

Principiile de bază ale alternatorului cu flux axial

Steven Fahey

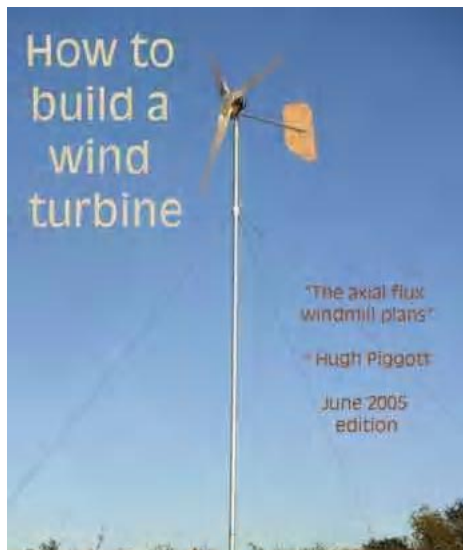
Version 1 December 18, 2006

Dacă ești începător în construcția alternatoarelor cu magneți permanenți, atunci acest material este pentru tine!

Scopul său este de a ajuta oamenii să învețe despre turbinele eoliene care câștigă în popularitate. Conceptele de bază sunt prezentate aici, dar trebuie citite; această activitate este multidisciplinară. Pentru fiecare subiect, se pot găsi informații adiționale; sper să vă pot îndrepta în direcția corectă. Corecturile și sugestiile sunt binevenite.



Un proiect de succes a unei turbine de 17' (5m) a lui Dan Bartmann (www.otherpower.com)

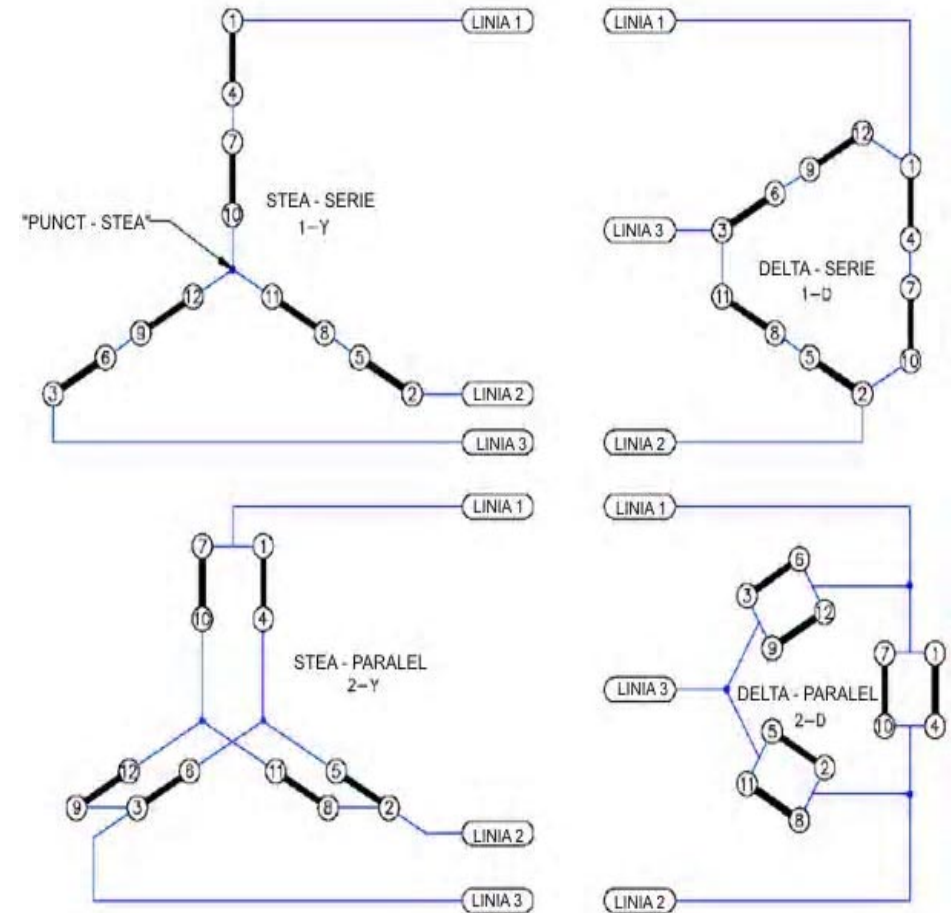


Manualul popularului model al lui Hugh Piggott (www.scoraigwind.com)

Anexa C - Conectările în 3 faze

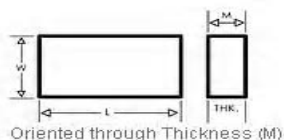
O metodă simplă de a conecta bobinele unui alternator în 3 faze este în stea. Uniți terminațiile firelor și cele trei capete ramase sunt cele 3 faze.

O conexiune "Delta" poate fi făcută prin unirea capătului și terminației pentru fiecare fază, iar conexiunile la faze sunt punctele de joncțiune.



Anexa B - Date despre magneții cu neodiniu

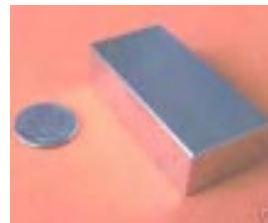
Date în general depășite de realitățile actuale. Actualii magneți deja sunt mai puternici și în mai multe tipodimensiuni.



Dimensions in Inches			Approximate Weight/Lbs.	Grade in MGO
Thickness	Width	Length		
0.045	0.101	0.200	0.0002	35
0.074	0.153	0.467	0.0014	35
0.100	0.130	0.250	0.0008	35
0.100	0.250	0.250	0.0016	35
0.100	0.500	0.500	0.0067	35
0.110	0.260	0.600	0.0045	35
0.150	0.320	1.000	0.0128	35
0.188	0.188	0.375	0.0354	35
0.230	0.230	0.750	0.0106	35
0.234	0.391	0.469	0.0115	30
0.250	0.500	0.750	0.0250	30
0.500	0.250	0.750	0.0250	30
0.500	0.500	2.000	0.1340	35
0.500	1.000	1.000	0.1340	35
0.500	2.000	2.000	0.5340	35
1.000	2.000	2.000	1.0680	35

Magneții

Apariția magneților cu Neodynuim este un moment cheie în tehnologie, care a permis practic construcția unor alternatoare eficiente. Forța mare a acestor magneți a permis de asemeni realizarea unor discuri compacte pentru calculatoare. Acum acest material este disponibil comercial pentru diferite scopuri. Multe dimensiuni sunt potrivite pentru construcția alternatoarelor. Mai jos se observă câteva dimensiuni comune utilizate.



2" x 1" x 0.5" (50x25x12,5 mm)



1" Diametru x 0.5" (25x12,5 mm)

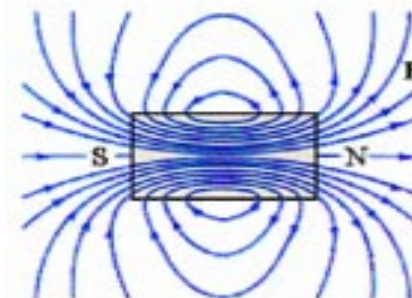


Arc circular

„Câmpul magnetic” este termenul tehnic pentru liniile de forță care adesea sunt desenate pentru a simboliza câmpul din jurul unui magnet. Intensitatea câmpului magnetic este măsurată în Tesla (după inventatorul Nikola Tesla), sau Gauss (după matematician). Simbolul „B” este utilizat pentru intensitatea câmpului (precum „F” forța, sau „G” greutatea). Intensitatea, B, devine mai puternică cu cât ne apropiem de magnet, deoarece liniile de forță se apropie între ele.

Există un pol nord și unul sud. Magneții pe care îi preferăm pentru alternatoare au polii pe suprafețele mai mari. Magneții de mai sus au polii pe fețele mai mari. Unii magneți au polii pe una din axele lor, dar la un alternator este mai eficient și mai ușor când magneții sunt potriviți pentru acest scop și nu sunt cei mai mari!

Atunci când magneții sunt fabricați, polii sunt „înghețați” cu un electromagnet exterior, atunci când metalul se răcește. Dacă magnetul este încălzit prea tare, își pierde magnetizarea.



Liniile de câmp magnetic în jurul unui magnet

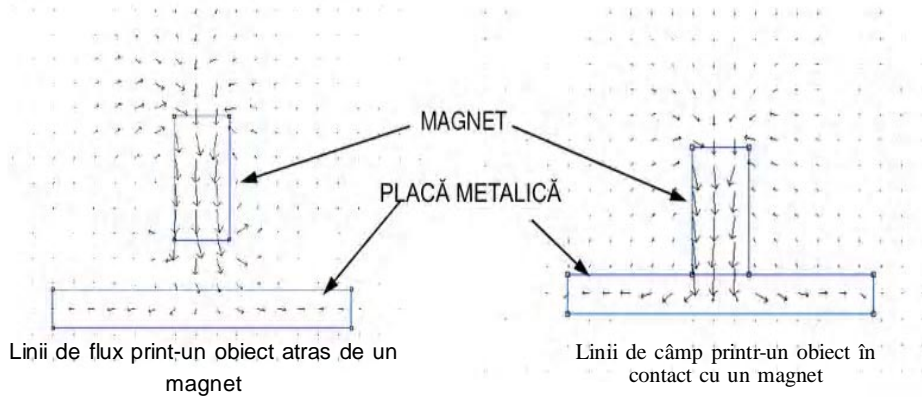
Câmpurile magnetice

Câteva ilustrații vor îmbunătăți înțelegerea modului cum câmpurile magnetice sunt manipulate. Când magneții sunt atrași de obiecte metalice, atracția se poate înțelege ca fiind urmarea unei distorsionări a liniilor de câmp descrise anterior. Liniile se îndreaptă către obiect, în aceeași măsură în care obiectul însuși se îndreaptă către magnet. Cât timp magnetul se apropie de placă, liniile de câmp trec prin placă și devin mai puternice. Mărirea dimensiunii săgeților din diagrama următoare ilustrează aceasta

Anexa A - Tabelul cu calibrele firelor

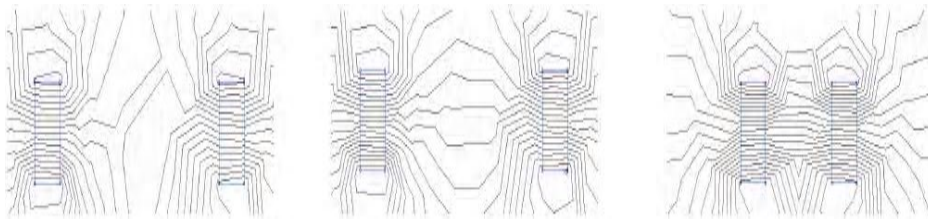
Date care se potrivesc pe standardele americane privind sârma de bobinaj (standardul AWG). În Europa dimensiunile sârmei de bobinaj se dă în diametrul ei, în mm.

Calibru AWG	Diametru mm	Ohmi per km	Curentul maxim pentru cablare	Curentul maxim pentru transport
0000	11.684	0.16072	380	302
000	10.40384	0.202704	328	239
00	9.26592	0.255512	283	190
0	8.25246	0.322424	245	150
1	7.34822	0.406392	211	119
2	6.54304	0.512664	181	94
3	5.82676	0.64616	158	75
4	5.18922	0.81508	135	60
5	4.62026	1.027624	118	47
6	4.1148	1.295928	101	37
7	3.66522	1.634096	89	30
8	3.2639	2.060496	73	24
9	2.90576	2.598088	64	19
10	2.58826	3.276392	55	15
11	2.30378	4.1328	47	12
12	2.05232	5.20864	41	9.3
13	1.8288	6.56984	35	7.4
14	1.62814	8.282	32	5.9
15	1.45034	10.44352	28	4.7
16	1.29032	13.17248	22	3.7
17	1.15062	16.60992	19	2.9
18	1.02362	20.9428	16	2.3
19	0.91186	26.40728	14	1.8
20	0.8128	33.292	11	1.5
21	0.7239	41.984	9	1.2
22	0.64516	52.9392	7	0.92
23	0.57404	66.7808	4.7	0.729
24	0.51054	84.1976	3.5	0.577
25	0.45466	106.1736	2.7	0.457
26	0.40386	133.8568	2.2	0.361
27	0.36068	168.8216	1.7	0.288
28	0.32004	212.872	1.4	0.226
29	0.28702	268.4024	1.2	0.182
30	0.254	338.496	0.86	0.142
31	0.22606	426.728	0.7	0.113
32	0.2032	538.248	0.53	0.091
Metric2.0	0.200	555.61	0.51	0.088



Atunci când placa este în contact cu magnetul, liniile de câmp pot deveni foarte concentrate în placă. Ele se concentrează în placă și, dacă placa este destul de groasă, foarte puține linii de câmp ies prin partea cealaltă a plăcii. Chiar și în cazul magneților cu neodimiu situația nu se schimbă prea mult. Putem gândi astfel: punând un magnet pe un plan de oțel este ca și cum am pune o minge deasupra pământului. Mingea va cădea datorită gravitației atingând energia potențială minimă. La fel și cu piesa de oțel: odată ce este în contact cu magnetul, energia sa potențială devine minimă.

Câmpul magnetic al unui magnet este manipulat în acest mod. Figura următoare ilustrează doi magneți apropiați. Dacă se apropie cu același pol, atunci liniile sunt divergente iar efectul este de respingere. Dacă se apropie cu poli opuși, atunci liniile sunt convergente (se atrag). Pe măsură ce se apropie, mai multe linii devin apropiate, făcând câmpul mai intens.



Respingere între magneți

Atracție între magneți

Magneți foarte apropiați
(linii de câmp dese)

Concentrarea energiei magnetice

Când construim alternatoare cu magneți permanenți, manipulăm câmpul magnetic în avantajul nostru. Prin concentrarea fluxului magnetic între doi poli magnetici opuși și capturând fluxul în plăcile metalice, care altfel ar fi risipit, direcționăm câtă energie putem prin golul dintre fețe.

Pentru a afla mai multe

Mai jos este o scurtă bibliografie a locurilor unde puteți afla mai multe despre construcția eoliene. Puteți începe cu acestea și apoi să vă aventurați spre volumul imens de informații ce se pot găsi pe Internet.

Proiecte DIY

Hugh Piggott www.scoraigwind.com
Dan Bartmann www.otherpower.com
Ed Lenz www.windstuffnow.com
The Backshed www.thebackshed.com/Windmill

Cercetări științifice

Sandia National Labs www.sandia.gov/wind/
NREL www.nrel.gov/wind/
UIUC Airfoil Data www.ae.uiuc.edu/m-selig/
ECN (Dutch) www.ecn.nl/en/

Teorie electrică

All About Circuits www.allaboutcircuits.com/
FEMM (Magnet Models) www.femm.foster-miller.net/index.html

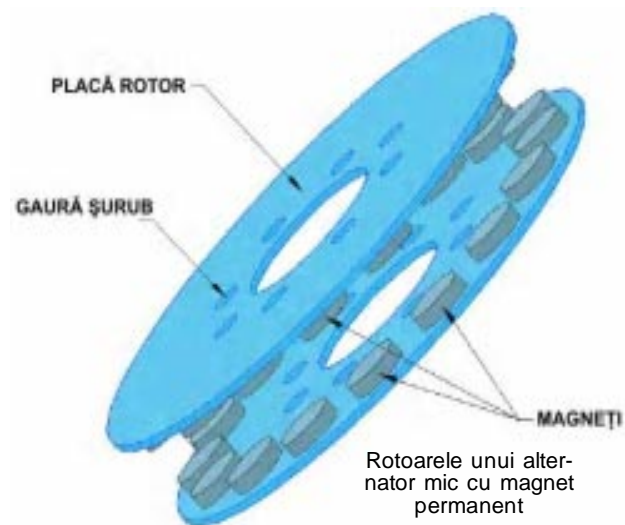
Fabricanți de eoliene comerciale

Bergey Windpower www.bergey.com/
Southwest WindPower www.windenergy.com/
Jacobs www.windturbine.net/
Windmission www.windmission.dk/index.html
Marlec www.marlec.co.uk/products/products.htm
Flowtrac www.nimnet.asn.au/~kali/
African Windpower www.scoraigwind.com/african36/
AeroMax aeromag.com/

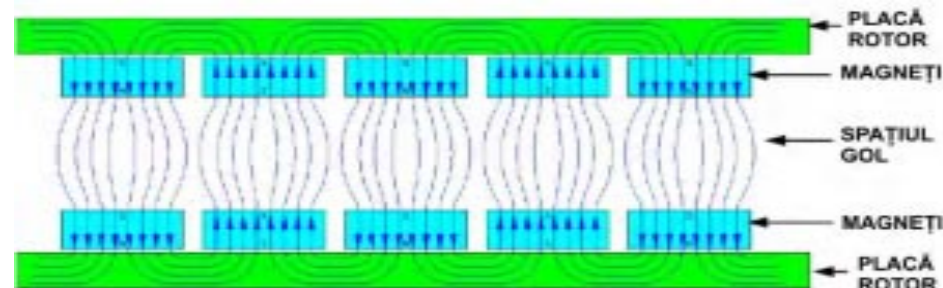
Asociații și organizații de control a energiei produse cu ajutorul vântului

AWEA (USA) www.awea.org
CANWEA (Canada) www.canwea.ca
Danish Wind Industry Assoc. www.windpower.org
AusWEA (Australia) www.auswind.org/auswea/index.html
Wind-Works by Paul Gipe www.wind-works.org/

Produsul final, de obicei, arată așa:



Acest set de rotoare are magneti rotunzi. Aceasta este metoda uzuală pentru alternatoarele cu flux axial mici, dar pe măsură ce se construiesc modelele mai mari, este mai practic a se folosi magneti rectangulari, care sunt disponibili în variante mai mari, iar bobinele sunt mai compacte. Este important ca rotoarele să fie făcute din oțel sau fier pentru ca fluxul magnetic să fie concentrat de acestea. Magnetii sunt aranjați după tiparul N-S-N-S în jurul circumferinței rotorului. Sunt orientați unii spre alții cu poli diferiți. Dacă trasați liniile de flux, ele trec de la magnetului, direct spre fața opusă, apoi trec prin placa de oțel a rotorului și înapoi prin golul dintre plăci.



Liniile de flux trasate printr-un alternator cu rotor dublu și magneti permanenți

Calea fluxului magnetic ar trebui să fie mai clară cu ajutorul diagramei de mai sus. Fluxul a fost concentrat prin limitarea lui între plăci. De asemenea, fluxul alternează între polul Nord și Sud. Dacă am plasa o busolă în spațiul gol în timp ce rotorul se rotește, acele acestea și-ar schimba orientarea în mod frenetic. O busolă plasată în afara plăcilor este slab afectată deoarece câmpul a fost limitat.

Canalizarea energiei magnetice

Am ajuns la subiectul bobinelor și al înfășurărilor. Singure nu au o importanță foarte mare, dar în prezența câmpurilor magnetice încep să se întâmple lucruri interesante. O singură spirală dintr-o înfășurare cuprinde o anumită arie. Câmpul ce trece prin această arie este un "flux magnetic". Se măsoară în Wb (Weber).



Cât timp câmpul magnetic înconjurător este nemișcat nu se întâmplă multe, dar când sistemul se pune în mișcare, se produce o diferență de potențial sau tensiune. Pe măsură ce câmpul magnetic se schimbă tot mai repede (crește sau scade mai repede) se produce tot mai multă tensiune.

De fapt nu contează cum se schimbă câmpul pentru ca fenomenul să apară. Puteți avea magneți ce devin apropiați, ce oscilează înainte și înapoi, se rotesc sau poate aveți magneți care nu se mișcă deloc, dar la care bobina se rotește înainte și înapoi.

La eoliana noastră, bobinele sunt fixe, în timp ce magneții se rotesc pe lângă stator. Pentru că magneții sunt aranjați N-S-N-S, direcția câmpului se schimbă de fiecare dată când un magnet trece pe lângă o bobină. Fiecare bobină întâlnește un câmp magnetic variabil și astfel se produce un puls de electricitate. Atunci când câmpul magnetic se rotește înapoi, este creat un puls de tensiune de sens opus. Această bobină produce acum o tensiune alternativă.



În imaginea alăturată este un set de 9 bobine concepute pentru un alternator cu magneți permanenți. Toate au aceeași dimensiune și același număr de spire.

Sârma de bobinaj este disponibilă într-o varietate de dimensiuni. Diametrul firului determină cantitatea maximă de curent ce poate fi suportată de el. Firele mai groase pot suporta un curent mai mare decât cele mai subțiri. Diametrul firelor se alege suficient de mare pentru a putea suporta curentul necesar, dar nu mai mare. Dacă o singură spirală capturează o anumită cantitate de tensiune într-un câmp magnetic schimbător, atunci mai multe astfel de spire vor capta mai multă

suficiente spire pentru a captura o tensiune cât mai mare posibilă. Acest obiectiv este în conflict cu obiectivul de a permite circulația unui curent mai mare, pentru că firele mai groase ocupă mai mult spațiu. Mai puține spire cu fire mai groase, sau mai multe spire cu fire mai subțiri. Călea de mijloc este aleasă de constructor pentru a se potrivi cât mai bine nevoilor sale. Constructorii experimentați știu să aleagă cu ușurință varianta bună. Sperăm ca diagramele de la finalul acestui material să-i ajute pe cei neexperimentați.

2. De câtă putere am nevoie?

Tipul de eoliană descris în acest material este mai mult decât suficient pentru a aprinde orice bec din casă, dar cum te vei hotărî cât de mareț va fi proiectul primei tale eoliene? Sperăm că nu îți imaginezi că poți alimenta toată vara sistemul de aer condiționat dintr-o clădire cu o mică eoliană. Dacă o construiești din pură pasiune, atunci mărimea potrivită este cea pe care o poți face. Dacă ai un scop anume în minte, atunci definește ce ai nevoie exact, pe lângă ceea ce-ți dorești și cum poți face ca să ai randament maxim.

3. De unde va veni vântul?

Uneori considerăm că nu trebuie să ne punem problema asta. Ne gândim ... "trebuie doar construită și apoi pusă în vânt", dar mulți dintre noi locuim în apropierea copacilor, clădirilor etc. Locația și vântul din zonă joacă un rol important. Dacă ai parte de vânt ușor în majoritatea timpului, atunci probabil cel mai bine va fi să ai o eoliană mare care produce putere chiar și când se învârte ușor - deși așa nu vei putea profita de vânturile puternice. Sau poți să captezi câtă energie poți pe timpul vânturilor puternice - dar să nu mai produci nimic pe vânt ușor.

4. Cât va dura construirea eolienei?

Un astfel de proiect poate dura o vreme. Vei face multe schițe, vei tăia mult lemn, vei face multe găuri în oțel, vei suda, amesteca multă rășină, cabla multe fire și vei consuma mult timp până vei găsi cei mai buni parametri pentru proiectul tău. Greșeala mea stupidă: să construiesc două eoliene simultan - mi-a luat de două ori mai mult timp să finalizez orice!

5. Trebuie să o construiesc singur?

Sunt multe companii care fabrică astfel de eoliene. Poți cumpăra un kit complet: turn, inverter, baterii etc. Urmează metoda DIY (Do It Yourself = fă-o singur) dacă ești sigur că îți va place experiența și vei termina treaba. Dar să nu crezi că DIY este cu mult mai ieftin.



Potrivirea pe poziție al celui de-al doilea rotor



Rotorul al doilea în poziție

Date tehnice

Ce performanțe ar trebui să aibă alternatorul cu magneți permanenți? Dan Bartmann a testat alternatoarele sale și a colectat un volum mare de date pe parcursul anilor trecuți.

Rotorii cântăresc 10,5 Kg fiecare (5,9 Kg magneții + placa de oțel x 2).

Statorul cântărește aproape 9 Kg (7,25 Kg de cupru).

La 80 rpm, acest alternator va produce 50 volți, neîncărcat. Conectat la un sistem de baterii de 48V, Dan a înregistrat 600 wați la 100 rpm (aproximativ 12 amperi). Acesta este de fapt un alternator cu magneți permanenți destul de mare, corespunzătoare unei eoliene cu un diametru de 5 m. La viteze mai mari ale vântului, elicea se învârtă mult mai repede și poate capta până la 3 kW.

Un alternator mai modest, cu o elice de 1,8 – 2,4 m, poate de asemenea să producă până la 500 wați, dar la mult mai multe rotații pe minut. Elicele mai mici, în mod natural, se rotesc mai repede, deci o alegere bună poate fi făcută de un începător, având grijă în a selecta elicea și alternatorul care se potrivesc.

De unde să începeți cu eoliana dvs.

Sunt multe întrebări de pus la început. Una din cele mai bune metode de a începe este de a alege ceva funcțional, bine documentat și să urmați cu atenție instrucțiunile. Hugh Piggot, Dan Bartmann și Ed Lenz oferă proiecte de eoliene bine concepute care sunt un punct de start excelent pentru începători. Dar aceștia nu sunt singurii.

1. Ce voi face cu puterea?

Cel mai des, sistemele de energie regenerabilă sunt concepute să încarce un set de baterii. Un inverter trece tensiunea bateriilor în AC care poate susține diverși consumatori electrici din casă precum și iluminatul. Dar nu în toate cazurile este astfel. Poți folosi energia pentru un sistem de încălzirea a locuinței sau a unei incinte. Altă aplicație poate servi la încălzirea apei. Energia poate fi folosită într-o locuință sau într-o incintă care nu are tras deloc curent electric. Poate ambiția ta va face ca energia electrică rezultată să fie "reîntoarsă" în rețeaua națională (sau poate cauți pur și simplu ornamentul perfect în curtea ta pentru a impresiona vecinii).

Bobine în stator

Dacă pentru bobine s-ar fi folosit fire cu izolație, atunci ar fi fost irosit mult spațiu din cauza izolației de plastic. O soluție pentru aceasta s-a găsit cu mult timp în urmă, iar pentru bobinaj firele sunt disponibile fără izolație fiind doar acoperite cu un strat subțire neconductor de email. Când faceți bobine din astfel de fire, fiecare spiră este izolată de cealaltă și totuși sunt compacte.

Conectarea bobinelor ridică o întrebare importantă în conceperea de alternatoare cu magneți permanenți: vor fi 3 faze separate sau doar una?

Alternatoarele cu o singură fază sunt ușor de conectat - toate bobinele sunt cablate în serie una de alta, și funcționează toate împreună pentru a crea un "puls" mai mare. Chiar dacă acest lucru este simplu, sistemele eoliene „sint” o "izbitură" pentru fiecare puls. Aceasta poate micșora randamentul eolienei și cauzează vibrații dăunătoare. Constructorii încă mai folosesc conceptul cu o singură fază atunci când este convenabil și adaptează proiectul astfel încât să reziste vibrațiilor. Este de asemenea mai ineficientă redresarea tensiunii pentru încărcarea unei baterii.

O soluție mai elegantă este conectarea bobinelor în 3 faze. În orice punct/moment, doar o treime din alternator este la vârful de putere, celelalte două treimi fie scad fie cresc față de următorul lor vârf. Vibrațiile sunt reduse nu doar prin obținerea curenților de vârf la o intensitate de 1/3, ci și prin faptul că sunt obținuți de 3 ori mai des. Când redresăm tensiunea trifazată astfel încât să putem încărca o baterie DC, chiar și curentul devine mult mai "curat". Costul pentru un redresor în plus nu ar trebui considerat un obstacol. Oricum diodele redresoare vor rezista timp îndelungat, dacă sunt selectate corect.

Când bobinele sunt turnate împreună într-o placă, ele formează o componentă numită "stator" (rămâne "statică" în timp ce rotorul se rotește). Constructorii aranjează de obicei bobinele în tipare în formă de ștea, într-un mulaj aplatizat. În mulaj toarnă rășină poliesterică sau epoxidică. Apoi închid mulajul și când este gata, statorul arată ca un disc mare cu bobinele încastrate înăuntru. Toate cablările electrice ce sunt în interior s-au făcut în prealabil. Fie se efectuează de la început conectarea în 3 faze, fie se lasă afară fire suficiente de lungi pentru eventuale conectări și schimbări externe (vezi Anexa B pentru a vedea cum se poate face).



Potrivirea magneților și a bobinelor

Într-un alternator ce produce tensiune trifazată, un grup de bobine este la curentul de vârf în timp ce celelalte nu. Prin urmare, magneții se aliniază cu o singură fază pe rând.

În loc să încerce de la zero în a găsi o metodă cum să alegem numărul de magneți și de bobine optim, se va utiliza următorul truc:

Pentru fiecare bobină, în statorul cu 3 faze, avem 1,33 magneți.

Bobine	Magneți	Nr. bobine per fază
6	8	2
9	12	3
12	16	4
15	20	5
18	24	6

Asta nu înseamnă că trebuie să vă apucați să tăiați magneții. Cel mai mic număr de bobine într-un alternator cu 3 faze este 3. Câte una pentru fiecare fază. Prin urmare, este nevoie de 4 magneți. De fapt, aceasta ar fi destul de delicat. Aveți alături niște combinații tipice.

Orice configurație cu mai mult de 24 magneți devine complicată (iar începătorii ar trebui să ia în considerație asta). Similar, variația raportului dintre magneți și bobine aduce probleme, dar nu și în cazul în care știți cum să evitați capcanele de a face alternatoare cu o singură fază (dar atunci nu veți mai fi începător).

Potrivirea alternatorului și a elicei

Decizia asupra numărului de bobine/magneți ce urmează a fi puse în alternator este arbitrară uneori, alteleori cu totul dificilă. De fapt, cu cât punem mai multe bobine, cu atât vom produce la o tensiune mai mare (asta dacă toți ceilalți parametri rămân la fel). Statorul va produce un curent mai mic, dar asta poate mări gama de viteze a vântului utilizabile de către eoliană, care va captura mai multă energie în timp.

Până acum, nu am menționat nimic de palele ce vor fi atașate alternatorului. Când se configurează statorul trebuie de asemenea să avem în vedere mărimea și aspectul per total al eolienei. Se pune întrebarea dacă eoliana va fi de viteză mare sau mică? Sunt suficient de dese vânturi puternice care, dacă vor fi valorificate, vor aduce beneficii? De obicei sunt vânturi ușoare, la care se pretează eoliene ce dau cel mai bun randament la adieri?

O dată ce s-a ales gama de viteze și dimensiunile eolienei, constructorul poate continua cu stabilirea configurației statorului. De obicei, scopul unei eoliene este de a alimenta baterii. Dacă conectezi alternatorul la redresoare și redresoarele la baterii, acestea vor bloca tensiunea la o valoare specifică, fie 12V, 24V sau uneori 48V, depinde de sistemul fiecăruia. Mărimea și calibrul firelor trebuie alese pentru a produce la tensiunea potrivită.

Bateriile sunt o sarcină pentru alternator. Tensiunea va crește la un nivel de vârf (cu aproximativ 10% deasupra tensiunii standard a bateriei) și apoi curentul produs va trebui consumat. Este necesară mai multă "muncă" pentru alternator să producă mai multă tensiune. În cazul unei eoliene, vânturile mai rapide învârt palele mai repede și furnizează mai multă energie. Dacă palele sunt prea mici acestea nu vor putea învârti alternatorul în vânt mic. Dacă palele sunt prea mari, alternatorul nu va încărca elicea eficient iar aceasta se va învârti prea repede.

Montarea rotorului și a statorului împreună

Statorul este fixat în timp ce rotorul se rotește. Cum reușesc constructorii să facă asta? Cel mai bun mod de a începe este de a vedea cum au făcut alții. Aici aveți câteva modele, dar majoritatea apelează la un butuc de autovehicul. De fapt, butucii de la autovehicule sunt cel mai des folosiți.



În aceste statoare puteți vedea 12 bobine.

Pe rotoarele de mai jos sunt 16 magneți.

De asemenea, mai jos puteți vedea procesul de asamblare al rotorului și statorului



Primul rotor cu magneți montat pe butuc
Șuruburi de suport pentru montatul și
ajustatul rotorului opus



Rotorul și butucul montate în capul
turnului
Statorul este în poziție, în fața rotorului