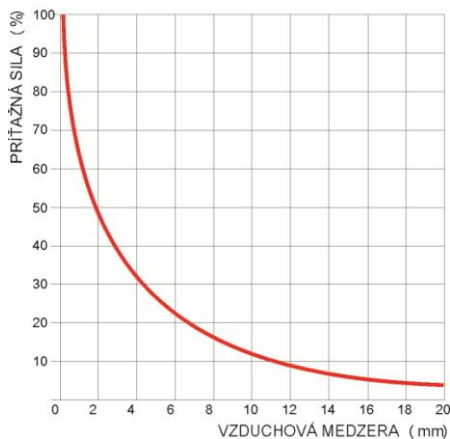


VAWT a AMATÉRSKY ALTERNÁTOR

Zásadne nemôžem súhlasiť s Fugasom, ktorý vo svojom príspevku odkazuje na známu internetovú stránku s komentárom, že „*Vše je už popsáno na výše zmíněném odkazu tak, aby člověk byl schopen si to navrhnout a postavit*“. Teda navrhnúť a postaviť podľa tejto stránky asi možno všeličo, otázka je len ako a či to vôbec bude fungovať. A keďže autor tejto témy chce postaviť najlepšiu turbínu na svete, dovoľujem si poukázať na problémy a úskalía, do ktorých by sa dostal bez aspoň trochu odborného, kritického a analytického prístupu. Konceptia alternátorov na Fugasom zmienenej stránke sú smutne známe tzv. „americké alternátory“ ktoré ale pre daný (aj akýkoľvek iný) účel ako vysokoúčinné prostriedky predstavujú akurát tak ukážku, kadiaľ cesta nevedie.

„AMERICKÝ“ ALTERNÁTOR

VZŤAH SILA-MEDZERA NEODYM MAGNETOV



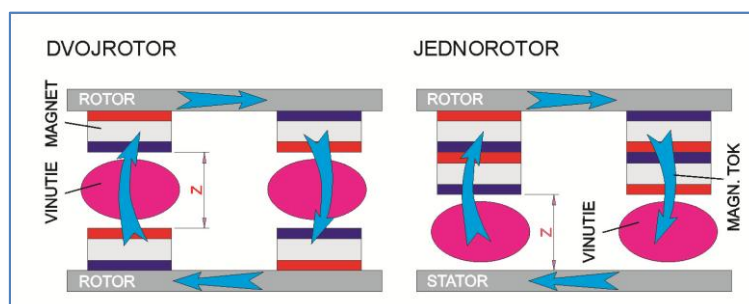
S touto koncepciou som sa zoznámil pred zhruba desiatimi rokmi a ani som sa jej nejako zvlášť nevenoval, pretože mi absencia jadra cievok v medzere medzi statorom a rotorom už na prvý pohľad nedávala zmysel. Konštruktéri elektrických točivých strojov sa práve pre dosiahnutie čo najvyššej účinnosti snažia o čo najmenšiu „vzduchovú medzeru“, táto býva limitovaná hlavne výrobnými možnosťami a dosahuje milimetrových hodnôt. Aj tie milimetrové hodnoty znamenajú výrazné zníženie magnetického toku v obvode, pretože permeabilita vzduchu je asi 5 až 10 tisíc krát nižšia ako u železa či ocele. Na grafe vľavo vidíme, že už pri medzere 1 mm sa „stratí“ zhruba 30% príťažnej sily magnetov, pri medzere 20 mm z nej zostane len pár percent a pri medzere nad 20 mm je už pomaly jedno, akú majú magnety silu.

Veľká vzduchová medzera kladie magnetickému toku odpor podobne ako vodič s vysokým ohmickým odporom kladie elektrickému prúdu, na dosiahnutie potrebných magnetických tokov potom musíme siahnuť po silnejších (teda väčších, ťažších a drahších) magnetoch. Teba si uvedomiť, že elektrický stroj ma pri zbytočne veľkej vzduchovej medzere tzv. „mäkkú charakteristiku“, teda pri chode bez záťaže síce vykazuje sľubné napätie, ale po zaťažení hoci aj malým prúdom napätie prudko klesne. Tá magneticko/mechanická silová väzba medzi rotorom a statorom je jednoducho tá sila, ktorá produkuje v statore prúd. Ak je tá sila, výstižnejšie a presnejšie povedané jej zmena v čase vplyvom zbytočne veľkého odporu vo vzduchovej medzere nízka, tomu bude odpovedať aj elektrický prúd a tým aj výkon generátora ako súčin napätia a prúdu.

Pôvodným úmyslom (vraj) bolo zníženie „coggingu“, teda uzamykacej sily medzi rotorom a statorom točivého stroja, ktorý pri malej vzduchovej medzere a statore s vyjadrenými pólmi vo forme jadier komplikuje rozbeh rotora pri slabých vetroch. Aj tu bolo zbytočné sa tých jadier, teda dobrých vodičov magnetického toku zbavovať úplne, ale to som ešte nevedel že za tým bol iný úmysel! Ľahký rozbeh je pomerne dôležitý u VAWT, ktoré sa nechcú niekedy rozbiehať aj bez alternátora, u HAWT sa dá „cogging“ prakticky eliminovať vhodnou konštrukciou koreňových partií vrtule a prijateľným zväčšením vzduchovej medzery.

ZVLÁŠTNY EFEKT

Na obrázku dole je vľavo znázornený takzvaný „dvojrotorový“ alternátor s dvomi protifaľnými magnetmi umiestnenými proti sebe tak, že sa točia synchronne a ich sily sa sčítajú, čo je v poriadku. Ale dozvedel som sa úžasnú novinku, že tá sila je dvojnásobná ako pri usporiadaní vpravo, čo mi skutočne vyrazilo dych! Stále verím že v oboch prípadoch je sila aj magnetický tok rovnaká, akurát v tom druhom odpadá jeden zbytočný kotúč rotora



a s ním spojené konštrukčné, montážne, hmotnostné a cenové komplikácie, teda javy, ktoré bývajú sprievodnou výslednicou nekvalifikovaných prístupov amatérskych konštruktérov.

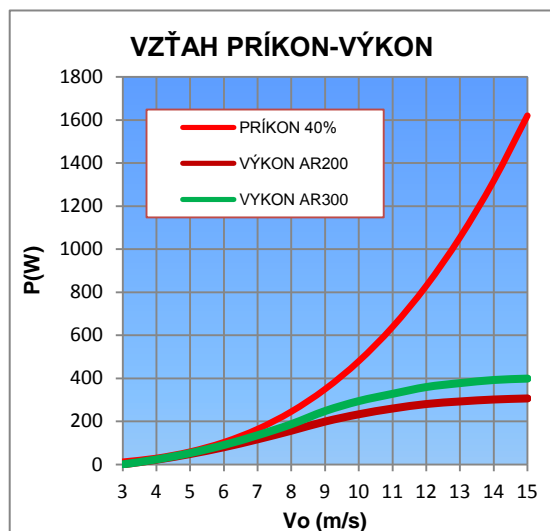
Aby ste tento objav zvláštneho, takmer paranormalného efektu nemuseli dlho hľadať alebo aby ste ma nepodozrievali že si vymýšľam, citujem túto pseudopoučku bez úpravy:

„Pri použití jedného rotoru s veľkými magnetmi iba z jednej strany statoru platí, že sila magnetického poľa klesá so štvorcom vzdialenosti od magnetu. Čo je veľmi výrazný pokles. Je odskúšané, že dvojrotorový systém vyprodukuje viac ako dvojnásobné napätie oproti jednorotorovému (s rovnakými magnetmi). Zväčšenie magnetov to pochopiteľne zlepší, ale aj magnet by sa musel zväčšovať zhruba druhou mocninou, aby to malo rovnaký efekt, ako dvojrotorový systém. Okrem toho, že by to išlo do väčších rozmerov, tak aj cena by sa výrazne zhoršila (napr. dva magnety, ktorých objem dáva dohromady objem veľkého magnetu budú lacnejšie, ako ten veľký)“

Za pozornosť stojí aj ten výraz „je odskúšané“. Ak by som nemal istotu že je to totálny nezmysel tak by som to možno aj odskúšal, nemalo by to byť zložité. Ale možno pomôže takéto porovnanie -ak by môj jednorotorový alternátor AR300 dosiahol maximálny výkon 400 W s jeho maličkými magnetmi, tak aj pri jeho geometrickom trojnásobnom zväčšení na 1200 Watt bude minimálne trikrát lepší v porovnaní napr. s cenou magnetov či s hmotnosťou A1, o účinnosti ani nehovorím.

Takýchto svojráznych výkladov fyziky je na inkriminovanej strane niekoľko nielen ohľadne problematiky alternátora, ale aj pri návrhu strojov a príslušenstva. Niekedy to hraničí až s takzvanou paralelnou fyzikou na úrovni diskusií o voľnej energii a podobne. Nečudo potom, že aj realizačné výsledky sú biedne.

Zasmiali sme sa, ale teraz už vážne. Pre poriadok znova pripomínam základné pravidlo, že hnací stroj vrtuľa a hnaný stroj alternátor budú pracovať s najvyššou účinnosťou len ak budú ich pracovné charakteristiky v čo najväčšom rozsahu totožné. A tiež stále platí, že užitočný výkon hnaného stroja bude vždy nižší od príkonu o tú nešťastnú účinnosť.



Na grafe vľavo sú znázornené charakteristiky mojej veternej turbíny vybavenej dvoj či trojlistovou vrtuľou s priemerom 1,6 metra a zametanou plochou 2m². Červená krivka príkonu je pre účinnosť pohonu 40%, bordová pre čistý výkon alternátora AR200 zameraná pri konkrétnej záťaži na skúšobnej stolici pri nabíjaní akumulátora 14 Volt, zelená krivka je prepočítaná pre alternátor AR300, ktorý práve vyrábam.

Ak si hodnoty z grafu prevedieme na špecifické hodnoty vzťahnuté na 1m² zametanej plochy pohonu dôjdeme k záveru, že optimálny menovitý výkon vzťahnutý na jednotku plochy bude pre veternú turbínu optimalizovanú pre nízke potenciály podľa kvality stroja od 100 do 125 W/m², pričom stanovenie menovitého výkonu je vzťahnuté na okamžitú rýchlosť vetra okolo 10 m/s.

POROVNANIE ALTERNÁTOROV

V ďalšom sa pokúsim porovnať štyri alternátory a na výsledku preukázať ako to v realite asi môže vypadáť.

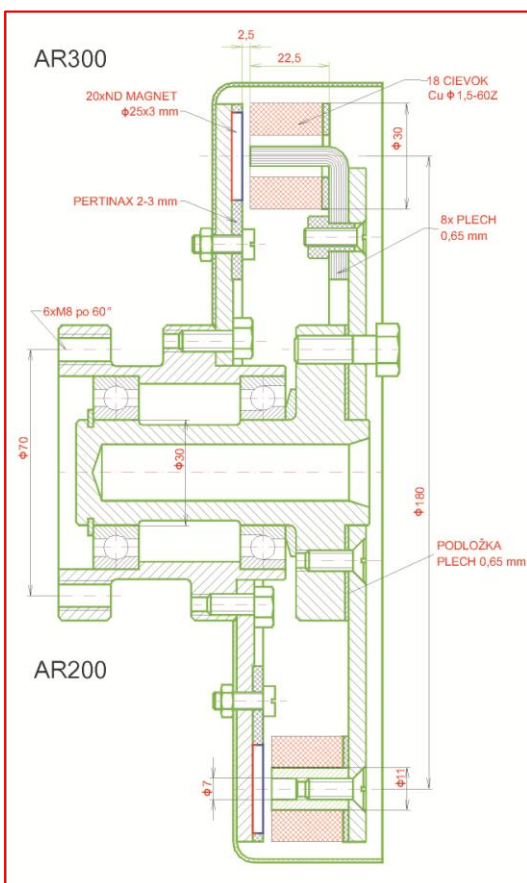
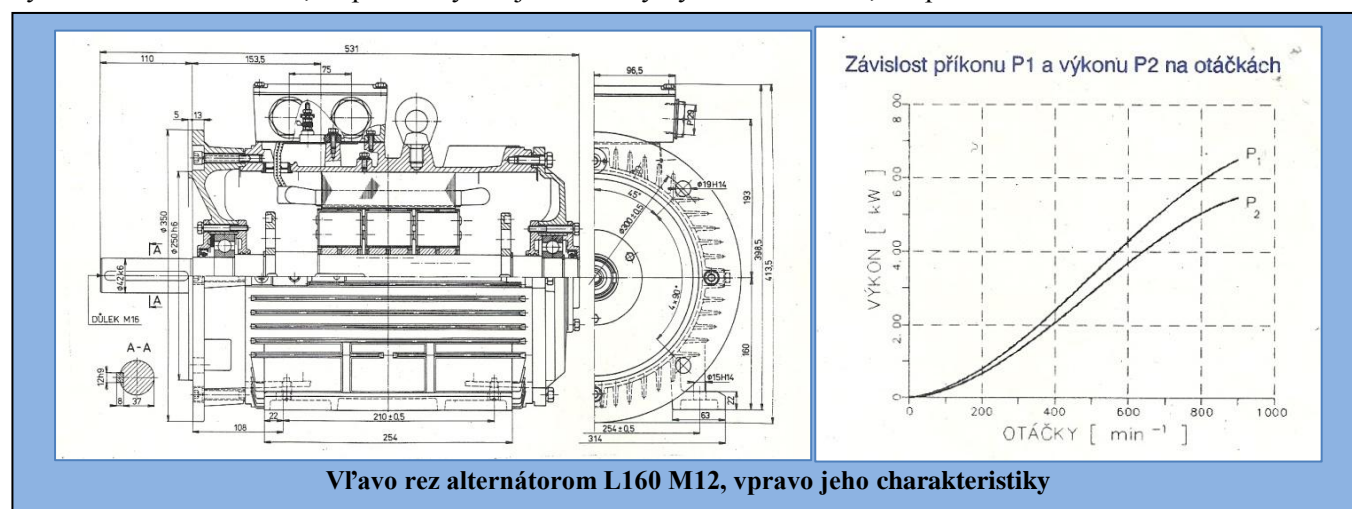
1. Prvým alternátorom je historický vzor uverejnený v časopise „Urob si sám“ (ďalej len USS) v auguste roku 1984. Všetci nadšenci ho vtedy museli zaregistrovať. Kto ho nepozná prišiel o veľa. Alternátor axiálnej konštrukcie využíval 20 ferritových magnetov priemeru 27 mm a hrúbky 10 mm na rozstupovej kružnici Fi 190 mm.

Trojfázové vinutie malo šesť krát tri kruhové cievky vonkajšieho priemeru 30 mm s odľahčeným jadrom priemeru 12/6 mm. Každá cievka mala 80 závitov z drôtu priemeru 1 mm, teda fáza mala spolu 480 závitov. Menovitý výkon bol cca 120-150 W, v spojení s vrtuľou o priemere 1,8 m sa 12 V akumulátor začal nabíjať pri cca 240 otáčkach/min a menovitý výkon dosiahol pri 900 otáčkach. Tá vrtuľa bola na výkon 120 W zbytočne veľká, skúsil som to s priemerom vrtule 1,4 m s výbornými výsledkami.

Najväčšou konštrukčnou chybou alternátora bolo lepenie magnetov naplocho na kotúč rotora epoxidovým lepidlom. Pretože tento spoj je enormne namáhaný kmitmi, odstredivou silou aj teplotným pnutím, po čase sa niektorý magnet vždy odlepí a začne brzdiť, v tom horšom prípade sa všetky magnety rozletia. Preto som magnety na mojom stroji po prvej nehode uložil do pertinaxového kotúča s otvorom pre každý magnet, priskrutkovaného ku kotúču rotora. Magnety držia a navyše sa jednoducho montujú, presná poloha a rozteč je zaručená.

Podľa mojich skúseností je toto skoro ideálna koncepcia alternátora pre amatérske konštrukcie. Aby nedošlo k nedorozumeniu, tento alternátor nevznikol len tak systémom pokus- omyl, ale navrhli ho odborníci pre laikov. Dôraz bol kladený na jednoduchosť výroby a prijateľný výkon pre slabé veterné lokality. Axiálna koncepcia alternátora má oproti radiálnej jednu neoceniteľnú výhodu, a to možnosť jednoduchého nastavenia vzduchovej medzery medzi pólmi (magnetmi) a jadrami cievok statora. Tento alternátor mal vzduchovú medzeru 0,5 mm, teda na hranici konštrukčných a výrobných možností čo bolo dané snahou minimalizovať straty magnetického toku na dnešné pomery „slabých“ feritových magnetov.

Amatérov od tejto koncepcie a konštrukcie odrádzal najmä relatívne „nízky“ menovitý výkon alternátora a tak začali hľadať niečo výkonnejšie. Častý to omyl v snahe zvýšiť výkon veternej turbíny zvýšením menovitého výkonu bez ohľadu na to, že podstatný nie je menovitý výkon alternátora, ale príkon od vetra.



2. Druhým (historickým vzorom) je fabrický alternátor L160 M12 s menovitým výkonom 5,5kW, ktorý vyrábala MEZ Frenštát. Ten môže slúžiť ako príklad pre kilowattové veľkosti. Z tohto alternátora môžeme získať predstavu, čo dokážu z nejakej hmoty ocele, magnetov a medi vytvoriť odborníci. Pri čistom menovitom výkone 5,5 kW vážil 110 kg. Hmotnosť ide na vrub aj jeho vyhotoveniu s krytím IP 54. Pri nižšom stupni krytia ako v prípade USS a AR 200 by bola jeho hmotnosť podstatne nižšia.

3. Alternátor AR 200 (obr. vľavo) som navrhol na základe skúseností s alternátorom USS. Volil som prístup „opatrné vylepšenia“, teda čakal som len mierne zvýšenie výkonov pri malej redukcii rozmerov. Výsledok bol nad očakávania, ale nebolo to jednoduché. Neodymové magnety Fi 25x5 sú asi 5x silnejšie ako pôvodné feritové, s čím som síce počítal, ale pri navrhutej vzduchovej medzere 1 mm bol alternátor príliš tuhý (cogging) a navyše mal aj príliš „strmú“ charakteristiku. Preto som vzduchovú medzeru zvýšil na 4 mm a neskôr som magnety vymenil za tenšie s hrúbkou 3mm a medzeru som znížil na dnešných 2,5 mm pre trojlistovú vrtuľu s rýchloběžnosťou 5,5 a na 3,2 mm pre dvojlistovú vrtuľu s rýchloběžnosťou cca 7.

Vzduchová medzera takýchto alternátorov je primárne obmedzená kvalitou a presnosťou výroby, ktorá v mojom prípade bola priemerná a tak vzduchová medzera vplyvom skrivenia kotúčov a výrobných nepresností „hádže“ cca 0,5 mm, ale čo už s tým. Nastaviť sa dá pomocou podložky medzi telesom a kotúčom statora z plechu 0,65 mm- zvyškov po rezaní plechov na AR300.

Alternátor AR300 vyvíjam pre využitie poslednej výkonovej rezervy AR200, a to znížením strát vírivými prúdmi v kotúči statora z plnej ocele. Bude mať armatúru statora z anizotropických „trafoplechov“ hrúbky 0,65 mm. Plechy sú vyrezané na vodnom plottri a ich konce sú ohnuté podľa obrázka hore, pre lepšie pochopenie pozri fotografie dolu. Od AR300 si sľubujem zvýšenie účinnosti oproti AR200 o cca 10%.



Vľavo rozložený AR200, vpravo diely na AR300. Zľava doprava: armatúra statora s ohnutými pólovými nastavcami (tými nešťastnými jadrami), pod ňou pertinaxová matrica pre fixáciu magnetov na kotúči rotora. Uprostred kotúč rotora s maticou a ukážkou s magnetmi, vpravo hore sada plechov ešte pred ohnutím nastavcov a úplne vpravo doska -nosič statora z duralu, ktorý slúži aj na ohýbanie nastavcov, vpredu dole dištančná podložka pre nastavenie vzduchovej medzery.

4. Alternátor A1 som pomenoval podľa jeho vzoru zo stránky prezentovanej Fugasom. Vzhľadom k tomu že mi pri ňom nie je známa nejaká výkonová krivka pri záťaži a napäťová charakteristika samotná je nanič, lebo pre všetky generátory s permanentnými agentmi je to vždy monotónne stúpajúca priamka tak som musel jeho parametre zhruba odhadnúť. Uvedený výkon 1,5 kW by tento alternátor dosiahol asi s ťažkou, pri tomto pohone vychválený výkon 1 kW dosiahne až pri vyšších otáčkach a pri vetre nad 12 m/s, s ktorým je ale zbytočné počítať.

Alebo naopak- ak je optimálny špecifický výkon pre HAWT tých 125 W/m² takýto alternátor by potreboval pohon s plochou cca 8-10 m pre HAWT a 10-12 m² pre VAWT (ak za základ pre menovitý výkon 1 kW zoberieme okamžitú rýchlosť vetra okolo 10 m/s). Potom je tých mnou odhadnutých 500 Watt menovitého výkonu pre A1 pri 10 m/s dosť optimistický údaj.

POROVNANIE ALTERNÁTOROV

POROVNANIE ALTERNÁTOROV													
TYP	Menovitý výkon	Vzduchová medzera	Príťažná sila	Počet magnetov	Rozmer magnetu	Hmotnosť magnetu	Hmotnosť magnetov	Príťažná sila magnetu	Príťažná sila celkom	Efektívna sila magnetov	Hmotnosť alternátora	Špecifická hmotnosť	Cena magnetov
	W	mm	kg	ks	mm	g	g	kg	kg	kg	kg	kg/kW	€
A1	500	18	25	32	HRANOL 40x20-10 (N)	61	1950	25	800	40,0	48	96	141
KL160	5500	1	66	9	TOROID Fi 140/63-17 (F)	995	8955	66	594	475,2	110	20	45
USS	150	0,5	1,85	20	VÁLEC Fi 27-10 (F)	28	560	1,85	37	35,2	6	40	15
AR200	200	2,5	5,1	20	VÁLEC Fi 25-3 (N)	11	330	5,1	102	35,7	4,6	23	17,4
AR300	300	2,5	5,1	20	VÁLEC Fi 25-3 (N)	11	330	5,1	102	35,7	4	17	17,4

Údaje v tabuľke hore dávajú obraz o tom, ako sú parametre A1 oproti všetkým ostatným v každom smere riadne uletené. Za pozornosť stojí hlavne jeho hmotnosť či cena magnetov. Tá kolónka „efektívna sila“ čiže sila redukovaná odporom vzduchovej medzery hovorí za všetko. Aby sa u A1 dosiahol magnetický tok porovnateľný s USS či AR200/330, treba tu 6 x väčší a 8x drahší magnet len preto, že si niekto bez rozmyslu zmyslel ušetriť v cievkach jadrá, takú malú, na pohľad zbytočnú a zdanlivo bezvýznamnú vecičku.

Viem si predstaviť napríklad taký alternátor (zatiaľ len fikcia) AR500 podľa mojej koncepcie s 24 magnetmi fi 25x5 mm na rozstupovej kružnici 210 mm a hmotnosti 9 kg poháňaný vrtuľou o priemere zhruba 2-2,4 metra alebo VAWT s rotorom o ploche cca 5-6 m², teda o tretinu väčšou ako má VAWT ktorá teraz poháňa spomínaný originál A1. Vyšiel by v porovnaní s A1 ešte lepšie a za cenu jedného A1 by sa dali vyrobiť aj tri- štyri AR 500. Pre ten terajší VAWT pohon ktorý poháňa A1 by bohato vyhovoval aj AR300.

Takýto alternátor ako AR500 považujem za krajný limit pre „doskové“ (ja ich volám „axiálne“) alternátory amatérskej konštrukcie. Už sa s ním zaoberať nebudem lebo moje doterajšie výtvary považujem za dobré, slúžia mi nadmieru a som s nimi spokojný. Určite existujú aj lepšie, jedna turbínka niekde na svete je teraz určite najlepšia a na základe poznania ako sa táto diskusia vyvíja tam ako najlepšia ešte dlho zostane. Nech by bolo akokoľvek, k najlepšej veternej turbínke na svete cez A1 (B1,2 atď....) cesta v žiadnom prípade nevedie !!!

V Trnave 26.2.2015

Ernest Ježík

Nezávislý konzultant pre obnoviteľné zdroje energie

e-mail: renen.cons@stonline.sk

<http://www.male-veterne-turbinky.sk/>

Odborne spôsobilá osoba pre posudzovanie EIA pri MŽP, pozri:

<http://eia.enviroportal.sk/sposobile-osoby?m=0&p=J&c=0>