

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2016

JIŘÍ BAJER

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Výroba elektrické energie lidskou silou

Human Powered Electricity Generator

Zadání bakalářské práce

Student:

Jiří Bajer

Studijní program:

B2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907R001 Elektroenergetika

Téma:

Výroba elektrické energie lidskou silou
Human Powered Electricity Generator

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Výroba elektrické energie
Uskladnění elektrické energie
Využití elektrické energie

Seznam doporučené odborné literatury:

CENEK, Miroslav. Akumulátory od principu k praxi. Praha: FCC Public, 2003, 248 s. ISBN 80-86534-03-0.

ROUBÍČEK, Ota. Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 191 s. ISBN 80-7300-092-x.

BERKA, Štěpán. Elektrotechnická schémata a zapojení. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 199 s. ISBN 978-80-7300-229-9.

ARENDÁŠ, Miroslav a Milan RUČKA. Nabíječky a nabíjení. 3. upr. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 111 s. ISBN 80-86056-61-9.

BASTIAN, Peter a Karel RADIL. Praktická elektrotechnika. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2004, 295 s. ISBN 80-86706-07-9.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tadeusz Sikora, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě dne 29. dubna 2016

Podpis 

Poděkování

Rád bych touto cestou vyjádřil poděkování Ing. Tadeuszovi Sikorovi, Ph.D. za cenné rady a trpělivost při vedení mé bakalářské práce.

Podpis.....*Bajer*.....

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá výrobou elektrické energie lidskou silou. V první části práce je teoretický rozbor výroby, uskladnění a využití elektrické energie. Pohled na možnosti lidského těla, druhy akumulátorů a výrobky využívající lidskou energii. V druhé části práce popisují šlapací stroj mé výroby, na kterém jsem prováděl měření. Dále byla řešena problematika druhů převodu momentu a způsobu regulace proudu na výstupu stroje.

Klíčová slova

Výroba energie, uskladnění energie, lidská síla.

Abstrakt

This thesis deals with the production of electrical energy by human power. The first part is the theoretical analysis of production, storage and utilization of electricity. View of the possibilities of the human body, the types of batteries and products utilizing human energy. The second part describes the treadle machine to my production, which I conducted measurements. Furthermore, the issue was dealt a second transfer torque and a method for regulating output current machines.

Key words

Energy production, energy storage, manpower

Obsah

Seznam některých použitých zkratk a symbolů	8
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
Úvod	10
1. Výroba	11
1.1 Možnosti lidského těla	11
1.2 Historie výroby energie živou silou	13
1.3 Generátory	14
1.3.1 Stupně ochrany generátorů	15
1.4 Rozdělení generátorů	15
1.4.1 Třífázové generátory	16
1.4.2 Jednofázové stroje	17
1.4.3 Stejnoseměrné stroje	17
1.5 Výrobky využívající lidskou energii	17
1.5.1 Energie z lidského potencionálu	17
1.5.2 Rotační nabíječe	18
1.5.3 Otáčivé dveře	19
2. Uskladnění	21
2.1 Historie elektrochemických akumulátorů	21
2.2 Druhy akumulátorů	21
2.2.1 Olověné	21
2.2.2 Alkalické	22
2.2.3 Li-Ion	22
2.2.4 Li-Pol	22
2.3 Přečerpávání	23
2.4 Stanovení stupně nabití (vybití) olověného akumulátoru	23
2.4.1 Hustota elektrolytu	23
2.4.2 Napětí akumulátoru	23
2.5 Nabíjení a nabíječe	24
2.6 Gravitační uložště	24
3. Využití	26
3.1 Množství energie	26
3.2 Využití v praxi	26
3.3 Měření elektrického výkonu	27

3.4 Spotřebiče na 12 V.....	27
3.4.1 Svítidla	27
3.4.2 Vodní čerpadla.....	28
3.5 Měníče 12 V DC na 230 V AC.....	28
3.5.1 Ochrany měniče napětí.....	28
3.5.2 Historie měničů napětí	28
3.5.3 Měnič napětí s čistou/modifikovanou sinusovkou.....	29
4. Generátor poháněný lidskou silou, praktická část.....	30
4.1 Obecně	30
4.2 Konstrukce kola	30
4.3 Převod momentu	31
4.3.1 Hřídel alternátoru přitlačovaná k pneumatice kola	31
4.3.2 Řemenový převod.....	32
4.3.3 Převod řetězem	33
4.4 Regulace alternátoru	34
4.4.1 Rezistor na výstupu.....	34
4.4.2 Regulace proudu v rotoru.....	35
4.5 Postup funkce	35
.....	36
4.6 Akumulace.....	36
4.7 Využití.....	37
4.7.1 Stabilizátor napětí	37
.....	37
4.7.2 Výsledky měření.....	37
4.7.3 Wattmeter	38
Závěr:	39
Použitá literatura.....	40

Seznam některých použitých zkratk a symbolů

AC	Střídavý elektrický proud	(A)
Ah	Jednotka nabíjecí kapacity	
BM	Bazální metabolismus	(kcal)
BM _{nál}	Náležitý bazální metabolismus	(%)
DC	Střídavý elektrický proud	(A)
I	Proud	(A)
M	Moment	(Nm)
Pa	Jednotka tlaku	
P	Výkon	(W)
Wh	Jednotka energie	
ω	Otáčky	(rad s ⁻¹)

Seznam obrázků

Obrázek 1	Sportovní aktivity.....	13
Obrázek 2	Diagram toku výkonu v generátoru [5]	14
Obrázek 3	Štítek stroje (ukázka) [5]	15
Obrázek 4	Závislost otáček na proudu autoalternátoru (při napětí 14V) [16]	16
Obrázek 5	Vnitřní schema alternátoru [16]	16
Obrázek 6	Svítilna Lumen[8]	17
Obrázek 7	Rotační nabíječka na manuální pohon se svítilnou [8]	18
Obrázek 8	Průběh kroutícího momentu ramena [11]	19
Obrázek 9	Poměr sil u dveří. [11]	19
Obrázek 10	Schéma gravitačního uložení. [12]	25
Obrázek 11	Upevnění zadního kola. [13].....	30
Obrázek 12	Materiál konstrukce z detailu. [13].....	31
Obrázek 13	Převod momentu přitlačováním alternátoru k pneumatice [13]	32
Obrázek 14	Úhel opásání [14]	33
Obrázek 15	Řetězový převod [15]	34
Obrázek 16	Schéma regulace pomocí rezistoru na výstupu. [13]	34
Obrázek 17	Schéma regulace proudu v rotoru. [13]	35
Obrázek 18	Ovládací mechanismus [13].....	36
Obrázek 19	Akumulátor a stará verze kola. [13]	36
Obrázek 20	Schéma stabilizátoru [13]	37
Obrázek 21	Wattmeter RAYTRONIC WM-100	38

Seznam tabulek

Tabulka 1	Denní aktivita a sportovní činnosti. [10].....	11
Tabulka 2	Činnosti, aktivity, sporty. [10].....	12
Tabulka 3	Stupně ochrany IP [5]	15
Tabulka 4	Přibližné napětí startovacího akumulátoru v závislosti na stupni nabití (vybití) [1]	23
Tabulka 5	Přibližné napětí 12V staničních akumulátorů v závislosti na stupni nabití (vybití) [1]	23
Tabulka 6	Přehled využití energie 1.....	26
Tabulka 7	Přehled využití energie 2.....	26
Tabulka 10	Naměřené hodnoty	37

Úvod

Cílem této práce bude zjistit, zda je možné použít energii lidského těla v praxi. Od výroby přes uskladnění až po využití. Zaprvé například na různých chatách, v opuštěných domech, na táborech nebo zkrátka všude tam, kde nemáme přístup k elektrické síti a musíme si vytvořit síť ostrovní, pokud chceme svítit nebo uvést do chodu menší spotřebiče. V takovýchto místech je třeba zamyslet se nad tím, zda je v daném místě třeba tvořit drahou ostrovní síť za pomoci malé větrné elektrárny, solárních článků nebo malé vodní elektrárny (u vodních toků), a nebo za pomoci vlastního těla (lidské síly) vytvořit energii k tomu, abychom si mohli pohodlně svítit nebo pustit rádio. A ještě si u toho zasportovat například na šlapacím kole. V dnešní době si na zimu pořizují cyklisti různé rotopedy, aby mohli trénovat. Tato energie se však bohužel mění jen na pouhé teplo. A proto si myslím, že je zbytečné a neekonomické tuto energii nezužít. Nemluvím však jen o jednotlivcích, také tady máme energii ve fitness centrech nebo posilovnách, zde se zbytečně spaluje této energie mnohem více. A přitom by tato energie mohla vystačit na energetickou soběstačnost osvětlení v celé dané posilovně nebo fitness centru. Proto bych chtěl tuto problematiku dále prozkoumat a zjistit, zda je tato myšlenka reálná.

Cílem této práce z bližšího úhlu pohledu bude zjistit, jaké množství energie jsme schopni lidskou silou vytvořit. Jakým způsobem elektrickou energii lidským tělem vytvořit. Vyzkoušet, zda jsme schopni efektivně získávat energii z cyklistického kola, jaké převody je třeba na tuto metodu výroby energie použít, jaký generátor energie je nejlepší pro tento způsob získávání energie a naopak který generátor je nejméně vhodný. Dále se zaměříme na regulaci generátorů, výhody a nevýhody u jednotlivých strojů. Bádát budeme v rozmezí malých elektrických strojů zhruba do 500W. Mezi další důležité body patří také akumulace elektrické energie. Budu zjišťovat, jak velký akumulátor je nejvhodnější při jaké spotřebě. Jak nejšetrněji se k baterii chovat, aby nám vydržela co nejdéle. Rozebereme si, jaké druhy baterií máme, které jsou pro naše účely nejvhodnější a naopak které jsou nejméně vhodné. Mezi neodmyslitelnou stránku věci patří také využití elektrické energie. Budu propočítávat denní nebo i týdenní hospodaření s elektrickou energií. Jelikož budeme pracovat s malým napětím převážně 12V, k využití elektrické energie neodmyslitelně patří také dimenzování elektrických kabelů ke spotřebičům, které nejsou přímo u generátoru nebo akumulátoru. Dalším bodem, na který se zaměřím, budou měniče napětí, které nám umožní používat energii tak, jak jsme zvyklí - nejčastěji tedy z 230V zásuvky.

1. Výroba

Při výrobě elektrické energie lidskou silou se nebudeme zabývat velkými výkony. Lidské tělo má omezené možnosti ve výrobě elektrické energie, jelikož lidské svaly se nemohou rovnat strojní technologii.

1.1 Možnosti lidského těla

Všechny děje probíhající v našem těle potřebují energii ke svojí funkci. Tato energie například udržuje teplotu člověka kolem 37°C, na kterou jsou naladěny pochody v lidském těle. K této energii se připočítává energie, kterou potřebujeme při podávaném výkonu.

Výdej energie měříme v různých jednotkách. Nejčastěji se setkáváme s jouly (J), (kJ). V Americe se můžeme setkat s jednotkou kalorie (cal), (kcal). Převod: 1 J = 0,239 cal. [10]

Bazální metabolismus je minimální potřeba energie pro udržení základních fyziologických funkcí. Je to asi 1200-2400 kcal/24h, což odpovídá asi 5000-10000 kJ/24h to je přibližně 208-417 kJ/h. U této minimální potřeby záleží na věku, pohlaví, velikosti těla a na trénovanosti jedince. [10]

Tabulka 1 Denní aktivita a sportovní činnosti. [10]

kJ/hod	W	Denní aktivity a sportovní činnosti
do 400	111	spaní, čtení, psaní, práce na počítači, sledování televize, řízení auta
400-800	111-222	žehlení, příprava a vaření jídla, hygiena, oblékání, umývání nádobí, kulečnick
800-1000	222-278	vytírání podlahy, lehké zahradnické práce, lehký aerobik, nakupování, chůze rychlostí 4 km/hod
1000-1500	278-417	drhnutí podlahy, luxování, mytí oken, stolní tenis, volejbal, tanec, chůze rychlostí 6 km/hod, většina rekreačních sportů
1500-1900	417-528	běh rychlostí 8 km/hod, bruslení, sexuální aktivita, intenzivní aerobik, fotbal, vysokohorská turistika, plavání-prsa, kondiční trénink
1900-2100	528-583	jízda na kole 20 km/hod, sjezdové lyžování, tenis, kanoistika, spinning, chůze do schodů, štípání dříví, závodní tanec, plavání-kraul, basketbal
2100-2500	583-694	běh vyšší rychlostí, běh na lyžích, závodní plavání, horolezectví, odhrabávání sněhu, florbal, skákání přes švihadlo, squash, badminton

Měření energetického výdeje lze realizovat dvěma metodami. Mluvíme o přímé a nepřímé kalorimetrii. Přímá kalorimetrie se v praxi používá minimálně. Tato metoda je totiž velice finančně a technicky náročná. Měřená osoba je v uzavřené místnosti, z které je odváděn vzduch. Zjišťuje se množství tepla, které organismus vyprodukuje. V praxi se proto častěji používá metoda nepřímé

kalorimetrie. Nejjednodušší způsob, jak vypočítat odhadem bazální metabolismus, je využití Herrer-Benedictovy rovnice. [10]

Heris-Benedictonova rovnice. a) ženy b) muži

Rovnice č. 1

$$a) BM (kcal) = 655 + (9,6 \times \text{hmotnost v kg}) + (1,8 \times \text{výška v cm}) - (4,7 \times \text{věk v letech})$$

Rovnice č. 2

$$b) BM (kcal) = 66 + (13,7 \times \text{hmotnost v kg}) + (5 \times \text{výška v cm}) - (6,8 \times \text{věk v letech})$$

V praxi se k výpočtům energetického výdeje za 24 hodiny využívá tabulek, viz tabulka 2, kde najdeme k jednotlivým činnostem hodnotu takzvaného náležitého bazálního metabolismu, dále jen: ($BM_{n\acute{a}l.}$). Ten procentuálně vyjadřuje, o kolik je hodnota činnosti náročnější, než je hodnota samotného bazálního metabolismu (100%). Bazální metabolismus je minimální potřeba energie pro udržení základních fyziologických funkcí člověka [10]

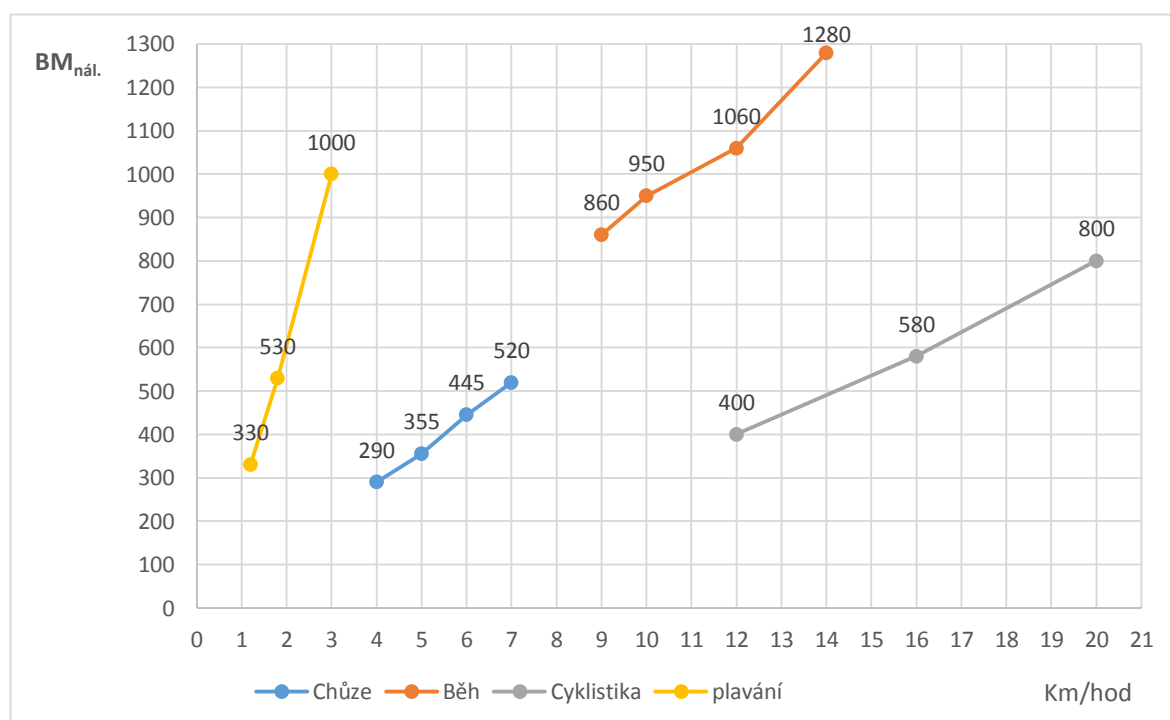
Rovnice č. 3

$$\text{Výpočet (kJ)} = \frac{\text{doba činnosti (hod)} * \%BM_{n\acute{a}l.} * BM (kJ * \text{hod}^{-1})}{100} \quad [10]$$

Tabulka 2 Činnosti, aktivity, sporty. [10]

Činnost/aktivita/sport	% $BM_{n\acute{a}l.}$	Činnost/aktivita/sport	% $BM_{n\acute{a}l.}$
Spaní	110	Řízení auta	190
Ležení (bdění)	115	Oblékání	210
Čtení	120	Vaření	235
Drobná manuální práce	130	Mytí, hygiena	245
Psaní	135	Kulečnick	260
Studium	140	Nakupování	290
Zpívání, mluvení	140	Mytí oken	310
Stolování	145	Tanec	450-690
Psaní na počítači	160	Hraní si s dětmi	450-910
Práce v laboratoři	180-250	Práce na zahradě	500
Chůze 4 km/hod	290	Aerobik	660
Chůze 5 km/hod	355	Badminton	540-790
Chůze 6 km/hod	445	Basketbal	1000
Chůze 7 km/hod	520	Fotbal	1000
Běh 9 km/hod	860	Golf	350-620
Běh 10 km/hod	950	Gymnastika	620

Běh 12 km/hod	1060	Lední hokej	1000
Běh 14 km/hod	1280	Vysokohorská turistika	610
Cyklistika 12 km/hod	400	Sjezdové lyžování - rekreační	1000
Cyklistika 16 km/hod	580	Běžecské lyžování - rekreační	750
Cyklistika 20 km/h	800	Protahování	1000
Cyklistika - závod	1000	Squash	1000
Plavání 1,2 km/hod	330	Stolní tenis	540
Plavání 1,8 km/hod	530	Tenis	825
Plavání 3,0 km/hod	1000	Volejbal	650



Obrázek 1 Sportovní aktivity

1.2 Historie výroby energie živou silou.

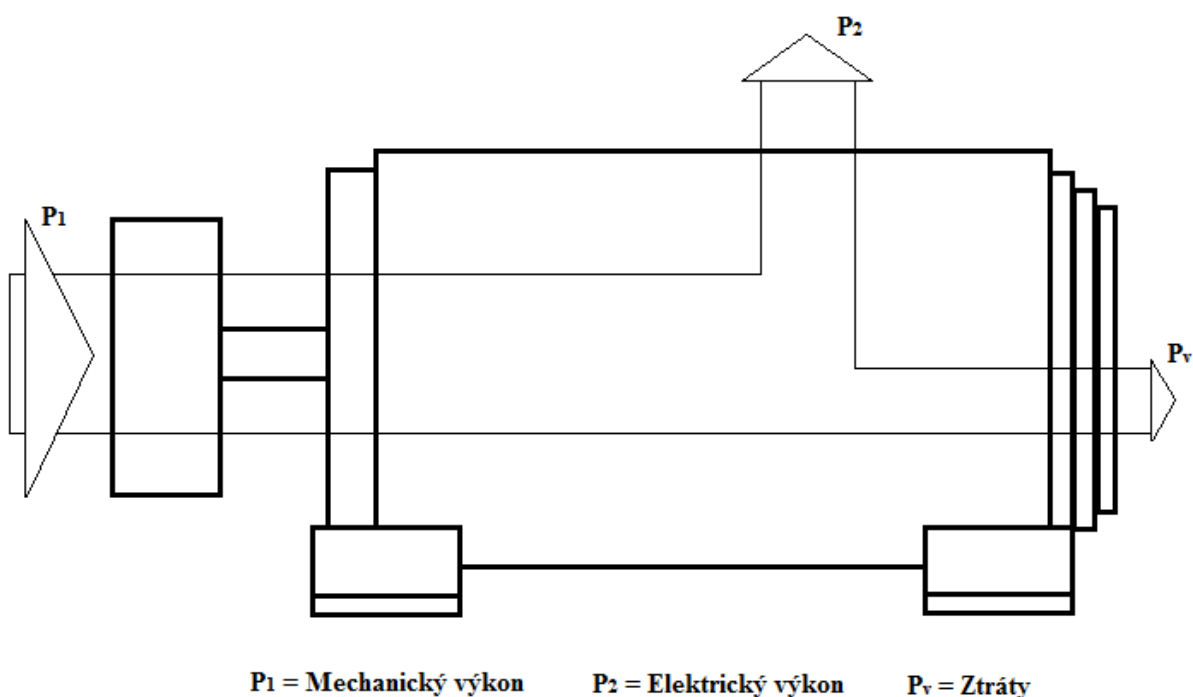
Přibližně 3,5 tisíce let př. n. l. člověk vynalezl postroje na zvířata. A stroje, které mohou být zvířaty poháněny. Tím člověk mohl začít používat zvířata k vykonávání práce. Zvířecí síla se stala nepostradatelnou pro ekonomiku celé západní Evropy a díky tomu zůstala v některých oblastech až do konce 19. století. Poté ji vystřídaly jiné technologie. [6]

Mechanický výkon zvířat (velikosti člověka) a lidí se pohybuje v desítkách až několika málo stovkách wattů. Jako první se problematikou mechanického výkonu zabýval skotský vynálezce James Watt. Spočítal výkon koní, kteří poháněli pumpy v dolech. Zjistil do jaké výšky je průměrně schopen

kůň za jednu sekundu vyčerpávat vodu. Vyšlo mu, že kůň je schopen za jednu sekundu zvednout 500 liber (~226,8 kg) vody do výšky jedné stopy (0,3048m), to odpovídá výkonu 678,14W. [6]

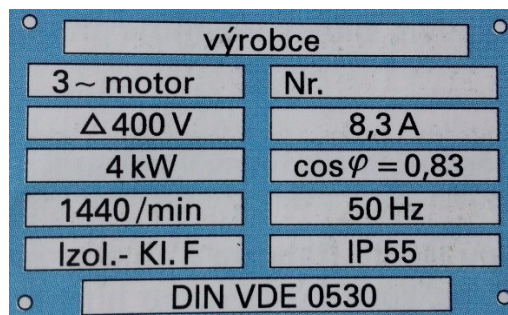
1.3 Generátory

Hlavní funkcí generátoru je přeměnit mechanickou energii na elektrickou energii. Poté dodávat elektrickou energii přímo do sítě, spotřebiče nebo ji akumulovat. Jako například do akumulátoru nebo kondenzátoru. Generátory lze rozdělit na střídavé a stejnosměrné. Dále pak dělíme střídavé generátory na asynchronní a synchronní. Stejnosměrné dělíme na generátory s cizím buzením, derivační, kompaundní a sériové.



Obrázek 2 Diagram toku výkonu v generátoru [5]

Každý elektrický stroj musí mít identifikační štítek. Na štítku je uveden: výrobce, typ, druh stroje a jmenovité hodnoty napětí, proudu, výkonu, otáček a fázového posunu. Mezi další údaje patří také třída izolace a krytí. [5]



Obrázek 3 Štítek stroje (ukázka) [5]

1.3.1 Stupně ochrany generátorů

Stupeň ochrany elektrického stroje udává rozsah ochrany před dotykem a vniknutím cizích těles nebo vody. Označuje se písmeny IP a dále dvoumístným číslem. První číslice udává ochranu před dotykem částí motoru, které jsou pod napětím, a ochranu před vniknutí pevných částí. Druhá číslice určuje stupeň ochrany před vniknutím vody. [5]

Normalizované generátory s povrchovým chlazením mají většinou stupeň ochrany IP 54. To je ochrana před stříkající vodou a usazováním prachu. [5]

Tabulka 3 Stupně ochrany IP [5]

Tabulka 2: Stupně ochrany elektrických předmětů IP podle ČSN EN 60529				
První číslice	Ochrana před dotykem	Ochrana před vniknutím cizího tělesa	Druhá číslice	Ochrana před vniknutím vody
0	nechráněno	nechráněno	0	nechráněno
1	dotykem rukou	cizího tělesa $\geq \varnothing 50$ mm	1	vertikálně kapající
2	dotykem prstem	cizího tělesa $\geq \varnothing 12,5$ mm	2	šikmo kapající vodou (15° oproti svislici)
3	dotykem nástrojem	cizího tělesa $\geq \varnothing 2,5$ mm	3	kropením a deštěm (do 60° oproti svislici)
4	dotykem drátem	cizího tělesa $\geq \varnothing 1$ mm	4	stříkající vodou
5	dotykem drátem	usazováním prachu	5	tryskající vodou
6	dotykem drátem	vnikáním prachu	6	silně tryskající vodou
Při označení jen jednou číslicí druhou nahrazuje X. Příklad: IP X4			7	občasným ponořením
			8	trvalým ponořením

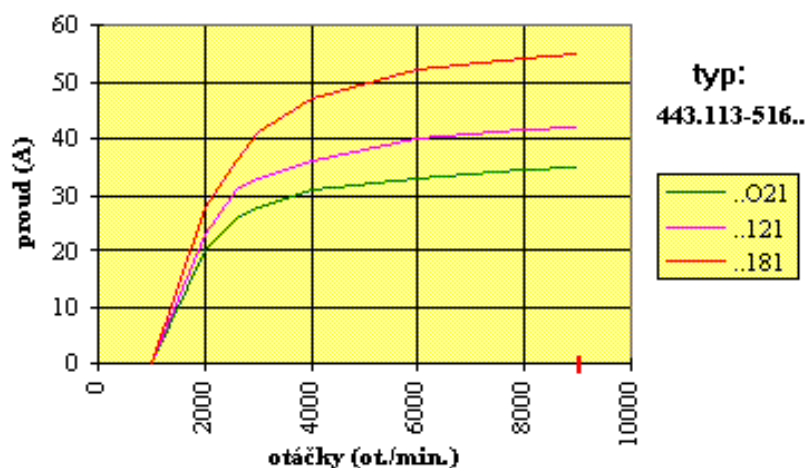
1.4 Rozdělení generátorů

Generátory rozdělujeme na alternátory, které vyrábějí střídavý proud a dynama, které vyrábějí stejnosměrný proud.

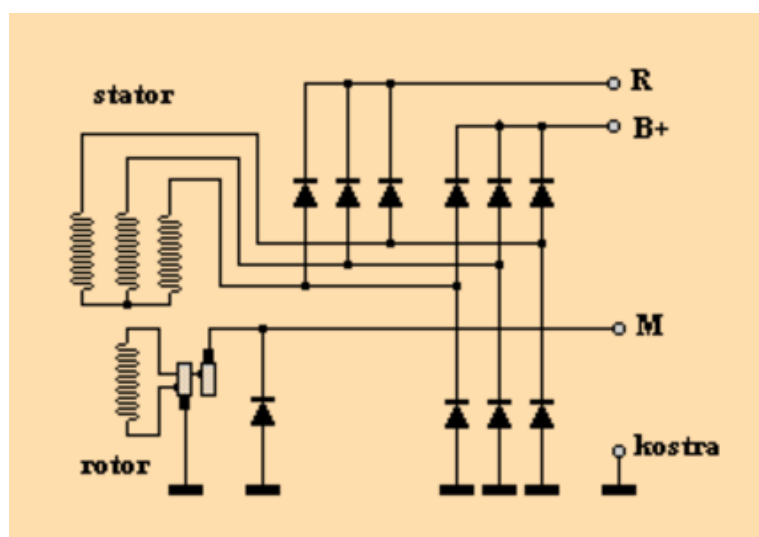
1.4.1 Třífázové generátory

Jako generátor se často používá asynchronní motor, který je provozován v nadsynchronních otáčkách. Tento stroj je však nevhodný na pohánění lidskou silou, jelikož se vyrábí s velkými výkony a na vyšší napětí. Kdybychom chtěli tímto motorem nabíjet např. 12V baterii, museli bychom snížit napětí a to by se neobešlo beze ztrát.

Autoalternátor, velkou výhodou tohoto generátoru je sladěnost stroje s olovenou baterií. Dá se snadno získat ze starších nebo vyřazených vozidel. Autoalternátor je zdrojem 3 fázového napětí, které se následně usměrní a vyfiltruje. Nevýhoda tohoto alternátoru je nemožnost použít ho bez baterie, jelikož na svůj provoz potřebuje budicí proud. Výhodou je snadná regulace pomocí budicího proudu.



Obrázek 4 Závislost otáček na proudu autoalternátoru (při napětí 14V) [16]



Obrázek 5 Vnitřní schema alternátoru [16]

1.4.2 Jednofázové stroje

Jednofázové stroje se používají například pro pohony domácích spotřebičů a elektrického nářadí.

1.4.3 Stejnosměrné stroje

Každý stejnosměrný stroj může pracovat jako motor nebo generátor. Prochází-li proud ve vinutí motoru od jednoho začátku k jeho konci, rotor se otáčí. U generátorového provozu staří otáčet rotorem. Stejnosměrné stroje se dále dělí na zapojení s cizím buzením, s paralelním buzením (Derivační motor), se sériovým buzením a kompaundním zapojením. [5]

1.5 Výrobky využívající lidskou energii.

Na zahraničním i českém trhu vzniklo a stále vzniká široké spektrum produktů poháněných lidskou energií. Tato vlastnost je nejvíce využívána v místech, kde jsme odříznuti od jiných zdrojů energie. Tato technologie je využívána například vojáky, kteří jsou delší dobu odříznuti od civilizace a odkázáni sami na sebe, potřebují energii na napájení infra vidění, vysílačky nebo baterie.

1.5.1 Energie z lidského potenciálu.

Svítilna Lumen: Drobná svítilna Lumen nepotřebuje žádný externí zdroj energie, ke své funkci jí stačí pouze dotyk. Minibaterka pracuje na velmi jednoduchém principu. Člověk se dotkne termoelektrického generátoru, tedy malé keramické destičky (Peltierova článku), a tepelná energie se přemění na elektrický proud. Čím je teplotní rozdíl větší, tím větší napětí získáme. Za předpokladu, že tělo má 36 °C a teplota okolního vzduchu by byla 27 °C, tak je zařízení schopné při teplotním rozdílu devíti stupňů vyprodukovat napětí 3 V a proud 3 mA. Nadbytečná elektrická energie se ukládá do kondenzátoru pro případné pozdější použití. Cenově vychází svítilna kolem 2300 Kč. [8]



Obrázek 6 Svítilna Lumen[8]

1.5.2 Rotační nabíječe

V posledních několika letech se nám na trhu začaly objevovat rotační nabíječe určené k nouzovému dobíjení mobilních telefonů při outdoorových aktivitách. Tyto nabíječe lze použít v kombinaci se svítilnou, rádio přijímačem nebo jinou elektronikou. [8]



Obrázek 7 Rotační nabíječka na manuální pohon se svítilnou [8]

My si teď pro větší názornost porovnáme parametry rotačního nabíječe Koracell E-power II EPR907 se stejně těžkým solárním nabíječem tužkových baterií Silva Solar I (oba tyto nabíječe jsou na trhu běžně dostupné). Cenově se pohybují kolem 300 Kč. [8]

Aby byl příklad ještě názornější, tak si výše uvedenými nabíječi dobijeme vybitý akumulátor BL-5C z mého mobilu Nokia 6230i. Proto nejdříve základní informace o nabíjeném akumulátoru: [8]

Accupack BL-5C má při napětí 3,7 V (3x1,2 V) kapacitu 900 mAh. Obecně platí, že k nabití akumulátoru na 100 % do něj musíte vložit ≈ 120 % energie, přičemž těchto 20 % jsou ztráty, které se změní na teplo. Takže do mého akumulátoru musíme dodat 1 080 mAh. [8]

Rotační nabíječ Koracell E-power II EPR907 dodává při 100 ot/min proud 300 mA.

$$1\ 080\ \text{mAh} : 300\ \text{mA} = 3,6\ \text{h}$$

K plnému nabití accupacku BL-5C musíte točit kličkou 3,6 hodiny rychlostí 100 ot/min a to jak sami uznáte, je úkol namáhavý. V praxi si během pár minut nabijete akumulátor pro nutný hovor plus nějakou tu rezervu. Výhodou rotačních nabíječů je jejich kompaktnost, vysoká mechanická odolnost a kombinace s jinými účelovými zařízeními, např. se svítilnou. [8]

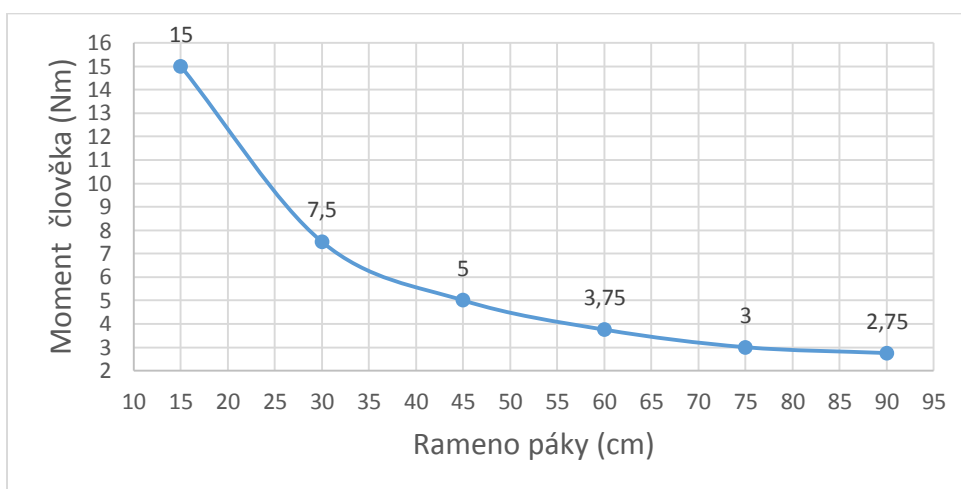
Solární nabíječ Silva Solar I má při polojasném počasí výkon 150 mA.

$$1\ 080\ \text{mAh} : 150\ \text{mA} = 7,2\ \text{h}$$

Výhodou je že při polojasném počasí a necelých 8 hodinách denním svitu jste schopni solárním nabíječem dobít accupack na 100 % bez námahy. Mezi zápory patří, že solární zdroje jsou relativně rozměrná zařízení (čím větší plocha, tím větší výkon), vlastní solární panely jsou citlivé na mechanické namáhání a jejich cena je oproti rotačním nabíječům téměř dvojnásobná. [8]

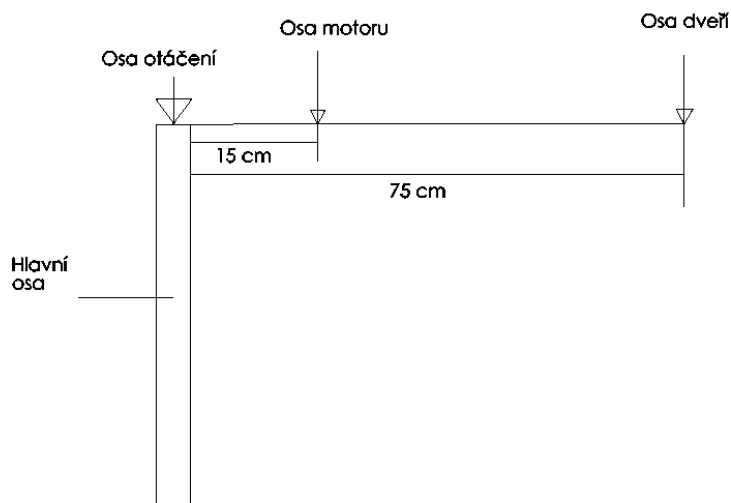
1.5.3 Otáčivé dveře

Otáčivé dveře se skládají ze tří nebo čtyř dveří, které mají ve středu hřídel a otáčí se kolem svislé osy v rámci kruhového prostoru. Otáčivé dveře se používají jako hlavní dveře budov, aby eliminovaly průvan, čímž se sníží potřebná energie k vytápění nebo chlazení budovy. Aby tento mechanismus dobře fungoval a osoby mohly v poklidu procházet, musí mít i nějaký vlastní odpor. Přidáním elektromotoru na hřídel pod potřebným převodem lze vytvořit elektrickou energii. [11]



Obrázek 8 Průběh kroutícího momentu ramena [11]

Kroutící moment lidské bytosti při průchodu dveřmi je 15 Nm. Otočné dveře se na frekventovaném místě obvykle točí za den až několik hodin. [11]



Obrázek 9 Poměr sil u dveří. [11]

Výše uvedený *Obr. 9.* ukazuje získaný poměr 1:5. Získáme tedy z 3 Nm, které vyvine člověk. 15 Nm pro točivý stroj. Počítejme s rychlostí otáčení 120° za 2s. Počítejme s převodovým poměrem 5,7. [11]

Rovnice č. 4

$$\omega = \left(\frac{1}{2} * 60 \right) * 5,7 = 57 \text{ ot/min} \Rightarrow 5,97 \text{ rad s}^{-1}$$

Rovnice č. 5

$$P = M * \omega = 15 * 5,97 = 89,5W$$

S těmito hodnotami lze pohybovat, můžeme zvětšit šířku dveří, zvětšit hmotnost dveří a to bude mít vliv na konečný výkon generátoru. [11]

2. Uskladnění

2.1 Historie elektrochemických akumulátorů

S elektřinou se setkávalo lidstvo do konce 18. století velice zřídka. Zvrat přinesl Ital Alessandro Volta, který roku 1800 sestavil první elektrochemický zdroj elektrického proudu, tzv. Voltův sloup, prototyp galvanického článku. Jednalo se o zdroj s diskovým tvarem elektrod ze stříbra a zinku. Elektrody byly proloženy kotoučky z lepenky napuštěné vodou. Napětí článku však bylo malé, pouze 0,2 až 0,4 V. Tímto Voltovým objevem byla otevřena zcela nová éra v nauce o elektřině. Voltův sloup a po něm následující články Daniellův, Groveho, Bunsenův, Grenetův a Poggendorffův byly představiteli Galvanických článků primárních, které po jednom vybití nebylo možno elektricky nabít. Převrat přinesl v roce 1859 geniální objev Francouze Gastona Plantého. Plante sestavil článek ze dvou olověných desek, které byly odděleny plátěným separátorem, které byly ponořeny do roztoku kyseliny sírové. Článek po vybití, který poskytl elektrický proud, bylo možné znovu nabít elektrickým proudem. Jednalo se tedy o sekundární akumulátor. Napětí tohoto akumulátoru bylo zhruba 2 V. Zdokonalení těchto olověných akumulátorů v oblasti elektrolytu v 19. století navrhli C. Faure, E. Volckman, ale princip od geniálního objevitele Gastona Plantého zůstal nepřekonaný dodnes. [1]

V 80. letech 19. století se olověné akumulátory vyráběly sériově, k rozšíření přispěly také elektrické generátory, jimiž bylo možné mnohem rychleji a pohodlněji akumulátory nabíjet. Technologie olověných akumulátorů dále pokročila na počátku 20. století. Olověné akumulátory se dodnes používají jako hlavní zdroje elektrické energie pro spalovací motory. [1]

Na přelomu 19. a 20. století patentovali téměř současně T. A. Edison akumulátor nikl-železo a W. Jungner akumulátor nikl-kadmium. U obou akumulátorů byl použit alkalický elektrolyt. Doposud se v různých konstrukčních úpravách tyto akumulátory vyrábí a mají širokou škálu využití. [1]

V přenosných zařízeních, jako jsou notebooky, mobilní komunikační přístroje, fotoaparáty, kamery, kalkulačky a podobně jsou použity akumulátory soustav nikl-kovový hybrid nebo lithium-ion, které byly vyvinuty v 80. a 90. letech 20. století a uvedeny do praxe jako náhrada za akumulátory nikl-kadmiové, které z hlediska vlivu na životní prostředí nejsou vhodné. [1]

2.2 Druhy akumulátorů

Akumulátory jsou děleny podle druhu, protože každý spotřebič elektrické energie vyžaduje jiné vlastnosti zdroje.

2.2.1 Olověné

Nejnámější akumulátor používaný zejména v automobilové dopravě jako záložní zdroj elektrické energie. Vyrábějí se o kapacitě 1-1000Ah. Mezi hlavní výhody patří: spolehlivost, účinnost, dostatečný výkon, nízká cena. Naopak mezi nevýhody patří: velikost, nutnost údržby.

2.2.2 Alkalické

Jedná se o skupinu akumulátorů, které mají stejný druh elektrolytu. Jedná se o vodný roztok hydroxidu alkalického kovu, nejčastěji hydroxid draselný (KOH). Podle aktivní hmoty (kladné a záporné), která byla použita, dělíme alkalické akumulátory na:

Nikl-kadmiové (Ni-Cd): Jsou rozděleny do několika typů konstrukcí podle vybíjecích proudů a velikosti zkratových proudů. (L; M; H; X)

Nikl-železné (Ni-Fe): Oproti Ni-Cd jsou odolnější proti přebíjení a hlubšímu vybíjení. Tento akumulátor nelze připojit na zařízení s trvalým dobíjením a nelze jej nabít na konstantní napětí. Oproti Ni-Cd při poklesu teploty klesá výkon baterie výrazněji. Taktéž má oproti akumulátoru Ni-Cd větší samovybíjení. Tento akumulátor je vhodný pro trakci, kde se každý den baterie nabije a vybije (př: elektrický vozík). Životnost tohoto akumulátoru je 25 let a až 4000 cyklů vybití/nabití.

Nikl-metalhydridové (Ni-MH): Náhrada za (Ni-Cd) akumulátory - výhodou je absence toxického kadmia a dvojnásobná kapacita. Životnost je však jen poloviční oproti (Ni-Cd) akumulátoru.

Nikl-zinkové (Ni-Zn): Tento systém má z alkalických akumulátorů největší vybíjecí napětí. Mezi hlavní problémy patří nesouměrnost nabíjení u elektrod.

Stříbro-zinkové (Ag-Zn): V porovnání z (Ni-Cd) má vyšší jmenovité napětí, kapacitu a naopak malý vnitřní odpor. Velkou účinnost při vybíjení. Mezi hlavní nevýhody musíme zařadit jeho malou životnost a vysokou cenu.

Stříbro kadmiové (Ag-Cd): Náhrada za (Ag-Zn)

2.2.3 Li-Ion

S vývojem tohoto akumulátor se začalo v roce 1912 avšak až v roce 1991 začaly být populární. Dnes patří mezi nejpoužívanější akumulátory ve spotřební elektronice.

Výhody - ztráta kapacity maximálně pouhých 0,1% za měsíc, nemá paměťový efekt, příznivá cena.

Nevýhody - článek je stavěný na 300 až 500 nabíjecích cyklů, potom jeho kapacita ztlačně poklesne. I když akumulátor dobijete například z 60%, počítá se to jako nabíjecí cyklus. Kolem 1400 cyklu kapacita baterie klesne na 50%. Zhoršení funkcí v extrémním horku nebo naopak chladu.

2.2.4 Li-Pol

V akumulátoru je použit pevný elektrolyt.

Výhody- Nemá paměťový efekt, stejně jako Li-Ion ztrácí méně než 0,1% měsíčně. Dají se vyrobit v libovolném tvaru. Je oproti Li-Ion lehčí o 10-15%. Lépe odolává mrazům.

Nevýhody: Oproti Li-Ion je o 10-20% objemnější. Vyradí nepatrně méně nabíjecích cyklů. Cena je vyšší než u akumulátoru Li-Ion.

2.3 Přečerpávání

Energie se dá vkládat i do jiného principu než elektrochemického. Například bychom mohli čerpat vodu do nádrže, která bude umístěna nad úrovní čerpadla. Tuto variantu však nevidím jako proveditelnou, jelikož čím menší motor máme, tím menší účinnost má. Proto bychom s naším výkonem 200W (člověk na kole) měli tak velké ztráty, že by to nebylo efektivní.

2.4 Stanovení stupně nabití (vybití) olověného akumulátoru.

Stupeň nabití (vybití) můžeme stanovit buď měřením hustoty elektrolytu, nebo měřením napětím akumulátoru.

2.4.1 Hustota elektrolytu

Tato metoda je použitelná u všech akumulátorů se zaplavenými elektrodami, kde je možné odebrat elektrolyt akumulátorovým hustoměrem s pipetou. Během vybíjení akumulátoru reagují ionty kyseliny sírové s aktivními hmotami elektrod, se stupněm vybití akumulátoru klesá hustota elektrolytu téměř lineárně. [1]

Známe-li hustotu elektrolytu nabitého a vybitého akumulátoru, lze podle naměřené hustoty určit jeho okamžitý elektrický náboj (zbytkovou kapacitu). Výhodou metody měření hustoty elektrolytu je to, že můžeme určit který článek je vadný. K měření se používají hustoměry s pipetou, které umí měřit v rozmezí 1,100 až 1,300 g/cm³ a mají třídu přesnosti nejméně 0,01 g/cm³. Měření hustoty elektrolytu se provádí při teplotě 20°C. Pokud je teplota jiná, musíme teplotu korigovat o hodnotu 0,01 g/cm³, protože s poklesem teploty hustota elektrolytu vzrůstá, se zvyšováním teploty naopak klesá. [1]

2.4.2 Napětí akumulátoru

Na tuto metodu je potřeba stejnosměrný multimetr s třídou přesnosti lepší než 0,5V protože rozdíly napětí u nabitých a vybitých akumulátorů jsou velice malé. Tento způsob určování vybití/nabití a zbytkové kapacity lze použít na všechny druhy olověných akumulátorů. Nejpodstatnější je tato metoda měření u bezúdržbových akumulátorů se zaplavenými elektrodami, které nemají ve víku otvor pro odběr elektrolytu hustoměrem a také u akumulátorů řízených ventilem. [1]

Tabulka 4 Přibližné napětí startovacího akumulátoru v závislosti na stupni nabití (vybití) [1]

Elektrický náboj (%)	100	90	80	70	60	50	40	30	20
Napětí (V/čl.)	2,144	2,12	2,099	2,077	2,058	2,03	2,002	1,98	1,965
Napětí 6 čl. (12 V)	12,864	12,72	12,594	12,462	12,348	12,18	12,012	11,88	11,79

Tabulka 5 Přibližné napětí 12V staničních akumulátorů v závislosti na stupni nabití (vybití) [1]

Elektrický náboj (%)	100	75	50	25
Akumulátor se zaplavenými elektrodami (V)	12,65	12,45	12,25	12,05
Akumulátor AGM řízené ventilem (V)	12,84	12,48	12,12	11,82

Ke zjištění stupně nabití akumulátoru se vyrábí mnoho malých přístrojů, které za pomoci led diod ukazují stupeň nabití. Ty nejmenší lze umístit i na klíčenku. Baterie, na které zjišťujeme kapacitu, musí být 24h v klidu, aby se její napětí stihlo stabilizovat. Pokud chceme měřit akumulátor na vozidle bezprostředně po jízdě, je třeba rozsvítit světla po dobu dvou minut. A poté nechat jednu minutu akumulátor v klidu. Poté můžeme měřit. [1]

2.5 Nabíjení a nabíječe

Důležitým a nezbytným článkem technologického procesu obnovení energie akumulátoru je kvalita nabíječe a v neposlední řadě i pečlivost obsluhy. Většinou bývá akumulátor více poškozován při nabíjení než vybíjení. Zastaralá nabíjecí technika, kolísavé napětí, špatně přizpůsobená kabeláž, nedostatečná kontrola nabíjecího procesu, včetně tvaru nabíjecí křivky, mají rozhodující vliv na dosažení konečných znaků nabití akumulátoru. Hlavním následkem nedokonalého nabíjení akumulátoru je snižování kapacity, což vede ke snížení životnosti. Je velice podivuhodné, jaké procento nových baterii je nabíjeno nevhodnými nabíječi, jejichž stáří se počítá i na několik desítek let. Jako nabíjecí stanoviště jsou v provozu používány temné zákoutí nebo různé výklenky, naprosto neodpovídající příslušné ČSN 33 2610 i prostému technickému cítění. Dle výše uvedené normy musí být prostory pro nabíjení v zájmu ochrany zdraví a bezpečnosti práce dostatečným způsobem větrány, opatřeny pomůckami a prostředky proti působení elektrolytu, opatřeny bezpečnostními tabulkami, provozním předpisem a lékárníčkou. [1]

2.6 Gravitační uložení

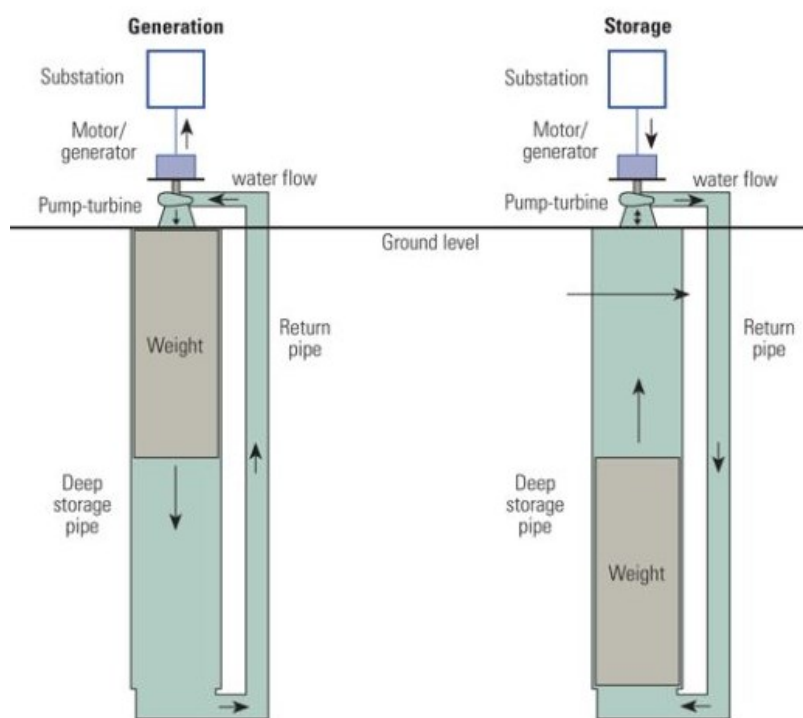
Pokud budeme chtít rozvíjet alternativní zdroje, není jiné cesty, než problém se skladováním elektriny vyřešit. Firma Gravity Power nám ukazuje způsob, kterým to lze. Představila veřejnosti nový systém skladování elektrické energie nazvaný Gravity Power Modules. Systém nám ukazuje, že za použití jednoduché mechaniky a gravitace lze ukládat elektrickou energii až v řádu gigawattů. [12]

Hlavním prvkem zařízení je rozměrná šachta kruhového půdorysu, ve kterém jezdí obrovský betonový píst. Vedle šachty je umístěna ještě jedna šachta menšího průměru, která je spojena s větší šachtou u dna. Jako pracovní médium je použita voda. [12]

Při přebytku elektrické energie v rozvodné síti čerpadlo vhání vodu pod betonový píst. Ten se zvedne vzhůru a tím vytvoří potenciální energii. Pokud naopak chceme elektrickou energii získat zpět, stačí nechat působit píst na vodní sloupec. Voda je vháněna vedlejší šachtou skrze turbínu, která je napojena na generátor elektrické energie. Poloha pístu nám určuje množství energie. [12]

„Firma předpokládá, že by ukládání elektrické energie probíhalo v systému více šachet. Například na ploše zhruba 150x150 m by při kombinaci několika šachet bylo možné teoreticky vytvořit skladovací místo až pro 2 GWh elektrické energie. Účinnost přeměny energie by dosahovala 75-80%. [12]

Tento způsob je podobný přečerpávacím elektrárnám, proti nim jsou náklady na vybudování úložiště pro energii o 50% vyšší. Tuto nevýhodu zařízení Gravity Power Modules přebíjí svou kompatibilitou, jelikož zabírá jen zlomek plochy proti přečerpávací vodní elektrárně. [12]



Obrázek 10 Schéma gravitačního uložení. [12]

3. Využití

3.1. Množství energie

Pro představu toho, kolik elektrické energie za určitý čas je člověk schopen reálně vyrobit, jsem sestavil následující tabulky. Vycházel jsem z tabulky 10, v které jsem uvedl reálně naměřené hodnoty. V horní části tabulek jsem uvedl napětí a proud. Napětí 14 V je typické pro autoalternátor, který jsem použil při testování. Dále uvádím proud, čas provozu alternátoru, vypočtený průměrný výkon a energii ve Wh. V druhé části tabulky jsem uvedl k jednotlivým časům od půl hodiny až po dobu celého dne výkon, který můžeme využívat po tuto dobu z energie, kterou jsme vyrobili.

Tabulka 6 Přehled využití energie 1

Přehled využití energie				
Zdroj (alternátor)				
U	I	t	Průměrný výkon	Energie
(V)	(A)	(min)	(W)	(Wh)
14	5,1	35	71,4	41,65
Světlo				
Čas využití (h)	0,5	1	10	24
Příkon světla (W)	83,3	41,7	4,2	1,7

Tabulka 7 Přehled využití energie 2

Přehled využití energie				
Zdroj (alternátor)				
U	I	t	Průměrný výkon	Energie
(V)	(A)	(min)	(W)	(Wh)
14	6,95	9,2	97,3	14,92
Světlo				
Čas využití (h)	0,5	1	10	24
Příkon světla (W)	29,8	41,7	4,2	1,7

3.2 Využití v praxi

Energii vyrobenou lidskou silou lze využít různými způsoby. Nejžádanější by tento druh výroby elektrické energie byl v zemích, které nejsou pokryty dostatkem elektrických sítí. V odlehlých místech hor či přírody. Všude v těchto místech se tento druh výroby může hodit na osvětlení nebo nabíjení elektroniky. S mými kamarády skauty jsme sestavili soupravu cyklistického kola autoalternátoru a olověného akumulátoru. Tuto soupravu jsme používali na skautském táboře jako zdroj pro osvětlení hangáru, nabíjení fotoaparátů a mobilů. Souprava se stala velice atraktivní pro všechny děti a šlapat chtěl každý. Navíc děti neměly energii zdarma, musely si ji „vyšlapat“. Nejsem zastávce elektroniky v přírodě, ale líbí se mi myšlenka toho, že děti zjistí, že i ten fotoaparát potřebuje spoustu energie, kterou pracně nastřádaly, nato abychom mohli mít fotky z tábora.

3.3 Měření elektrického výkonu

Elektrický výkon můžeme měřit přímo nebo nepřímo jako součin napětí a proudu. Wattmetry mají převážně elektrodynamickou měřicí soustavu s napěťovou a proudovou cívkou. Aby nebyla napěťová, ani proudová část přetížená je třeba dbát na to, aby hodnoty nebyly na přístroji nastaveny ve špatném rozsahu. Elektrodynamický wattmetr je vhodný pro měření stejnosměrného i střídavého proudu. Spotřeba wattmetru při měření výkonů do 100 W je zanedbatelná. Při měření klasickým wattmetrem musí dojít vždy k rozpojení obvodu. Naopak je tomu u klešťového wattmetru, který se pouze jednoduše „nacvakne“ na vodič.

3.4 Spotřebiče na 12 V

V dnešní době máme velice široký výběr přístrojů, které pracují s napětím 12 V. S měničem napětí se tento výběr ještě rozšíří. Se stoupajícím výkonem měniče však musí adekvátně stoupat i kapacita baterie, abychom byli schopni pracovat s výkonem přibližně stejný čas. Měníč napětí o větších výkonech nebo baterie s větší kapacitou, nejsou levné záležitosti. Proto je důležité zvolit spotřebič s co největší účinností.

3.4.1 Svítidla

Mezi hlavní požadavky na osvětlení řadíme účinnost světelného zdroje. Led diody vynikají, jak svou účinností, a také předčí konkurenty svou životností dosahující na 50 000 h provozu. Nejsou náchylné na časté vypínání a zapínání. Mají velkou odolnost proti otřesům a vůči chladu. [18]

Tabulka 8 Porovnání výkonů svítidel [18]

	Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Úsporná žárovka (kompaktní zářivka)	LED
Životnost (hod.)	1000	2000	8 000	50 000
Úspornost provozu	nízká	nízká	střední	vysoká
Svítivost (lm/W)	13	13	50	80 a více
Funkční i v nízkých teplotách	ano	ano	ne	ano
Rychlý náběh světla	ano	ano	ne	ano
Vhodné pro časté zapínání	ano	ano	ne	ano
Ekologická zátěž (rtuť)	ne	ne	ano	ne

Tabulka 9 Srovnání vlastností svítidel [18]

Orientační svítivost	Klasická žárovka	Halogenová žárovka	Úsporná žárovka (kompaktní zářivka)	LED
500 lumenů	40W	35W	11W	7W
750 lumenů	60W	42W	15W	9W
1300 lumenů	100W	70W	23W	15W

3.4.2 Vodní čerpadla

Mezi další možnost využití energie z 12V baterie patří přečerpávání vody. Jedná se však pouze o čerpadla malých rozměrů a výkonů, jde tedy o motory s malou účinností, proto je tato přeměna energie na elektrickou, poté na mechanickou a následně na potencionální (čerpání vody) značně neefektivní.

3.5 Měniče 12 V DC na 230 V AC

Měnič napětí z 12 V na 230 V se stal v dnešní době spotřebním zbožím díky kterému můžeme být připojeni na síťové napětí 230 V všude tam, kde máme auto, a nebo si doneseme autobaterii. [17]

U každého měniče napětí jsou většinou uváděny dva parametry. Trvalý výkon měniče napětí a špičkový výkon měniče napětí. Trvalý výkon nám udává výkon, který je nám schopen poskytnout nepřetržitě po dobu až několik hodin. Špičkový výkon nám udává maximální výkon, který měnič napětí snese několik sekund. Měniče napětí nejsou dimenzovány tak, aby podávaly svůj trvalý výkon po nepřetržitou dobu 365 dní v roce. Proto je třeba při tomto nepřetržitém provozu pořídit měnič s dvojnásobným předepsaným trvalým výkonem, potom máme jistotu, že měnič vydrží. [17]

3.5.1 Ochrany měniče napětí

Měnič napětí může obsahovat několik ochrany. Ochrana měniče napětí proti přetížení slouží k odpojení spotřebiče od baterie v případě příliš velkého odběru proudu. Ochrana proti přepětí měniče na výstupu - indukční zátěž, motor, se po vypnutí napájení na velmi malý čas, řádově několik milisekund, chová jako generátor. Pokud by měnič nebyl proti tomuto stavu zabezpečen, mohlo by dojít k jeho zničení. Ochrana měniče proti vysokému napětí na vstupu - tato ochrana zajišťuje, aby se na vstup měniče nedostalo napětí větší než je přípustné. U 12V měniče se pohybuje toto napětí v maximálních hodnotách 15-16 V. Dále měnič může mít ochranu proti zkratu na výstupu, ochranu proti přepólování na vstupu. Tepelná ochrana měniče hlídá maximální teplotu měniče a v případě dosažení této teploty měnič vypne a dovolí jej zapnout až po poklesu po určitou mez. Ochrana akumulátoru proti hlubokému vybití - olověné akumulátory jsou velice citlivé na tzv. hluboké vybití. Jedná se o pokles napětí pod 10 V. Některé měniče jsou vybaveny ještě výstražnou diodou červené barvy, která se při napětí 10,5 V rozsvítí. Tím informuje provozovatele měniče, že se dostává k hranici 10 V, kdy se měnič vypne. [17]

3.5.2 Historie měničů napětí

V době před rokem 1989 se měniče vyráběly zpravidla „po domácku“ ze součástek, které byly tehdy dostupné. Jelikož bylo však těchto součástek nedostatek, vyrobené měniče napětí měly na výstupu kaskádu klasických výkonových tranzistorů. Tyto tranzistory se razantně zahřívaly a energie se ztrácela do okolí. Tento měnič napětí postrádal i řídicí elektroniku, která by regulovala měnič v závislosti na aktuální odběru. Navíc tento měnič obsahoval velký transformátor, tím se razantně zvýšila jeho hmotnost. Výsledkem byl tedy málo účinný měnič, který už při pouhých 300W vážil několik kilo a postrádal dnes už běžné vnitřní ochrany. Dále byly vyvinuty spínané zdroje, které z měničů napětí odstranily těžké transformátory, díky tomu klesla i jejich cena. Dalším vývojovým skokem bylo využití mikrokontrolérů k řízení měniče. Tato polovodičová programovatelná součástka mohla ovládat měnič a tím byla dosažena mnohem větší efektivita měniče. Díky této součástce můžeme dnes dosáhnout účinnosti měniče až 90%. [17]

3.5.3 Měníč napětí s čistou/modifikovanou sinusovkou.

Měníče s modifikovanou sinusovkou mají na výstupu napětí, které nemá zcela hladký průběh. Většině spotřebičů takto vytvořený průběh výstupního napětí nebrání v provozu bez pocítění jakýchkoli změn v chování spotřebiče. Pokud však ale napájíme nějaké citlivé elektronické přístroje, lékařské přístroje a podobně, je lepší použít měnič se sinusoidou bez modifikace. Měníče s čistou sinusovkou mají zhruba 2x až 3x větší cenu než měniče s modifikovanou sinusovkou od stejného výrobce a se stejným výkonem. [17]

4. Generátor poháněný lidskou silou, praktická část

4.1 Obecně

Nyní si řekneme něco o tom, jak se dá ze starého cyklistického kola vytvořit stroj na výrobu elektrické energie. Zaměříme se na mnou vyzkoušené způsoby regulace, způsoby přenosu momentu z kola na hřídel alternátoru. A další různá úskalí, které toto téma přináší. Budeme mluvit také o samotné konstrukci a návrhu zlepšení. Dále se také zaměříme na měření a testování daného šlapacího kola.

4.2 Konstrukce kola

Konstrukce se skládá z hliníkových profilů 20x20x2mm a půdorysně zabírají plochu 2 x 1m, který leží na zemi a zajišťuje dobrou stabilitu celého šlapacího stroje. Upevnění zadního kola: Tato část je výchozí pro následné převodování ke hřídeli alternátoru, proto musí být zajištěna jeho co největší pevnost a co nejmenší pevnost a tuhost konstrukce. Upevnění zadního kola s konstrukcí tvaru trojúhelníku je vidět na obrázku 11.



Obrázek 11 Upevnění zadního kola. [13]

Přední kolo bylo z důvodu kompaktnějších rozměrů odstraněno a osa předního kola byla připevněna na 2 stojaté hliníkové hranoly asi 300 mm nad úroveň rámu, což zhruba odpovídá velikosti kola za normálního provozu. Alternátor je umístěn za kolem, vzdálenost se mění podle toho, jaký druh převodu používáme.

Konstrukce vyrobená z hliníkových profilů: Její hlavní výhodou je nízká hmotnost, to oceníme zejména při manipulaci a přesunech šlapacího stroje. Další výhodou je jednoduchost opracování tohoto materiálu. Nevýhodou je nižší pevnost hliníku, který je oproti oceli náchylnější na ohyb, krut a otláčení. Tento stav však lze kompenzovat při stavbě konstrukce, kdy budeme s těmito nevýhodami počítat. Existuje spousta dalších materiálů, které můžeme použít, jako například železo. U oceli patří mezi hlavní

nevýhody jeho váha a náchylnost na korozi (nutnost nátěru), ale na druhou stranu bychom dostali lepší pevnostní vlastnosti.

Konstrukce celého kola je vyrobena z hliníkových ječků o velikosti 20x20x2 mm. Celá konstrukce je spojena šrouby M6. V některých místech jsou použity šrouby M8 z důvodu spojení většího množství hranolů najednou.



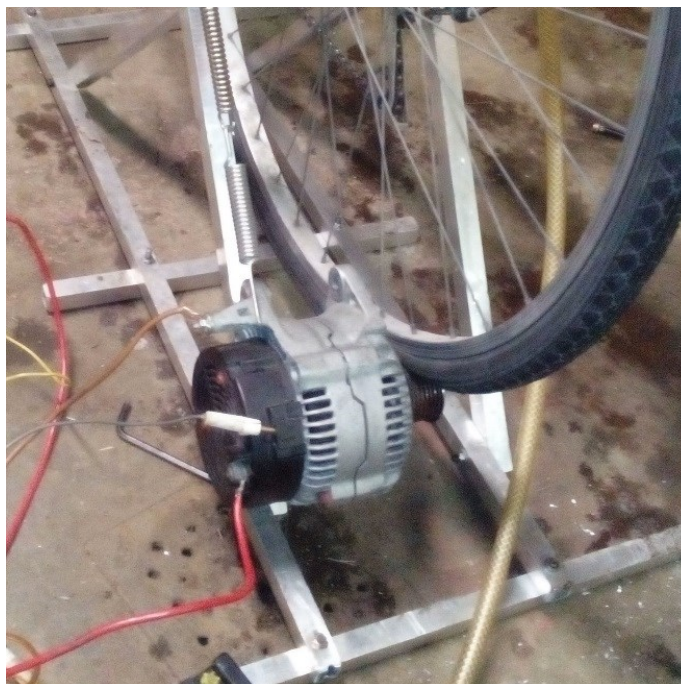
Obrázek 12 Materiál konstrukce z detailu. [13]

4.3 Převod momentu

Převod momentu je klíčový, jelikož když mluvíme o lidské síle, nebudeme se o velkých výkonech. A proto každá energie, která se mění v teplo následkem deformace gumy, prokluzu řemene, vzájemného tření, je pro nás nežádoucí.

4.3.1 Hřídel alternátoru přitlačovaná k pneumatice kola

Vyzkoušeli jsme první variantu převodu kroutícího momentu z kola na alternátor. Hřídel alternátoru jsme umístili do těsné blízkosti zadního kola a přes pružinu přitlačili k pneumatice, která měla správný tlak. Na tlaku v pneumatice záleželo víc, než se může zdát. Pokud byl v pneumatice malý tlak, převládala zbytečně valivý odpor mezi hřídelí alternátoru a pneumatikou. Naopak pokud jsme tlak v pneumatice příliš zvedli, docházelo při větších výkonech ke skluzu hřídele a alternátoru vůči pneumatice a pneumatika se začala společně s hřídelí alternátoru zahřívat. Tím vznikaly ještě větší ztráty, než když byla pneumatika podhuštěná. Nakonec jsme po dlouhém zkoušení došli k tlaku mezi 250-300 kPa. Hlavní nevýhodou tohoto převodu jsou velké ztráty. Po chvíli šlapání byla pneumatika horká, energie se zbytečně měnila v teplo.



Obrázek 13 Převod momentu přitlačováním alternátoru k pneumatice [13]

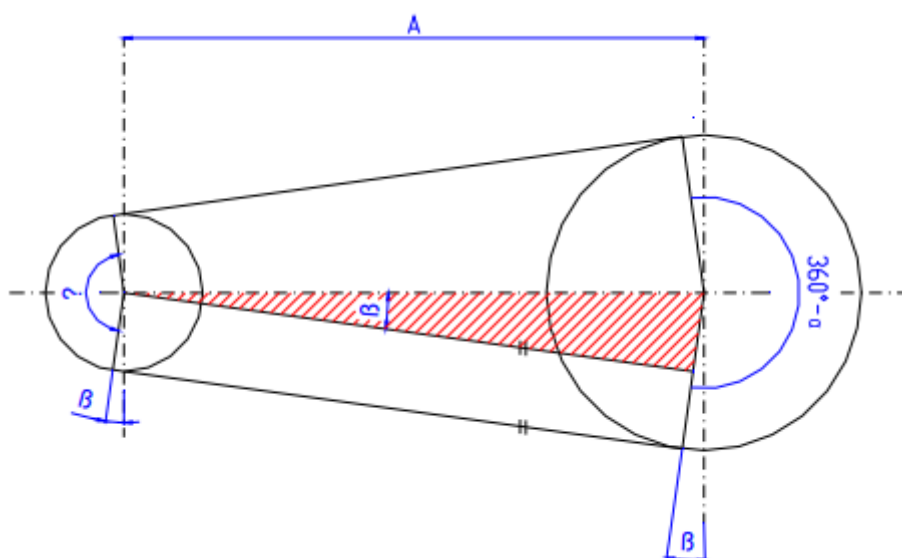
4.3.2 Řemenový převod

Řemenový převod je opásaný převod se silovým stykem, kroutící moment se přenáší z hnacího kola na hnané kolo pomocí pásu, řemenu, struny. Využito je vláknové tření. Řemenové převody se používají zejména tam, kde je mezi hnací a hnanou hřídelí větší vzdálenost. [14]

Výhody: Jednoduchá konstrukce, nízká cena, převody mají tichý chod, při přetížení nebo poruše proklouznou a tlumí rázy. Je možná pohánět více hřídelí najednou, například u motoru v automobilu. [14]

Nevýhody: Více namáhaná radiální ložiska důsledkem napnutí pásu, nestálý převodový poměr v důsledku prokluzu pásu. Špatně odolává vyšším teplotám, nutnost kontroly a úpravy dopnutí pásu. [14]

Tento převod jsem zvolil jako náhradu za způsob popsany v odstavci 4.3.1 a výsledek byl opravdu znát. Na teplo se nyní přeměňuje mnohem méně energie než u předchozího způsobu převodu momentu. Použil jsem klínový řemen, z kterého jsem seřízl/zbrousil klín. Řemen je široký 17mm a pěkně zapadá do ráfku kola.



Obrázek 14 Úhel opásání [14]

Poloměr zadního kola..... $D=31,5\text{cm}$

Poloměr hřídele alternátoru..... $d=2,25\text{cm}$

Vzdálenost mezi hřídeli..... $A=89,5\text{cm}$

Výpočet úhlu opásání:

Rovnice č. 6

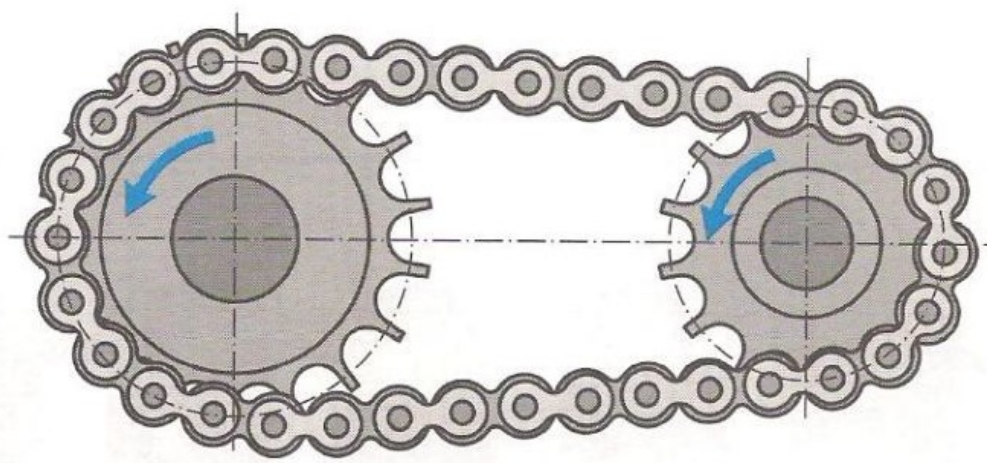
$$\operatorname{tg} \beta = \frac{D - d}{A} = \frac{31,5 - 2,25}{89,5} = \frac{29,25}{89,5} = 18,098^\circ$$

$$\text{Úhel opásání hřídele alternátoru} = 180 - (2 * 18,098) = 143,8^\circ$$

4.3.3 Převod řetězem

Převod řetězem patří mezi nejméně ztrátové z výše uvedených variant. Na tento způsob převodu bychom však potřebovali rozetu na zadní kolo, které má v průměru 63cm, a rozetu na hřídel alternátoru o průměru 4,5cm. Tyto rozety by dost razantně navýšily cenu převodu, a proto pro můj projekt nejsou vhodné z důvodu vysoké ceny. U převodu řetězem nedochází k žádnému prokluzu, to je největší výhodou oproti předchozím variantám.

Převod řetězem se používá tehdy, pokud je hnací hřídel rovnoběžná s hnanou hřídelí, ale osová vzdálenost je příliš velká pro pohon ozubenými koly. Řetězový převod je ohebný a poddajný, protože převod nemusí být příliš napnutý, šetří ložiska hřídelí. Řetězový převod má značnou odolnost vůči vlhkosti a změnám teploty. [15]



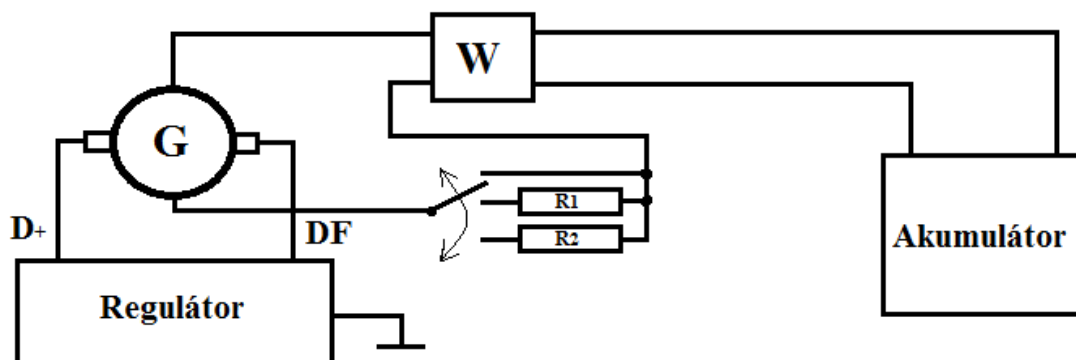
Obrázek 15 Řetězový převod [15]

4.4 Regulace alternátoru

U regulace je třeba brát ohled hlavně na jednoduchost ovládání a nemožnost zničení nějakého elektrického komponentu vlivem lidské chyby. Proto jsem při výrobě na toto dbal a sestrojil regulaci, kterou může po jednoduché instruktáži ovládat každý. Nyní popíšu 2 odzkoušené metody regulace výstupního proudu. Popíšu výhody a nevýhody a přidám i schémata jednotlivých regulací.

4.4.1 Rezistor na výstupu

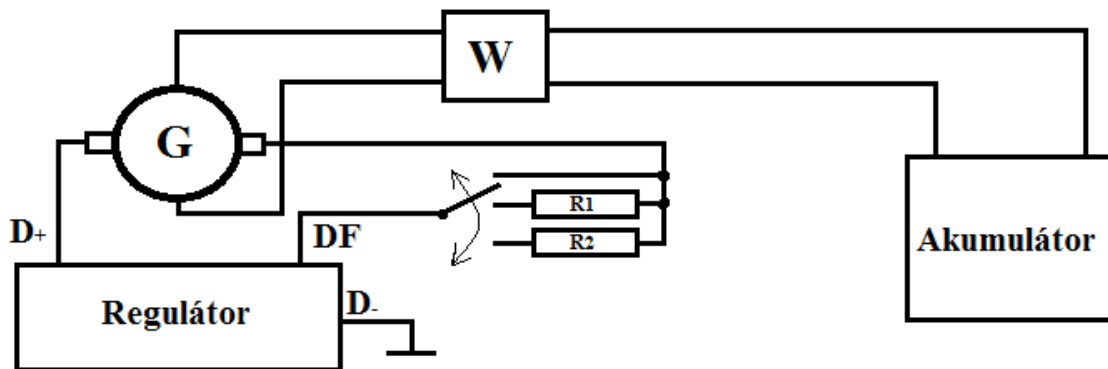
Tento způsob patří mezi více ztrátové způsoby regulace, jelikož zde značnou část energie měníme na teplo. Navíc musíme mít dostatečně výkonné rezistory. Já jsem u toho o způsobu použil místo rezistorů vodiče o průřezu $0,25\text{mm}^2$. Tyto vodiče jsem podle potřeby napojil tak, abych vytvořil 3 stupně nabíjení. Toho jsem docílil tím, že jsem vodiče napojoval paralelně a v potřené délce tak, aby proudil potřebný proud daného stupně nabíjení.



Obrázek 16 Schéma regulace pomocí rezistoru na výstupu. [13]

4.4.2 Regulace proudu v rotoru

Regulovat proud v rotoru je mnohem účinnější než na výstupu z alternátoru, jelikož v rotoru řídíme mnohem nižší proud. Ten se pohybuje od 1 do 4,5 A. Tento systém se reguluje lépe vůči výše uvedenému systému, jelikož můžeme použít méně výkonnější potenciometry, kterými lze pohodlně řídit výstupní nabíjecí proud.



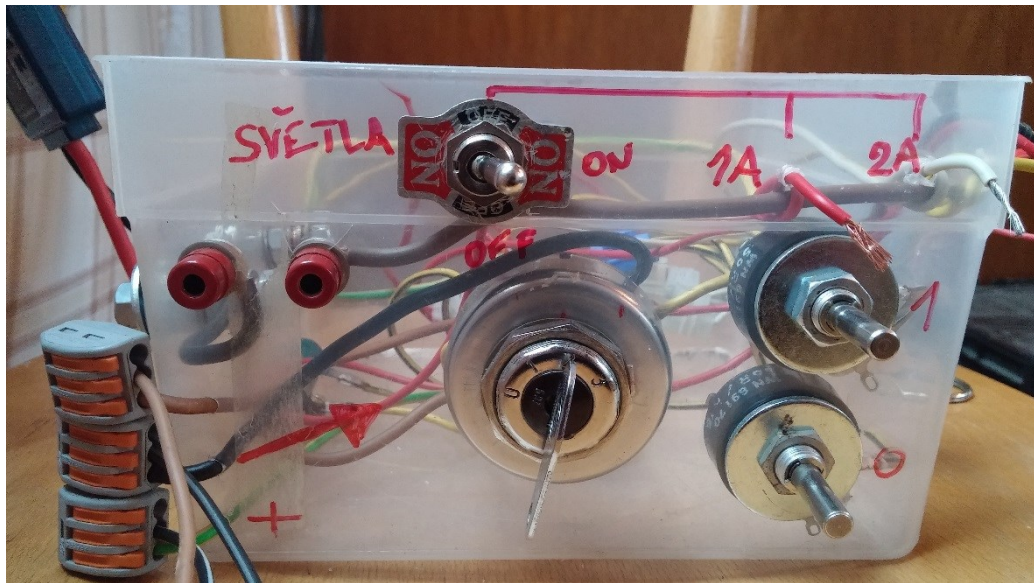
Obrázek 17 Schéma regulace proudu v rotoru. [13]

Shrnutí: Regulace výstupního proudu pomocí rezistoru na výstupu spojená s převodem kroutícího momentu pomocí přitlaku hřídele alternátoru ke kolu byla tak málo účinná, že jsme museli přidat ke šlapacímu kolu ještě jedno, abychom byli schopni se pohybovat s výkonem kolem 100W. Nyní po přestavbě kola, kdy převod momentu provádíme pomocí řemene a regulujeme proud v rotoru, jsme schopni těchto výkonů dosahovat pouze využitím síly jednoho člověka. Zvedli jsme tedy účinnost o zhruba 100%.

4.5 Postup funkce

Můj šlapací stroj jsem vyráběl tak, aby mohl opravdu kdokoli šlapat a nepotřeboval k tomu žádné zvláštní zkušenosti s nějakým mechanismem nebo elektřinou. Jak bylo již výše uvedeno, osoba které chce vyrábět elektrickou energii má na výběr ze 3 režimů: 1,2,3. Který režim je třeba použít, k tomu osoba dojde velice jednoduše - jedná se o ten, který zvládne daný člověk ušlapat. Režim číslo 1 je nejvíce důležitý ve chvíli, kdy je baterie vybitá (na 10-40% své kapacity). V tento okamžik požaduje velké množství proudu a díky velkému odporu přidaného před vinutím, který ještě můžeme regulovat pomocí dvou paralelně připojených potenciometrů regulovat, jsme schopni dosáhnout potřebného optimálního momentu, který bude danému člověku optimálně vyhovovat. Režim 2 je optimální při kapacitě baterie zhruba od 40 do 70% své kapacity. Od 70-100% kapacity poté volíme 3. režim, kterým baterii dobijeme do maxima.

Mezi další regulační faktor při výrobě elektrické energie na tomto šlapacím stroji patří rychlost šlapání. V této závislosti viz. Obr. 4 lze dosáhnout vyrovnání režimu 2 a 3 vlivem otáček.



Obrázek 18 Ovládací mechanismus [13]

4.6 Akumulace

Mezi hlavní části patří část uchovávání energie. Tuto úlohu plní akumulátor z osobního automobilu na napěťové hladině 12V. Kapacitu baterie volíme dle použití, pokud budeme šlapat každý den a každý den energii spotřebujeme, stačí nám menší kapacita. Pokud však budeme chtít nabít baterii jednorázově a potom ji využívat delší dobu, budeme si muset pořídit akumulátor s větší kapacitou.



Obrázek 19 Akumulátor a stará verze kola. [13]

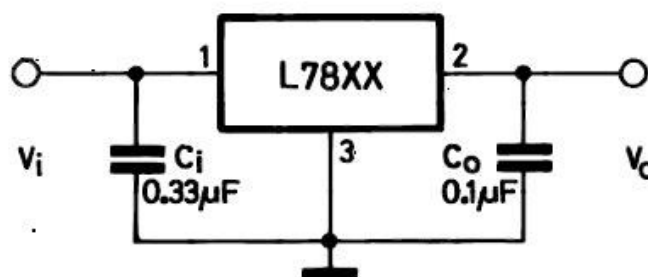
4.7 Využití

Energie vyrobená při měření se používala na osvětlení místnosti, kde jsem prováděl měření.

4.7.1 Stabilizátor napětí

Jelikož jsem jako světelné spotřebiče používal vesměs 4W 12V LED diody, napětí při nabíjení rostlo až do hodnot 14,2 V. To bylo u těchto svítidel nepřijatelné a velice by se zkrátila jejich životnost. Proto jsem na výstup umístil stabilizátor napětí viz. obrázek níže.

Tento prvek je levný, stabilní a obsahuje navíc ochranu proti zkratu na výstupu. [13]



Obrázek 20 Schéma stabilizátoru [13]

4.7.2 Výsledky měření

Mým cílem bylo zjistit reálně naměřené hodnoty při provozu kola. Toto testování probíhalo následovně. Testovaný člověk měl za úkol vydržet na kole šlapat, dokud mu budou síly stačit. Nakonec však měl největší váhu motivační lidský faktor překonat svůj minulý rekord. Provedl jsem také pár kratších měření. Do tabulek jsem zaznamenal dobu měření (stopky) a dále získanou nabíjecí kapacitu (mAh) a energii (Wh), tyto hodnoty byly odečteny z wattmetru. Hodnotu průměrného výkonu jsem vypočítal podělením získané energie časem v hodinách. Hodnotu bazálního metabolismu BM jsem vypočítal pomocí rovnice č. 2.

Tabulka 8 Naměřené hodnoty

Jméno	Sporty	Věk	Výška	Váha	BM	čas	Nabíjecí kapacita	Energie	Průměrný Výkon
Jednotka			cm	kg	kJ	min	mAh	Wh	W
Jirka 31.3.	Aktivní	22	195	78,5	343,0	22	1454	20,9	57,0
Láďa 31.3.	Aktivně	19	192	80	347,5	16	940	12,7	47,6
Jirka 6.4.	Aktivně	22	195	78,5	343,0	2	365	4,4	131,4
Jirka 7.4.	Aktivně	22	195	78,5	343,0	3	333	4,0	79,9
Jirka 13.4.	Aktivně	22	195	78,5	343,0	25	1825	24,1	57,8
Martin 8.4.	Pasivně	18	185	78	337,8	9,2	1109	14,9	97,2
Martin 14.4.	Pasivně	18	185	78	337,8	40	3190	44,6	66,9
Jirka 14.4.	Aktivně	22	195	78,5	343,0	35	2987	41,6	71,3

4.7.3 Wattmeter

Na měření jsem používal wattmeter RAYTRONIC WM-100. Umí měřit energii ve Wh, získanou nabíjecí kapacitu v mAh, napětí, proud, aktuální výkon a má také výstup pro teplotní sondu, která však u tohoto měření nebyla potřeba.



Obrázek 21 *Wattmeter RAYTRONIC WM-100*

Závěr:

V první, delší části této práce jsem probral základní problematiku výroby akumulace a užití elektrické energie lidskou silou. Uvedl jsem, na kolik je jaká denní činnost energeticky náročná. Dále jsem uvedl základní vzorec energie, kterou potřebuje člověk k tomu, aby mu fungovaly orgány potřebné k životu. Zjistil jsem, viz obrázek 1, že jsou markantní rozdíly mezi potřebnou energií při chůzi, běhu, plavání, cyklistice v závislosti na rychlosti přemísťování při těchto činnostech. U této části jsem zjistil, že cyklistika je z těchto výše zmíněných činností nejméně energeticky náročná v závislosti na rychlosti. Z tohoto je zřejmé, že tato metoda bude pro výrobu elektrické energie nejlepší. Dále jsem řekl něco o generátorech, jejich základních parametrech a rozdělení. Volně jsem přešel na výrobky, které fungují na základě spotřeby lidské energie. Prvním výrobkem byla svítilna Lumen, ta však na svou jednoduchost a ne příliš velkou svítivost stojí poměrně hodně peněz 2300 Kč. Oproti rotační svítelně, která za pouhých 300 Kč dokáže zprostředkovat daleko víc světla a navíc lze skrz ní i nabíjet mobily či fotoaparáty. Potom jsem přešel k uskladnění elektrické energie. V této části jsem uvedl druhy uskladnění elektrické energie jejich výhody a nevýhody. Co se týče akumulátoru, došel jsem k závěru, že čím lepší akumulátor chceme, tím je dražší. Dále záleží i na způsobu použití v praxi, tato část problematiky se odvíjí od konkrétního použití.

A nyní se přesuneme k mému cyklistickému kolu a k závěrům, ke kterým jsem došel já osobně při výrobě a vylepšování kola. Nejprve bych chtěl říct, že toto cyklistické kolo na výrobu elektrické energie vzniklo už před rokem a fungovalo na táboře jako ostrovní zdroj elektrické energie. Mluvíme však o prvním podání tohoto šlapacího stroje, kde byl převod momentu převáděn pomocí přítlaču hřídele přímo na kolo a regulace se prováděla za pomoci rezistoru na výstupu. Při tomto provedení bylo třeba vytvořit tandemové kolo pro dva lidi, kteří šlapali současně. Při vylepšování jsem proto myslel na dvě základní věci, které jsem vylepšil. Jedná se o převod momentu za pomoci řemenu a vylepšení regulace způsobem regulace proudu přímo v rotoru alternátoru. Po tomto vylepšení dostačuje k dosažení zhruba stejných výkonů pouze síla jednoho člověka. Díky tomu zmizela mechanická ztráta při přenášení momentu mezi spřaženými koly, které byly k sobě spojeny řetězem. Z toho vyplývá, že se nám povedlo zvýšit účinnost o 100%. Účinnost by šla dále zvednout, kdybychom místo řemenu použili řetězový převod. A kdybychom regulovali proud skrz regulátor přímo přes tranzistory.

Obecné zhodnocení, výroba elektrické energie lidskou silou je nejpoužitelnější u malých ostrovních sítí. Na místech mimo civilizaci nebo všude tam, kde nemáme přístup k síti. Dodávat energii přímo do sítě z nějakého šlapacího nebo posilovacího stroje je vysoce neefektivní. Při dnešní ceně elektrické energie bychom i po pár hodinovém šlapání vyrobili elektrickou energii, kterou si koupíme za pár korun a navíc se tato energie rovná zlomku energie spotřebované v domácnosti. Toto je zapříčiněno také tím, že energetické potřeby energie v domácnostech stoupají. Za nejefektivněji využitelné místo bych viděl posilovny. Klíčovým je u toho mého názoru množství strojů, které se v posilovnách nachází. Tato elektrické energie by mohla být použita na osvětlení posilovny. Nejnákladnější věcí v posilovnách by byl nákup posilovacích strojů, které by vyráběly elektrickou energii a změna osvětlení na osvětlení pomocí led diod, aby se energie spotřebovávala co nejpomaleji.

Jako student, který píše bakalářskou práci, jsem velice rád, že jsem mohl psát práci, která byla zčásti praktická. A že jsem u této práce mohl pracovat na něčem hmotném, co bude dále používáno a bude to k užítku.

Použitá literatura

- [1] CENEK, Miroslav. Akumulátory od principu k praxi. Praha: FCC Public, 2003, 248 s. ISBN 80-86534-03-0.
- [2] ROUBÍČEK, Ota. Elektrické motory a pohony: příručka techniky, volby a užití vybraných druhů. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2004, 191 s. ISBN 80-7300-092-x.
- [3] BERKA, Štěpán. Elektrotechnická schémata a zapojení. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2008, 199 s. ISBN 978-80-7300-229-9.
- [4] ARENDÁŠ, Miroslav a Milan RUČKA. Nabíječky a nabíjení. 3. upr. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 1999, 111 s. ISBN 80-86056-61-9.
- [5] BASTIAN, Peter a Karel RADIL. Praktická elektrotechnika. Vyd. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz., 2004, 295 s. ISBN 80-86706-07-9.
- [6] *Historie transformačních technologií* [online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z: <http://www.transformacni-technologie.cz/historie-transformacnich-technologiei.html#menu>
- [7] *Zapojení stabilizátoru* [online]. [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <http://www.e-slotcar.cz/tips/3/stabilizator1.htm>
- [8] *Věčný zdroj světla bez baterií* [online]. [cit. 2016-02-11]. Dostupné z: <http://cdr.cz/clanek/baterka-lumen-vecny-zdroj-svetla-bez-baterii>
- [9] *Alternativní zdroje energie* [online]. [cit. 2016-02-12]. Dostupné z: <http://www.turistika.cz/testy/elektronika-v-outdooru-alternativni-zdroje-elektricke-energie-nabijece>
- [10] *Fyziologie* [online]. [cit. 2016-04-26]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/49/Cover.html>
- [11] MURTHY, M.S., Y.S. PATIL, S.V. K. SHARMA, B. POLEM, S.S. KOLTE a N. DOJL. Revolving doors producing green energy. In: *2011 IEEE Conference on Clean Energy and Technology (CET)* [online]. IEEE, 2011, s. 157-160 [cit. 2016-03-04]. DOI: 10.1109/CET.2011.6041478. ISBN 978-1-4577-1353-8. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=6041478>
- [12] GROHMANN, Jan. *Gravitační uložště elektrické energie* [online]. [cit. 2016-03-04]. Dostupné z: <http://www.ekobydleni.eu/energie/gravitacni-uloziste-elektricke-energie>
- [13] Jiří Bajer Kolo mé výroby.
- [14] PALÁT, Hynek. *Řemenové převody* [online]. [cit. 2016-04-01]. Dostupné z: http://www.strojka.opava.cz/UserFiles/File/_sablon/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-02.pdf
- [15] *Montáž a demontáž řetězových převodů* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1838>
- [16] *Autoalternátor* [online]. [cit. 2016-04-13]. Dostupné z: <http://mve.energetika.cz/sikovneruce/autoalternator.htm>
- [17] *Měníč napětí: Vše co jste chtěli vědět - Seriál článků* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.deramax.cz/menic-napeti-vse-co-jste-chteli-vedet-serial-clanku>
- [18] *Srovnání klasických a LED žárovek* [online]. [cit. 2016-04-21]. Dostupné z: <http://www.t-led.cz/srovnani-zarovek-a-led-diod>