is megfelelő. A választott időalap 60 Hz-es, ami az jelenti, hogy 16.7 ezredmásodperc áll rendelkezésre két mérés és egy 8 bites környezethez képest komplex számítás végrehajtásához.

Az adatlap szerint a maximális ADC konverzió ideje 260 us, ebből kettőre van szükség, így az ADC időigénye megközelítőleg 0.5 ms.

A másik időigényes művelet az LCD kijelzőn található szöveg frissítése. Ez ugyan 6 Hz-es frekvenciával történik, viszont egy időalap áll rendelkezésre jelenleg. Karakterenként 200 us időt igényel a frissítés, így legrosszabb esetben is 6.4 ms alatt megtörténik a kijelző teljes frissítése.

A harmadik feladat pedig a számítások elvégzése. A pontosság érdekében 16 bites számokkal kell dolgozni, ami természetesen több időt igényel, mint a 8 bites értékek feldolgozása, viszont számottevően nem növeli a szükséges időt. Elemi műveletekre lebontva legrosszabb esetben is néhány száz órajel alatt lefut az összes művelet. Mivel 16 MIPS képességű az eszköz, kevesebb, mint 10 us az időigénye a számításoknak.

Így összegezve az időigényét, a legrosszabb esetben is kevesebb, mint 7 ms alatt elvégzi az eszköz az összes műveletet, amire 16.7 ms adott. Kétszeres túlbiztosítás pedig elégséges egy ilyen rendszernek.”

Elektronikus terhelés szabályozás

Ebben a passzusban az eredeti spinning kerékpár mechanikus fékrendszerének, valamilyen elektronikusan szabályozható szerkezettel történő helyettesítésével, illetve hybrid fékrendszer esetén kiegészítésével foglalkozunk.

Szeretném felhívni a Tisztelt Olvasó figyelmét, hogy a projekt ezen szegmense még csak fejlesztési stádiumban van, a következőkben leírtak realizálása és tesztelése még nem történt meg, pusztán elméleti síkon felvetett megoldások ismertetését tartalmazza.

Az első fejezetben taglaltak szerint projektünket az eredeti kerékpár karakterisztikáinak, mozgásdinamikájának megismerésével kezdtük, így ehhez a szekcióhoz már rendelkezésünkre állnak a megvalósítandó specifikációk.

A mechanikus fékmechanizmus működésének rövid ismertetése:

A fékező erőt egy, a vázon elhelyezkedő tekerentyűvel állíthatjuk, mely egy szövet anyaggal bevont fékező lapot nyom erősebben, vagy gyengébben a forgó lendkerékhez. Az így fellépő súrlódási erőt a következő összefüggésből számíthatjuk $F_s = F_{ny} * \mu$, ám ennek konkrét számértékét nem feltétlenül kell tudjuk, elég azt belátnunk, hogy az összefüggés lineáris, így nekünk is egy lineárisan változó, vagy legalábbis lineárisan szabályozható megoldást kell terveznünk.



A generátor forgatónyomatékának szabályozása:

Ezt többféleképpen is megvalósíthatjuk, például a gerjesztés változtatásával, a generátor terhelésének változtatásával, illetve a generátor frekvenciájának változtatásával, ám ez utóbbi igen komoly gépészeti megoldásokat követelne, mivel a felhasználói oldalon kötelesek vagyunk tartani a felhasználó által diktált fordulatszámot.

Így alapvetően két megoldással foglalkozunk, a gerjesztés, illetve kimeneti terhelés szabályozással.

Tapasztalati úton arra jutottunk, hogy a lada generátor alkalmazásánál a kimeneti kapcsok csak kvázi rövidzárása mellett tudjuk érzékelhető tartományban szabályozni a generátor nyomatékát a gerjesztés 0-2 A intervallumban történő változtatásával, ám ez nyilván nem fogadható el hosszútávú megoldásként, mindenek előtt a generátor potenciális károsodására való tekintettel.

Valamint a 2 A-nél tapasztalható maximális nyomaték sem volt elegendő visszahatással a kerékpáron tekerő egyénre, a mechanikus fékkel beállítható legnagyobb terhelést még ilyen szélsőséges beállítások mellett sem sikerült elérni. Ezért a generátor cseréje, vagy vegyes fékező mechanizmus használata lehet célravezető.

Konklúzió

Messzemenő következtetéseket levonnunk még nem lenne ildomos hisz a projekt derekán járunk csupán, de eddigi munkánk során nyert tapasztalatainkat összegezván a következőket mondhatjuk ki:

- ✓ A generátor felfogását illető problémára kielégítő és a dolgozat elején megfogalmazott sarok kitételeknek is megfelelő megoldást találtunk. Köszönetünk ismét Ollé Tibor Úrnak, aki megkeresésünket követően záros időn belül realizálta elképzeléseinket és egy precíz, megbízható konstrukcióval állt elő.
- ✓ A generátor megválasztása részben kielégítő, de közel sem optimális (gondolunk itt a gerjesztésen eső energiavesztésre és a kívánt forgatónyomaték hiányára.), így a további fejlesztések során ennek kérdését még átgondoljuk és eddigi tapasztalataink és félresikerült próbálkozásaink tükrében új megközelítéssel állunk majd az ideális áramfejlesztő egység kijelöléséhez.
Próbálkozásaink valószínűleg az állandómágnesű generátorok családjának irányában folytatjuk tovább, eddigi hanyagolásuk pusztán a számunkra könnyebben hozzáférhető ladagenerátor, illetve fúrómotor kézenfekvősége miatt történt, valamint olyan irányú ambícióink hatására melyek szerint a gerjesztés szabályozásával kívántuk volna megvalósítani a nyomatékszabályozást.
- ✓ Az erőátviteli megoldás a célnak megfelel és feladatát tökéletesen ellátta. Hosszútávon problémaként léphet fel a puha gumigyűrű kopása, valamint felkeményedése és ezek az áttét megcsúszásához az erőátviteli hatásfok romlásához vezethetnek. Nagy előnye viszont a könnyű szerelhetőség, cserélhetőség (másik generátorhoz más arányú áttételre lehet szükség), továbbá hogy a kerékpáron semmiféle beavatkozást nem kellett eszközölnünk, valamint nem elhanyagolható szempontként a költséghatékonyság.
Az ideális, permanensen beépíthető generátor kiválasztása után hosszútávú megoldás lehet valamilyen ékszíjas erőátviteli mechanizmus kialakítása, mely ugyan némi változtatást igényel a spinning kerékpáron, ám megbízhatósága nagyságrendileg jobb a gumigyűrűs erőátviteli megoldásénál.
- ✓ A mérendő mennyiségek és azok feldolgozása terén, számunkra elfogadható eredményeket értünk el és reményeink szerint az Atmega 2560 típusú mikrokontroller bőséges erőforrásai a jövőben is elegendőnek fognak bizonyulni a további fejlesztések táplálására.
- ✓ A mért mennyiségekből számított adatok, LCD kijelzőn való megjelenítésével kapcsolatban sok tanulság nem vonható le, a későbbiek folyamán, több kijelezni kívánt információ esetén a kijelző bővítését vagy interaktívabb felhasználását kell lehetővé tennünk.
- ✓ A terhelés szabályozás végső kialakításáig még jónéhány nyitott kérdést kell bezárjunk, de a generátor terhelésének áramgenerátoros szabályozása jó kiindulási pontnak tűnik, mégha másik fő csapásvonalunk, a gerjesztés szabályozás energiahatékonyság szempontjából zsákutcának is bizonyult.

Irodalomjegyzék

- o ÓE KVK 2050 Dr. Novothny Ferenc (PhD) – Villamos energetika I.
A villamosenergia-rendszer villamos gépei
- o Windstreampower.com/Bike_Power_Generator.php
- o Free-energy.hu/pajert/index.htm?FoAblak=../pajert37/VADCMot.html
- o Econvergence.net/The-Pedal-A-Watt-Bicycle-Generator-Stand-s/1820.htm
- o Lancet.mit.edu/motors/motors3.html
- o Zsiguli.hu/index.php?action=cikk&id=54
- o A dolgozatban felhasznált képek a 12. illetve a 13. oldalon található saját képeken kívül az internetről származnak.