

Windpower Workshop

Hugh Piggott

**Foreword by
Tim Kirby**

British Wind Energy
Association



CENTRE FOR
ALTERNATIVE
TECHNOLOGY
PUBLICATIONS

new futures



*Traducerea de față se bazează pe a treia ediție a cărții,
publicată de C.A.T. în anul 1997 în Marea Britanie.*





**HUGH
PIGGOTT**

CUM SĂ NE CONSTRUIM UN MOTOR EOLIAN

Cărțile traduse gratuit de TEI

1. Sepp Holzer, **Permacultura. Ghid practic pentru agricultura la scară mică** [Permacultură]
2. Edward Faulkner, **Nebunia aratului** [Agricultură sustenabilă]
3. Masanobu Fukuoka, **Revoluție într-un spic** [Agricultură sustenabilă]
4. Ianto Evans, Leslie Jackson, **Încălzitoare cu masă termică** [Tehnici și meșteșuguri]
5. E.F. Schumacher, **Mic înseamnă frumos** [Economie alternativă]
6. Tony Dutzik, Elisabeth Ridlington, John Rumpler, **Adevăratul preț al gazelor de șist** [Postcapitalism]
7. Joël Carbonnel, **Gestul corect** [Agricultură sustenabilă]
8. Ianto Evans, Michael G. Smith, Leslie Jackson, **Casa la înde-Mână. Un ghid practic și filosofic pentru construcția casei din cob** [Arhitectură verde]
9. David R. Montgomery, **Țărână. Cum se fac praf civilizațiile** [Pedologie]
10. Joseph A. Coccanouer, **Buruienile, protectoarele solului** [Agricultură sustenabilă]
11. Rolfe Cobleigh, **Ferma oamenilor. Facerea uneltelor** [Tehnici și meșteșuguri]
12. J. H. Kunstler, **Îndelungata Criză. Cum să supraviețuim catastrofelor convergente ale secolului XXI** [Postcapitalism]
13. Becky Bee, **Cărticica meșterului cobar** [Arhitectură verde]
14. G. K. Chesterton, **Regulile normalității** [Economie alternativă]
15. Ariane van Buren (ed.), **Manualul chinezesc al biogazului** [Tehnici și meșteșuguri]
16. Coline Serreau, **Soluții locale pentru o dezordine globală** [Agricultură sustenabilă]
17. Charles Eisenstein, **Economia sacră. Banii, darul și societatea în epoca tranziției** [Economie alternativă]

**HUGH
PIGGOTT**

CUM SĂ NE CONSTRUIM UN MOTOR EOLIAN

Ediția I în limba română, 2014

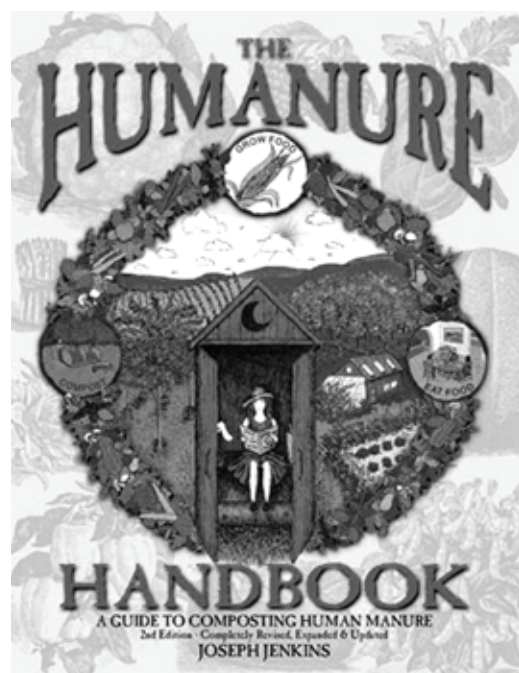
Următoarele lucrări traduse gratuit de TEI 

John Seymour



*Întoarcerea la obârșie.
Cartea completă a auto-suficienței*

Masanobu Fukuoka



*Agricultura naturală.
Teoria și practica filosofiei verzi*

AUTORUL

Hugh Piggott trăiește în Scoția în mod autarhic (off-grid) încă din anii 1970. După absolvirea studiilor de masterat la Universitatea din Cambridge, s-a mutat pe insula Scoraig din nord-vestul Scoției, unde și-a construit o casă și o gospodărie împreună cu soția sa și cei doi copii. De asemenea, a studiat de unul singur construcția turbinelor de vânt de dimensiune mică. Astăzi, întreaga populație din Scoraig (cca. 100 de oameni) primește electricitate de la turbinele lui Hugh. În 1999 și 2000, Hugh a fost ales în calitate de consultant în domeniul energiei în reality-show-ul BBC - „Castaway 2000” („Naufragații”). El a fost cel care a proiectat un sistem hidro-eolian care a furnizat electricitate naufragaților pe parcursul întregului an. În ultimii zece ani, Hugh a susținut ateliere de lucru pentru persoane și companii din întreaga lume.



CINE SUNTEM ȘI CUI NE ADRESĂM

Pentru orice om lucid, este evident că România de astăzi se află în pragul colapsului, împreună cu sistemul global în care este angrenată. Dacă ar fi doar să enumerăm problemele pe care le avem, dimensiunile acestui cuvânt-înainte ar atinge cote nepermise. De la economie la cultură, de la agricultură la demografie, de la politică la ecologie, de la sănătate la învățământ, practic nu există domeniu în care să nu fie evident dezastrul în care ne aflăm – fie că vorbim, în particular, de „exodul creierelor”, de jaful politic generalizat, de raptul bancar, de rezultatele catastrofale la examenele de capacitate sau bacalaureat sau de calitatea precară a alimentelor pe care le consumăm; de febra consumeristă întreținută permanent de marile corporații, de pământul fertil vândut pe nimic, pe cale să fie otrăvit cu insecticide și pesticide, de izolarea profesioniștilor în favoarea incompetenților sau de profunda decădere morală. Problemele pe care le avem sunt atât de complexe și de interdependente încât a crede că există remedii globale pentru ele înseamnă o naivitate vecină cu orbirea.

Noi, cei din **TEI** , considerăm că **nu există decât soluții „la firul ierbii”** – soluții demarate și întreținute de oameni care nu așteaptă subvenții de la guvern și sponsorizări de la corporații pentru a face binele. Oameni lucizi și integri, care ridică semne de întrebare asupra direcției în care se îndreaptă lumea, cu noi cu tot.

Graba în care suntem siliți să trăim ne-a confiscat timpul de gândire – nu avem timp să discernem între bine și rău, între adevăr și simulacru, între informație și minciună. Iar graba noastră și dezinformarea sunt extrem de profitabile pentru cei care ne repetă zilnic, fără încetare, că soluțiile unice de supraviețuire în ziua de astăzi sunt: job-urile epuizante, creditele pe zeci de ani pentru autoturisme sau locuințe scumpe și ineficiente și consumul dus la maxim.

TEI  s-a născut pentru a face accesibile **informațiile** care dinamitează acest mod de gândire. Cărțile traduse de noi demonstrează fără greș că suntem, zi de zi, captivi ai unei imense iluzii – aceea că nu putem trăi decât așa cum trăim acum: stresați, obosiți, vlăguiți de viață, înstrăinați de valorile fundamentale care ne îndreptățesc să ne numim oameni.

În contra unui Sistem al cărui mod de funcționare implică inundarea constantă cu false informații, ne propunem să oferim publicului acele cunoștințe folositoare, ignorate în mod sistematic de „mainstream” din simplul motiv că de pe urma lor au de câștigat numai oamenii, nu și corporațiile și guvernele. În loc de reziduuri de gândire ambalate ȕipător, oferim acces la cunoașterea practică. Complet gratuit, dar din dar, fără pretenȕii, fără trufie și fără clauze ascunse. O bibliotecă a **independenȕei reale** față de Sistemul absurd în care am fost aruncaȕi în ultimile decade. O serie de cărȕi care, nădăjduim, vor fi pașaportul de independenȕă în gândire și în fapte al fiecărui dintre noi.

Așadar, cui se adresează în principal cărȕile traduse de TEI?  Oamenilor care șȕtiu că veșnicia nu s-a născut la sat ca să moară la oraș. Celor care s-au săturat de asfalt, de blocuri, de rate și de credite și care caută să iasă din acest angrenaj cât mai repede, dar încă nu au curaj, pentru că nu șȕtiu că **se poate** și încă nu șȕtiu **cum se face**. Celor care vor să acumuleze cunoștinȕe solide de agricultură sustenabilă, permacultură, arhitectură ecologică, energii alternative, tehnici și tehnologii domestice și meșteșuguri. Celor care simt șubrezenia sistemului și naufragiul global către care ne îndreptăm, oamenilor care au redus sau se pregătesc să reducă turaȕia motoarelor, pentru că șȕtiu că viteza nu va face decât să grăbească și să amplifice impactul inevitabil cu zidul. Celor care șȕtiu că revoluȕiile încep din pragul propriei case și tot acolo se termină. Ȑăranilor nescârbiȕi de sat și încă nedescurajaȕi, dar și orașenilor care încă stăpânesc mai bine tastatura decât grebla. În fine, tuturor celor care șȕtiu că orice bucată de pământ vine la pachet cu fâșia nemărginită de Cer de deasupra ei.

 **TEI**

ianuarie 2014

Traduceri Ecologice Independente

TEI



AJUTĂ-NE SĂ AJUTĂM!

Cartea pe care o citești acum pe ecran sau o ții, deja tipărită, în mâini, este rezultatul a sute de ore de muncă migăloasă – traducere, verificare terminologică, adaptare, corectură, editare, punere în pagină și design. Pentru ca această carte să se poată naște, a fost nevoie de nenumărate e-mailuri și de mii de corecturi. **Nici un membru al grupului TEI**  – **fie el traducător profesionist sau amator – nu este plătit pentru munca sa**; tot ceea ce facem, facem gratuit, fără să cerem burse, sponsorizări, fără să solicităm donații și fără să așteptăm medalii, diplome și, eventual, statui în fața ministerului agriculturii. Unii pot numi asta sacrificiu, alții civism, alții tâmpenie crasă și pierdere de timp.

TEI  nu este umbrelă pentru nici un partid politic sau ONG; nici unul dintre noi nu are de gând să candideze la președinție sau măcar pentru un post la consiliul local la următoarele alegeri, nici unul dintre noi nu are fabrică de produs insecticide. Dar asta nu înseamnă că nu avem și noi, la rândul nostru, nevoie de ajutor. În schimbul faptului că, prin intermediul nostru, ai acces gratuit în limba română la cărți de importanță fundamentală, pe care nici o editură din România nu a avut puterea sau curajul să le traducă, te rugăm să ne dai o mână de ajutor. **Dacă te simți stăpân pe orice limbă de circulație internațională și îți poți sacrifica câteva ore lunar pentru a traduce câteva pagini împreună cu noi, dă-ne de știre la adresa de mail: carti.din.tei@gmail.com**. Cu cât vom fi mai mulți, cu atât vom putea traduce mai multe volume într-un timp din ce în ce mai scurt – performanță pe care nici o editură, din străinătate sau din România, probabil că n-a atins-o vreodată.

Și chiar dacă nu ești atât de deprins cu o limbă străină, tot ne poți fi de mare folos – dă mai departe cartea de față și celelalte cărți din colecția **TEI** , anunță-ți prietenii, recomand-o, tipărește-o, fă-o cadou, urmărește-ne pe blogul „Cărți din tei” – cartidintei.wordpress.com, Facebook – TEI Traduceri Ecologice Independente și oriunde vom mai apărea. Poți chiar să-ți enervezi socrii dându-le din când în când citate din cărțile traduse și publicate de noi, promitem că nu ne supărăm.

Suntem siguri că, pe măsură ce crește numărul oamenilor care știu despre **TEI** , citesc și aplică cele scrise în cărțile noastre, vom fi o țară din ce în ce mai greu de mințit, de controlat și de cumpărat.

Îți mulțumim! **TEI** 

Pentru înscrieri, sugestii, recomandări, propuneri etc.:



carti.din.tei@gmail.com

Pentru actualizări și descărcarea gratuită a cărților TEI:



cartidintei.wordpress.com

facebook

[TEI Traduceri Ecologice Independente](#)

Scribd

scribd.com/tei_independente



issuu

issuu.com/tei_independente

calaméo

en.calameo.com/accounts/2421252

PREFATĂ TEI

Utilizarea energiei eoliene nu este, din păcate, o modalitate care să asigure autosuficiența pe termen lung. Pe cât este de respectabilă această tehnică (împreună cu toate celelalte tehnici de folosire a „energiilor alternative”), pe atât sunt de iluzorii speranțele că omenirea se va putea „salva” sau va „intra într-o nouă eră” cu ajutorul acestor alternative. Atrăși de mirajul unor vremuri înfloritoare în care energia va fi ieftină, nepoluantă și mai ales, atât de multă încât să ne satisfacă absolut toate pretențiile de oameni îndrăgostiți nebunește de confort, uităm câteva adevăruri simple care, dacă nu vor fi înțelese la timp, vor fi extrem de dureroase*.

În primul rând, absolut toate aceste modalități de exploatare (detestabil termen!) a „energiilor alternative” depind în întregime de combustibilii fosili: toate etapele de producție - de la extragerea materialelor necesare, până la prelucrare, transportul la mari distanțe a materiilor prime și distribuția la scară mondială a produselor finite - **depind de resursele de petrol, gaze naturale și hidrocarburi disponibile.** Care se epuizează cu fiecare zi, iremediabil. Și e momentul să înțelegem că de îndată ce aceste resurse vor fi suficient de rare (și, implicit, de scumpe), toate materialele extrase sau produse azi în țara X, pentru a fi prelucrate în țara Y, urmând să fie asamblate în țara Z și apoi transportate într-o rețea de sute de mii de kilometri, pur și simplu nu vor mai fi accesibile. E vorba de majoritatea lucrurilor pe care le cumpărăm, relaxați, din marile magazine, ca și cum era consumului nesățios ar fi veșnică: materiale de construcție prefabricate, electronice, haine, unelte, detergenți. E vorba despre benzina care aduce alimentele pe rafturi. Despre bidoanele de plastic din care bem apa. Despre cablurile electrice. Etc.

În al doilea rând, nu luăm niciodată în considerare ce se întâmplă cu aceste noi „minuni” alternative după ce componentele lor se uzează. Ne înfierbântăm la gândul că vom călători ieftin în mașini electrice (deși asfaltul pe care ar urma ele să ruleze este tot un compus petrolier - deci sortit să devină în curând un lux inutil), ne vom încălzi pe gratis cu panouri solare (deși plasticul utilizat de acestea este un produs petrolier secundar - deci pe cale de dispariție) și vom continua să comunicăm lejer tastând pe laptopuri (deși metalele rare necesare nu pot fi extrase decât prin consumarea unor imense cantități de petrol). Dar nimeni nu își pune problema ce se va întâmpla cu acumulatorii, panourile sau componentele calculatoarelor, odată uzate. Speranța reciclării în viitor este, ca și acum, nefondată, atâta vreme cât marile corporații vor controla acest flux de producție, reciclarea însemnând pentru ele o cheltuială inutilă, nu un profit. Așadar, cam câți dintre noi se gândesc la poluarea devastatoare pe care o cauzează acidul sulfuric din baterii, odată ajuns pe sol sau în pânza freatică?

* Cea mai mare parte a acestor argumente nu ne aparțin - pot fi regăsite detaliate în lucrări redutabile ca „Îndelungata criză” de J.H. Kunstler (recent publicată de TEI), precum și în următoarele apariții din colecția de „Postcapitalism”.

Câți dintre noi știu, de exemplu, de poluarea imensă pe care o provoacă hexafluorura de sulf - un gaz folosit inclusiv în industria electrică - care are un efect de seră de cca. 24.000 (!) de ori mai mare decât dioxidul de carbon? Iar lista poate continua pe zeci de pagini.

În al treilea rând, dacă pretindem că vrem să ne rupem de Sistem pentru o viață mai bună, trebuie să învățăm să nu mai gândim în termenii Sistemului. Atunci când Sistemul ne propune să fim complici unor planuri uriașe, să le refuzăm ferm în favoarea unor soluții simple, curate, de la om la om. Acolo unde Sistemul impune viteza, noi să răspundem prin savoare și tihnă. Acolo unde Sistemul ne ispitește cu confortul prizonierului, să preferăm responsabilitatea inerentă oricărui om liber. Acolo unde Sistemul propune mirajul oferit de soluții tehnologice globale controlate de corporații și guverne, să răspundem prin soluții locale controlate doar de noi și de semenii noștri.

Cartea lui Hugh Piggott are valoare nu doar prin ingeniozitatea tehnică, ci mai ales pentru că reprezintă un bun început de regândire a tehnologiei la scară umană. Din păcate, însă, pentru achiziționarea celor mai multe dintre componentele „tehnologiilor alternative” (inclusiv ale turbinelor eoliene) este necesară cooperarea cu același Sistem care va continua să exploateze oameni, să risipească resurse și să distrugă planeta, până la propria sa implozie. De aceea reafirmăm că propunerea lui Piggott poate fi cel mult o soluție de tranziție, care necesită mult discernământ înainte de a fi pusă în funcțiune; o soluție care, dacă ar fi aplicată pe scară largă, ar avea consecințe ecologice extrem de periculoase.

Este fundamental să nu punem semnul egal între „mai bine” și „mai-puțin-rău”.

Este fundamental să înțelegem că o soluție pe termen scurt poate fi preludiul unei condamnări pe termen lung.

Este fundamental să facem diferența între soluțiile reale și diversele forme de a pactiza subtil cu Sistemul. Și să ne oprim la timp.



CUVÂNT ÎNAINTE

Energia eoliană prinde la public. Este genul acela de subiect cu multe fețe care atrage diverse persoane, din diverse motive – energie gratuită, care nu dăunează mediului, ca să nu mai vorbim de o multitudine de oportunități pentru toți cei pasionați de tehnologie. Dar despre ce este totuși vorba și ce poate fi făcut - practic?

Deși vântul este una dintre cele mai vechi forme de putere mecanică a civilizației, acesta a avut de suferit încă de la începutul acestui secol, odată cu descoperirea beneficiilor aduse de sursele ieftine de energie. Însă, prin dezvăluirea adevăratelor (și groaznicelor) costuri ale combustibililor fosili, vântul a mai câștigat teren, în special cu marile turbine eoliene din Europa, care sunt conectate la rețeaua de electricitate. Tot mai multe țări încearcă să încurajeze energia eoliană ca parte a unei serii de măsuri vitale care încurajează sustenabilitatea.

Deși pare contrar modului „verde” de gândire, rețeaua electrică este o unealtă folosită de mediu înconjurător - ajută ca surplusul unei zone să răspundă nevoilor altei zone. Se evită astfel o mare parte din costurile (economice și ecologice) necesare stocării de energie - existente în majoritatea sistemelor mici autonome. Dacă am vrea toți să folosim energie eoliană autonomă cu acumulator, am rămâne fără plumb înainte să ajungem prea departe!

Cu siguranță se află însă locuri unde nu există rețea electrică și sunt destule persoane care doresc să locuiască acolo. Un astfel de loc este Scoraig, baza lui Hugh Piggott din Scoția. Comunitatea, care are aproape 100 de locuitori (o realizare mare după ce, în anii 50, locul a fost complet abandonat de comunitatea agricolă), nu este conectată la rețeaua electrică, mulți locuitori având propriile mici mori de vânt; a fost locul perfect pentru a căpăta experiență și reputație în bricolajul morilor de vânt.

Vântul este o alegere excelentă pentru o sursă de alimentare izolată, iar mulți dintre cei care locuiesc în astfel de locuri preferă, pe cât posibil, bricolajul. Această carte reușește, în mod admirabil, să astupe golul din literatura disponibilă care tratează proiectarea la scară mică a turbinelor eoliene. Este scrisă de un adept instruit și calificat care a explorat toate unghiurile și a învățat majoritatea lecțiilor (multe dintre ele pe calea ce grea: din greșeli).

Simplitatea utilizării vântului constă în faptul că acesta este liber (din nou, atât economic, cât și ecologic), iar un ghid nu este de refuzat. Există multe capcane, dar multe dintre ele sunt ușor de evitat.

Recompensa este aceea că vântul se transformă din nimic, ca prin magie, în energie „verde”, iar Hugh Piggott este un adevărat guru al acestei arte. Lectură plăcută!

Tim Kirby

Director al
Asociației Britanice a Energiei Eoliene



CUPRINS

Autorul

Cuvânt înainte

1. O resursă sălbatică.....	1
Vântul: o resursă sălbatică	1
Nimic nu-i gratis	2
Costul ecologic.....	3
La cât de multă putere vă puteți aștepta?.....	4
Eficiența: unde se duce energia?.....	6
Bazele proiectării	9
Rezumat	12
2. Protecția.....	13
Protecția electrică.....	13
Protecția împotriva focului.....	13
Protecția împotriva șocului.....	15
Riscurile bateriei.....	18
Alte responsabilități	19
3. Proiectul rotorului	22
Betz revăzut	22
Folosirea portanței și a tracțiunii.....	26
Proiectul paletei	30
Direcția opusă vântului, direcția vântului sau ax vertical	34
Concluzie	39
4. Construirea palelor elicei.....	40
Avertisment.....	40
Greutatea palelor elicei	40
Materiale de construcție pentru elice.....	41
Cum se realizează un set de pale pentru rotor	41
Vopsirea și echilibrarea palelor.....	51
5. Generatoare	54
De ce aveți nevoie	54
Cum funcționează generatoarele.....	55
Schimbarea vitezei generatoarelor	69
Tipuri de generatoare	70
Motoare folosite ca generatoare.....	75
Construirea de la zero a unui alternator cu magnet permanent	76
Sugestii de proiectare	82
Concluzie	85

6. Sisteme de control mecanice.....	86
În direcția vântului	86
Evitarea suprasolicitării.....	89
Mișcare contra vântului	90
Sistemele de închidere	95
7. Dispozitive electrice de comandă.....	98
Controlul sarcinii: cheia unei bune performanțe	98
Sistemele de încălzire	99
Ce le place bateriilor	104
8. Turnuri.....	109
Tipuri de turn	109
Cât de puternic este suficient?	109
Înălțarea	110
Măinile pe ridicarea turnului	112
Materiale de ancore	114
Ancore	119
Turnurile cu înclinare.....	120
Așa ajungem la sfârșit.....	126
Anexe:	
Ecuațiile energiei eoliene	127
Exemple lucrative cum să folosiți ecuațiile energiei eoliene pentru proiectul motorului eolian	129

UNU



O RESURSĂ SĂLBATICĂ

Această carte se adresează celor care doresc să își construiască propriul motor eolian, dar și celor cărora le place să viseze. Ea a fost inspirată de cursul de energie eoliană de la Centrul de Tehnologie Alternativă, un eveniment la care oameni ce provin din medii diferite se întâlnesc să învețe, cu entuziasm, despre energia eoliană. Multe lucruri au fost omise din lipsă de spațiu, dar acestea pot fi găsite în alte locuri. Pentru asimilarea unor cunoștințe de bază referitoare la electricitate, forțe și mișcări de rotație, consultați un manual școlar de fizică. Pentru detalii referitoare la locul unde se amplasează un motor eolian și cum să trăiești din energie eoliană, consultați volumele *It's a Breeze* și *Off the Grid* (publicate tot de CAT Publications).

Vântul: o resursă sălbatică

Energia eoliană este „neîmblânzită” și dificil de manevrat. Captarea energiei eoliene e ca și cum am călări o antilopă în loc să conducem un Volkswagen. Mulți dintre cei nou-veniți în domeniul energiei eoliene subestimează aceste probleme. Nu vă așteptați să primiți multă energie de la un motor eolian mic, într-o grădină suburbană și nici să asamblați într-o după-amiază unul performant.

Analizați mai întâi dimensiunile necesare turbinei eoliene pentru a produce energia de care aveți nevoie. Considerați că este un proiect realist pentru dumneavoastră? Aveți facilitățile necesare pentru proiect? Aveți acces la un loc potrivit unde este destul spațiu pentru ca turbina să acționeze liberă și în siguranță?

Dacă sunteți motivat de un mediu mai „verde”, atunci poate că o turbină eoliană la scară mică nu este neapărat cea mai bună abordare. Izolarea casei ar putea foarte bine să economisească mai multă energie. Dacă locuiți în mediul urban și sunteți un adept al energiei regenerabile puteți să vă interesați la asociația locală de reglementare în domeniul energiei în legătură cu tariful verde, sau puteți încerca să câștigați dezbaterea pentru aprobarea fermelor eoliene.

Dar dacă aveți timpul necesar, atelierul, locul de amplasare și pasiunea, atunci construiți-vă un motor eolian și bucurați-vă de roadele câștigate din greu. Sper ca această carte să vă fie de folos. Aveți grijă.

Nimic nu-i gratis

Vântul este gratis, cel puțin până reușește guvernul să pună o taxă pe el și de aceea mulți presupun că energia eoliană e un chilipir. Dacă lucrurile ar sta așa, atunci am vedea motoare eoliene pretutindeni, dar bineînțeles, nimic nu e pe gratis.

Vântul este o sursă de energie foarte difuză. Pentru a produce cantități folositoare de energie, motoarele eoliene trebuie să fie mari; iar pentru a fi eficiente și de încredere, trebuie să fie construite bine. Prin urmare, sunt costisitoare. Dacă vreți să îl construiți singuri, veți economisi mult, dar vă veți și pierde mult timp prețios.

Uzura bateriilor

Sunt slabe șanse ca, în viitorul apropiat, puterea venită din generatoarele electrice eoliene mici și independente să fie mai ieftină decât cea cumpărată de la rețeaua națională. Putem exclude ideea asta chiar și gândindu-ne doar la costul bateriilor. Acestea durează aproximativ șapte ani. Calculând, doar costul înlocuirii bateriilor este cam același cu costul cumpărării unei cantități egale de energie de la rețeaua electrică.

Această comparație demonstrează că e puțin probabil ca motoarele eoliene cu baterii să fie viabile în orașe. (Mai sunt și alte motive, cum ar fi viteza redusă a vântului, turbulențe și furia vecinilor.) În locuri retrase, costul instalării și întreținerii linilor electrice poate fi mai mare decât cel al unui sistem eolian, deci energia eoliană devine o sursă mai economică și mai de încredere decât rețeaua.

Plătește mai puțin și folosește mai multe materiale reutilizabile

Eu vizitez frecvent depozitul de metale neferoase de unde iau cabluri, baterii, oțel pentru sudat, table de aluminiu etc. Folosirea resturilor nu înseamnă neapărat că motorul eolian va avea o calitate mai slabă. Îți poți permite astfel să cumperi din depozitul de fier vechi mult mai multe lucruri decât ai putea dacă ar fi noi. De exemplu, odată am reușit să obțin niște baterii de telefon. Acestea m-au ținut zece ani, adică jumătate din durata lor de funcționare de douăzeci de ani. Dacă aș fi cumpărat baterii noi, nu mi-aș fi putut permite decât o baterie mică de o calitate proastă. (Cu toate acestea, nu trebuie să alegeți chiar orice. Multe baterii sunt aruncate la fier vechi tocmai fiindcă nu mai sunt bune, așa că verificați-le atent cu un voltmetru înainte de a le cumpăra.)

Tot ce e la fier vechi e acolo cu un motiv, dar de cele mai multe ori acel motiv e modernizarea. Așa că ar putea foarte bine să nu fie nimic în neregulă cu resturile pe care le cumpărați.

Costul ecologic

Orice sursă de energie are și un cost ecologic. Energia eoliană este curată și regenerabilă, dar are și niște dezavantaje. Însă cel puțin poluarea pe care o cauzează este imediată.

Zgomotul

Există două tipuri de zgomot care pot să apară: cel al paletelor și cel mecanic. Zgomotul paletelor este rareori o problemă, întrucât e similar cu vântul printre copaci, sau cu râurile care curg și, de multe ori, este mascat chiar de aceste zgomote.

Zgomotele mecanice, vibrații sau bâzâit, pot fi cauzate de generator sau de cutia de viteze. Aceste sunete tonale pot să îi înnebunească pe oameni, mai ales dacă nu pot să doarmă din cauza lor. În schimb, ceilalți (proprietarii) vor savura muzica turbinelor eoliene care le stochează energie în baterii și vor dormi cu atât mai bine.

Poluare vizuală

Poluarea vizuală este chiar mai subiectivă decât zgomotul. În timp ce proprietarul vede turbina drept o frumoasă mașinărie de vis, pentru alții ea poate fi o oroare. Motorul eolian va arăta, cel mai probabil, uimitor în ochii proprietarului, mai ales dacă a construit-o chiar el. Vecinii ar putea fi dispuși s-o accepte, dar tactul și diplomația sunt foarte importante pentru a le obține aprobarea.

Tabel 1.1 Energia produsă pe loc (în wați)

Viteza vântului	2,2 m/s 8 km/h	4,5 m/s 16 km/h	10 m/s 35 km/h	20 m/s 71 km/h
Diametrul paletelor 1m	1	6	70	560
Diametrul paletelor 2m	3	25	280	2300
Diametrul paletelor 3m	7	60	630	5000
Diametrul paletelor 4m	12	100	1120	9000

Acest tabel vă arată cam câtă putere ar putea produce moara dumneavoastră de vânt, presupunând că veți avea un coeficient de putere de 0,15. De exemplu, o moară cu diametrul de doi metri ar putea produce 280 de wați în condițiile unui vânt de zece metri pe secundă. Nu vă lăsați păcăliți de aparenta precizie a cifrelor. În realitate ați putea obține între 200 și 400 de wați, în funcție de ce coeficient de putere aveți.

La cât de multă putere vă puteți aștepta?

Puterea (în wați) este rata transferului de energie într-o unitate de timp. Tabelul 1.1 arată la cât de multă putere vă puteți aștepta de la un motor eolian de o anumită mărime, în condițiile unei anumite viteze a vântului. În tabel se pleacă de la premisa că motorul eolian captează 15% din energia brută a vântului. Acest procentaj este cunoscut drept coeficientul de putere (sau de performanță - C_p) și vom vedea mai târziu de ce este așa o parte mică din total.

Energia brută a vântului depinde de densitatea aerului (aproximativ 1,2 kg pe metru cub), viteza vântului și mărimea rotorului. Viteza vântului este esențială (după cum se poate observa și din tabel). Și asta fiindcă vânturile puternice aduc mase mai mari de aer absorbite pe secundă de către rotor, iar energia cinetică pe kilogram de aer depinde de viteză, astfel încât energia vântului va crește proporțional cu viteza acestuia.

Zona ocupată de elice, pale, pânze, aripi, turbină, palete se încadrează în aria diametrului. Prescurtat, vom numi rotor ansamblul paletelor. Nu-l confundați cu rotorul generatorului. La finalul acestei cărți veți găsi ecuații cu ajutorul cărora se poate calcula puterea generată de o moară de vânt. Sau chiar mai bine, folosiți o foaie de calcul pentru ca să vă calculeze computerul automat!

După cum puteți observa, energia existentă în vânt variază enorm. Există doar câțiva wați într-un vânt ușor. Nu este ușor să creezi o mașină care poate converti eficient această putere și care să reziste în fața valului de putere ce poate apărea în timpul furtunilor.

Vântul este mereu schimbător, iar fluctuațiile de putere pot fi extreme. Trebuie să-l „recoltăm” atunci când e prezent și/ori să stocăm energia pentru perioadele calme, fără vânt, ori să folosim o altă sursă de energie ca și plan de rezervă. În perioada morilor de vânt folosite pentru măcinat, morarii aveau provizii de cereale pe care le măcinau când puteau. În zilele noastre, micile sisteme electrice eoliene folosesc baterii care absorb surplusul de energie din perioadele cu mult vânt și îl păstrează pentru perioadele mai calme.

Ghid scurt pentru a prezice captarea de energie

Energia captată într-o anumită perioadă de timp reprezintă puterea medie multiplicată la numărul de ore. Aceasta depinde atât de loc, cât și de mecanism.

Condițiile locului	Viteza medie a vântului
Copaci și clădiri	3 m/s (9,5 km/h)
Câmpuri deschise cu puține garduri vii	4,5 m/s (16 km/h)
Pe dealuri sau țărături (spații deschise)	6 m/s (21 km/h)

Puterea medie generată de o un motor eolian nu este aceeași cu puterea instantanee generată la viteza medie a vântului. Vă reamintesc din nou că există o formulă pentru aceasta la finalul cărții.

Din tabelul 1.2 putem observa că un motor eolian cu diametrul de doi metri va genera o putere medie de aproximativ 51 wați, în condițiile în care viteza medie a vântului este de 4,5 metri pe secundă (16 km/h). Acestea sunt doar niște calcule aproximative: în realitate, puterea medie generată poate varia de la 30 până la 80 de wați.

Ce puteți alimenta cu ajutorul unei turbine eoliene?

Puterea medie generată de un motor eolian trebuie să fie echivalată cu nevoile medii ale utilizatorului (utilizatorilor) în materie de energie. O persoană obișnuită (în Europa) consumă în medie, acasă, o cantitate de energie echivalentă cu utilizarea constantă a 100 de wați. Câteodată ar putea utiliza mulți kilowați, dar în alte momente nu consumă deloc.

Tabel 1.2 Energia produsă pe loc (în wați)

Viteza medie a vântului	3 m/s 11 km/h	4,5 m/s 16 km/h	6 m/s 21 km/h
Diametrul paletelor 1 m	4	13	30
Diametrul paletelor 2 m	15	51	121
Diametrul paletelor 3 m	34	115	272
Diametrul paletelor 4 m	60	204	483

Deci, pentru o familie de 5 persoane, ar fi necesară o putere medie de 500 wați. Este însă posibil ca o familie de 5 persoane să se descurce cu mai puțin de 100 de wați, dacă folosesc sisteme de iluminat economice și dacă evită să folosească radiatoare electrice în perioade cu vânt slab.

Eficiența: unde se duce energia?

În tabelele 1.1 și 1.2 am presupus că motorul eolian va capta 15% din puterea vântului. În realitate, coeficientul de putere va depinde de cât de mult se pierde la fiecare etapă din procesul de conversie a energiei. O parte se pierde chiar înainte de începerea conversiei.

Teorema lui Betz

Numele lui Albert Betz (1926) va fi mereu asociat cu această teoremă, întrucât el a descoperit ideile prezentate mai jos.

Pentru a extrage energia din vânt, acesta trebuie încetinit. Prin urmare, pentru a obține întreaga energie, ar trebui oprit vântul cu totul. Însă, asta ar însemna că s-ar aduna la motor o masă de vânt imobil, care va împiedica captarea altor mase de vânt. De aceea, aerul trebuie lăsat să „scape” cu o anumită viteză, deci cu tot cu o energie cinetică (care va fi pierdută).

Potrivit lui Betz, cel mai bun coeficient de putere la care putem spera este de 59,3%, dar în practică, această cifră va fi redusă de către alte pierderi care vor fi descrise mai jos.

Rezistența

Paletele rotorului convertesc energia vântului în puterea la arbore. Vom discuta mai târziu despre avantajele utilizării unor palete subțiri și puține, care se rotesc rapid, în contrast cu multe palete late, care se rotesc încet. Paletele care se mișcă rapid vor întâmpina rezistență aerodinamică. Rezistența împiedică paletele, pierzând astfel o parte din energia pe care ar putea s-o capteze din vânt și, din acest motiv, paletele trebuie să fie cât mai netede. În cazul acesta, chiar și cele mai bine proiectate palete, cu un profil aerodinamic, vor pierde aproximativ 10% din energie. Cele făcute „de casă”, de către amatori, vor pierde mult mai multă energie.

Frecarea

Vor exista pierderi prin frecare la rulmenți, perii și tot felul de alte dispozitive mecanice, cum ar fi cutia de viteze sau scripetele. Acestea vor putea crește puțin doar odată cu creșterea vitezei. De aceea, când motorul eolian lucrează din greu, în cazul unui vânt puternic, pierderile de energie prin frecare vor reprezenta doar un procentaj mic din totalul de energie. În schimb, în cazul vânturilor slabe, pierderile prin frecare pot fi enorme, mai ales pentru motoarele eoliene mici, care au un cuplu relativ mic.

Dacă acest lucru va fi semnificativ sau nu, depinde de așteptările dumneavoastră de la motorul eolian. Dacă este singura sursă de energie, atunci este esențial să aibă o eficiență

ridicată în cazul vânturilor ușoare și ar fi bine să existe o acționare directă de la paletele rotorului la generator, fără alte angrenaje. Cei care folosesc energia eoliană doar pentru încălzire suplimentară, pentru care vânturile ușoare nu ajută, ar putea să reducă din costuri utilizând un motoreductor, sau un alternator cu curea de transmisie, care va funcționa bine în caz de vânturi puternice.

Pierderi în cupru (pierderi în înfășurare)

Următorul pas este generarea de electricitate. Aceasta are loc în bobinele (sau bobinajul) generatorului. Curentul electric are propria lui frecare, care încălzește firele.

Această frecare e proporțională cu rezistența firelor de cupru care conduc curentul (consultați ecuațiile). Puteți reduce rezistența (deci și pierderile în cupru) folosind fire mai groase. Generatorul va deveni astfel mai greu și mai scump, dar s-ar putea să se merite.

Rezistența firelor de cupru crește odată cu creșterea temperaturii. Pierderile în cupru încălzesc bobinele, ceea ce crește temperatura, crescând deci rezistența și cauzând mai multe pierderi în cupru. Acest cerc vicios poate duce, în cel mai rău caz, la ardere și va scădea cu siguranță eficiența mașinăriei, deci e necesar să se acorde importanță răcirii generatorului.

Pierderile în cupru cresc proporțional cu pătratul curentului. Când generatorul funcționează doar pentru o sarcină parțială, adică la vânturi ușoare, pierderile din bobinajul principal sunt foarte mici. Unele generatoare au chiar și bobine care conduc aproape constant curent (consultați capitolul 5). Aceste pierderi sunt asemănătoare celor mecanice, despre care am discutat mai sus. În cazul vânturilor ușoare, ele ar putea să consume întreagă putere generată de palete, lăsându-vă cu nimic.

În sfârșit, nu uitați de pierderile în cupru pentru cablul morii de vânt. Dacă cablul e foarte lung, acesta trebuie să fie și foarte gros. Iar dacă costul unui cablu gros devine exagerat, atunci merită mai bine să schimbați tensiunea sistemului. La tensiuni mai mari va fi nevoie de mai puțin curent pentru a transmite aceeași cantitate de energie. Tensiunea ridicată are și avantajul unor pierderi mult mai mici în cupru pentru cabluri, acesta fiind și motivul pentru care este utilizată în ciuda problemelor de siguranță pe care le poate cauza. Un sistem de 12 volți va pierde de 400 de ori mai multă putere decât unul de 240, deși s-ar utiliza același tip de cablu.

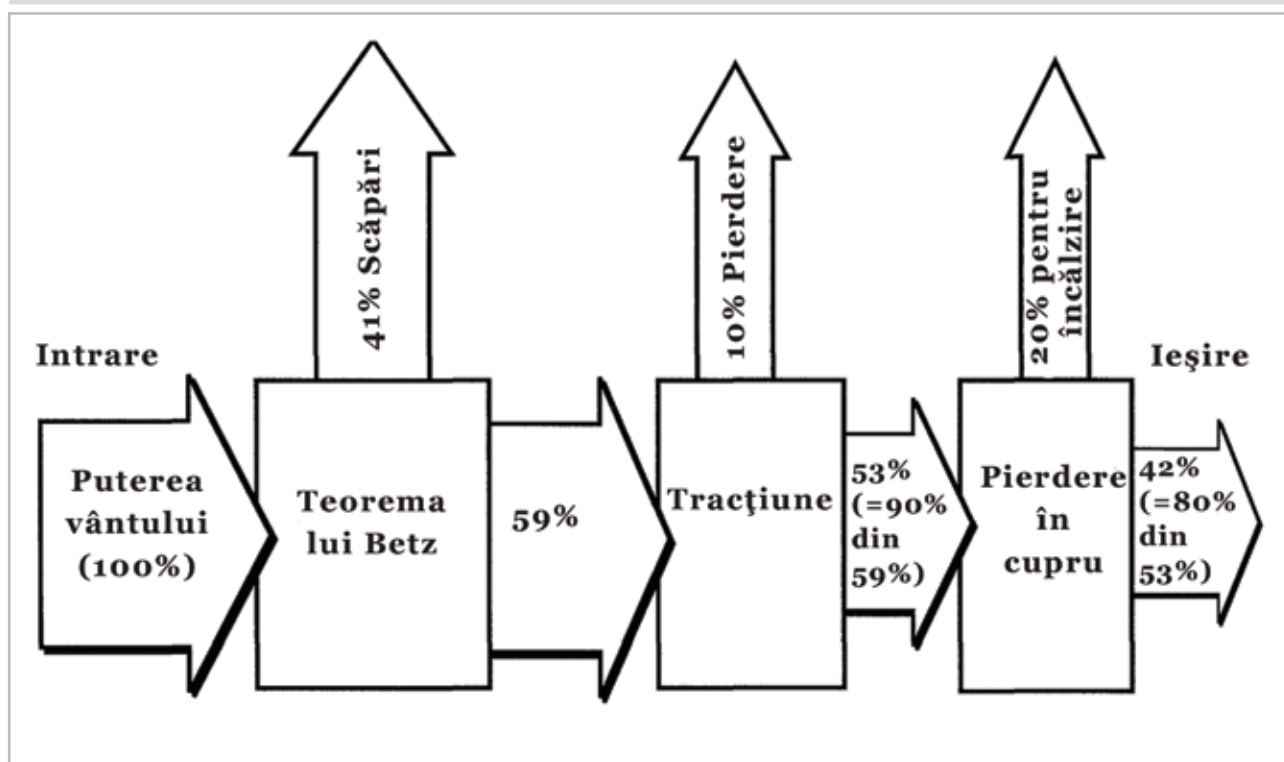
Pierderi în fier (pierderi în miez)

Majoritatea generatoarelor se confruntă și cu pierderi în fier, care vor fi descrise mai în detaliu în capitolul patru.

Pierderile din redresor

Morile de vânt sunt foarte des construite cu alternatoare cu magneți permanenți, care produc curent alternativ (c.a.). Energia este apoi stocată într-o baterie pentru a fi folosită ca și curent continuu (c.c.). Prin urmare, este nevoie de un convertizor care transformă c.a. în c.c. Acesta este redresorul. Redresoarele moderne sunt dispozitive semiconductoare, simple, ieftine și de încredere, care se bazează pe diode de siliciu. Ele funcționează foarte bine, dar ca orice altceva, au și ele lipsurile lor. (Am putea începe să ne întrebăm dacă vom mai rămâne totuși cu ceva energie până la final!) În cazul acesta, regula e simplă: fiecare diodă consumă aproximativ 0,7 volți. În timpul trecerii prin redresor, curentul trece prin două diode în serie, pierzându-se aproximativ 1,4 volți. Cu alte cuvinte, pentru a obține 12 volți de c.c., trebuie să băgăm 13,4 volți. Aceasta este încă o pierdere care reprezintă cam 10% din energia ce trece prin redresor. Din nou, o tensiune mai mare va reduce pierderile. De exemplu, într-un sistem de 24 volți, pierderea din redresor va fi aceeași ca într-un sistem de 12 volți (1,4 volți), dar acum va fi mai puțin de 5% din total.

Fig. 1.1 Cum cresc pierderile



Cum cresc pierderile (mai bine zis, cum se multiplică)

Fiecare etapă a sistemului transmite un procent din puterea primită. Aplicăm aceste procente de la una la alta, la rând (Fig. 1.1), pentru a obține coeficientul total de putere. Este mare noroc că pornim cu energie gratuită! Bineînțeles că sunt pierderi în fiecare proces. De exemplu, fiecare motor cu combustie internă transformă aproape întreaga energie a combustibilului său în căldură, rareori recuperând-o în scopuri folositoare.

Bazele proiectării

Potrivirea rotorului cu generatorul

Pentru o mărime dată a rotorului, este tentantă utilizarea unui generator foarte mare, pentru a folosi mai multă putere la vânturi puternice. Dar, pentru o mărime dată de generator, este tentantă montarea unui rotor foarte mare, pentru a obține maximul de putere la vânturi cu viteze mici.

Un generator mare, cu un rotor mic, rareori va lucra la puterea nominală, deci va fi dezamăgitor, mai ales dacă eficiența parțială a generatorului este mică. Un generator mic, cu un rotor mare, va obține întreaga putere la vânturi slabe, furnizând o rezervă de putere mai constantă. Dezavantajele unui rotor mai mare sunt :

- are nevoie de un turn mai rezistent (capitolul 8).
- funcționează la o turație mai mică (secțiunea următoare).
- necesită un control mai bun la vânturi puternice (capitolul 6).

Compromisul uzual este de a alege un generator care atinge întreaga putere de ieșire la o viteză a vântului de circa 10m/s. Vedeți prima și a patra coloană din tabelul 1.1 sau primele două coloane din tabelul 1.3. (pagina 11).

Este vital, de asemenea, să potriviți turațiile celor două componente, de aceea este nevoie să înțelegem caracteristicile lor de putere/viteză.

Raportul vitezei tangențiale

Viteza extremității unei palete depinde de numărul de rotații pe minut (sau rpm) și de diametrul rotorului. De exemplu, extremitatea unui rotor cu diametrul de 2 m, rotindu-se cu 500 rpm, atinge viteza tangențială de circa 52 m/s. Aceasta înseamnă cam 187 km/h! Lucrul extremităților la viteze de peste 134 m/s (482 km/h) nu este necunoscut, dar de dragul unei vieți liniștite, încercați să mențineți viteza sub 80 m/s.

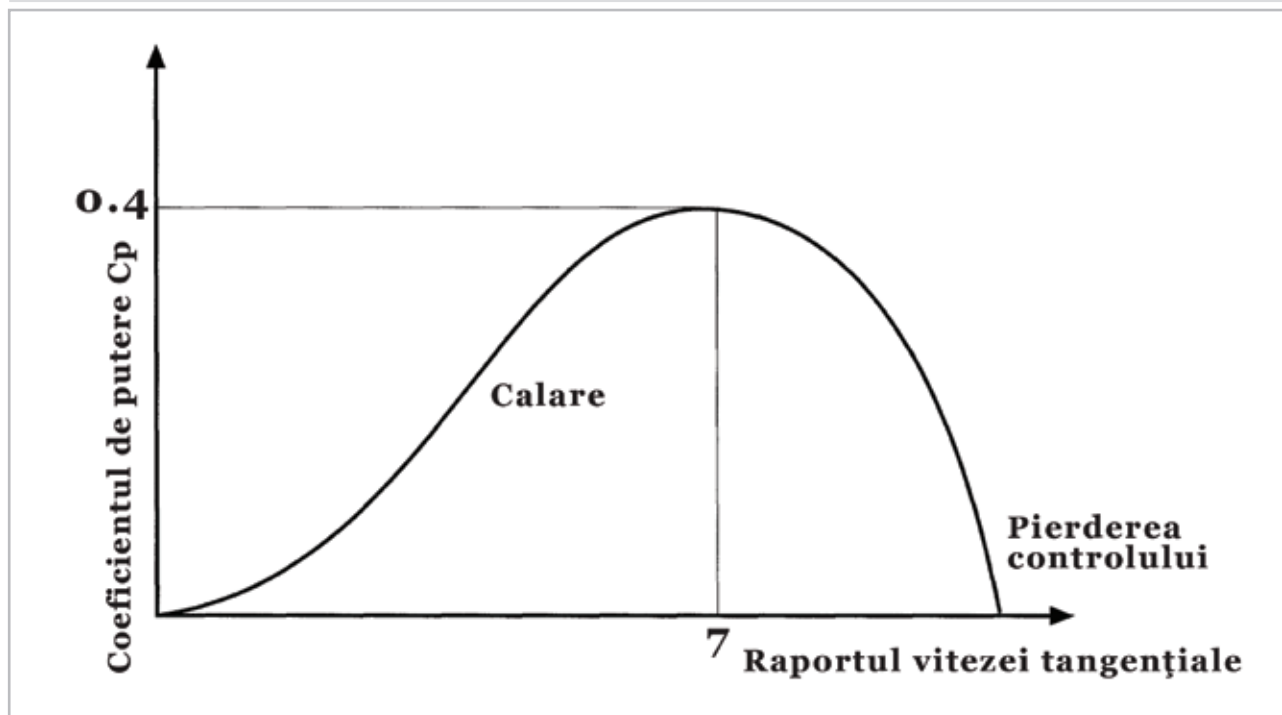
Raportul vitezei tangetiale este un număr magic, care descrie în mod concis rotorul unui motor eolian. Este dat de raportul dintre turațiile paletelor rotorului și viteza vântului, conform proiectării făcute. Un rotor de motor eolian nu are doar cea mai bună turație, simplist vorbind (600 rpm). Turația lui optimă depinde de viteza vântului, de diametru și de raportul vitezei tangențiale. (Vedeți ecuațiile puterii vântului).

Rotorul motorului eolian va obține maximul la o valoare particulară a raportului vitezei tangențiale, dar, inevitabil, va trebui să lucreze într-o anumită gamă de viteze. Coeficientul de putere „Cp” va varia în funcție de raportul vitezei tangențiale pentru orice proiect de rotor. Va fi cel mai bun la raportul de viteză tangențială „proiectat” sau „nominal”, dar acceptabil peste o gamă de viteze.

Fig. 1.2, arată coeficientul de putere al unui rotor tipic, proiectat să lucreze cu un raport de viteză tangențială de 7. O mică modificare a turației, sau vitezei vântului, nu va face o mare diferență. Dacă turația este prea scăzută comparativ cu vântul, atunci se va cala și performanțele se vor reduce. Dacă nu e nicio încărcare pe rotor (probabil din cauza ruperii unui fir din circuitul electric), rotorul se va suprapura, până la un punct când devine atât de ineficient, încât nu mai are rezervă de putere să meargă mai repede. Cele mai multe motoare eoliene sunt zgomotoase și alarmante la pierderea controlului asupra vitezei tangențiale.

În capitolul trei vom privi mai îndeaproape cum să proiectați un rotor de motor eolian care să lucreze la un anumit raport al vitezei tangențiale.

Fig. 1.2 Coeficientul de putere și raportul vitezei tangențiale



Caracteristicile generatorului

Rotorul va accelera până când sarcina (generatorul) absoarbe toată puterea pe care el o poate produce. Dacă generatorul și rotorul sunt bine împerecheate, aceasta va avea loc la raportul proiectat al vitezei tangențiale și se va obține puterea maximă din vânt.

Generatoarele au și ele vitezele preferate de lucru. Așa cum vom vedea mai târziu, voltajul produs de un generator variază în funcție de viteza de rotație. Va fi nevoie să se învârtă repede. Dacă este conectat la o baterie, generatorul va furniza voltaj în exterior atunci când valoarea acestuia va depăși valoarea celui de la baterie.

Turația arborelui (rpm) peste care generatorul furnizează putere este cunoscută ca turație de comutare. Viteza necesară pentru obținerea puterii exterioare complete este cunoscută ca viteză nominală. Aceste viteze trebuie să corespundă vitezelor la care rotorului îi „place” să lucreze, în corespondență cu vitezele vântului.

Găsirea celei mai bune turații

Tabelul 1.3 oferă orientările pentru potrivirea vitezelor la generatoare. Alegeți puterea de care aveți nevoie în prima coloană. Aceasta este puterea nominală de ieșire a generatorului (așadar a motorului eolian). A doua coloană sugerează diametrul potrivit pentru rotor, bazat pe presupunerea că aveți C_p de 15% și viteza nominală a vântului este de 10m/s. Coloanele rămase vă dau cifrele pentru turația generatorului, în rpm, pentru fiecare serie de posibile rapoarte de viteză tangențială.

Tabelul 1.3 Rpm pentru diferite turbine si TSRs

Putere (wați)	Diametru (metri)	TSR=4	TSR=6	TSR=8	TSR=10
10	0.4	2032	3047	4063	5079
50	0.8	909	1363	1817	2271
100	1.2	642	964	1285	1606
250	1.9	406	609	813	1016
500	2.7	287	431	575	718
1000	3.8	203	305	406	508
2000	5.3	144	215	287	359
5000	8.4	91	136	182	227

Să presupunem că doriți 250 Wați, folosind un raport de viteză tangențială de 6. Alegeți rândul al patrulea. Din a doua coloană citiți diametrul de rotor sugerat: 1,9 metri. La ce turație trebuie să lucreze generatorul? Privind mai departe, găsim în coloana a patra 609 rpm.

Aceasta vă atrage atenția asupra celei mai grele probleme în proiectul micilor motoare eoliene. Este imposibil de găsit un generator cu o turație atât de scăzută. Generatoarele lucrează mai bine la turații mai ridicate. Ele sunt proiectate, de regulă, să furnizeze puterea nominală la turații cuprinse între 1500 și 3000 rpm. Sunt variate moduri de a rezolva problema, fiecare cu variantele pro sau contra și care se vor dezvălui citind această carte:

- Cuplarea vitezei între rotor și generator
- Folosirea unui raport de viteză tangențială mai ridicat
- Lucrați la o viteză mai mare a vântului
- Modificați generatorul să lucreze la o viteză mai mică
- Construiți un generator special de viteză mică.

De asemenea, trebuie , să luați în considerare viteza de comutare. În mod ideal, generatorul cu viteză de comutare ar trebui să lucreze la o treime din valoarea vitezei nominale. Păstrând rotorul la valoarea proiectată a raportului de viteză tangențială, aceasta va permite o viteză de comutare de 3,3 m/s (presupunând viteza nominală a vântului de 10 m/s). Dacă turația de comutare rpm este mai mare de jumătate din turația nominală, atunci problemele pot fi de la atingerea acestei turații la vânturi cu viteză mică.

Rezumat

Puterea vântului e amuzantă, dar nu gratuită. Este un preț de plătit, nu doar în lei, ci și în timpul dumneavoastră și în impactul asupra mediului înconjurător al altor oameni. Puteți folosi tabelele din acest capitol pentru a alege mărimea mașinii de care aveți nevoie. Tabelele țin cont de pierderi pentru dumneavoastră, făcând presupuneri despre coeficientul de putere. Potrivirea vitezei dintre rotor și generator creează câteva dileme. Rotoarele rapide sunt zgomotoase, generatoarele lente sunt grele și transmit pierderi între puteri.

Viața omului și fericirea sunt, bineînțeles, mai importante decât puterea vântului, așa că următorul capitol este despre protecție. După aceea, vom arunca o privire asupra modului în care vom proiecta și construi motoare eoliene, de la rotoare, prin partea electrică, până la cozi și turnuri.



Pentru mulți oameni, experimentul cu micile motoare eoliene înseamnă a păși în necunoscut, o adevărată aventură a vieții. Dacă ați fi navigat cu un iaht, sau ați fi legat firele pentru 13 amperi la o priză, ar fi fost cineva prin preajmă care să vă spună care e calea sigură. De departe, puțini oameni au cunoștințe despre motoarele eoliene. Aceasta reprezintă o mare responsabilitate pentru dumneavoastră de a fi protejați.

Consultați-vă cu oameni experimentați, când e posibil, dar nu vă așteptați ca ei să aibă cuvântul final. Un electrician pentru instalații electrice casnice nu va fi familiarizat, probabil, cu materialele pentru curent trifazat variabil, de exemplu. Cineva trebuie să cunoască riscurile și acea persoană sunteți chiar dumneavoastră.

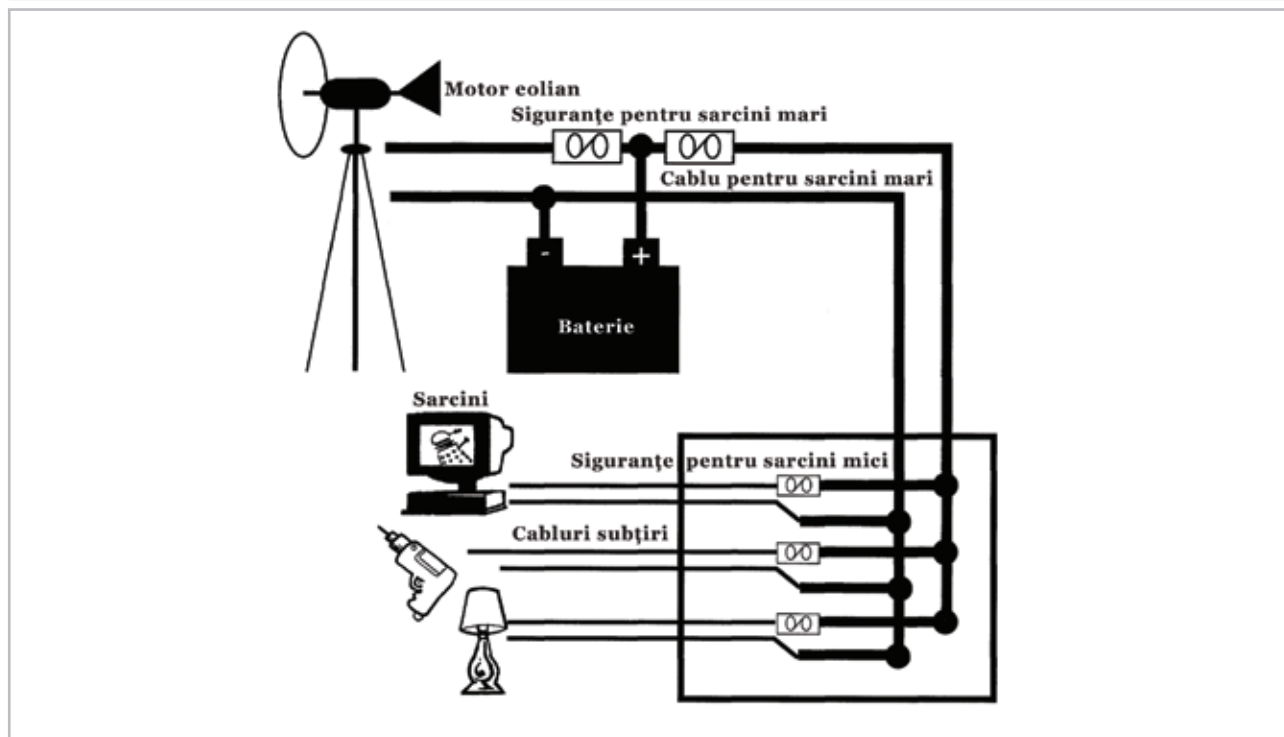
Protecția electrică

Materialele electrice prezintă două riscuri principale: focul și șocul. Ambele sunt acoperite complet de către Regulile de protecția muncii în domeniul electric, care se pot găsi publicate sub formă de cărți, în biblioteci sau librării.

Protecția împotriva focului

În ultimul capitol am menționat pierderile în cupru, datorită curentului electric care produce căldură străbătând conductorii. Când un conductor este supraîncărcat cu curent electric, el se poate încinge excesiv, astfel încât să se topească izolația de PVC care îl îmbracă și să incendieze clădirea.

Fig. 2.1 Folosirea corectă a dispozitivelor de suprasarcină



Scurtcircuite, siguranțe și întrerupătoare miniaturale (MCBs)

Curentul excesiv se poate datora suprasarcinii, când prea multă putere e folosită de către circuit, sau când s-a produs un „scurtcircuit”. „Scurt” este numele dat unui defect în care există contact între două fire din rețeaua de alimentare cu curent (plus și minus sau fază și nul). O rețea de alimentare, sau o baterie, pot furniza curenți înalți de mii de amperi în cazul unui scurtcircuit.

Oricare ar fi cauza, curenții excesivi trebuie opriți înainte de a produce un incendiu. Fiecare circuit care vine de la rețeaua de alimentare trebuie să fie echipat cu un dispozitiv de supracurent, o siguranță sau un întrerupător, care va întrerupe automat circuitul, dacă vine prea mult curent prin el. (Fig. 2.1). Siguranțele sunt convenabile pentru echipare, dar costă bani să fie înlocuite. Miniîntrerupătoarele au o popularitate în creștere, în ciuda costului suplimentar. Ele arată precum comutatoarele, pot fi folosite pentru deconectarea manuală a circuitelor și, dacă fac o greșeală, sunt ușor de restabilit. În general, sunt mai sensibile decât siguranțele și, de aceea, sunt mai sigure.

Căldura produsă depinde pe de o parte de conductor. Dacă folosiți diferite mărimi de conductori, atunci fiecare circuit trebuie să fie analizat separat. Dispozitivul de supracurent trebuie să fie capabil să conducă curentul așteptat în circuit și trebuie să fie proiectat să deconecteze circuitul dacă se supraîncarcă conductorul, sau este scurtcircuitat.

Legături proaste și pereți arși

Cablurile nu sunt singurul risc de foc într-un sistem electric. O conexiune corodată va dezvolta o rezistență înaltă la trecerea curentului electric, înainte de a se defecta complet. Normal, curentul trecând prin această rezistență, o încălzește, poate până la punctul când poate arde împrejurimile. De aceea:

Montați întotdeauna conexiunile pe materiale rezistente la foc, nu pe lemn.

Preveniți umezeala de coroziune a conexiunilor, menținându-le curate și uscate.

Radiatoarele

Ultimul, dar nu cel din urmă, este riscul de foc de la instalarea incorectă a radiatoarelor. Un radiator electric are nevoie de o ventilație bună și ar putea necesita să fie înconjurat de materiale rezistente la foc, pentru protecție.

Radiatoarele de tipul „descărcare de sarcină” sunt, în mod special, mai riscante. Acestea au scopul de a disipa un surplus de energie. Ele sunt acționate, în mod normal, de un circuit electric automat de control, care operează fără supervizare umană. Aceste radiatoare sunt rar utilizate și, atunci când e nevoie de ele, pot fi folosite pe neașteptate, ele putând fi între timp acoperite de haine vechi sau alte materiale inflamabile.

Protecția împotriva șocului

Un șoc electric este un curent electric care străbate corpul. Se întâmplă deoarece o persoană atinge două conductoare diferite, între care există o tensiune electrică. Sunt câteva moduri diferite de protecție împotriva riscului de șoc.

Folosind tensiune joasă

Cel mai simplu mod de prevenire a șocului este folosirea tensiunii joase de 12-24 volți. Chiar dacă o persoană atinge ambele borne ale unei baterii, nu este nicio senzație de șoc (dacă nu mă credeți, puteți încerca). Tensiunile sub 50 V sunt numite tensiuni foarte joase. Dacă le ținem separat de circuitele de înaltă tensiune vor fi destul de sigure.

Câteva cuvinte de avertizare despre tensiunea bateriei. Tensiunea nominală a unui sistem eolian nu este exactă. Dacă bateria este deconectată și motorul eolian lucrează la turație mare, atunci tensiunea furnizată va fi mult mai mare. De asemenea, sunt motoare eoliene care folosesc transformatoare de înaltă tensiune de la generator către cutia de control, pentru a minimiza pierderile în cabluri. Niciodată să nu presupuneți că tensiunea de la motorul eolian este prea mică pentru a vă da un șoc.

Închideți-l, puneți-i siguranță, împământați-l

Dacă trebuie să folosiți tensiunea de alimentare, atunci e esențial să vă luați măsuri de precauție. Cel mai simplu mod de a trata o rețea cu tensiune de alimentare este de a urma practica standard pentru cablajele alimentate cu tensiune. Aceasta va face ca sistemul dumneavoastră să fie mai ușor de înțeles de alții. Dar, amintiți-vă că în practică furnizorul dumneavoastră de energie eoliană s-ar putea să nu se comporte ca la o tensiune de alimentare.

Toți conductorii sub tensiune trebuie să fie în interiorul unei cutii, departe de degetele lenese. Cu orice preț, reciclați cabluri din resturi. Dar întotdeauna verificați ca izolația cablului să fie nedeteriorată înainte de a-l folosi pe acesta la tensiuni de alimentare.

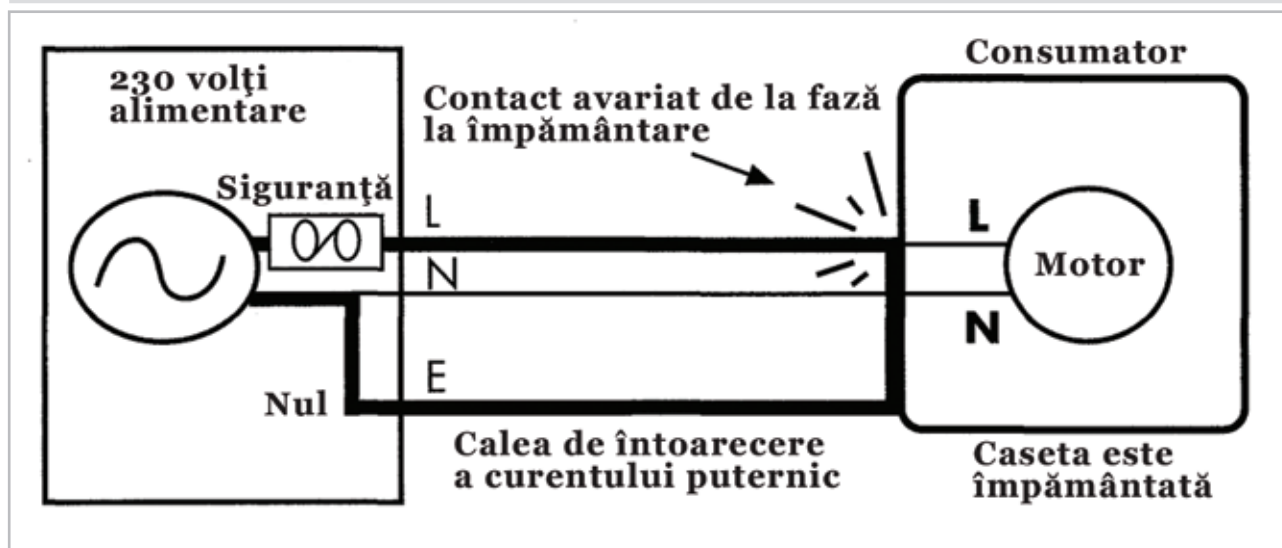
Sistemul de împământare

Rețelele de alimentare din Marea Britanie au protecție printr-un sistem numit „împământare și deconectare automată a rețelei”. Împământare înseamnă conectarea împreună a tuturor suprafețelor metalice posibil de a fi atinse. Cablul de împământare va scurtcircuita orice tensiune periculoasă care ar putea apărea datorită unei erori. Împământarea aparatelor electrice e realizată cu firul de împământare din cablaj. Folosiți-vă bunul simț pentru a decide care alte obiecte pot fi împământate împreună; unde este electricitate în uz, toate suprafețele metalice expuse trebuie împământate. O tensiune periculoasă e de nedorit între cuțitul și furculița dumneavoastră, doar dacă mâncați cumva în cutia de siguranțe. Dar conductele de apă și gaze trebuie neapărat împământate.

Obiectele de metal nu sunt singurele conductoare cu care puteți veni în contact. Planeta Pământ este un conductor, așa că o tensiune între apa de la robinet și pământ poate să vă dea un șoc. Prin urmare, se spune că împământarea este rețeta de siguranță. Ar trebui să puneți toate sârmele de împământare la una sau mai multe tije de cupru îngropate în pământ.

„Deconectarea automată a rețelei” este necesară, de asemenea, așa că atunci când apare o avarie, este rapid acționată. O avarie ar putea fi un contact nedorit între o fază (care ar trebui să fie izolată) și o parte expusă (care este împământată). Un astfel de contact poate să apară într-o situație periculoasă și alimentarea trebuie oprită.

La cablurile de alimentare deconectarea automată se face folosind dispozitivele de supracurent. În această țară, nulul alimentării este legat cu împământarea ei. De aceea orice contact între fază și împământare este un scurtcircuit al alimentării, cauzând supracurenți puternici, care vor face să lucreze siguranțele sau întrerupătoarele de circuit (Fig. 2.2).

Fig. 2.2 O avarie de împământare arde o siguranță

Dispozitivele de curent rezidual (RCDs)

Dacă alimentarea este de la un motor eolian sau inverter, atunci e posibil să nu vină un curent prea puternic care să ardă sau să declanșeze un dispozitiv, chiar atunci când alimentarea se face pe direct. Un dispozitiv de supracurent nu este bun pentru deconectare automată în cazul acestei alimentări. Un dispozitiv de curent rezidual este necesar. Acesta este foarte sensibil, acționând la o mică scurgere de curent pe împământare prin întreruperea alimentării.

Când conectați un RCD în sistemul dumneavoastră, verificați mai întâi unde este legat nulul la împământare. Niciodată nu trebuie să fie mai mult de o legătură între nul și împământare și este de obicei făcută la alimentare. Când se folosesc alimentări alternative, nulul se leagă la tabloul de distribuție. Legătura între nul și împământare trebuie să fie pe partea pe unde se alimentează RCD, altfel acesta nu va vedea avaria deloc (Fig. 2.3 pag. următoare).

Dispozitive de protecție - rezumat

Pentru a preveni focul, fixați un MCB la sfârșitul fiecărui cablu de alimentare (fază sau pozitiv) din sistem. Capacitatea de transport a cablului trebuie să fie cel puțin la fel de mare ca cea a MCB, care trebuie să fie mai mare decât curentul destinat a fi folosit.

Pentru a evita riscul de șoc, verificați dacă nulul e legat la împământarea alimentării și montați un RCD.

Fig. 2.3 Poziționarea corectă a RCD

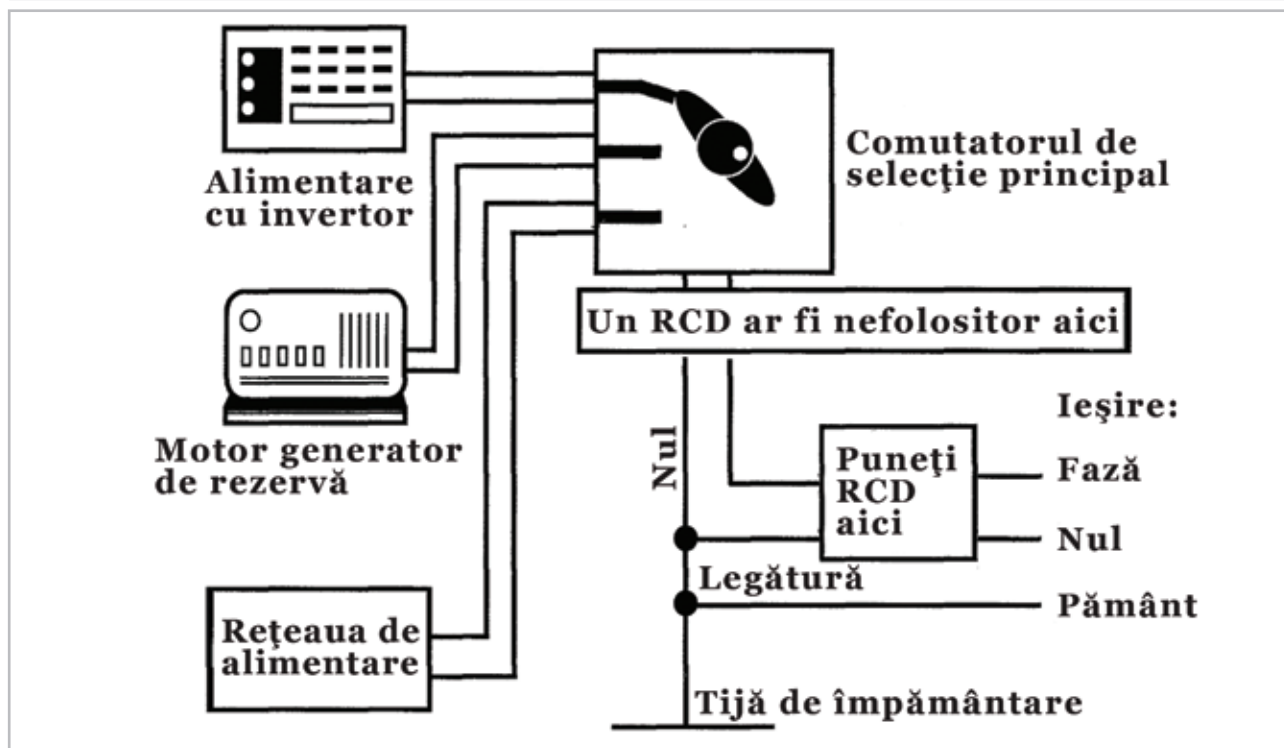


Fig. 2.3 RCD trebuie să fie în aval față de legătura nulului.

Riscurile bateriei

Urăsc bateriile. Ele sunt caracteristica cea mai urâtă a sistemelor singulare de motor eolian. Aș fi vrut să nu avem nevoie de baterii, dar ele sunt esențiale acolo unde energia vântului este sursa primară de electricitate. Ele combină câteva proprietăți periculoase.

În primul rând, sunt destul de grele pentru a vă afecta coloana când e nevoie să le mutați.

În al doilea rând, sunt pline de acid sulfuric coroziv, care vă poate ataca hainele și pielea. Este riscant mai ales pentru ochi. Curățați scurgerile cu o soluție alcalină (de exemplu, soda de rufe, pe care e bine s-o aveți mereu la îndemână). În eventualitatea contactului cu pielea (sau cu ochii), spălați-vă cu multă apă. (Spălați-vă prompt și salopetele, dacă vreți ca acidul să nu le găurească).

În al treilea rând, ele vor produce o teribilă scânteie și vă pot produce o arsură neplăcută dacă le scurtcircuitați cu o cheie fixă, de exemplu.

Înlăturați orice bijuterie atunci când lucrați cu baterii. Întotdeauna montați o siguranță, sau un întrerupător, pentru a proteja cablajul. Nu lăsați dispozitivul de supracurent în contact cu bateria, se poate coroda.

În cele din urmă, ele emană gaze explozive, care se pot aprinde de la o scânteie, așa că țineți bateriile într-un spațiu ventilat. Un mic orificiu în cel mai înalt punct și care să comunice cu exteriorul, este tot ce aveți nevoie- hidrogenul se ridică rapid. Nu produceți niciodată scânteii în jurul orificiilor de ventilație de la partea de sus a cutiei bateriei. Scânteile sunt cauza cea mai comună de producere a exploziilor bateriilor. Gazele închise acolo explodează, distrugând partea superioară a cutiei și împrășcând în jur cu acid.

Dispuneți de baterii în mod responsabil. Plumbul e toxic, acidul e toxic și e nevoie să fie reciclate și nu aruncate. Negustorii de reziduuri vă pot plăti uneori ca să le ia de la dumneavoastră. Autoritățile locale vă pot ajuta să dispuneți de ele în mod sigur.

Alte responsabilități

Lucrul cu mașini de rotație

Paletele de motoare eoliene se rotesc cu turații mari. Paletele trebuie să nu poată fi atinse de trecători sau de copii.

Când terminați primul set de palete de rotor, nu fiți tentat să le testați afară, ținându-le la vânt în ceva provizoriu, pentru plăcerea dumneavoastră. Când rotorul pornește, nu veți fi în stare să-l opriți. Forțele de rotație îl vor roti și desprinde din prindere și, cel mai probabil, cineva va fi rănit.

Curelele de transmisie descoperite, arborii și alte asemenea sunt periculoase. Când aveți de-a face cu generatoare și transmisii la nivelul solului (de exemplu, un strung) trebuie să le tratați cu mare respect. Nu purtați haine largi și țineți-vă capul acoperit.

Iată o poveste pe care mi-a spus-o Mick Sagrillo, un guru al motoarelor eoliene și cu ceva reputație în Statele Unite:

„Eram sus în Alaska, pe râul Yukon, la 35 de mile de mers cu barca de cel mai apropiat telefon. Lucram cu cineva, pe nume Iacob, la un banc de probe pentru baterii. Era cam 10 seara și bineînțeles că lucrasem mai mult decât trebuia. La acea vreme purtam părul lung și atârând până la jumătatea spatelui, în coadă de cal, dar acum era prins sub o șapcă.

Cumva, arborele lent al generatorului mi-a prins părul, și a început să mi-l smulgă încet. Pe tot. Odată ajuns acasă, eram rănit de parcă mă operasem la coloană. A fost o experiență teribilă. Încă mă mai ascund la sunetul scos de un Velcro. Oricum, am avut noroc, deoarece eram pe pământ și am supraviețuit. Și, din fericire, părul mi-a crescut la loc. Nu mai e nevoie să spun că nu mai port părul lung de loc.”

Lucrul la înălțime



Montarea unui rotor de motor eolian la vârful turnului folosind scripeți

Lucrul la înălțime (evitați-l pe cât posibil!)

Dacă nu puteți evita lucrul la înălțime, atunci fiți sigur că:

- turnul nu poate să cadă.
- legați-vă pe timpul lucrului.
- nimeni să nu treacă prin apropiere în timp ce lucrați, în caz că scăpați vreo cheie.

Nu vă cățarați niciodată dacă nu sunteți încrezător, relaxat și sigur că ați planificat fiecare mișcare. Mai bine stați, nu o faceți deloc.

Industria motoareelor eoliene din Statele Unite a avut câteva accidente mortale de-a lungul timpului, în legătură cu căderile din turnuri. În Europa, este mai normal să ridici turnul și motorul eolian ca un tot (unitate), după asamblare. Cu toate că și aceasta are pericolele ei, nu știu să fi existat accidente mortale.

Operațiunile de ridicare

Chiar atunci când nu părăsiți pământul, ridicarea turnului trebuie să se facă cu grijă și chibzuință. Pârghiile sunt surprinzător de neprevăzute și sunt deseori diferiți oameni, lucrând la diferite planuri, în același timp.

Situația cea mai sigură este când sunt implicați cât mai puțini oameni, o persoană este neapărat responsabilă, iar ceilalți stau bine în afara zonei de cădere (unde turnul ar putea ateriza dacă lucrurile merg rău). Operațiunile de ridicare trebuie să se desfășoare încet și chibzuit. Ticăloșii pot pune brusc o încărcătură mult mai mare pe aparatura dumneavoastră. De aceea, palanul trebuie să fie mai rezistent decât se cere pentru a ridica sarcina, cu un coeficient bun de siguranță (să zicem de cinci ori mai mare).

Bucățelele și turnurile cad

Protecția e prima și ultima în proiectul motoarelor eoliene. Construiți-vă turnul astfel încât niciodată să nu cadă. Poziționați-l presupunând că sigur va cădea, sau cel puțin că bucăți grele de metal vor cădea când cineva va trece prin apropiere.

Nu fiți prea deprimat. Protejând conștiincios, nu vă ia mult timp. Mai bine să fiți deprimat înainte decât după, când e prea târziu.



TREI

PROIECTUL ROTORULUI

A

cest capitol este despre proiectarea paletelor rotorului la motorul eolian. Vom începe cu teoria despre cum paletele își îndeplinesc sarcina lor și următorul capitol descrie modul practic în care le puteți face.

Betz revăzut

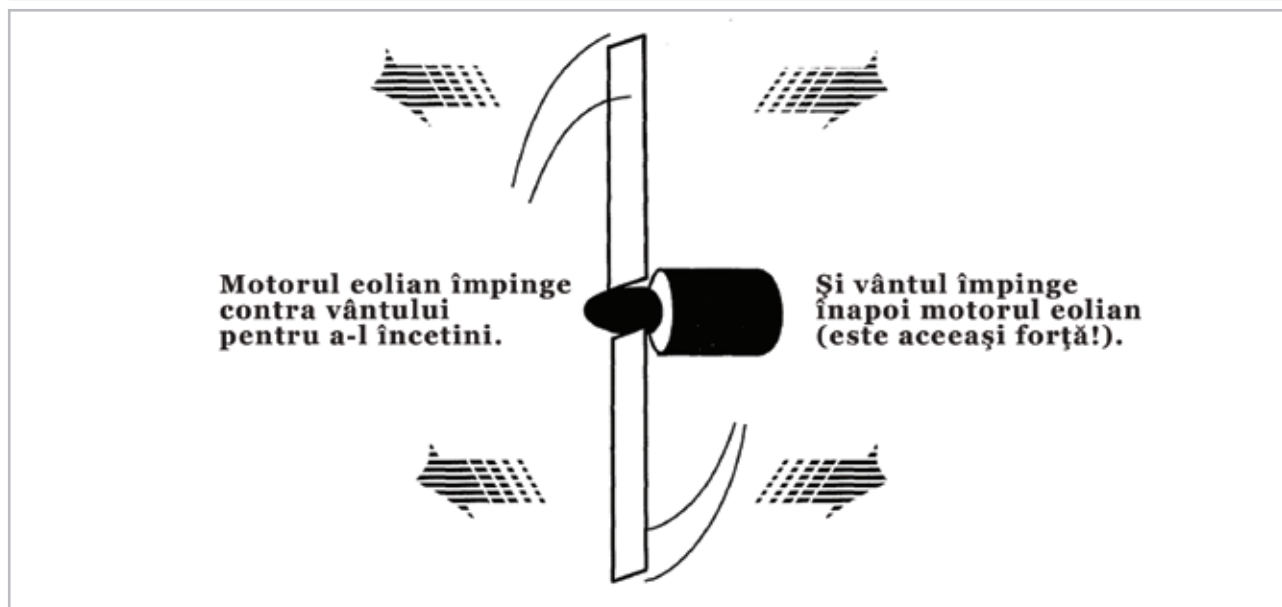
Puterea vântului e limitată. Noi extragem acea putere frânându-l (încetinindu-l). Conform lui Betz (Capitolul unu), o frânare a vântului este optimă (până la o treime din valoarea vitezei curenului în amonte), atunci când extrage cea mai mare putere (59,3%). O frânare mai puternică va duce la devierea vântului departe de rotor.

„Forța de frânare” care decelerează vântul este egală cu forța de împingere a vântului asupra rotorului (a treia lege a lui Newton). Șmecheria principală a proiectării rotorului este crearea forței de împingere, care va produce frânarea optimă a lui Betz și nu mai mult.

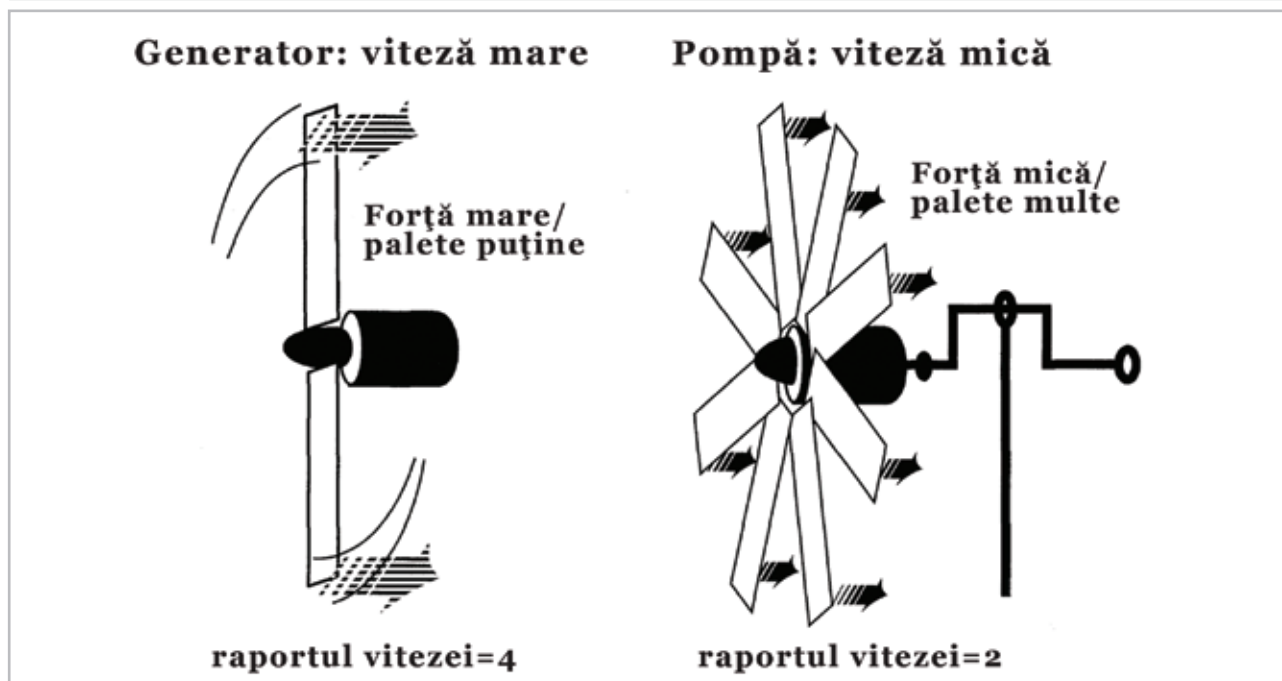
Câte palete?

Decizia fundamentală în execuția oricărui proiect de rotor este câte palete vom folosi. Mulți oameni simt în mod intuitiv că un număr mai mare de palete va produce mai multă putere. La suprafață, deoarece fiecare paletă contribuie la puterea produsă de motorul eolian, aceasta judecată pare a fi logică. Greșeala în această logică este presupunerea de bază că acolo se dispune de mai multă putere. Dacă două palete este numărul corect, atunci nu are niciun sens să o adăugăm pe a treia, care va fi doar o piedică, de fapt.

Și totuși, de ce vedem motoare eoliene cu multe palete, în timp ce altele au doar două sau trei? Răspunsul se află în diferitele sarcini pe care le au de îndeplinit motoarele eoliene, ceea ce necesită viteze diferite de lucru.

Fig. 3.1 Forțele pe un motor eolian

Cu cât mai repede trece paleta prin vânt, cu atât mai mare este forța de împingere. De fapt, forța crește direct proporțional cu pătratul vitezei paletelor, astfel încât efectul dublării turației rotorului este o creștere de patru ori a forței. Este o forță optimă care se poate dezvolta, pentru obținerea puterii maxime (conform lui Betz). Dublarea vitezei rotorului crește efectul fiecărei paletă pe vânt, de patru ori, așa că nu avem nevoie decât de un sfert din numărul de palete (Fig. 3.2).

Fig. 3.2 Tipul paletelor și viteza axului

Cuplu și viteză

Puterea mecanică are două componente: forța și viteza. Cuplul este expresia tehnică pentru „forța de torsiune”. Pompele au nevoie de multă torsiune, mai ales atunci când pornesc din repaus. Generatoarele au nevoie de multă viteză. Ele folosesc aceeași cantitate de putere, dar în moduri diferite. Puterea rotorului este produsul dintre forță și turație.

Tabelul 3.1 vă sfătuiește pentru alegerile tipice ale raportului dintre viteză și numărul de palete pentru pompe și generatoare.

Două palete sau trei?

Numărul paletelor pe care le folosim este în mare măsură dictat de raportul vitezei cu care vrem să lucrăm. Sunt câteva derivate totuși, așa cum se poate vedea din tabelul 3.1. Trei palete înguste vor avea performanțe similare cu două mai late.

Tabelul 3.1 Tipuri de turbine

Raport de transmitere	Număr de pale	Funcții
1	6-20	Pompe lente
2	4-12	Pompe rapide
3	3-6	Olandeză în 4 palete
4	2-4	Generatoare lente
5-8	2-3	Generatoare
8-15	1-2	Cel mai rapid posibil

Atunci, care este diferența? Două palete fac mai mult zgomot decât trei. Aceasta, parțial, din cauză că este o diferență în viteza vântului de la vârful paletei și de la baza ei, cunoscută ca „forfecare de vânt”. Forța de la baza paletei este mai mică decât cea de la vârful ei. Când sunt numai două palete, configurația respectivă duce la un dezechilibru pulsatoriu. Diferența este cea mai critică pe direcție verticală, neglijabilă pe direcție orizontală și foarte complicată pe direcțiile diagonale. Un rotor cu trei palete nu va suferi din cauza acestei probleme.

Un alt fel de trepidație apare când motorul eolian „girează”. A gira este termenul pentru „rotirea” în plan orizontal a motorului eolian. Rotoarele cu două palete suferă de trepidații în timpul girației. Considerați efectul ținării unui obiect lung și drept, ca o coadă de mătură, când vreți să faceți o întoarcere bruscă. Dacă țineți coada de mătură vertical, vă puteți răsuci în plan vertical fără nicio problemă. Când țineți orizontal, este mai mare inerția, făcând întoarcerea dumneavoastră mai greoaie. Un motor eolian cu rotor centrifugal se mișcă de la

planul vertical la cel orizontal de mai multe ori într-o secundă, ceea ce face ca mișcarea de rotație să fie sacadată (Fig. 3.4).

Fig. 3.3 Efectul de forfecare a vântului

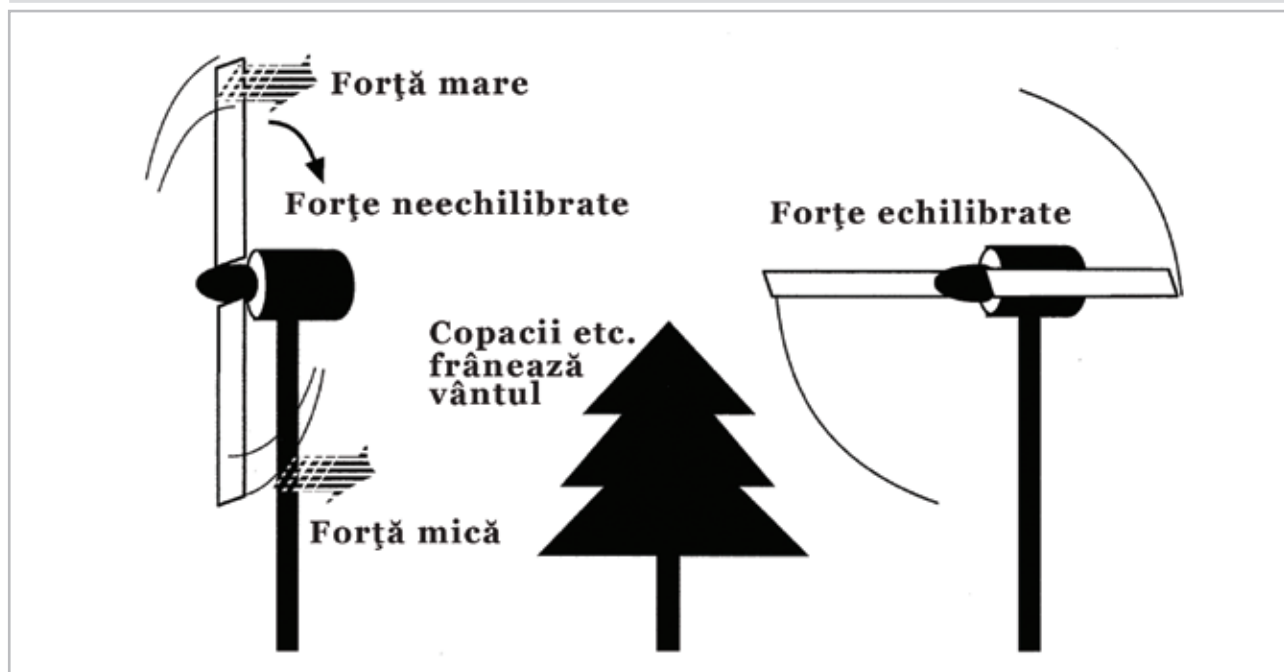


Fig. 3.4 Trepidații în timpul rotației

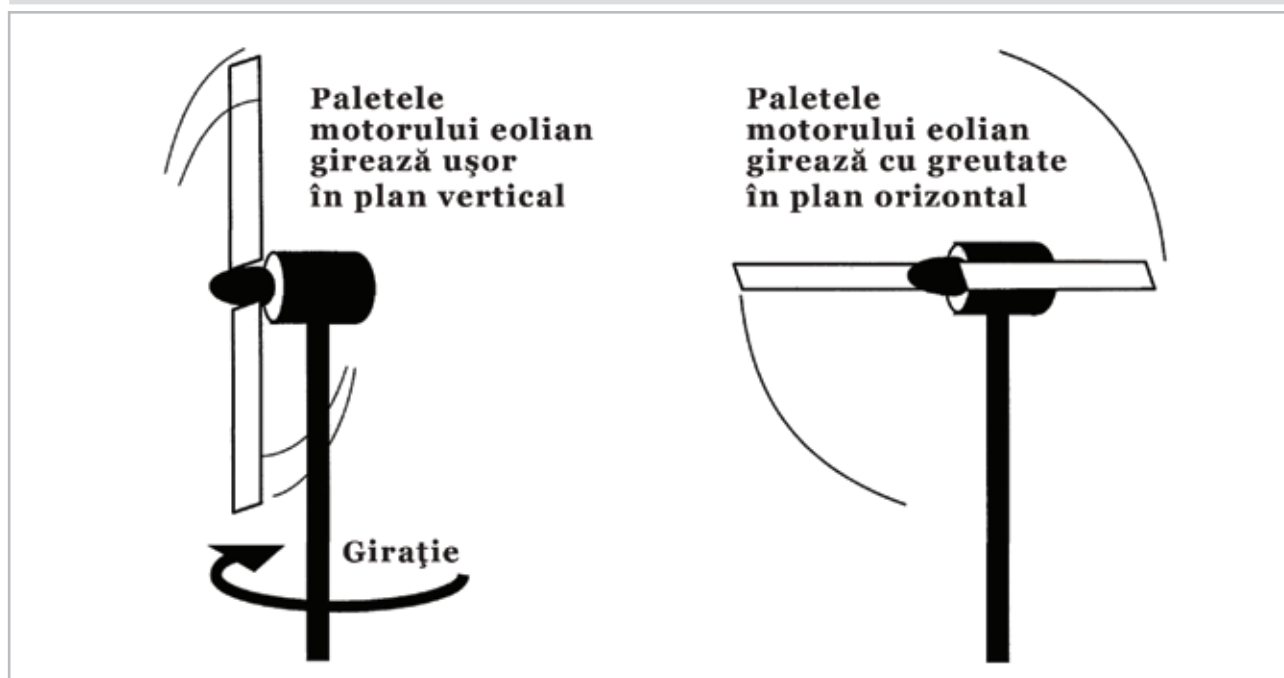


Fig. 3.4 Paletele se rotesc rapid între planul vertical și cel orizontal, cauzând vibrația mașinii în timpul rotației.

Folosirea portanței și a tracțiunii

Este timpul să privim de aproape în ce fel palele motorului eolian interacționează cu vântul pentru a produce forțele care pun mașina în mișcare. Orice obiect aflat într-un curent de aer va fi împins. Forța care acționează asupra obiectului poate fi paralelă cu curentul de aer, dar e cel mai probabil să fie oblică. Obiectele asimetrice creează forțe asimetrice. Pentru a vă ajuta în calcule, descompunem forța în două componente, acționând în direcții diferite, numite portanță și tracțiune (Fig. 3.5).

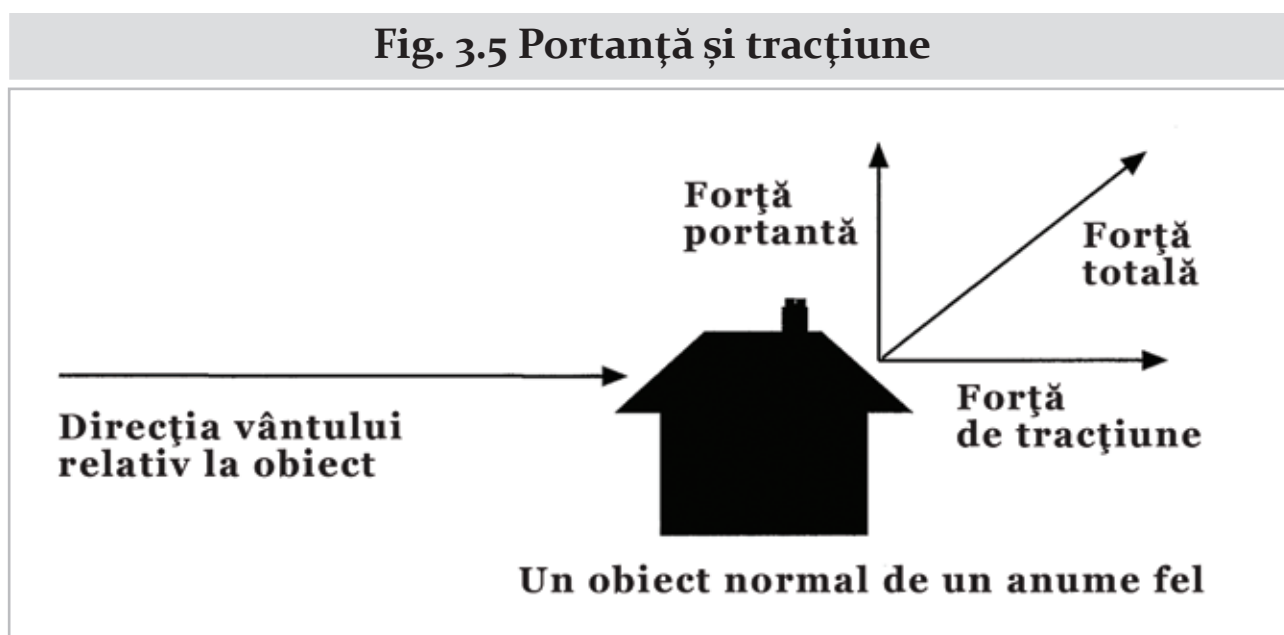


Fig. 3.5 Componentele forței aerodinamice

- Portanța face un unghi de 90 de grade cu direcția curentului de aer.
- Tracțiunea este paralelă cu direcția curentului de aer.

Diferitele tipuri de motoare eoliene folosesc diferite componente ale forței. Cele mai timpurii motoare eoliene cunoscute au fost cele cu ax vertical, probabil derivate din „morile cu boi” acționate de mersul în cerc al animalelor. Axul motor era vertical, învârtind o piatră de moară în cele mai multe cazuri. Paletele erau zbaturi primitive făcute din lemn sau rogojină, care captau vântul, fiind învârtite de acesta (Fig. 3.6).

Un perete de adăpost era folosit pentru a proteja zbaturile pe o parte a motorului eolian, astfel încât vântul împingea rotorul, învârtindu-l. Zbaturile erau proiectate să aibă randament cu vântul de pe o parte, captându-l de pe cealaltă parte. În orice caz, era forța de tracțiune a vântului pe zbat cea care făcea ca motorul eolian să se învârtă.

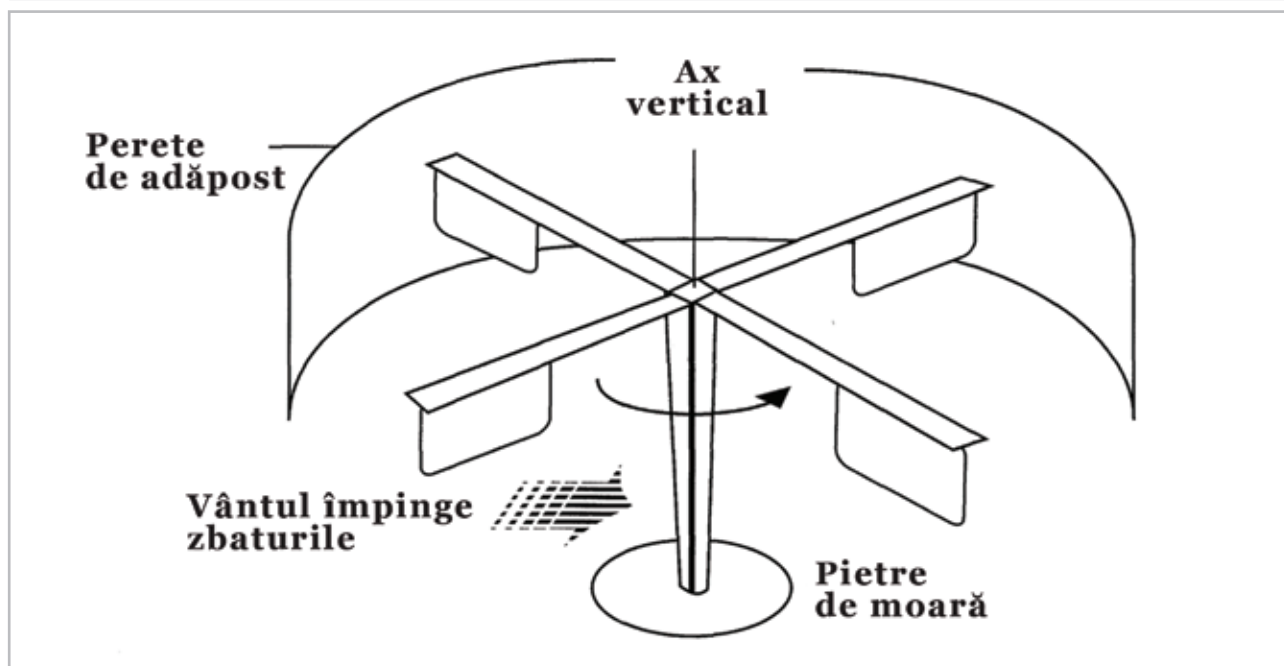
Fig. 3.6 Motoarele eoliene timpurii

Fig. 3.6 Motoarele eoliene timpurii erau de acest tip și erau cunoscute ca mașini cu tracțiune.

Motoarele eoliene, cum erau acesta, erau cunoscute ca „mașini cu tracțiune”, deoarece ele operau cu ajutorul forțelor de tracțiune ale vântului. Separat de faptul că erau ușor de înțeles, mașinile cu tracțiune aveau puține avantaje. Jumătate de rotor nu face nimic, sau chiar trage mașina înapoi. Astfel încât coeficientul puterii e scăzut. Viteza este limitată, de asemenea. Extremitățile nu se pot mișca mai repede decât le împinge vântul. Motoarele eoliene moderne operează cu forțele de portanță și de aceea pot fi numite „mașini cu portanță”.

Ce vânt face ca să se vadă de fapt paleta?

Imaginați-vă pe dumneavoastră la extremitatea unei palete a unui motor eolian modern tipic (Fig. 3.7). Vă puteți imagina efectul pe care-l va avea mișcarea de coborâre a extremității paletei datorită acțiunii vântului. Dacă rotorul se învâрте într-o zi calmă, ați simți un vânt din față egal cu viteza paletei. Când este și un vânt din lateral, vântul din față se adaugă la el, dând naștere unui vânt rezultat direcționat sub un unghi. Putem numi acest vânt care acționează asupra paletei „vânt relativ”.

Acest tip de motor eolian este mai greu de înțeles, dar are câteva avantaje mari. Extremitatea se poate mișca cu o viteză mai mare ca a vântului. Dificultatea principală vine de la forța de tracțiune, care trage de pală în spate. Cu cât se mișcă mai repede, cu atât mai mult forța de tracțiune se rotește pentru a frâna paleta (orientată în sus). Pentru a obține un coeficient de putere bun, trebuie să creăm portanța optimă, micșorând tracțiunea. Cu alte cuvinte, trebuie să micșorăm raportul portanță/tracțiune.

Fig. 3.7 Un motor eolian modern

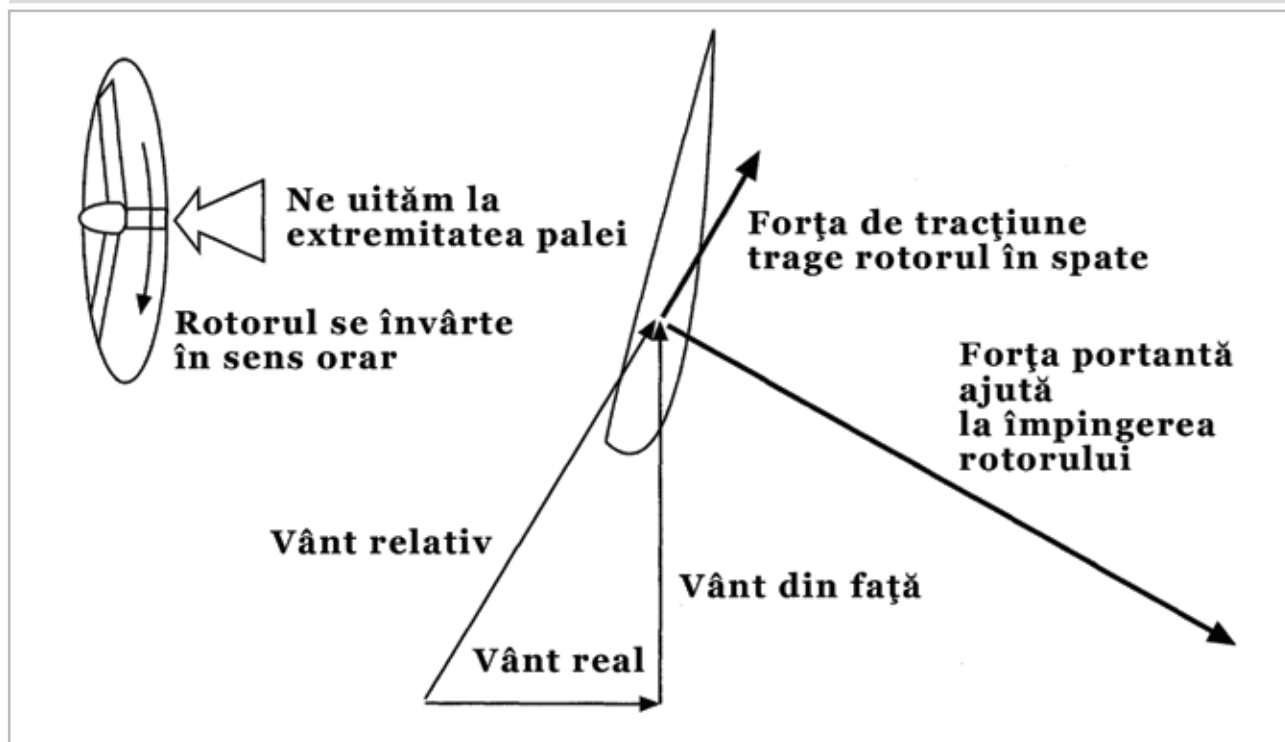
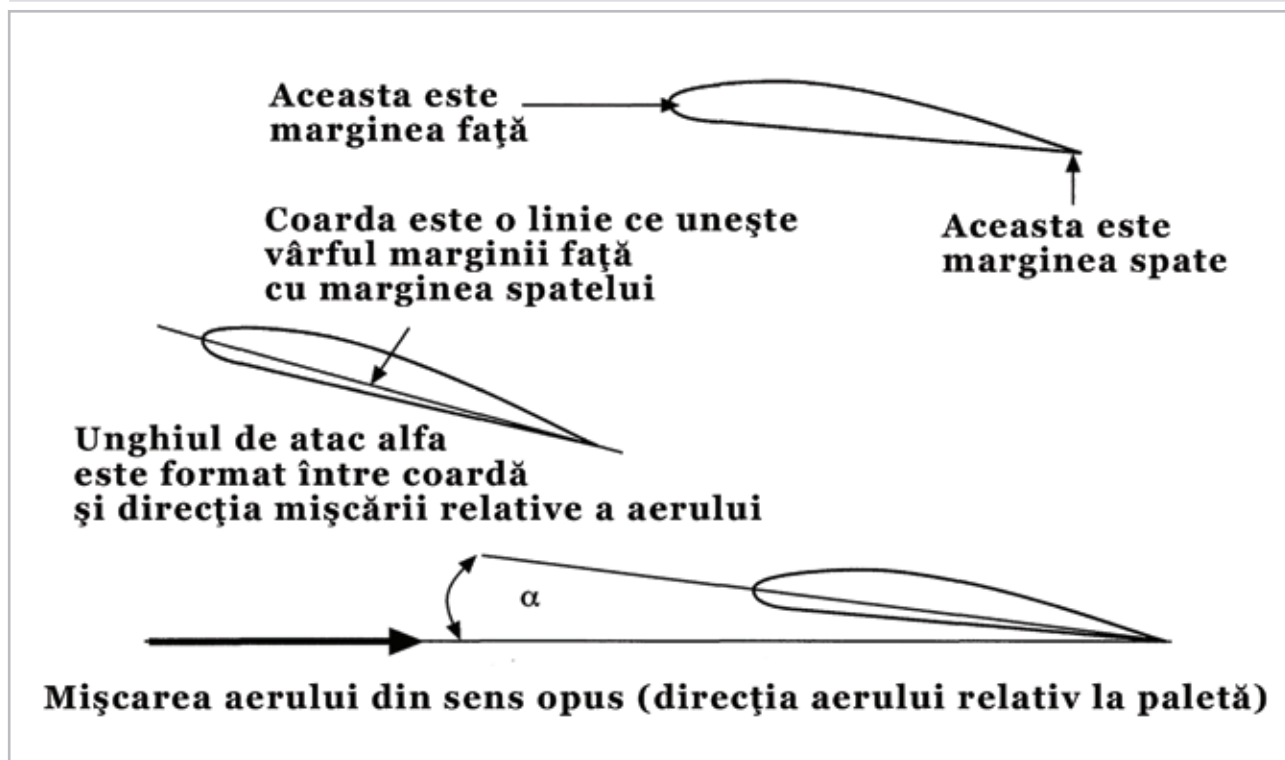


Fig. 3.7 Mașina cu portanță cu ax orizontal

Fig. 3.8 O paletă tipică.



Ajută folosirea unei forme mai aerodinamice, de exemplu secțiunea unei aripi, așa ca secțiunea NACA 4412 din fig. 3.9.

Unghiul de atac este format între linia de coardă și direcția vântului, așa cum se vede în secțiunea aripii. Se pot găsi grafice în cărți de date care arată felul în care portanța variază în funcție de unghiul de atac, pentru tipurile comune de secțiuni de aripi. Figura 3.8 arată graficul pentru NACA 4412.

Rețineți că acest coeficient de portanță crește odată cu creșterea unghiului de atac, până la un punct cunoscut ca „oprire”, unde curentul de aer se desprinde de profilul aripii și apare o zonă de turbulență. O aripă blocată are portanța scăzută și tracțiunea ridicată.

Fig. 3.9 Portanța în funcție de unghiul de atac la NACA 4412 ($Re = 101^7$).

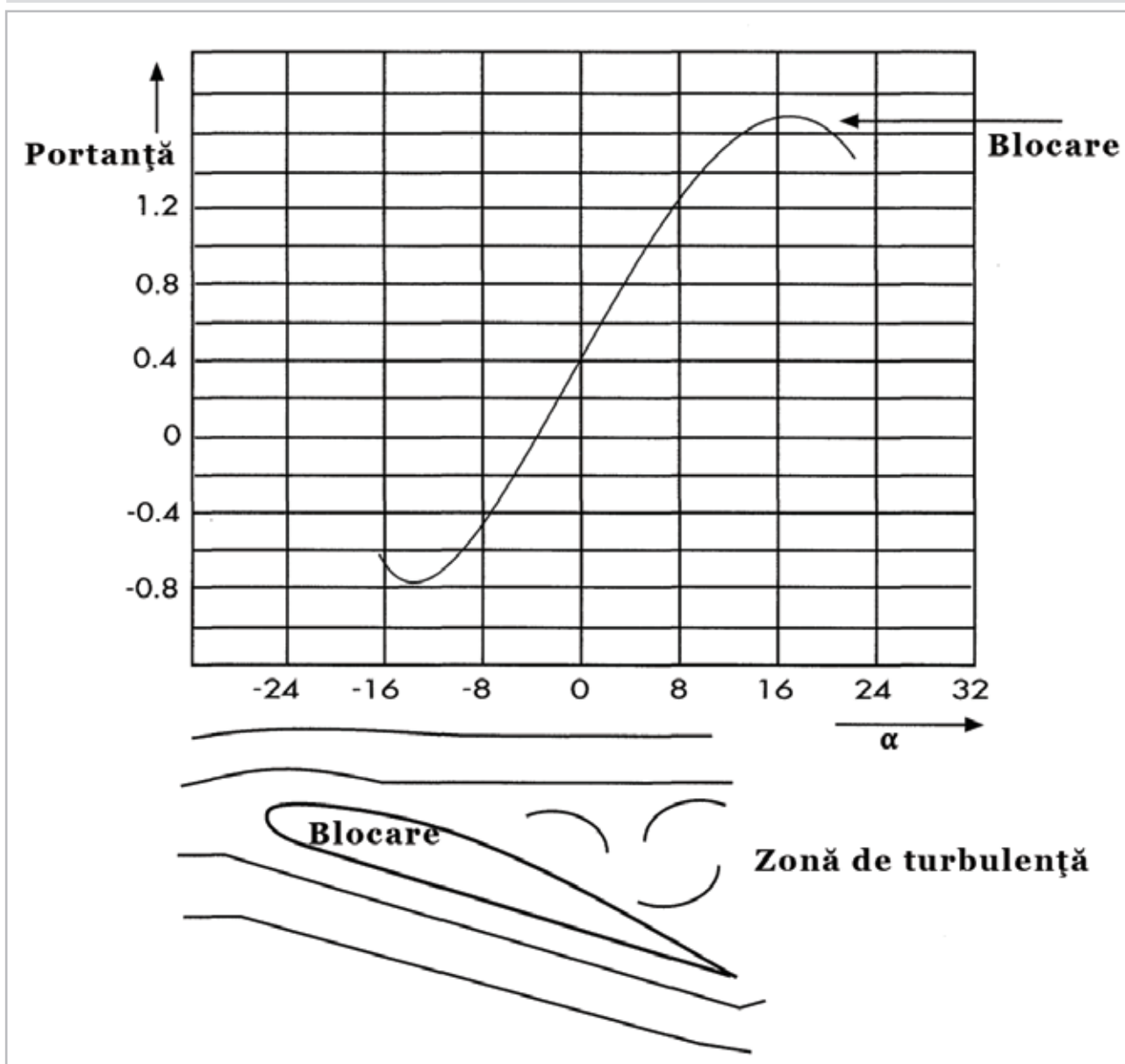


Fig. 3.10 Dimensiunile rotorului și punctele de oprire

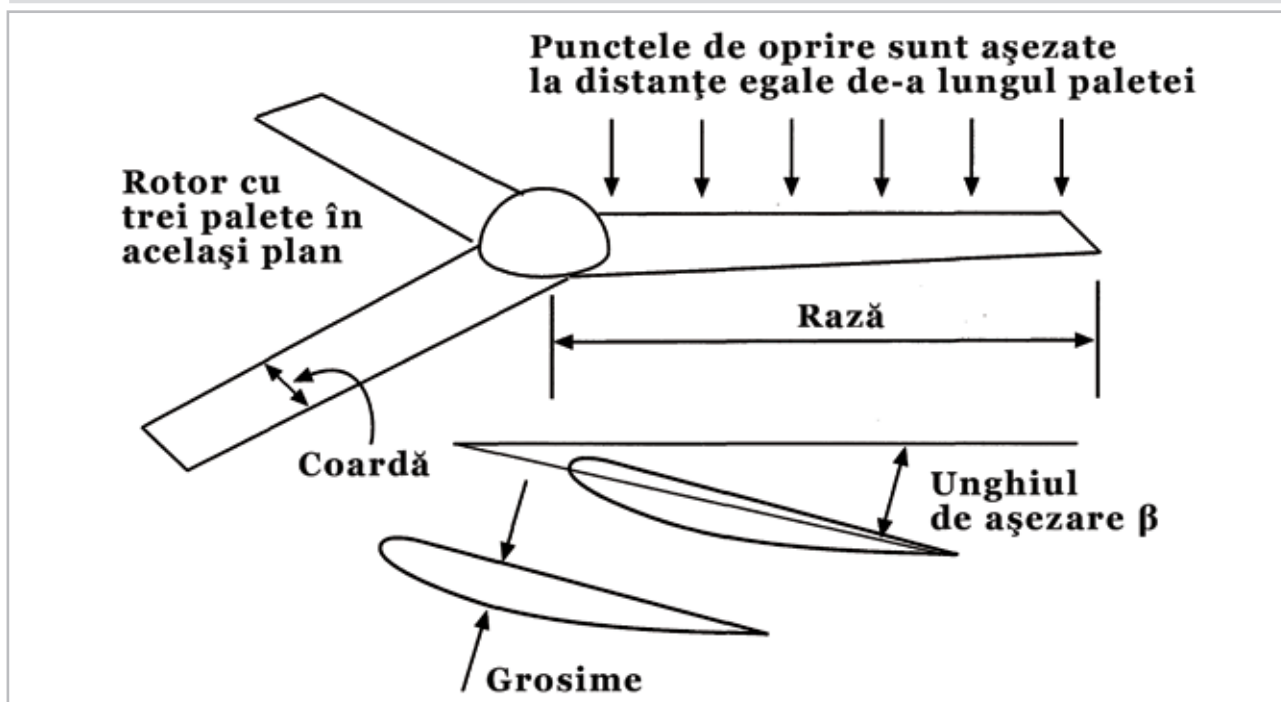


Fig. 3.10 Dimensiunile rotorului sunt specificate la punctele de oprire de-a lungul paletelor. „Coarda” este adâncimea paletelor.

Testele făcute în tunelul aerodinamic arată că raportul dintre tracțiune și portanță nu este un factor constant: el variază în funcție de înclinarea secțiunii aripilor. Cel mai bun raport este, de obicei, la un unghi de atac de 4 grade.

Aceste date din tabelul 3.2 sunt interesante deoarece arată că nu este o variație mare în portanță între aceste forme diferite, dar variația e mare în raportul dintre tracțiune și portanță. Formele raționalizate, ca secțiunea NACA, au mult mai puțină tracțiune decât formele neprelucrate (brute). Poziția țevii pe spatele paletelor face ca cea de-a patra formă să fie deosebit de rea.

Proiectul paletelor

Proiectând o paletă, noi îi specificăm forma la fiecare din seriile de „puncte de oprire” de-a lungul lungimii sale (Fig.3.9).

La fiecare punct de oprire sunt date aceste date:

- raza
- unghiul de așezare
- coarda
- grosimea

Raza

Aceasta este, la modul simplu, distanța de la centrul rotorului până la punctul de oprire.

Tabelul 3.2 Datele pentru câteva secțiuni simple

Secțiune		Raport tracțiune/ portanță	Unghi α	Coeficient de portanță C/L
Placă plană		0,1	5 grade	0,8
Placă curbă (curbură 10%)		0,02	3 grade	1,25
Placă curbată cu țevă pe partea concavă		0,03	4 grade	1,1
Placă curbată cu țevă pe partea convexă		0,2	14 grade	1,25
Paletă NACA 4412		0,01	4 grade	0,8

O listă a secțiunilor care ar putea fi folosite, cu rapoartele lor tracțiune/portanță.

Unghiul de așezare

Uneori menționat ca „pas”, unghiul de așezare (β) este unghiul dintre linia de coardă și planul de rotație al rotorului motorului eolian. Iată procedura pentru a găsi unghiul optim:

1. Decideți care e unghiul de atac care vreți să opereze (de regulă, 4°) pentru un raport minim tracțiune/portanță.
2. Găsiți direcția vântului relativ care lovește marginea față a paletei la fiecare punct de oprire (fig. 3.10). Acesta va fi suma a două viteze: viteza vântului prin rotor și viteza vântului din față, cauzată de rotația rotorului însuși. Putem numi acesta unghiul de curgere Φ .
3. Unghiul de așezare este diferența dintre unghiul de curgere și unghiul de atac.

Unghiul de curgere (și unghiul de așezare, de asemenea) depinde de cât de departe vă deplasați de-a lungul palei (fig.3.11, pagina următoare). Aproape de bază, vântul vine aproape perpendicular pe rotor și unghiul de așezare trebuie să fie mare. Către extremitate, valoarea vântului din față este mai mare și, astfel direcția vântului relativ este rotită, iar unghiul de așezare trebuie să fie mult mai mic. Tabelul 3.3 (pagina următoare) sugerează unghiuri de așezare potrivite (în grade), pentru cinci puncte de oprire așezate la distanțe egale și patru posibile rapoarte de viteză la extremități.

Fig. 3.11 Reglarea unghiului de așezare

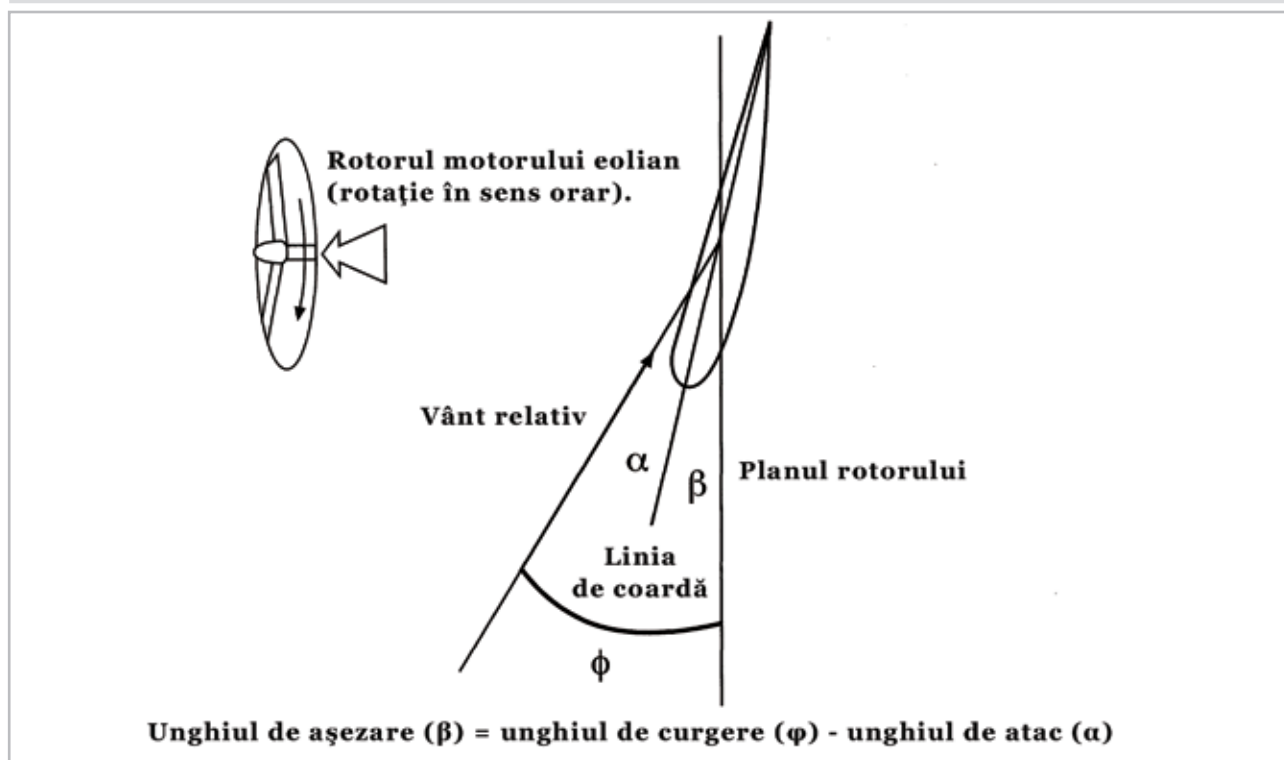


Fig. 3.11 Unghiul de așezare este reglat pentru cel mai bun unghi de atac

Tabelul 3.3 Reglajul unghiurilor

La o serie de puncte de oprire (se presupune că unghiul $\alpha=4^\circ$)
Reglajul unghiurilor pentru raportul vitezei extremității

Punct de oprire	4	6	8	10
1	36	25	19	14
2	19	11	8	5
3	11	6	4	2
4	8	4	2	1
5	5	2	1	0

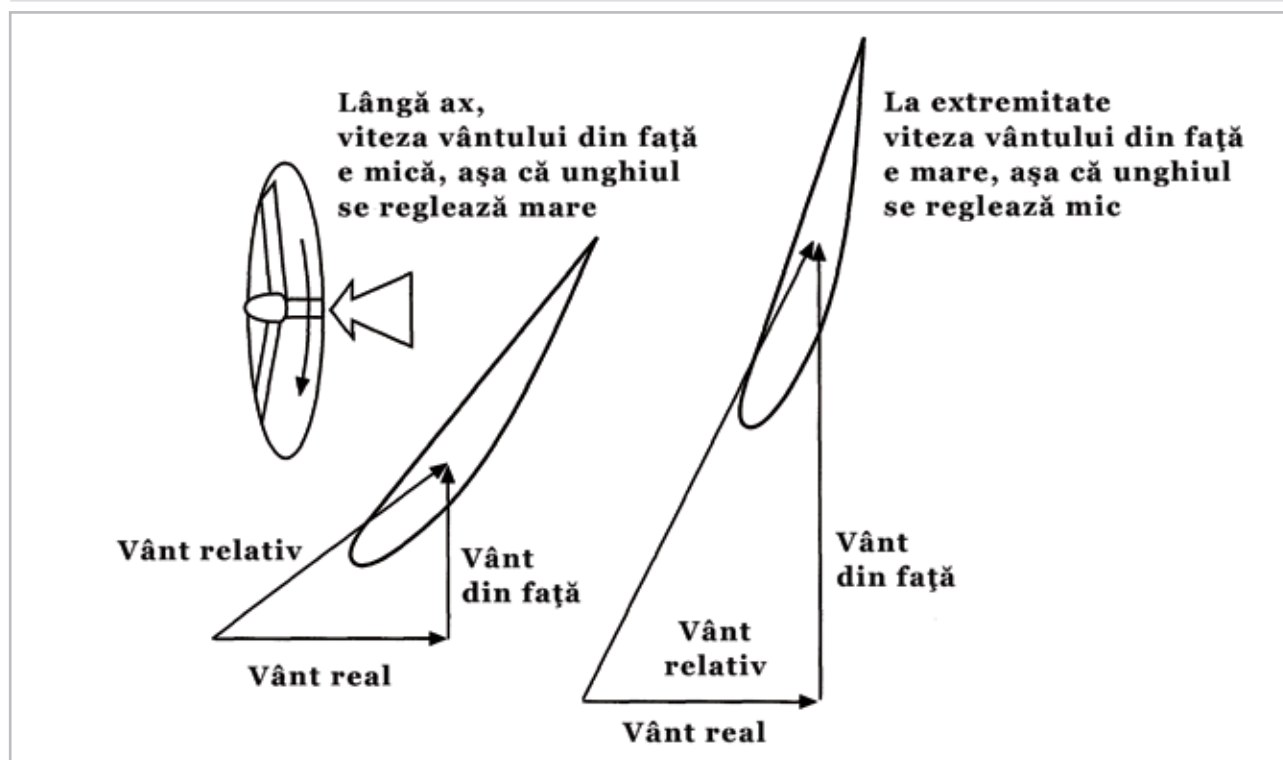
Lățimea paletei sau coarda

Următorul stadiu al procesului de proiectare a paletei este de a specifica lățimea coardei la fiecare punct de oprire de-a lungul lungimii. Pentru a calcula coarda conform teoriei,

echivalăm forța de împingere aerodinamică (din calculele portanței) cu forța cerută de schimbarea momentului a lui Betz (legile lui Newton) și, eventual, ajungem la o formulă de lucru. Formula simplă din ecuațiile energiei eoliene (la sfârșitul cărții) lucrează fiabil pentru rotoarele de turație mare.

Tabelul 3.4 dă exemple de lățimi de coardă pentru o selecție a raportului vitezei extremității. În fiecare caz, numărul de palete „B” este deja ales și lățimea coardei este dată ca procent din diametru.

Fig. 3.12 Unghiul de curgere la centru și la extremitate



Palete nerăsucite

Lățimea de coardă ideală (ca și reglajul unghiular ideal) merge de la extreme până la centru. Totuși, este doar o mică pierdere de performanță dacă folosiți o pală nerăsucită, simplă și rectangulară (cu margini paralele). Aria vântului măturat de partea interioară a palei este relativ mică. Puteți folosi unghiul și coarda specificate pentru al patrulea punct de oprire la întreaga lungime a paletei. Într-o oarecare măsură, coarda îngustă și reglajul plat al părții interioare a paletei se compensează una pe alta.

Tabelul 3.4 Lățimea coardei ca procent din diametru

Raportul vitezei extremității:	4	6	8	10
Numărul de palete:	3	3	2	2
Punct de oprire 1	21.4	12.3	11.6	7.8
2	15.4	7.5	6.5	4.2
3	11.2	5.2	4.4	2.9
4	8.7	4.0	3.4	2.2
5	7.1	3.2	2.7	1.7

Lățimea coardei ca procentaj al diametrului rotorului. Coloanele arată opțiunile pentru raportul vitezei extremității și numărul de palete, ca cele ilustrate în fig. 3.13. Punctul de oprire 1 este lângă butuc, punctul de oprire 5 este la extremitate, astfel încât lățimea coardei este mai mică la extremitate.

De ce să ne obosim să facem palete răsucite, ascuțite? Iată aici trei motive bune:

- Eficiența e ușor îmbunătățită.
- Paletele ascuțite sunt mai rezistente. Solicitarea cea mai mare la îndoire este la rădăcina paletei, iar la paleta mai ascuțită este mai puțin probabil ca aceasta să se desprindă în cazul unor condiții anevoioase de lucru, sau datorită oboselii, comparativ cu paleta dreaptă.
- Paletele ascuțite sunt mai bune la pornire. O rădăcină a paletei mai largă și mai brută va fi puțin mai bună la torsiune. Fiecare lucru mic e de ajutor!

Grosimea paletei

Secțiunile subțiri au rapoarte tracțiune/portanță mai bune, așa că trebuie folosite acolo unde este posibil, pentru cele mai bune performanțe. Lângă rădăcina paletei, unde raportul vitezei e mic, raportul tracțiune/portanță nu e așa important, dar puterea este, astfel încât o secțiune mai groasă e mai potrivită.

Dacă aceeași secțiune este folosită pentru întreaga pală, atunci NACA 4415 (cu grosimea 15% din coardă) este un bun compromis.

Direcția opusă vântului, direcția vântului sau ax vertical

Este o mare varietate de orientări diferite ale rotorului pe care le puteți folosi (Fig. 3.5). Cele mai multe motoare eoliene sunt cunoscute ca „turbine de vânt cu axe orizontale” sau

„HAWTs”. Între HAWTs sunt varietăți contra vântului și direcția vântului, depinzând de faptul dacă rotorul este în direcția opusă, sau în direcția vântului pe turn. Mai este un alt tip de turbine, cunoscut ca „turbine cu ax vertical” sau „VAWTs”.

Fig. 3.13 Formele paletelor

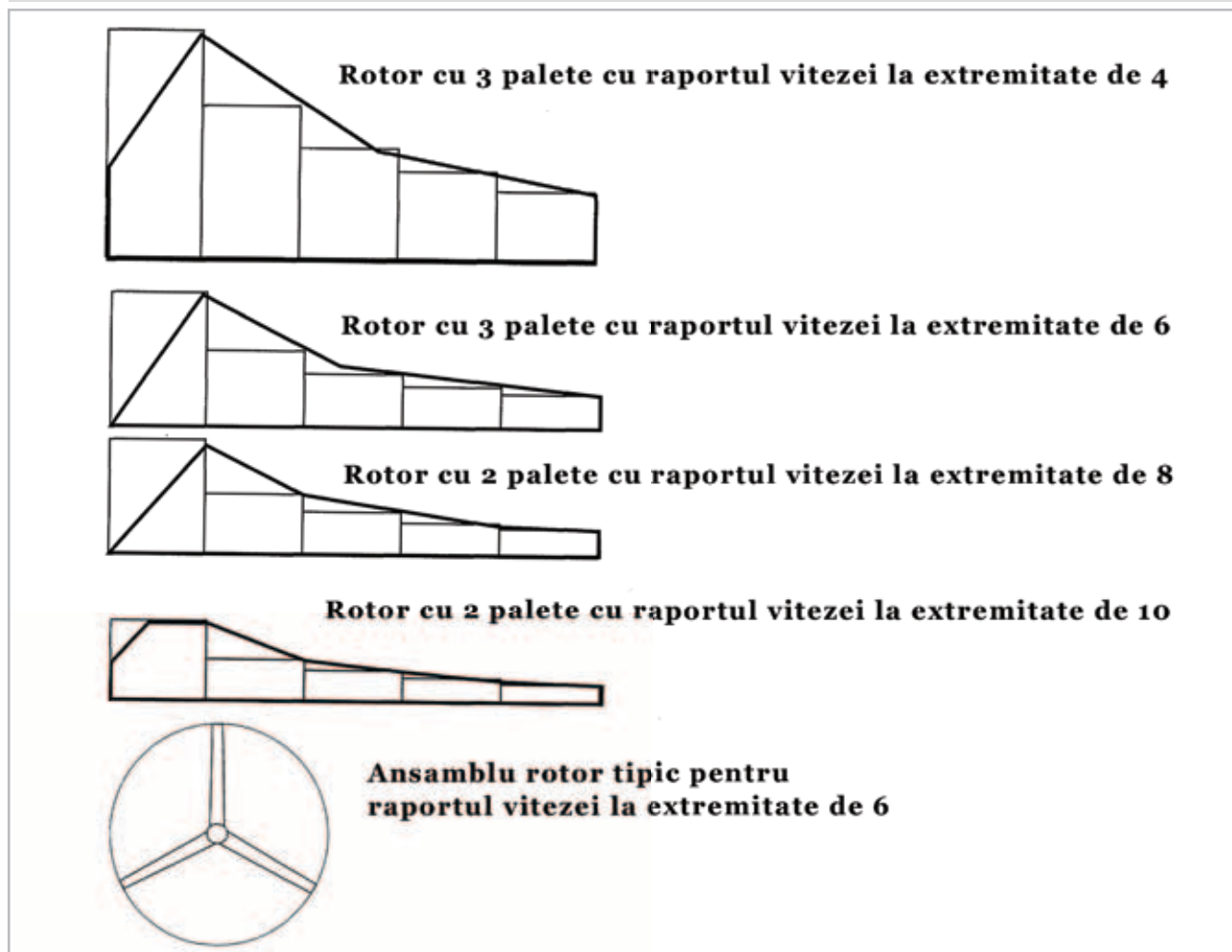


Fig. 3.13 Aceste forme sunt pentru lățimi de coardă din tabelul anterior

Rotoarele în direcția vântului sunt deseori „con independent” (Fig. 3.14), însemnând că paletele sunt montate pe balamale sau sunt flexibile. Forța de împingere a vântului le aruncă în direcția vântului, dar forța centrifugă le aruncă în exterior. Paletele admit o conicitate particulară care depinde de tăria vântului și de viteza rotorului. Scopul acestei „libertăți” este de a îndepărta solicitările la îndoire de la rădăcina paletii. Fiind în direcția vântului turnului, rotorul trece prin urma turnului, astfel încât paletele pierd cea mai mare parte a forței de împingere a vântului la o rotație. Această clătinare continuă poate duce la desprinderea bruscă a paletelor din butuc.

Fig. 3.14 Motor eolian în direcția vântului

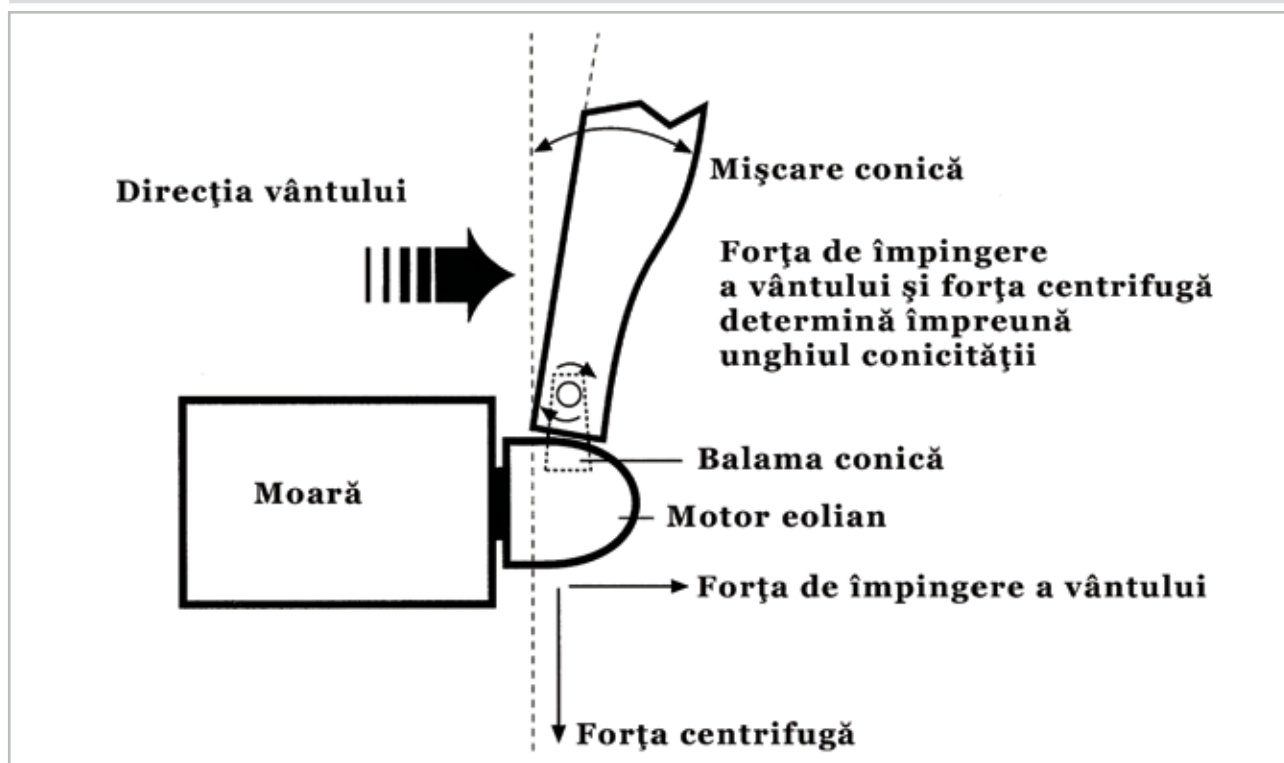


Fig. 3.14 Acest proiect are balamale conice pe palete.

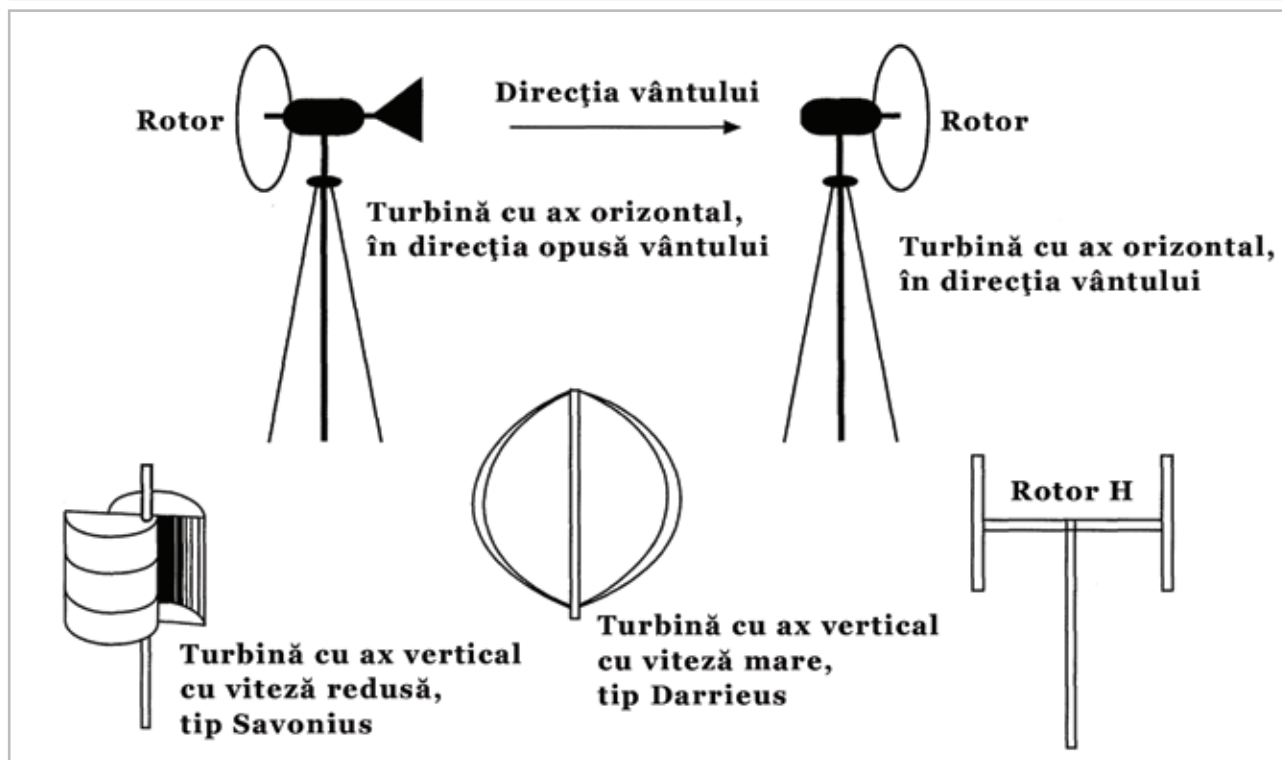
Balamalele conice sunt folosite, de asemenea, la rotoarele cu o singură paletă, împreună cu o contragreutate. Libertatea conică nu e o idee așa de bună pentru rotoarele din direcția opusă vântului, deoarece rafale neașteptate le pot împinge în turn.

Un alt avantaj care este revendicat la rotoarele din direcția vântului este că pot fi cu „girație liberă”. Nu este ușor să se pună o coadă pe aceste mașini, nici necesar, dacă totul este bine. În anumite condiții ale raportului vitezei la extremitate, totuși, un motor eolian în direcția vântului poate schimba funcționarea în direcția opusă vântului. Aceasta este foarte dificil de explicat, dar impresionant de urmărit, atunci când se întâmplă.

Mașini cu ax vertical

Deja am privit în acest capitol o mașină de vânt cu ax vertical: mașina cu tracțiune preluată de la boi. Un proiect similar este folosit pentru anemometre (instrumente care măsoară viteza vântului), din cauza raportului foarte constant al vitezei. Ca inițiator de mișcare nu este competitiv, din cauză că este foarte inefficient și lent.

Savonius, sau tipul de rotor S al turbinei cu ax vertical (Fig. 3.15), este foarte popular printre adepții acestui tip de turbină. Are un moment de torsiune de pornire mare și este excelent pentru a învârti firme, rotoare de ventilatoare etc, dar are o eficiență scăzută și este mai curând lent pentru producția de electricitate. Coeficientul maxim de putere C_p pentru rotorul Savonius este de circa 0,15, în timp ce turbinele cu ax orizontal depășesc de obicei 0,3.

Fig. 3.15 Orientări diferite ale rotorului

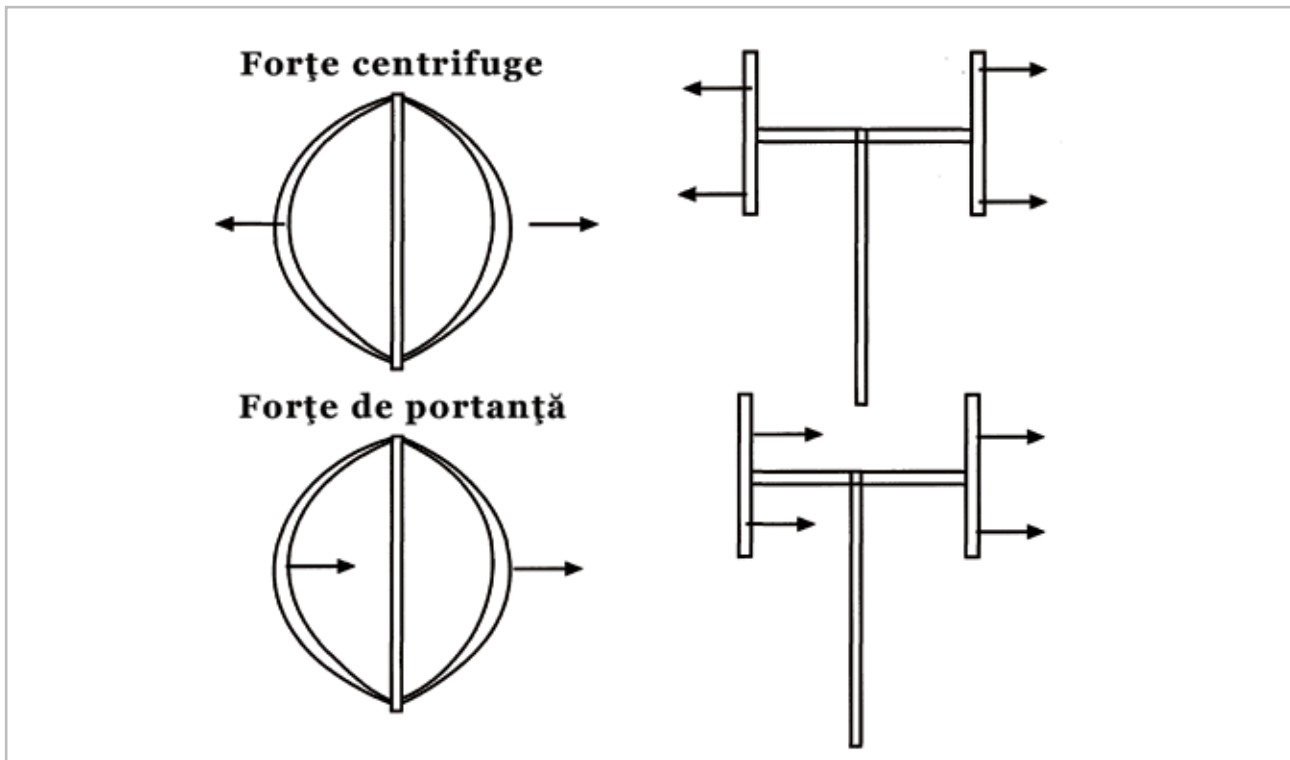
Sunt și printre mașinile cu ax vertical tipuri mai rapide și mai eficiente, la fel ca cele cu portanță. Aceste motoare eoliene lucrează în principal pe portanță, la fel ca turbinele cu ax orizontal, mai degrabă decât pe tracțiune. Turbinele cu ax vertical care se bazează pe forțele de portanță, ca aceasta, operează cu un raport scăzut tracțiune/portanță. Pentru a realiza acest raport, unghiul de atac trebuie să fie mic. Rotorul trebuie să se învârtă repede, astfel că vântul puternic din față ține unghiul de atac sub punctul de oprire. Aceasta înseamnă un raport înalt al vitezei la extremitate. Acest raport înalt impune un număr mic de palete înguste (rezistență scăzută).

Solicitările la oboseală la turbinele cu ax vertical, de mare viteză

Secțiunile înguste, verticale, prin paletele turbinelor cu ax vertical rapide, sunt subiectul efectului de îndoire al acțiunii forțelor centrifuge și de portanță, amândouă acționând în plan orizontal (Fig. 3.16).

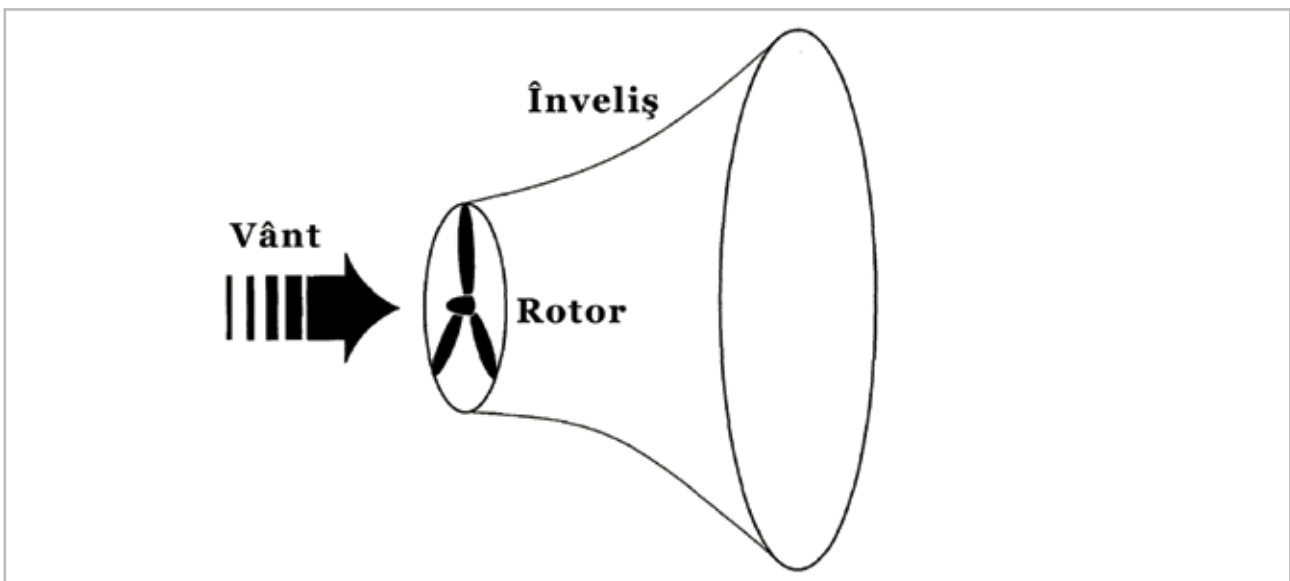
Rotorul „H” suferă de la efectul de îndoire al ambelor forțe pe paletele verticale. La rotorul Darrieus, sau „bătătorul de ouă”, efectul de îndoire al forței centrifuge este contracarat de curbarea paletelor în forma de catene (lanț atârând între prinderi, șir de curburi). Este aceeași formă cu a unei frânghii prinsă la capete și acționată centrifugal, forța centrifugă creează doar tensiuni, fără îndoire. Forța de portanță împinge totuși paletele spre și dinspre orizontală. Ele produc încărcări ciclice grele pe palete care, în mod consecvent, au reputația de a produce ruperile la oboseală.

Fig. 3.16 Forțele pe turbinele cu ax vertical



Turbinele cu ax orizontal au paletele supuse la forțe de portanță orizontale puternice, care le sunt avariate mai puțin deoarece sunt stabile și nu reversibile tot timpul. Turbinele cu ax orizontal foarte mari pot avea probleme datorită reversibilității forțelor de gravitație, dar aceasta nu pare a fi o dificultate pentru cititorii acestei cărți!

Fig. 3.17 Rotorul protejat



Rotoarele protejate

Este posibil să se monteze un înveliș la rotorul unui motor eolian (Fig. 3.17), care va trimite vântul la rotor ca printr-o pâlnie. Aceasta aduce avantaje mari, deoarece rezultă viteze mari ale vântului prin rotor, rezultând mai multă putere și o turație mai mare. Pe hârtie aceasta pare a fi o idee bună, evident. În practică, construcția unui înveliș potrivit, care nu va fi distrus de vânt, este o adevărată provocare. Rotoarele cu înveliș sunt introduse câteodată în proiectele clădirilor. Acolo unde este un grad înalt de expunere, ca la blocurile turn sau faruri și unde pereții pot fi modelați astfel încât să accelereze vântul predominant prin deschideri, ideea este o speranță. Pe de altă parte, un înveliș construit în mod intenționat, este posibil să fie scump, urât și vulnerabil la furtuni.

Concluzie

Opțiunile pentru configurațiile unui rotor ingenios sunt limitate numai de extinderea nebuliei umane și ele au fost toate încercate! A face motoare eoliene e destul de anevoios și fără a adăuga obstacole noi, așa că vă sfătuiesc să folosiți cel mai reușit proiect, turbine cu ax orizontal, în trei palete, cu vânt din direcția opusă, cu un raport al vitezei la extremitate în jur de șase. Acesta este tipul de rotor la care ne vom uita în capitolul patru.



PATRU

CONSTRUIREA PALELOR ELICEI

Acest capitol explică cum să realizați palele rotorului. Dar, înainte de a începe, asigurați-vă că viteza proiectată a rotorului este cea corectă pentru viteza de operare a generatorului dvs. Tabelul 1.3 vă va ajuta să alegeți un diametru potrivit pentru a produce energia cerută. Alegeți un raport al vitezei periferice (TSR) în conformitate cu viteza pe care o doriți pentru generatorul dvs și alte priorități de proiectare. Tabelele 3.3 și 3.4 va dau detalii despre formele rotoarelor cu diverse viteze periferice. Sau puteți așterne o foaie de calcul folosind ecuațiile de la sfârșitul acestei cărți și să va proiectați propriile pale.

Avertisment

Palele sunt cele mai solicitate componente ale unei turbine eoliene. Dacă o pală se rupe (așa cum se întâmplă la majoritatea tipurilor de eoliene), aceasta poate zbura la distanță și poate provoca daune grave sau chiar răni. Dacă vă propuneți să vă plasați turbina eoliană la o distanță mai mică de 100m de orice zonă publică, drum sau clădiri locuite, atunci trebuie în primul rând să vă asigurați că palele sunt suficient de puternice. Forțele giroscopice reprezintă cea mai mare amenințare pentru rotoarele turbinelor de mici dimensiuni, amplasate în zone de turbulență. Un rotor rapid, deviind în încercarea de a face față vântului, va avea momente giroscopice care, alternativ, vor îndoi palele înainte și înapoi, o dată pe revoluție. În cazul în care palele nu sunt foarte bine fixate, acestea se vor desprinde.

Greutatea palelor elicei

Un rotor greu va fi mai dificil de pornit decât unul ușor, dar odată ce pornește, este puțin probabil să se oprească. De fapt, inerția unei pale mai grele nu consumă putere, dar poate afecta capacitatea de a porni în timpul rafalelor scurte de vânt de intensitate peste medie. Palele mai grele suferă de forțe centrifuge și giroscopice mai mari și astfel nu obțineți niciun avantaj din a le face mai grele. Raportul putere-greutate este cel mai important lucru. Pentru solicitare minimă, o pală trebuie să fie ușoară la vârf și puternică spre bază.

Materiale de construcție pentru elice

Lemnul este probabil cea mai bună alegere pentru construcția palelor unei elice eoliene, pentru că este ușor, puternic, prelucrabil și are o rezistență bună la oboseală. Metalul (mai ales aluminiul) este predispus oboselii. Oțelul este greu. Plasticul este potrivit pentru construirea palelor, mai precis rășina poliesterică armată cu fibră de sticlă este materialul cel mai folosit. Dar veți avea nevoie de o matriță la a cărei construcție veți munci la fel de mult ca la construcția unei pale din lemn. Foaia groasă de plastic poate fi înfășurată în jurul unui lonjeron central pentru a produce o secțiune acceptabilă. Acest capitol se concentrează pe realizarea palelor din lemn solid. Lemnul de esență moale, cu greutate mică, este materialul cel mai potrivit. Selectați, pe cât posibil, lemn cu granulație mică și fără noduri. Încercați să tăiați astfel încât să lăsați la margini zonele noduroase. Evitați „alburnul” pentru că are o densitate diferită de cea a „duramenului” (inima trunchiului de copac). Alburnul, stratul exterior al trunchiului de copac, este, din păcate, de cele mai multe ori, partea cea mai lipsită de noduri. Puteți să o recunoașteți după culoarea mai deschisă decât a duramenului. Dacă doar o singură pală conține alburn, atunci va fi dificil ca rotorul să fie în echilibru. De asemenea, lonjeronul va tinde să se deplaseze spre exterior datorită forței centrifuge, cauzând probleme de echilibru și stricând suprafața vopsită. Lemnul pentru elice trebuie să fie bine uscat. Pinul de Oregon este ideal, dar costisitor. Stranele vechi din biserici pot fi o bună sursă la mâna a două. Producătorii din Statele Unite folosesc Bass, dar acestea nu se pot găsi cu ușurință în Marea Britanie. Există câteva specii de lemn de esență tare în pădurile tropicale (de exemplu Meranti), cu densitate mică și o textură minunată, dar acestea nu pot fi toate produse prin metode sustenabile; va trebui să verificați cu furnizorul dvs.

Unii oameni obțin pentru folosirea lemnului laminat în construcția palelor. Este ceva de spus cu privire la lipirea pieselor cap la cap, mai ales atunci când calitatea lemnului de construcție este slabă, pentru că defectele vor fi mai puțin critice în acest fel. Majoritatea fibrelor trebuie să fie de-a lungul palei, deoarece toată sarcina este distribuită în acest fel. Folosiți lipici rezistent la apă și de bună calitate, precum adezivul epoxidic. Învelișul de placaj poate fi folosit la construcția palelor concave, pentru rotoare unde greutatea palelor din lemn solid reprezintă o problemă.

Cum se realizează un set de pale pentru rotor

Aici găsiți descrierea detaliată, pas cu pas, a procesului de realizare a palelor pentru un rotor cu trei pale, având diametrul de 2.3m și un raport al vitezei periferice (TSR) de aproximativ 5.5. Puteți adapta această tehnică la orice raport al vitezei periferice, prin ajustarea dimensiunilor.

Unelte

Veți avea nevoie de următoarele: un ferăstrău de mână (și, opțional, un ferăstrău mecanic sau o pânză de ferăstrău), daltă de lemn (și ciocan de lemn), rindea, răzuitoare (recomandată, dacă puteți găsi una), șublere, compas, echer, ruletă de măsurat, riglă, creion, nivelă cu bulă de aer, burghiu. Păstrați-vă uneltele foarte ascuțite folosind o piatră de ascuțit uneltele. Unghiul ascuțitului uneltelor este un punct critic. Începeți întotdeauna cu honuirea uneltelor și apoi continuați cu ascuțitul. Lucrați cu băgare de seama la ascuțit ca să nu devină bont (tocit). Încheiați prin debavurarea ascuțitului, folosind mișcări rapide, ușoare, longitudinale, sau folosind o curea de piele pentru ascuțit briciul, sau un lemn. Lucrați mereu pe granulația lemnului pentru a preveni ruperea așchiilor. Strângeți piesa de prelucrat într-o menghină. Dacă unealta trepidează sau se blochează, încercați să culisați în lateral pe măsură ce tăiați. O mișcare de culisare ca această vă oferă mai mult control.

Materiale

3 bucăți de lemn/150mm x 50mm, de 1150mm lungime

2 discuri de placaj, grosime de 12mm, 300mm în diametru, exterior sau grade marine.

Șuruburi de fixare care să se potrivească butucului elicei (bazei).

48 șuruburi galvanizate pentru lemn, mărimea 40 x 4mm, cu cap îngropat.

Tabelul 4.1 Sumarul dimensiunilor finite

Poziție	Lățime	„Reducere” (pasul 3)	Grosime
1	145	50	25
2	131	33	20
3	117	17	18
4	104	10	15
5	90	5	11

Dacă aveți acces la o mașină de rindeluit, puteți începe să treceți cele trei bucăți de lemn prin ea, să îndepărtați orice denivelare și să îi dați un finisaj neted. Nu vă temeți dacă pierdeți câțiva milimetri din dimensiunile totale, cu condiția ca toate trei bucățile să fie identice.

Pasul 1. Poziția

Marcați pozițiile pe bucățile de lemn (Fig. 4.1), egal, plasate la interval de 230mm. Trageți o linie în jurul bucății de lemn, folosind un echer. Capătul din stânga este baza palei elicei, care va fi în centrul rotorului. A cincea poziție este vârful.

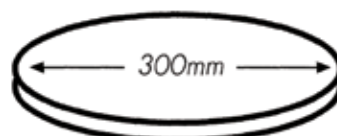
Pasul 2. Teșirea palei

Măsurați lățimea în milimetri (Tabelul 4.1) de la marginea cea mai apropiată de dvs. și marcați-o prin puncte. Uniți punctele cu o linie. Dacă există noduri în piesă de lemn, întoarceți lemnul astfel încât acestea să rămână în bucata triunghiulară din spate, pe care o veți îndepărta. Puteți folosi o pânză de ferăstrău sau tăierea încrucișată a surplusului și despicarea în secțiune, folosind o daltă. Fațetați neted, drept și pătrat, noua suprafață tăiată. Încercați să vizualizați forma finită a palei (Fig. 4.1). Se mișcă vârful în sensul acelor de ceasornic, privind din direcția opusă vântului, astfel încât muchia de atac să fie cea din apropierea dvs. Față frontală (sau pe direcția vântului) este cea mai proeminentă acum. În această etapă ar trebui să fie perfect plată (nerăsucită). Dacă nu este, atunci întindeți-o astfel încât să fie plană. Verificați răsucirea cu o nivelă cu bulă de aer așezată pe piesă, la fiecare poziție pe rând.

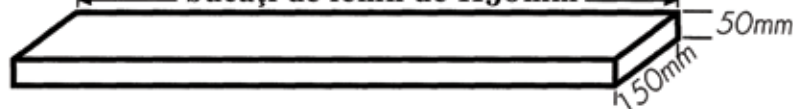
Fig. 4.1 Decuparea palelor

Materiile prime:

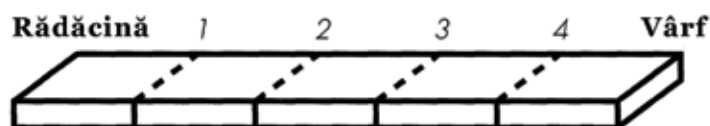
2 discuri de placaj



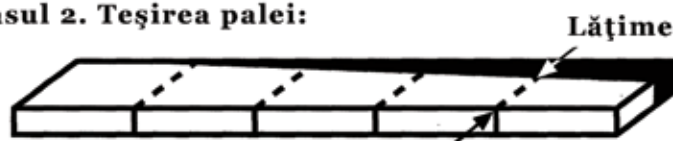
bucăți de lemn de 1150mm



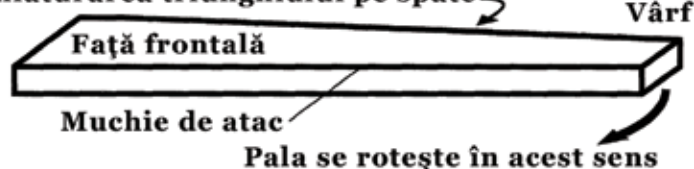
Pasul 1. Marcarea pozițiilor:



Pasul 2. Teșirea palei:



Înlăturarea triunghiului pe spate



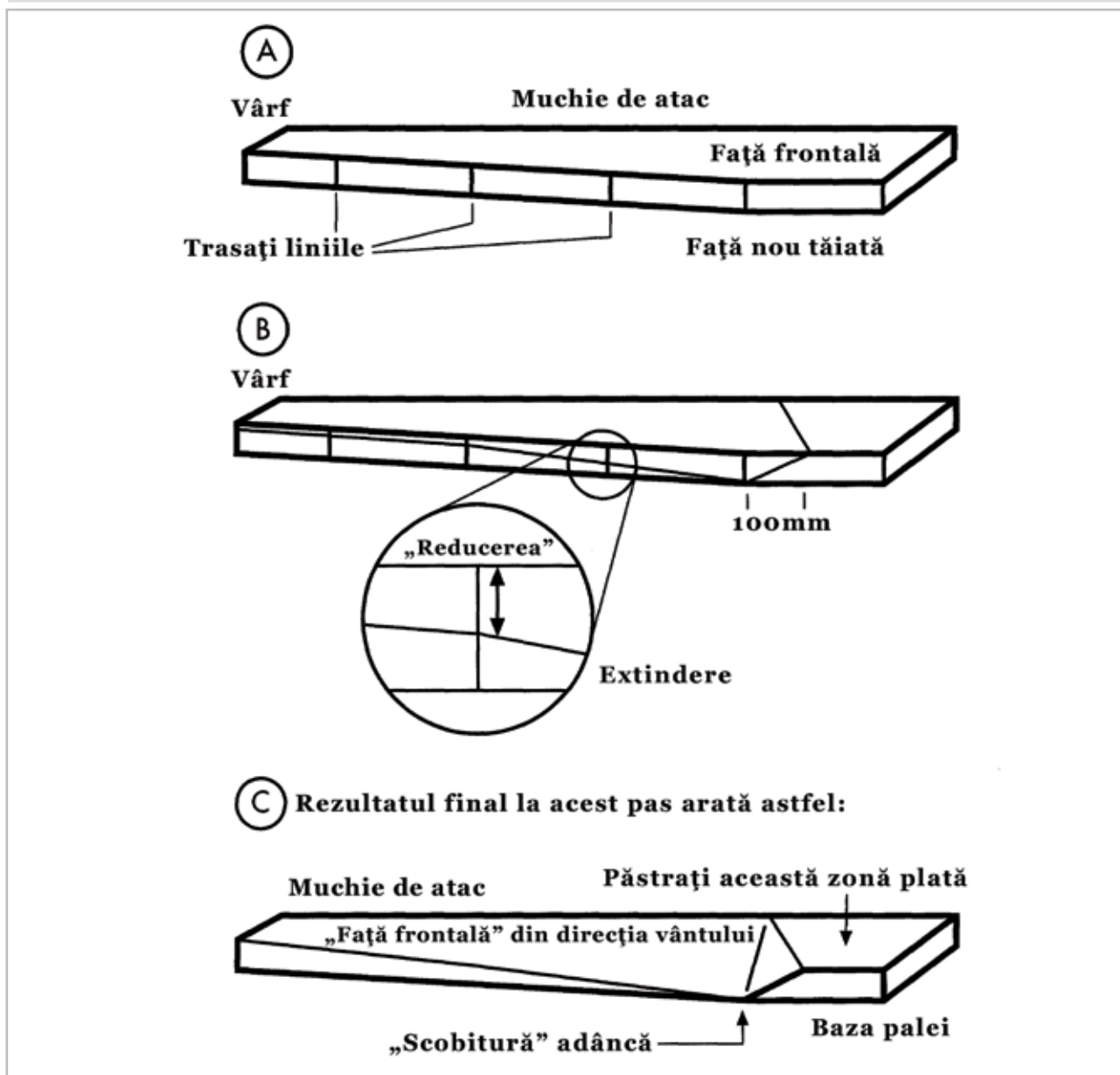
Verificarea răsucirii cu nivela cu bulă de aer



Pasul 3. Decuparea răsucirii

Următoarea imagine (Fig. 4.2) arată bucata de lemn întoarsă, astfel încât muchia de atac se află în spate și vârful în partea stângă. La fiecare poziție, desenați o linie verticală pe fața nou tăiată, drept pe fața frontală.

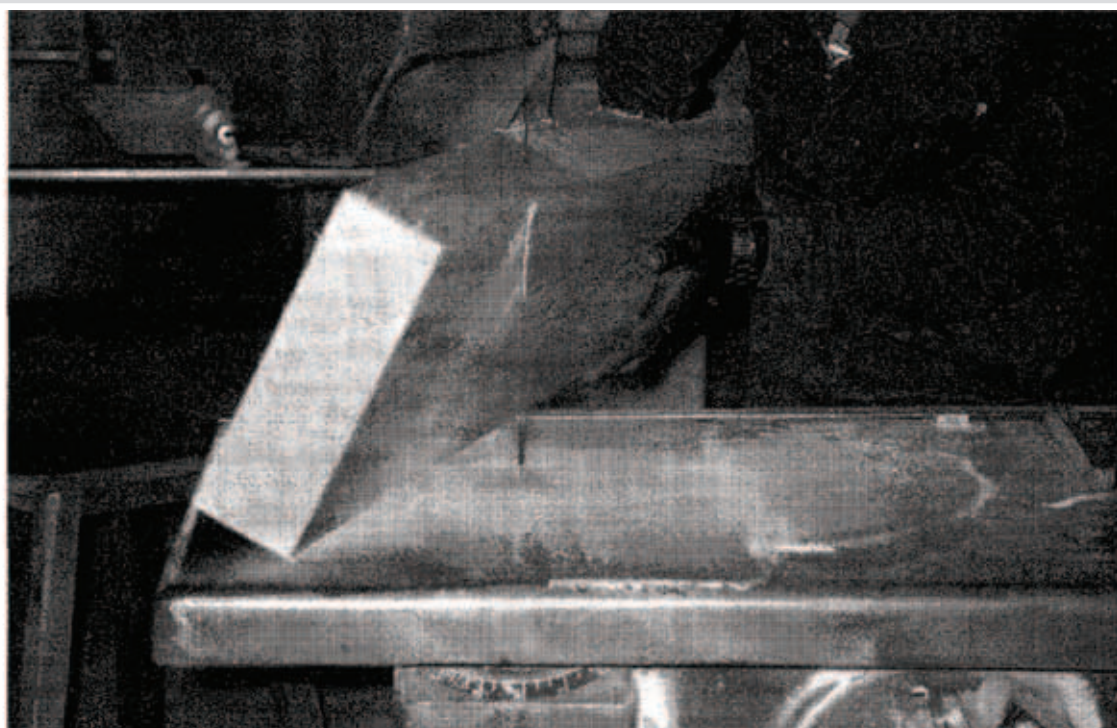
Fig. 4.2 Decuparea răsucirii



Marcați un punct pe fiecare linie, la o anumită distanță în jos de la fața frontală. Această distanță se numește „reducere” (Tabelul 4.1). Aceasta determină unghiul de incidență la acea poziție. Uniți punctele pentru a trasa linia muchiei de scurgere a palei. Eliminați tot lemnul

de deasupra muchiei de scurgere (linia în creion). Fața de pe direcția vântului trebuie să fie atât de plată încât, atunci când puneți muchia unei rigle de-a lungul unei pale, între muchia de atac și muchia de scurgere, aceasta nu se va mișca. La bază, linia în creion trebuie să urce până la fața netăiată, într-o pantă, pe o lungime de 100mm. Baza trebuie lăsată netăiată pentru asamblarea între discurile butucului. (Notă: cu pale mai late, este mai ușor de folosit o pânză de ferăstrău pentru a înlătura mai mult din această „scobitură” adâncă lângă bază – vedeți poza de mai jos).

Realizarea palelor rotorului



Pasul 4. Definirea grosimii

Acum aveți o bucată de lemn ușor conică, cu o față răsucită scobită „frontal”. Următorul pas este acela de a îndepărta lemnul de pe partea din spate a piesei, astfel încât să aveți grosimea corectă la fiecare poziție (vedeți tabelul 4.1).

Așezați bucata de lemn cu muchia de atac cel mai sus. La fiecare poziție, trasați un semn la distanța (grosimea) corectă față de muchia de atac. Uniți punctele cu o linie. Întoarceți-o pe cealaltă parte și faceți la fel cu muchia de scurgere. Acum aveți două linii (Fig. 4.3) care să vă ghideze în înlăturarea surplusului de lemn. Susțineți piesa astfel încât partea frontală să fie dedesubt și îndepărtați surplusul de material până când ajungeți cât mai aproape de liniile trasate. Când ajungeți aproape, este necesar să folosiți șublerul (Fig. 4.4) pentru a verifica grosimea efectivă de la fiecare poziție. Măsurați câți milimetri mai aveți de înlăturat, notați cu creionul pe piesa în lucru, la fiecare poziție și continuați rindeluitul piesei până când grosimea este corectată într-o marjă de 0.5mm.

Fig. 4.3 Definirea grosimii

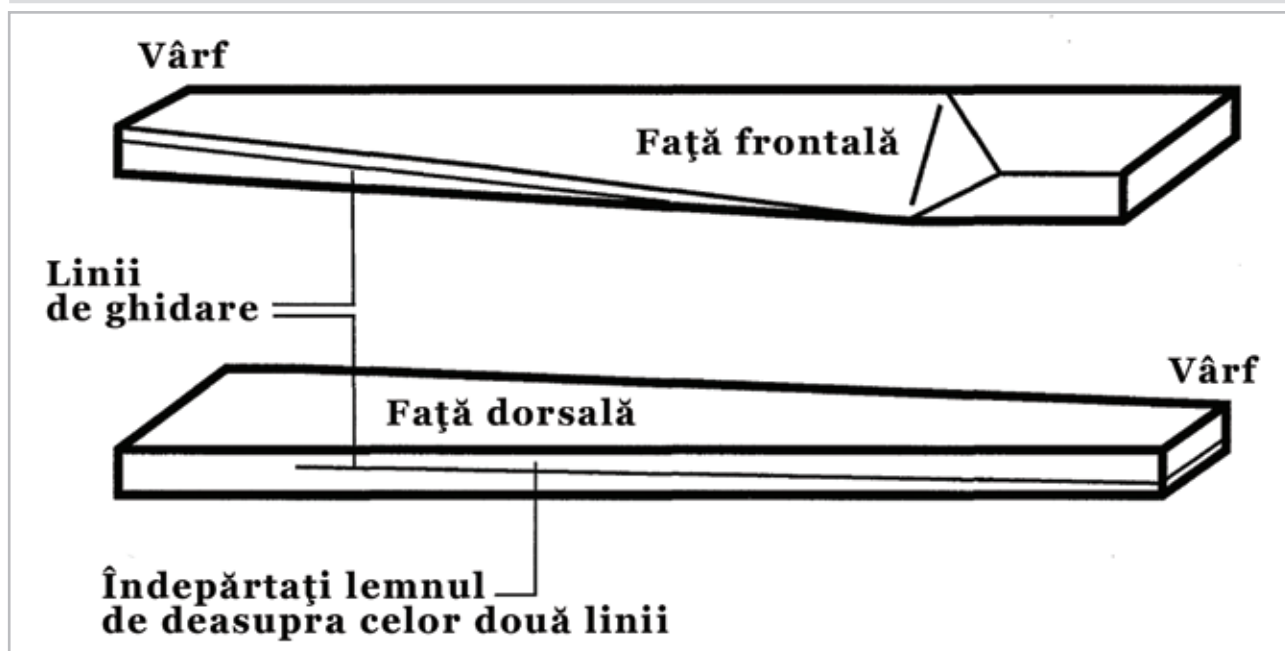
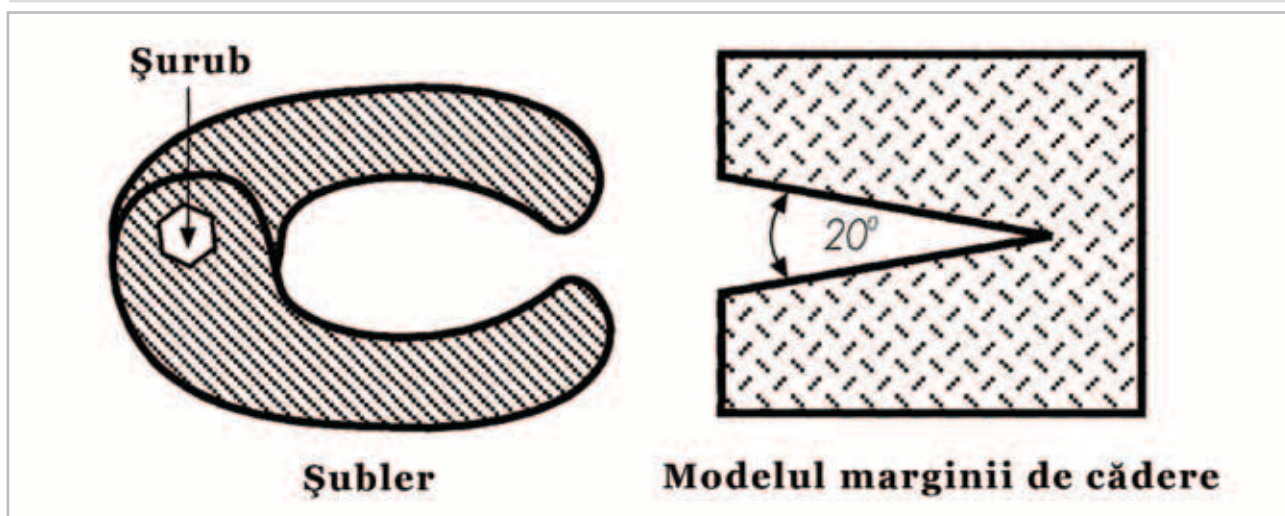


Fig. 4.4 Două unelte pe care vi le puteți confecționa singur

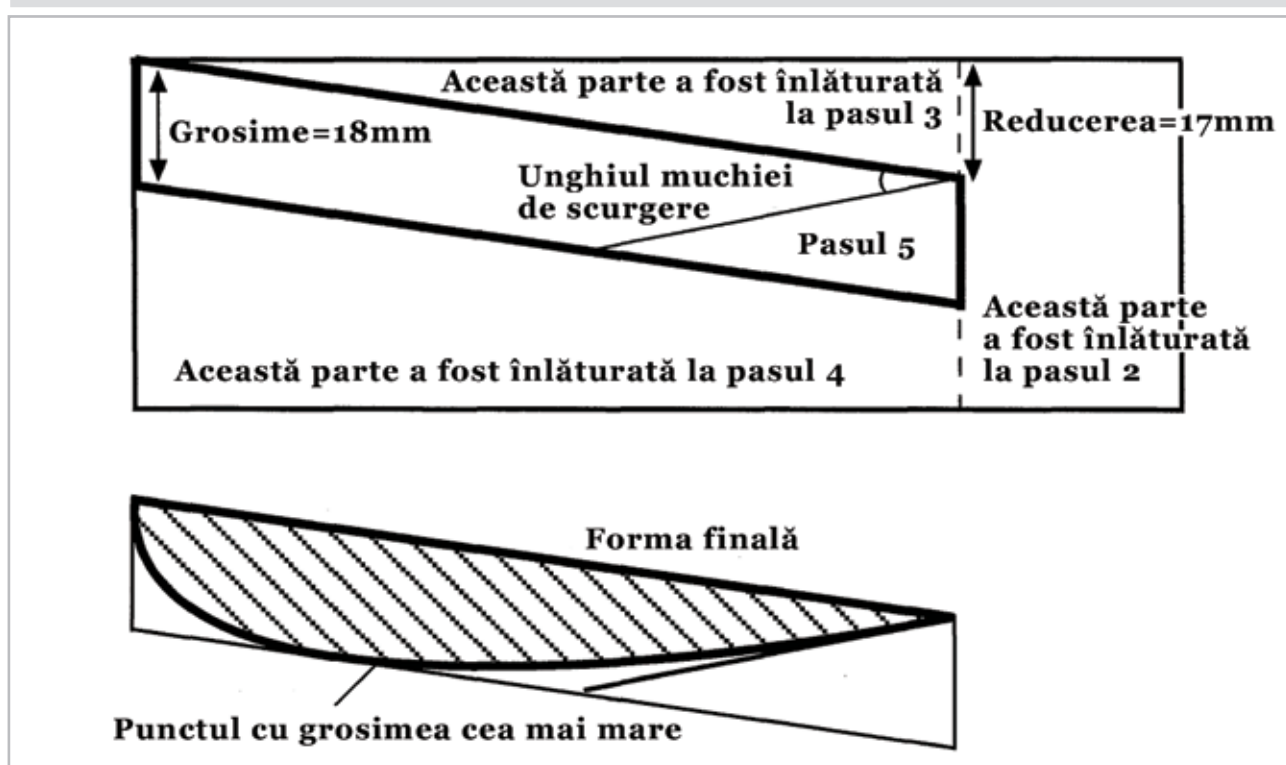


(Notă: Dacă nu aveți un șubler, este ușor să vă faceți o pereche [Fig. 4.4] folosind două bucăți de folie de aluminiu sau chiar de placaj, prinse între ele cu un șurub.) La bază, asigurați-vă că lăsați o porțiune neatinsă (așa cum ați făcut și cu fața frontală) pentru prinderea între discurile butucului.

Pasul 5. Netezirea secțiunii

Ar trebui să aveți acum o pală răsucită, conică, de grosimea corectă. Secțiunea transversală este sub formă de paralelogram (arătat clar în fig. 4.5), care nu este foarte aerodinamică. Ultima etapă a realizării palei dvs. este aceea de a-i da o „secțiune” de aripă aerodinamică. Începeți prin a debavura muchia de scurgere. Degroșați lemnul de pe spate (nu de pe fața de pe direcția vântului), până când obțineți o muchie ascuțită, mai puțin de 1mm lățime, teșită sub un unghi de 20° , după cum s-a arătat. Așezați-vă lumina de lucru aproape de muchia de scurgere astfel încât să va fie ușor să vedeți cât de lată este. Muchia finisată ar trebui să fie sub 1mm lățime.

Fig. 4.5 Secțiunea transversală a unei pale



Notă: V-ar putea fi de ajutor un șablon de unghi (Fig. 4.4), pe care să îl puneți peste muchia de scurgere, pentru a verifica dacă ați făcut-o bine și să o ajustați în consecință. Din nou vă reamintim, acesta poate fi făcut din placaj sau folie de aluminiu. În cele din urmă, secțiunea trebuie rotunjită astfel încă să capete „formă de aripă”. Aveți grijă să nu reduceți din grosimea per ansamblu. Cea mai groasă parte trebuie să fie în jur de 35% din lățimea din spatele muchiei de atac. Trasați o linie pe spatele palei, în punctul cel mai gros și încercați să nu tăiați această linie.

Rotunjiți spatele palei prin înlăturarea continuă a colțurilor, trecându-vă degetele peste suprafața părții din spate a palei, sau privind modul în care cade umbra pe lemn. Dacă trebuie, folosiți hârtie abrazivă, dar o rindea foarte bine ascuțită este extraordinar de ușor de folosit.

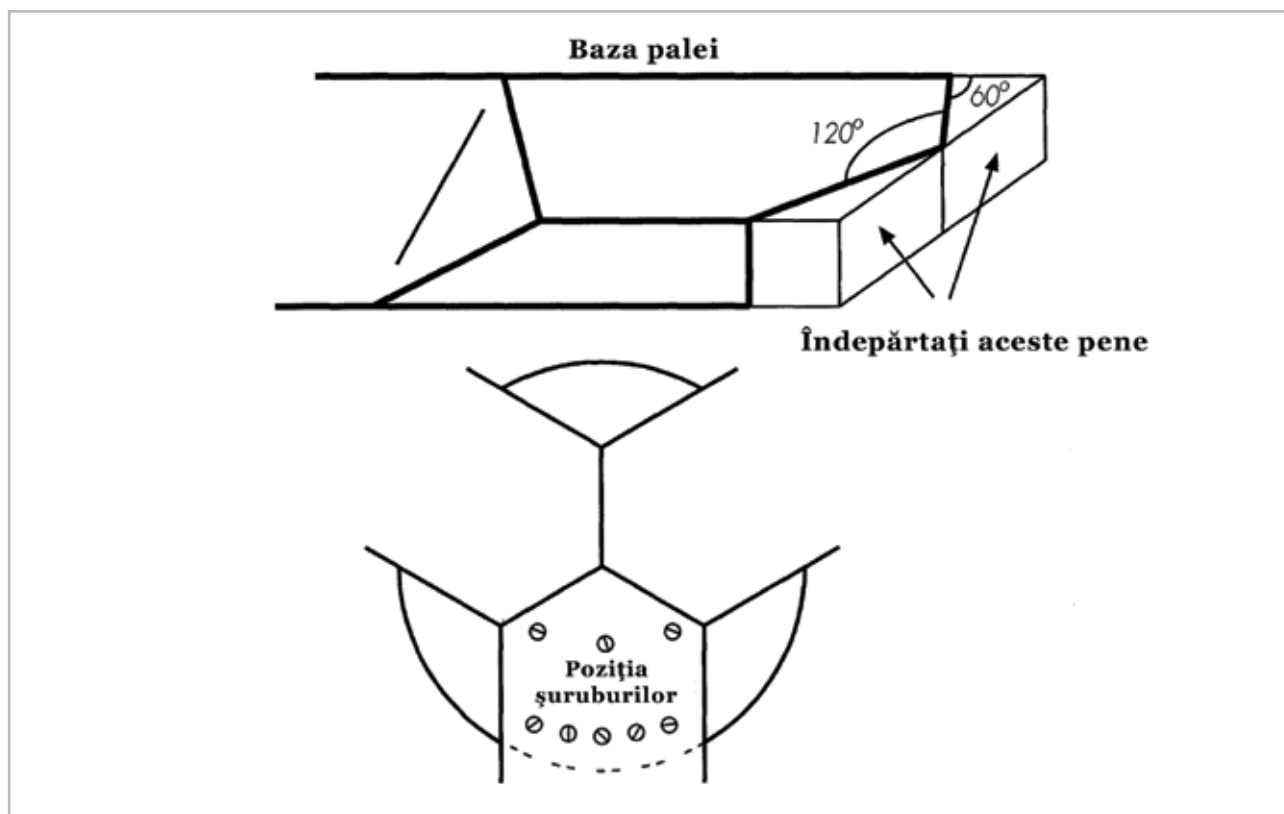
Pasul 6. Asamblarea palelor rotorului

Asigurați-vă că grosimea este aceeași la toate palele rotorului. Reduceți-le pe cele mai groase dacă este nevoie. Grosimea exactă nu are mare importanță, atâta vreme cât toate sunt la fel.

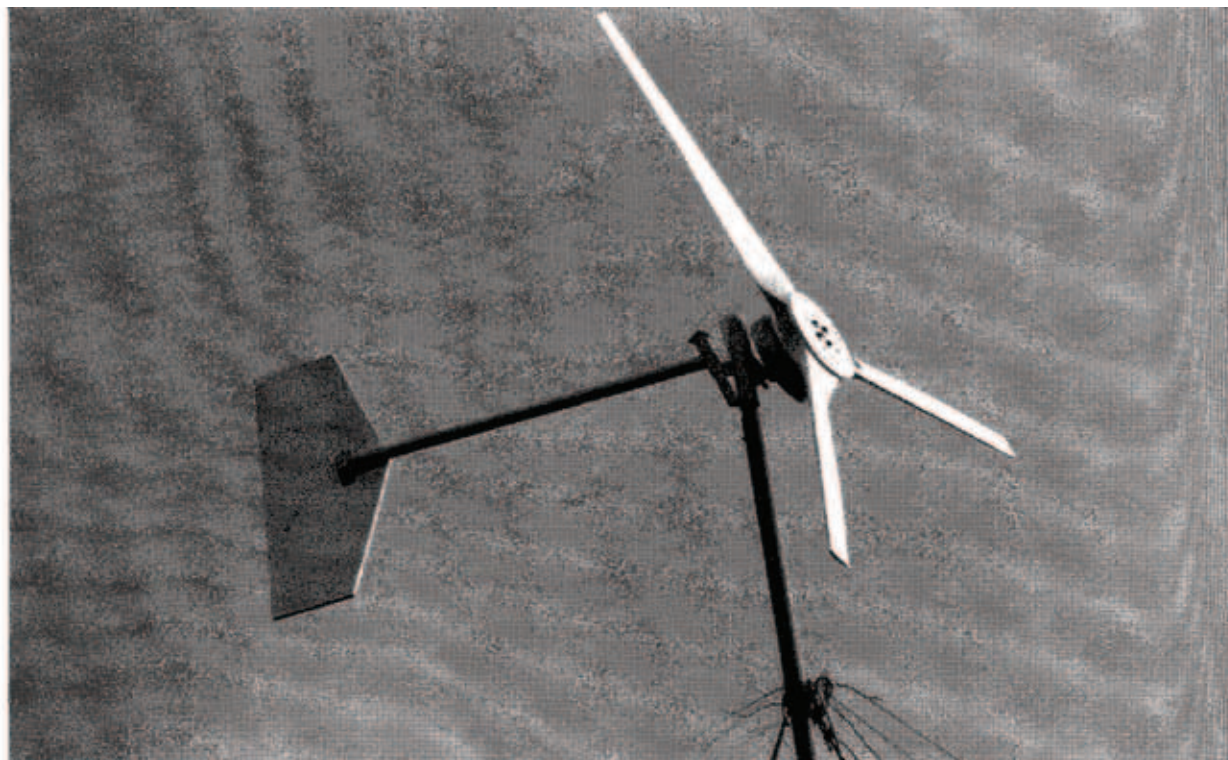
Baza fiecărei pale trebuie tăiată într-un punct (Fig. 4.6) pentru a se potrivi cu ușurință în butuc. Măsurați cu exactitate centrul bazei fiecărei pale și trasați linii la muchii, sub un unghi de 60° la fiecare muchie. Marcați-le pe față și pe spate și apoi tăiați de-a lungul liniilor. Palele pot fi acum asamblate astfel încât toate cele trei baze să se potrivească. Ele vor fi susținute în această poziție prin două discuri de placaj, câte unul pe fiecare parte. Faceți un semn cu creionul pe fiecare pală, 152mm de la bază (pe față și pe verso), pentru a vă ajuta la centrarea discurilor de placaj.

Găuriți și teșiți găurile pentru șuruburile din fiecare disc (Fig. 4.6). Sugerăm să folosiți câte 8 șuruburi pentru fiecare pală. Ele nu trebuie să obstrucționeze găurile pe care va trebui să le dați pentru ancorarea rotorului de turbină eoliană. Verificați ca palele să fie echidistante. Cel mai ușor mod de a asigura un unghi de 120° între pale îl reprezintă măsurarea distanței de la vârf la vârf și ajustarea palelor până când devin echidistante. De asemenea, verificați ca vârfurile palelor să fie toate la aceeași înălțime deasupra suportului pe care stă placajul. Aceasta vă asigură că palele „rulează” adecvat.

Fig. 4.6 Asamblarea butucului elicei



Finalizarea rotorului



Un rotor cu un diametru de 2.3m așa cum este descris în instrucțiuni.

Dacă palele nu rulează într-o marjă de 5mm, va apărea un dezechilibru „dinamic”. Realizarea găurilor pentru ancorare se face cel mai bine folosind o mașină de găurit.

În orice caz, aveți grijă să faceți găuri care să se potrivească exact la rotor. În timp ce dezamblați butucul pentru vopsire, aveți grijă să marcați fiecare pală, pentru a fi mai ușor la reasamblare. Folosiți un burghiu pentru a face un număr de adâncituri la suprafață fiecărei pale (una, două sau niciuna) și marcați discurile care se potrivesc.

Idei suplimentare despre construirea palelor din lemn

Procedura de mai sus nu acoperă toate formele și dimensiunile palelor. Iată câteva sugestii:

Rotoarele cu două pale pot fi construite dintr-o singură piesă de lemn (Fig. 4.7). Acestea economisesc timpul cu construcția butucului. Sunt simple și puternice.

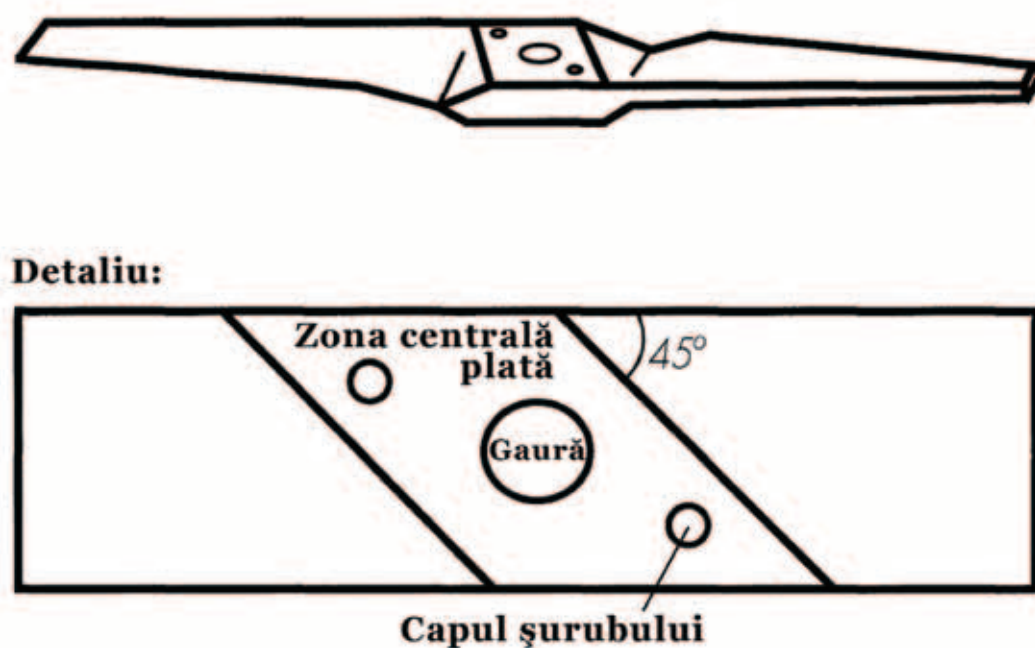
Partea centrală a piesei de lemn poate fi lăsată întreagă. Ancorați rotorul la generatorul de tracțiune, apoi faceți o gaură mare prin centrul rotorului astfel încât să aibă loc o cheie tubulară, pe care o veți folosi atunci când potriviți roata de transmisie la ax. Pentru a preveni desfacerea, bușa axului trebuie blocată cu un filet de etanșare.

Rotoare cu două pale



Aceleași rotoare cu două pale realizate din lemn.

Fig. 4.7 Rotoare cu două pale

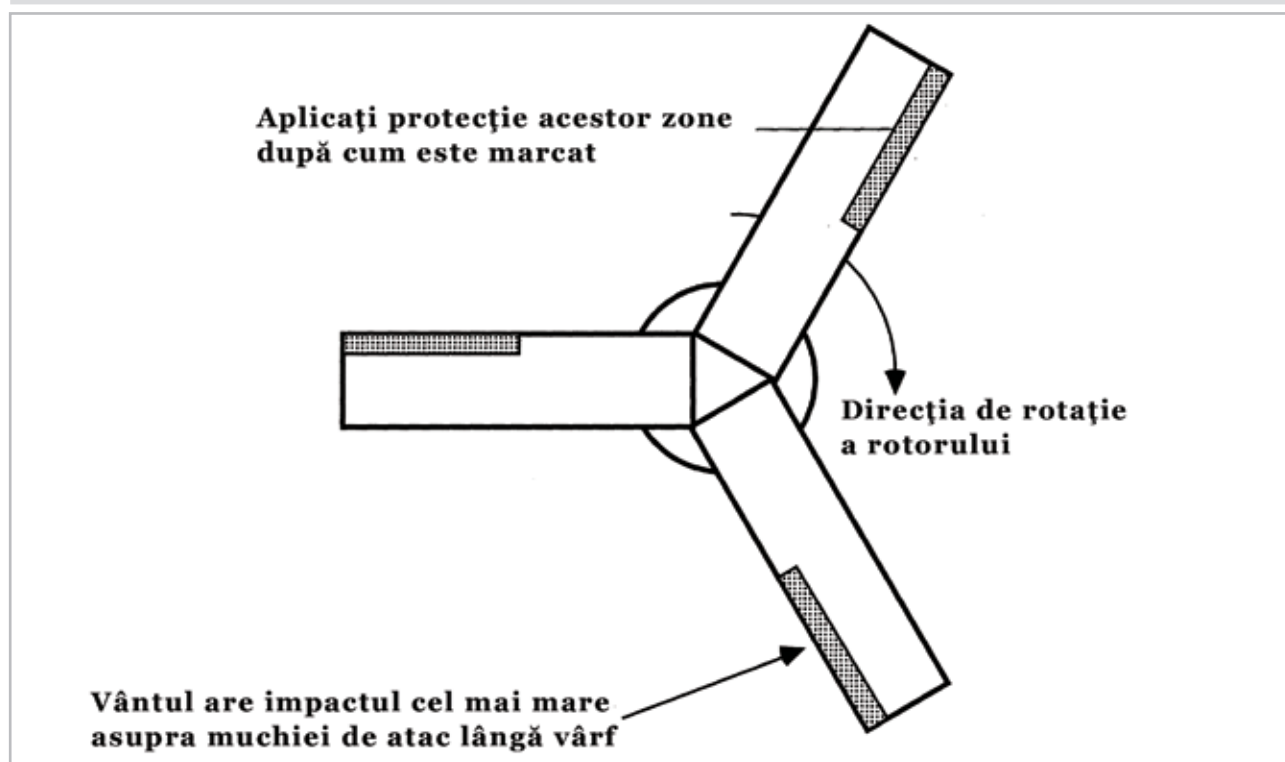


Nervuri la bază

O privire asupra proiectării palelor, din capitolul patru, arată că este de dorit să aveți o secțiune mai largă și un unghi de atac grosier la baza palei. Dacă tăiați o astfel de pală dintr-o singură

bucată de lemn, ar fi foarte mare și groasă și ar rămâne multe resturi. O soluție simplă este aceea de a folosi deșeurile de la părțile exterioare ale palei, lipite pe pală în completare la partea interioară. Construiți muchia de scurgere cu o nervură pentru a crește lățimea corzii. Construiți fața de pe direcția vântului cu o altă nervură, pentru a crește unghiul de atac.

Fig.4.8 Protecția muchiei de atac



Vopsirea și echilibrarea palelor

Vitezele mari la vârf cauzează eroziune rapidă a materialului palei. Muchiile de atac ale palelor au nevoie de un tratament special (Fig. 4.8), fie cu o rășină epoxidică, fie cu o „bandă pentru muchiile de atac”. Banda pentru muchiile de atac este vândută pentru elicele avioanelor mici. Este ușor de aplicat, de îndepărtat și oferă protecție eficientă pentru o bună perioadă de timp. Aplicați banda după vopsire.

Dacă folosiți rășină epoxidică, ar trebui să rindeluiți cam 3mm din marginile de atac și să le refaceți cu o pastă amestec de rășină epoxidică și pudră de aluminiu (sau o umplutură similară). Pasta de rășină poliesterică, cum ar fi „grundul de plastic”, nu este la fel de durabilă ca și cea epoxidică. Aplicați rășina înainte de vopsire.

Suprafața de protecție ideală ar trebui să fie un finisaj rezistent (asemenea cauciucului). De asemenea, este necesară și o bună putere adezivă. Cauciucul silionic poate fi un bun material folosit la reparațiile pe loc, dar este dificil de făcut un finisaj neted.

Vopsirea

Amorsați lemnul cu atenție și aplicați din belșug vopsea lucioasă. Sablați-l bine înainte de aplicarea stratului final. Vopseala lucioasă de uz casnic poate părea nefinisată, dar are avantaje față de vopselurile epoxidice și lacuri.

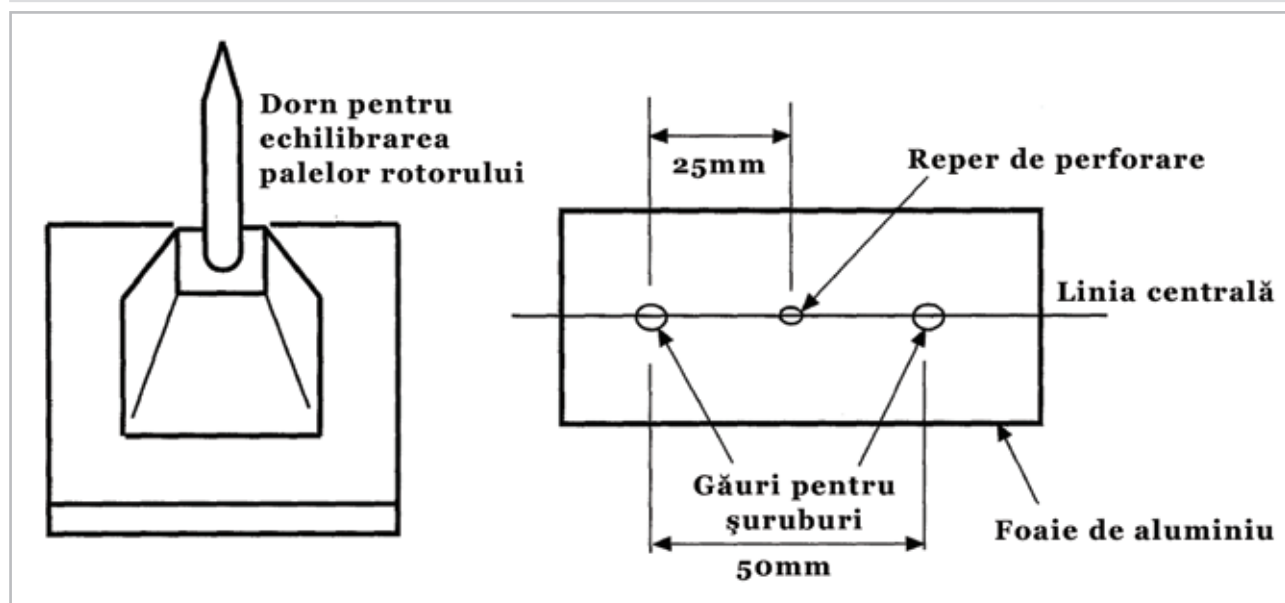
Vopseala epoxidică este complet impermeabilă, ceea ce nu este întotdeauna un avantaj. Apa din stratul epoxidic nu poate ieși, pe când alte vopseluri vor respira. Dacă pala este deteriorată, de exemplu prin suptorii de ancorare în lemn, lângă bază, apa va intra și va fi centrifugată către vârf, unde se va strânge și va duce la umflarea lemnului, până când acesta va crăpa. Lacul se degradează mult mai repede decât vopseala în lumina ultraviolet. (Totuși, lemnul lăcuit arată bine pentru un timp).

Echilibrarea

Este esențial să echilibrați palele cu atenție. Scopul este acela de a vă asigura că centrul de gravitație al rotorului asamblat este exact la centrul de rotație, de exemplu în centrul axului. Acesta este cunoscut ca și „echilibru static”. Echilibru dinamic nu este necesar, presupunând că vă asigurați că vârful palelor „se tractează” una pe alta. Palele rotorului sunt subțiri în zona axială, deci echilibrul static este suficient.

Echilibrarea trebuie făcută în interior, într-un spațiu larg deschis, fără curenți de aer. Piese de plumb (de la resturile de prin curte) sunt contragreutăți ideale pentru echilibrare. Dacă se cer contragreutăți foarte grele, ele se pot fi profilate/configurate (din oțel sau plumb) și îndoite pentru a intra în cavitatea dintre cele trei pale.

Fig. 4.9 Dispozitiv de ghidare pentru echilibrarea rotorului



Aici aveți o metodă de verificare a echilibrului static. Pala este echilibrată pe un dorn ascuțit (Fig. 4.9), confecționat poate dintr-un știft de 100mm sau ceva similar, acționat în suportul de lemn și ascuțit cu ajutorul unei mașini de ascuțit unelte. Dornul se cuplează cu reperul perforat chiar în centrul rotorului.

Faceți un dispozitiv de ghidare dintr-o bucată mică de folie de aluminiu (Fig. 4.9), cu un reper de perforare chiar în centru, între cele două găuri de șurub. Poziționați găurile précis, la o rază (să spunem) de 25mm de reper. Faceți două găuri corespondente pe spatele butucului rotorului, pe o linie exactă care trece prin centrul de rotație. Înșurubați pe dispozitivul de ghidare, cu reperul de perforare pe centrul exact al rotorului.

Cuplați dornul cu reperul de perforare și așezați întregul ansamblu pe stand. Va fi instabil. Stabiliți nivelul rotorului folosind o nivelă cu bulă de aer. Ridicați nivela cu bulă de aer ușor și observați în care direcție cade rotorul. Adăugați greutate în partea opusă până când rotorul este capabil să se echilibreze momentan pe dorn, fără a avea o anume direcție de cădere. Trebuie să plasați nivela cu bulă de aer atât pe direcția nord-sud, cât și pe direcția est-vest. Construcția rotorului este probabil cea mai satisfăcătoare parte a construcției unei turbine eoliene și este o sarcină fezabilă pentru oricine are unelte simple, răbdare și entuziasm. Cu toate acestea, găsirea unui generator potrivit care să antreneze rotorul poate să nu fie o sarcină tocmai ușoară, după cum vom vedea în capitolul următor.



C

ea mai dificilă parte în proiectarea unei mini eoliene este găsirea unui generator potrivit. În acest capitol vom analiza câteva dintre opțiuni.

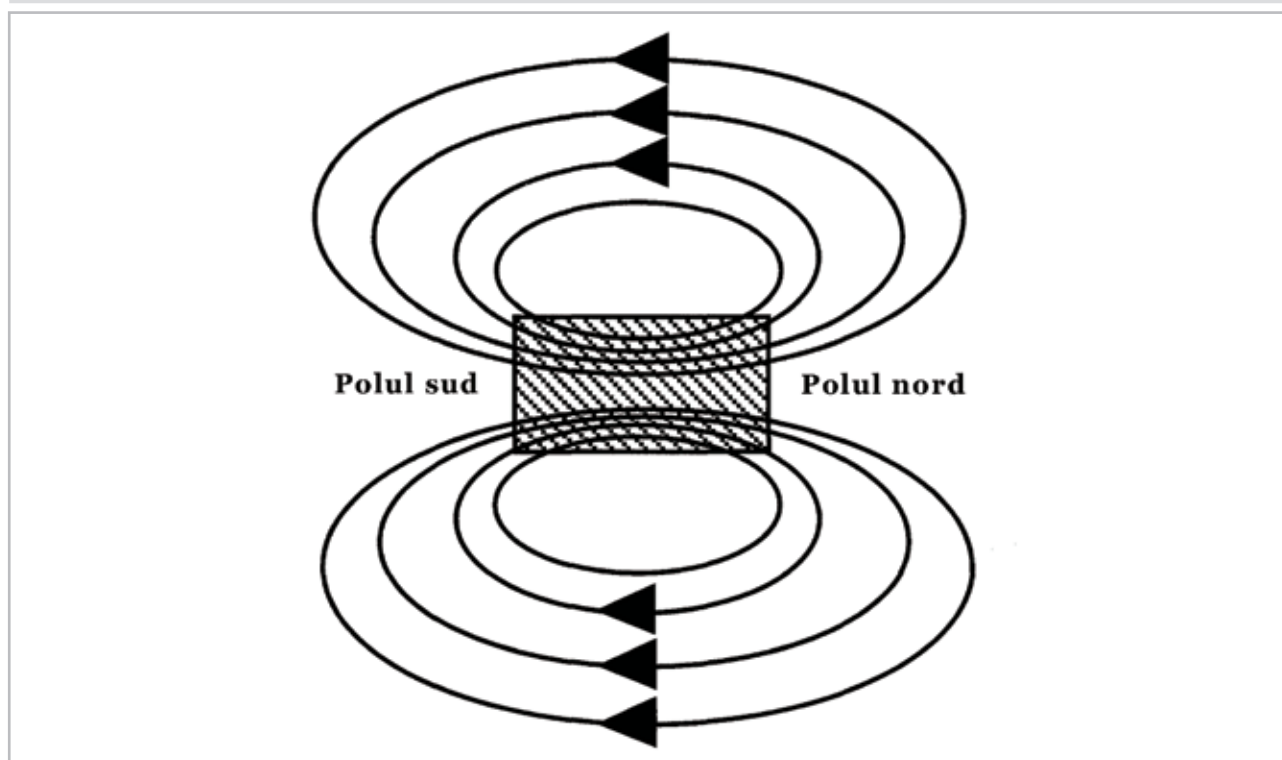
De ce aveți nevoie

Aveți nevoie de un generator de viteză mică, care să poată fi cât mai eficient în cazul vânturilor domoale. Alternatoarele cu magneti permanenți întrunesc aceste condiții și reprezintă cea mai populară alegere pentru proiectarea reușită a mini-eolienei. Ele vor fi prezentate în detaliu mai departe. Motoarele de curent continuu fără perii sunt asemenea lor și reprezintă și în acest caz, o alegere aproape perfectă. Totuși, mai sunt și alte opțiuni. Totuși, mai sunt și alte opțiuni.

Un dispozitiv gata fabricat ar fi ideal pentru simplu motiv de a nu trebui să îl construiți dumneavoastră. Dacă este produs de serie, costul producției va fi mic și, de asemenea, vor rămâne unități în stoc. Cu cât modelul e mai comun, cu atât mai ușor veți găsi piese de schimb. Din păcate, generatoarele de acest gen sunt rareori utilizabile ca atare pentru proiectarea eolienei. O parte din acest capitol este dedicată explicării cum puteți să le adaptați. O excepție o reprezintă principiul dinamului pentru biciclete, care este perfect (în cazul în care găsiți unul) pentru construirea unei eoliene mici.

Există și alte opțiuni, în afară de re folosirea unor dispozitive gata făcute, sau construirea lor de la zero. În acest capitol vom aborda câteva dintre modalitățile posibile de modificare și adaptare a generatoarelor de viteză mică. De multe ori puteți folosi un motor ca și generator, lărgind astfel în mod semnificativ spectrul posibilităților. Unele dintre servo-motoarele de curent continuu sunt adecvate ca atare, fără a fi necesar să le modificați.

Chiar dacă alegeți să vă construiți propriul generator, puteți să folosiți ca bază câteva dintre piesele ingineresti de producție în masă. De exemplu, am descoperit butucii de roată și elementele de frânare de la mașini ca fiind foarte utile pentru montarea bobinelor și magnetilor permanenți în proiectarea eolienei. Mai multe informații despre acest subiect vor fi dezvoltate ulterior.

Fig. 5.1 Câmpul magnetului cu doi poli

Cum funcționează generatoarele

Magneții

Un magnet are doi poli, nord și sud. Câmpul magnetic începe dinspre polul nord și se întoarce prin polul sud (Fig. 5.1). Acesta este „circuitul magnetic”. Câmpul magnetic atrage fierul, oțelul și alte materiale de tip magnetic. Pe lângă faptul că le atrage, câmpul magnetic își crește intensitatea în cazul circuitului magnetic format din aceste materiale.

Bobinele

Generatoarele conțin bobine din fir de cupru, deseori cunoscute sub denumirea de „bobinaje”. Firul de cupru este îmbrăcat cu un strat subțire de email care izolează fiecare fir de celelalte. O bobină este înfășurată, de obicei, pe o structură de lemn și apoi se desprinde, se fixează în dispozitiv și se pune în rășină pentru a căpăta forma solidă.

Bobinele pot fi de două feluri:

- Principale sau bobine generative, care produc câmpul magnetic.
- De câmp sau bobine de excitație, care au nevoie să fie alimentate cu curent pentru

a crea câmpul magnetic în dispozitiv. Acest proces este cunoscut ca fenomen de „excitare a dispozitivului”.

Alternatorii cu magneți permanenți nu au nevoie de bobine de câmp, fiindcă sunt permanent excitați.

Satorul și Rotorul

Generatoarele au două părți: o parte statică, numită „sator” și o parte mobilă, numită „rotor”. Satorul este, de obicei, partea externă care încorporează dispozitivul, în timp ce rotorul este montat pe un arbore în mijloc, care se învârt (Fig. 5.2).

Ansamblarea inversă este de asemenea posibilă, fiind, de fapt, destul de întâlnită la eolienele obișnuite: arborele este fix, iar carcasa se rotește pe el. Această ansamblare este cunoscută sub numele de ansamblu „de carcasă”, opus ansamblului mai convențional, cel „de arbore”. Dacă eoliana nu are nevoie de transmisie, lamele rotorului pot fi angrenate direct de magnetul rotor.

Generatoarele funcționează pe baza mișcării magneților față de bobine, sau a mișcării bobinelor față de magneți. Nu contează care se mișcă, ceea ce contează este mișcarea relativă. Astfel, magneții pot fi pe rotor sau pe sator. Ei pot fi, de asemenea, interiori sau exteriori.

Avantajul de a avea bobinele pe sator este că pot fi ușor conectate, fără contacte de frecare.

Fig.5.2 Configurații de sator și rotor

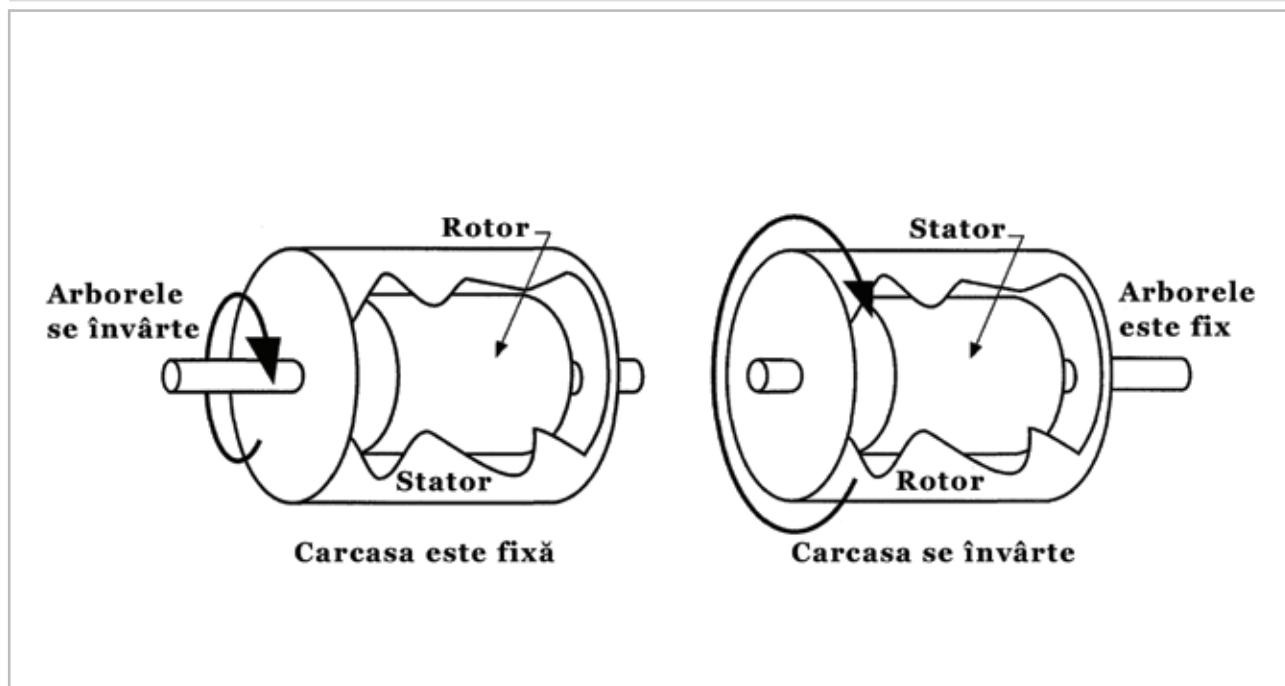
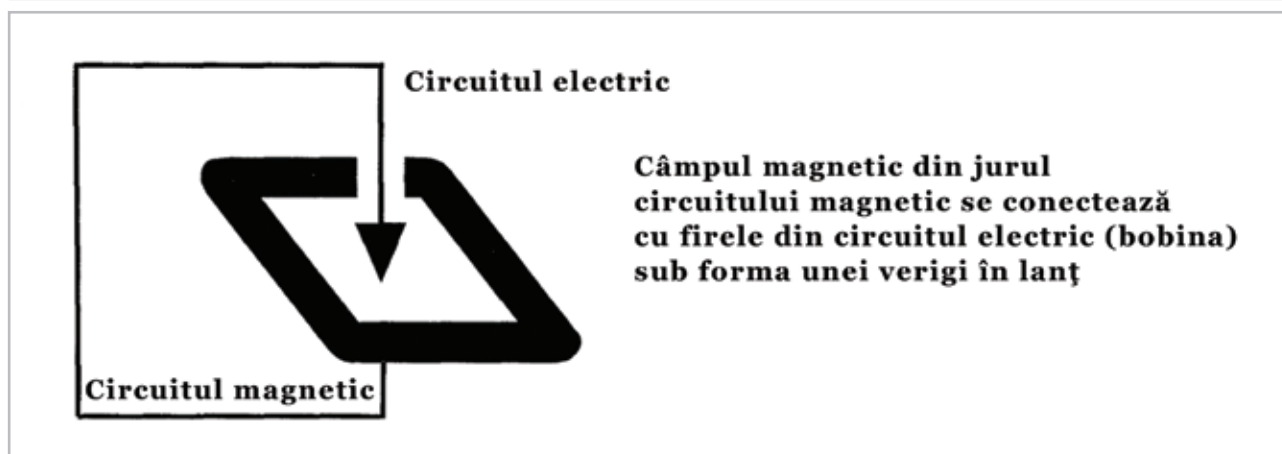


Fig. 5.3 Cuplaj inductiv magnetic

Cuplajul inductiv

Magneții și bobinele dintr-un generator sunt configurați în asemenea fel încât câmpul magnetic trece prin bobine (Fig. 5.3). Cu alte cuvinte, circuitul magnetic se interconectează cu circuitul electric.

Când rotorul se află în poziție, câmpul magnetic este canalizat la nivelul bobinei într-o singură direcție. Pe măsură ce rotorul se învâрте, câmpul magnetic din bobină se reduce la zero și se inversează. Acest câmp magnetic este un flux și reflux continuu, un ciclu etern, asemenea valurilor mării, traversând firele în dinamica sa. Prin traversarea firelor, se produce tensiunea electrică. Acest fenomen este cunoscut sub denumirea de „inducție electromagnetică”.

Figura 5.4a ne arată un alternator simplu cu doi poli. Arborele cuprinde un magnet care se rotește, transmitând câmpul magnetic prin bobine, care sunt prinse în miezul statorului (vezi Fig. 5.4b).

Figura 5.5 reprezintă un grafic al schimbării tensiunii electrice în bobine pe parcursul rotirii rotorului.

Maximizarea câmpului magnetic al alternatorului

Circuitul magnetic este deseori comparat cu circuitul electric, printr-o analogie asemănătoare cu cea dintre câmpul magnetic și curentul electric. Spațiul liber din circuitul magnetic funcționează asemenea rezistenței din circuitul electric. Un spațiu mai mare limitează puterea câmpului magnetic din jurul circuitului magnetic.

Pentru a se menține un spațiu redus, bobinele din alternatorul nostru simplu sunt fixate în locașurile din miezul statorului. Metalul dintre locașuri asigură un mediu slab rezistiv pentru trecerea câmpului magnetic prin bobine.

Fig. 5.4a Exemplu de alternator simplu cu doi poli

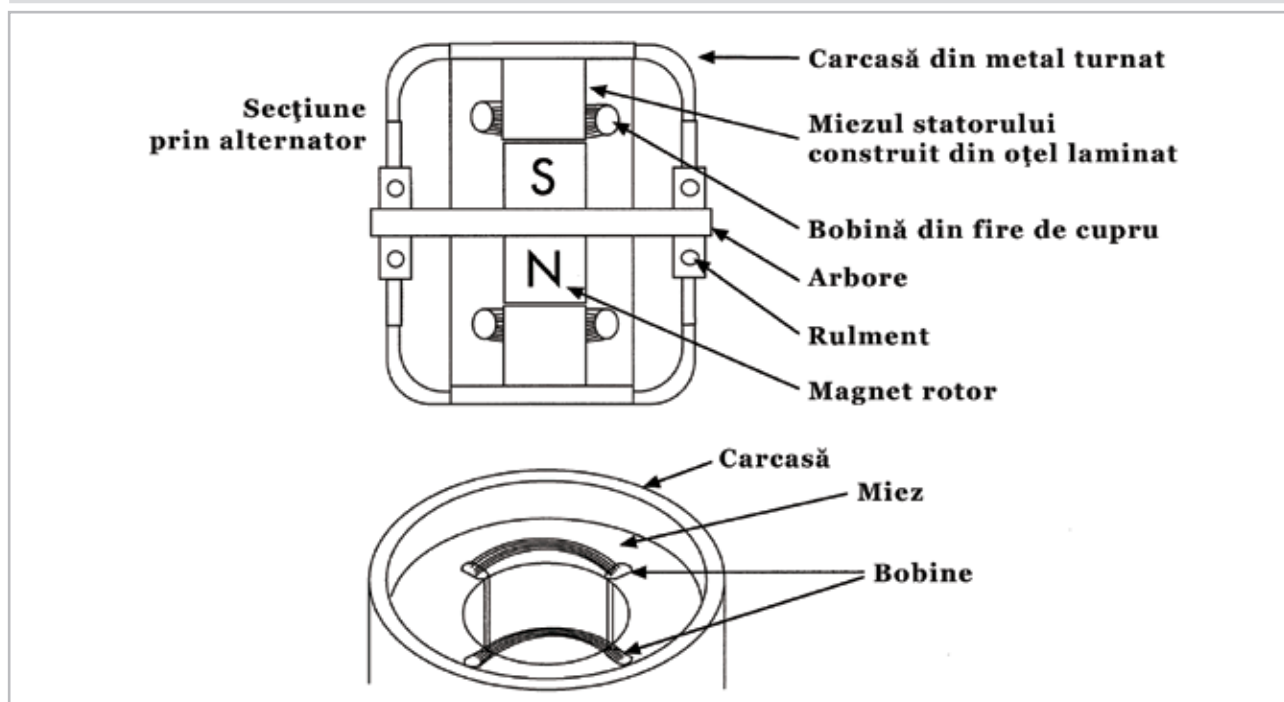
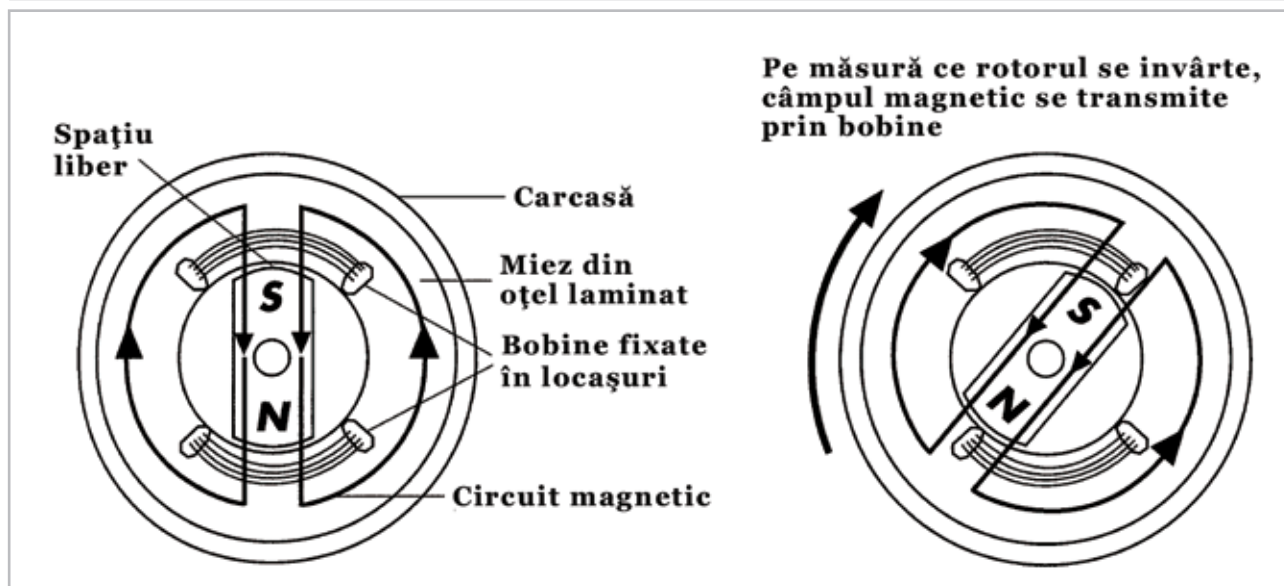
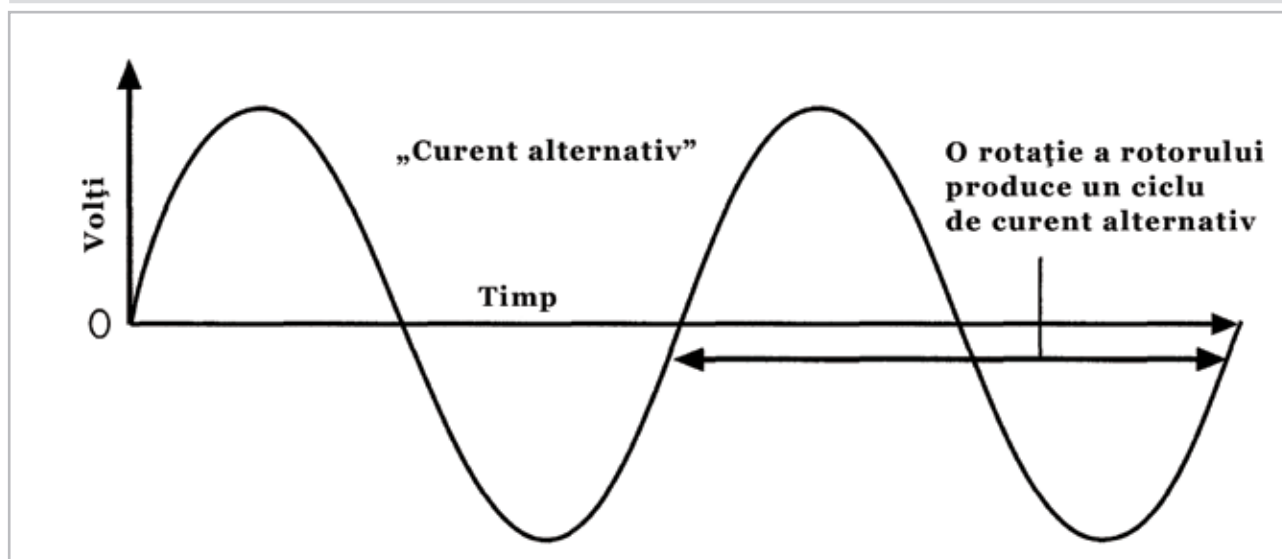


Fig. 5.4b Partea posterioară a unui alternator cu doi poli



Pierderi în fier

Schimbarea constantă a câmpului magnetic din miez afectează nu doar bobinele din jurul său, dar și oțelul din miez. Nu este de dorit să avem aceste „efecte secundare” în miez, deoarece acestea reduc randamentul. Aceste efecte se numesc „pierderi în fier” și apar din două motive:

Fig. 5.5 Curentul produs de un alternator cu doi poli

- Fierul se magnetizează și demagnetizează cu frecvență înaltă. Acest proces consumă energia prin histerezis. Pentru reducerea pierderilor prin histerezis, se pot folosi oțeluri speciale, care sunt ușor magnetizate.
- Schimbările de câmp magnetic tind să producă curenți turbionari în oțel, urmând orice cale conductivă din jurul schimbărilor liniilor de câmp magnetic. Un miez alcătuit din laminări (izolate unele de celelalte) poate fi folosit pentru reducerea căilor de circuite largi, minimalizând acești curenți turbionari.

Dințarea

Locașurile din miezul de bobină prezintă dinți între ele. Pe măsură ce rotorul se învâрте, magneții sunt atrași de acești dinți. Rezultatul este efectul de „cuplare”. Acesta poate cauza dificultăți la pornirea alternatorului și, de asemenea, poate produce zgomot în timpul funcționării. Aceste efecte pot fi minimalizate prin îndoirea ușoară a locașurilor.

Generatoarele cu mai mulți poli

Pâna acum am prezentat doar rotorii cu doi poli: nord și sud. Un magnet are doi poli, dar pot exista mai mulți poli într-un generator. Numărul polilor este întotdeauna par, pentru că polul nord nu poate exista fără cel sud și invers. Fig 5.6 arată un alternator cu patru poli.

Frecvența

În cazul în care există doi poli (Fig. 5.5), tensiunea electrică parcurge un ciclu complet pentru fiecare rotație a alternatorului. Dacă există patru poli, veți obține două cicluri pe rotație.

Rata de oscilație a alternatorului, în acest caz, se mai numește „frecvența” de alimentare. Frecvența variază proporțional cu viteza de rotație (vezi ecuațiile eoliene). Dacă tensiunea atinge 50 de cicluri pe secundă (ca în cazul electricității), atunci frecvența este de 50 Hertz.

Faza

Majoritatea alternatoarelor au mai mult decât o singură bobină finală. La alternatoarele cu o singură fază puteți conecta toate bobinele la un loc, pentru alimentarea aceluiași circuit. Aceasta se explică prin faptul că ciclurile tensiunii de ieșire din bobine sunt în sincron. În limbaj tehnic, putem spune că bobinele sunt „în fază”.

Să luăm figura 5.6 care prezintă patru poli și patru bobine. În timpul rotației rotorului, fiecare bobină va fi concomitent față în față cu un pol. Pentru a produce o alimentare cu tensiune mai mare, puteți conecta împreună bobinele în serie (Fig. 5.7), la fel cum ați conecta elementele individuale împreună într-o baterie. O altă modalitate ar putea fi conectarea în paralel a bobinelor, pentru a produce mai mult curent (la tensiune mai mică) decât în cazul conectării în serie.

Când o bobină din generator este față în față cu polul sud, iar alta este față în față cu polul nord simultan, conectările unei bobine trebuie inversate pentru ca bobinele să funcționeze împreună.

În cazul în care alimentați mai multe circuite, sau dacă alimentarea se face prin curent direct pentru încărcarea bateriilor, este de preferat să folosiți un alternator cu „trei faze”, dotat cu trei seturi de bobine, producând toate curent alternativ cu aceeași tensiune și frecvență, însă nu în modul sincron și paralel. Bobinele sunt dispuse pe stator (sau rotor) astfel încât polii alternează cu bobinele, în succesiune continuă. Majoritatea electricienilor asociază alimentarea cu „trei faze” cu alimentarea cu 415 volți (în România, alimentarea cu trei faze e caracteristică la 380 V, sau curentul alternativ trifazic, industrial), însă și alte tensiuni sunt posibile. De exemplu, alternatoarele de mașină au trei bobinaje.

Figura 5.8 ilustrează statorul alternatorului cu patru poli „desfășurat” într-un dreptunghi plat, astfel încât să putem observa monofaza bobinelor. Poziția a patru bobine (pe rotor, față în față cu bobinele) este ilustrată prin „N, S, N, S” pentru a evidenția faptul că toate bobinele sunt în fază.

În contrast, Figura 5.9 ilustrează alcătuirea bobinelor în alternatorul cu trei faze.

Există șase bobine în trei seturi legate între ele cu sârme subțiri. Bobinele din prima pereche sunt în fază și pot fi conectate în serie pentru a alimenta un circuit. În a doua pereche, bobinele pot fi de asemenea conectate unele cu altele, dar timpul de sincronizare față de prima fază este diferit, astfel că vor trebui să alimenteze un al doilea circuit. De asemenea, a treia pereche va produce a treia alimentare electrică a alternatorului, într-un timp diferit.

Observând sincronizarea celor mai înalte și joase puncte ale celor trei alimentări (Fig. 5.10), realizăm că toate trei produc aceeași tensiune și frecvență, dar nu sunt sincronizate (nu sunt în fază).

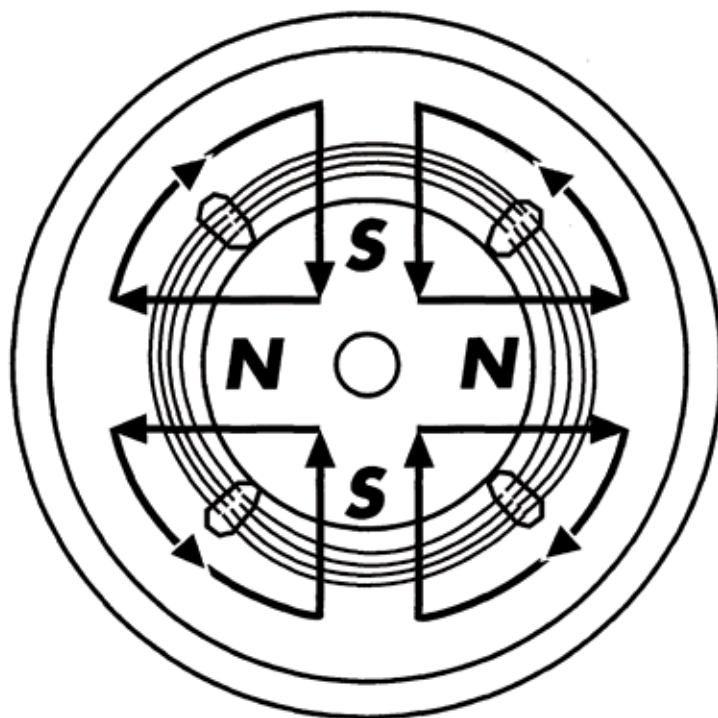
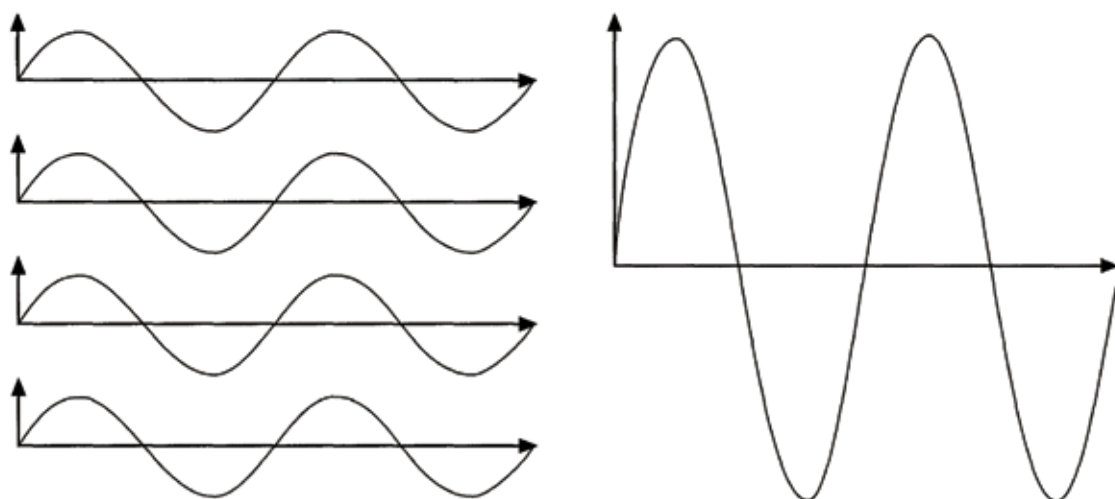
Fig. 5.6 Partea posterioară a unui alternator cu patru poli**Fig. 5.7** Patru bobine în serie produc de patru ori tensiunea de ieșire

Fig. 5.8 Un stator cu patru poli în monofază

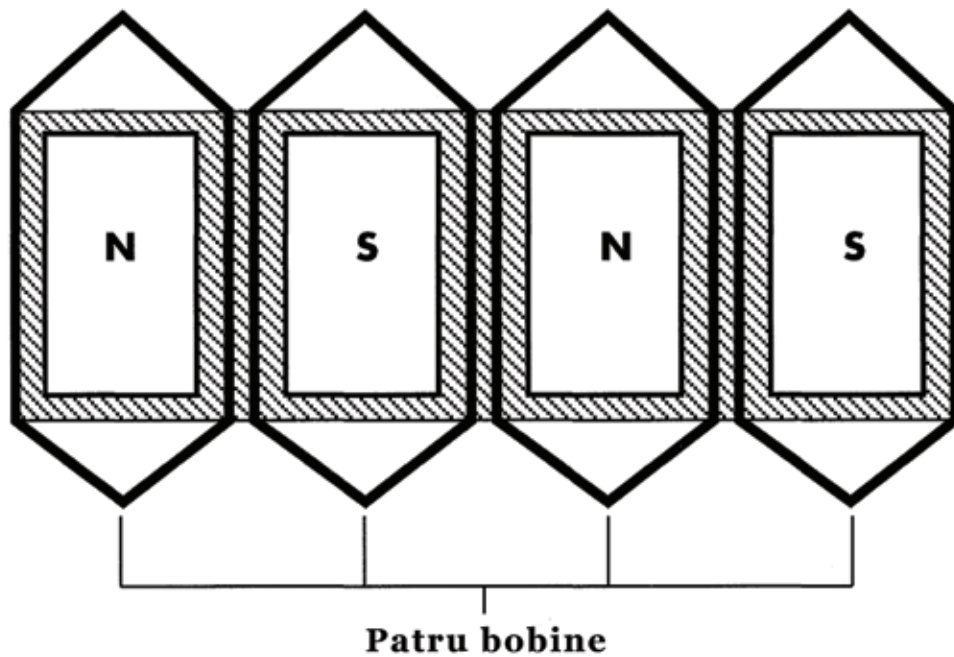


Fig. 5.9 Un bobinaj în trei faze

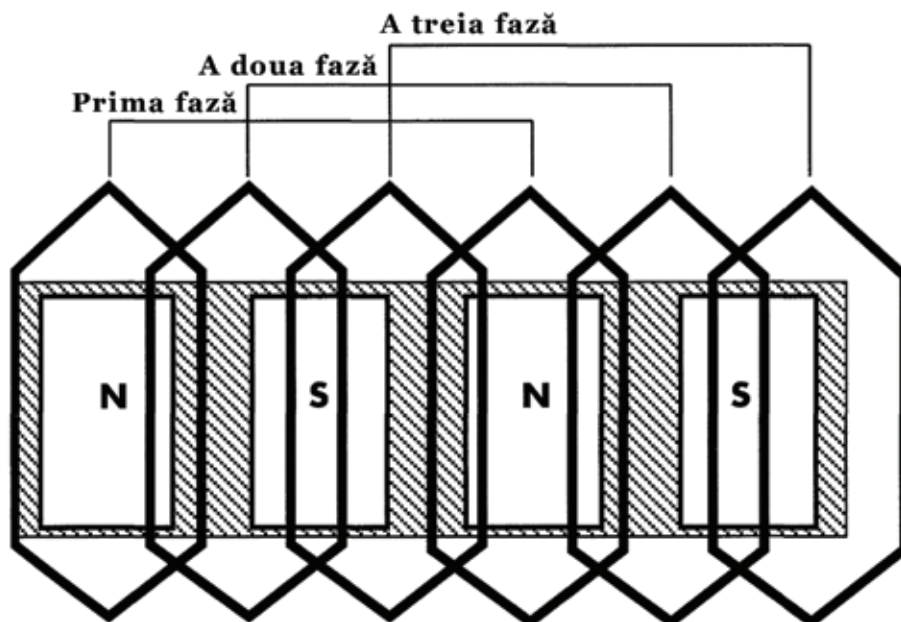
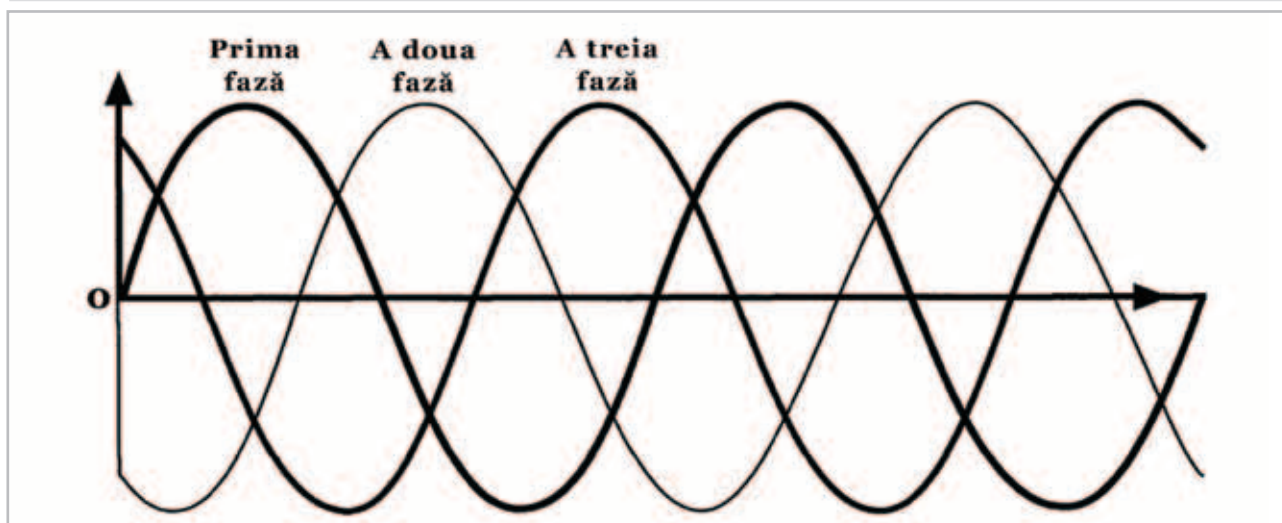


Fig. 5.10 Cum variază tensiunea temporal în fiecare din cele trei faze

Pe drept cuvânt, puteți să vă întrebați „De ce ne mai batem capul?”. Cu un total de șase fire („capete”) ieșind din alternator, e un chin să poți înțelege. Cu toate acestea, există motive întemeiate „să ne batem capul”, cum ar fi:

- În monofază, bobinele stau în același loc, lăsând spații mari nefolosite. Un bobinaj în trei faze folosește spațiul valabil mult mai eficient și asta va eficientiza și eoliana.
- Un alternator cu monofază produce tensiunea în pulsații (Fig. 5.5), în timp ce alternatorul cu trei faze produce tensiune în mod constant (Fig. 5.10). Se formează astfel mai puține vibrații și, prin urmare, eoliana va fi mai silențioasă.
- Un curent alternativ în trei faze folosește mai eficient cablurile decât trei alimentări monofazice (care ar avea nevoie de dublul cantității de fire din cupru, în aceeași situație). Acest aspect nu e relevant în cazul sistemelor de încărcare prin baterie, deoarece curentul direct folosește și mai puțin cablu decât curentul alternativ în trei faze.

Conexiuni în stea și în triunghi

În mod normal, cele trei circuite se leagă împreună. Nu putem să le conectăm în serie (sau în paralel) din cauza decalajului de timp, însă ele au în comun câteva dintre fire. Pentru a conecta capetele există două opțiuni (Fig. 5.11).

Tensiunea

Tensiunea este „impulsul” care conduce curentul într-un circuit. Componentele dintr-un sistem electric trebuie să fie concepute astfel încât să funcționeze la aceeași tensiune (tensiune nominală). Suntem obișnuiți să credem că alimentarea electrică are o anumită

tensiune și că, indiscutabil, ea va rămâne constantă. Însă s-ar putea să nu vă imaginați cât efort necesită menținerea constanței alimentării obișnuite de tensiune.

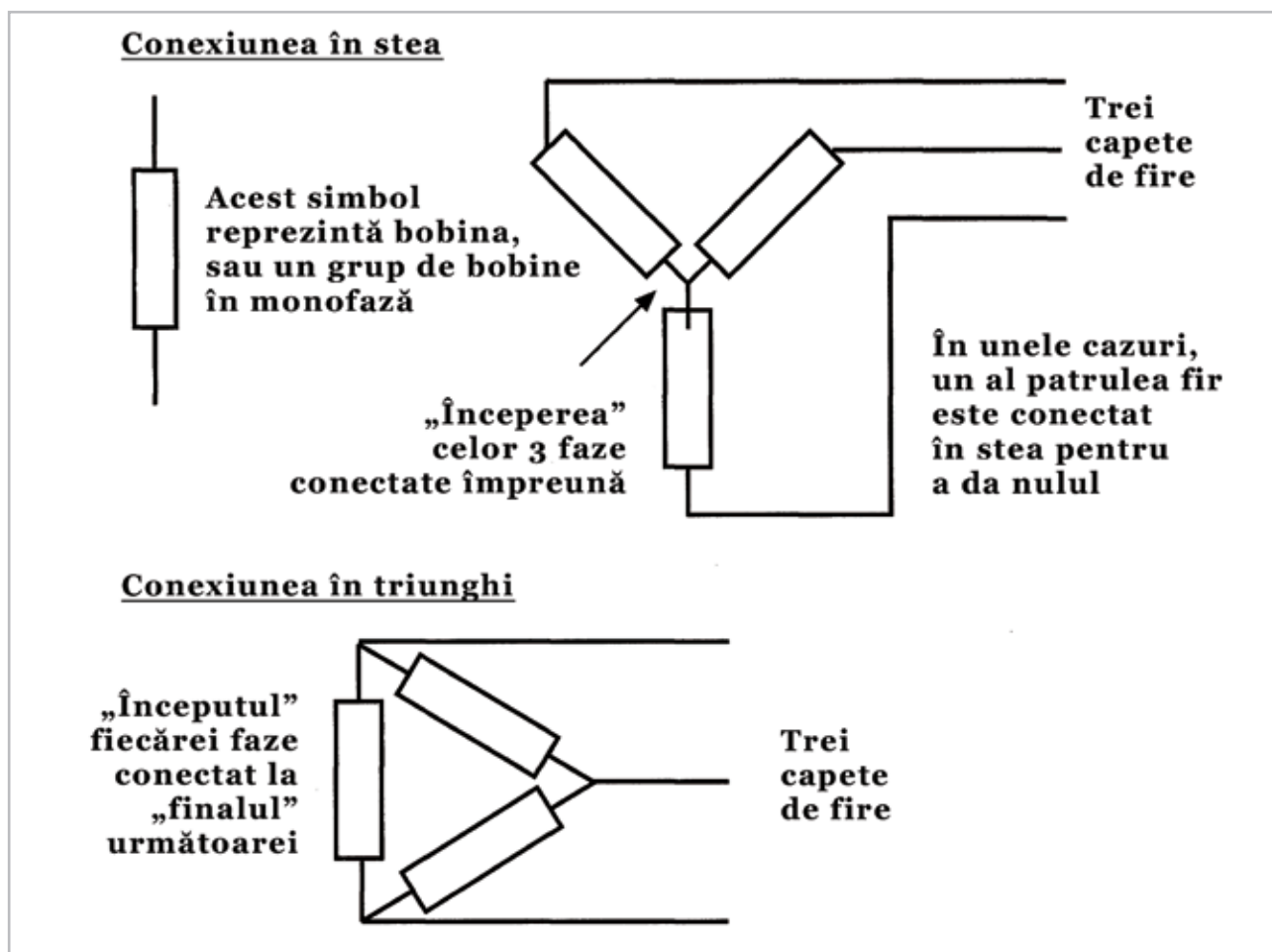
Tensiunea este determinată de rata de frecvență cu care câmpul magnetic traversează firele. Tensiunea poate fi amplificată prin creșterea oricăruia dintre următoarele elemente:

- Viteza de rotație
- Forța câmpului magnetic
- Numărul de rotații pe bobină

Dar ce înțelegem prin tensiune? Tensiunea nu este pur și simplu un obiect care produce curent alternativ, deoarece se schimbă în mod constant, scăzând la zero, revenind etc. Un voltmetru vă poate oferi o citire constantă a valorilor, dar ce reprezintă el de fapt? (Fig. 5.12)

De fapt, contorul vă va arăta tensiunea mediei pătratice. Media pătratică este valoarea tensiunii curentului direct care poate lumina un bec cu aceeași putere. Dacă intenționați să încărcați o baterie prin alimentare cu curent alternativ, atunci valoarea maximă a tensiunii (cu aproximativ 40% mai înaltă) poate fi de asemenea importantă.

Fig. 5.11 Cele două modalități de a lega trei faze de bobinaj



Pierdere internă de tensiune

Până acum am plecat de la premisa unui alternator cu circuit deschis, astfel că niciun curent nu poate dispărea din el. Tensiunea circuitului deschis este de asemenea cunoscută sub denumirea de „forță electromotoare” (f.e.) a generatorului. În momentul în care încercați să obțineți tensiunea din generator, se va crea o „pierdere de tensiune” din cauza pierderilor în bobinaje.

Să luăm un dinam de „12 volți” (vezi descrierea ulterioară). Pe măsură ce turația dinamului crește, tensiunea va crește de asemenea, până când turația de cuplare ajunge la 1.200 de rotații pe minut. În acest moment, circuitul de tensiune deschis va fi de 12 volți. La 2.000 de rotații pe minut ar putea practic produce circuit deschis de 12 volți. În momentul în care îl conectați la o baterie de 12 volți, va produce doar 12 volți la aceeași viteză, obținând un curent de 20 de amperi. Opt volți sunt consumați prin rezistența internă a dinamului. Figura 5.13 este un grafic al tensiunii și curentului versus viteză, pentru a ilustra procesul.

Practic, alți factori vor complica procesul, cum ar fi de exemplu schimbările tensiunii bateriei și cele din câmpul magnetic.

Alimentarea cu curent direct

Majoritatea eolienele care produc energie este folosită la încărcarea bateriilor. Dacă eoliana folosește un alternator, curentul alternativ trebuie convertit în curent continuu. Aceasta se face prin dispozitive semiconductoare numite „diode”, care funcționează ca și valve unidirecționale pentru curentul electric. Unele dintre diode sunt montate într-un circuit numit „punte”, așa cum este ilustrat în Figura 5.14. O punte trifazică poate fi construită pe același principiu (a se vedea ulterior).

Fig. 5.12 Care este tensiunea?

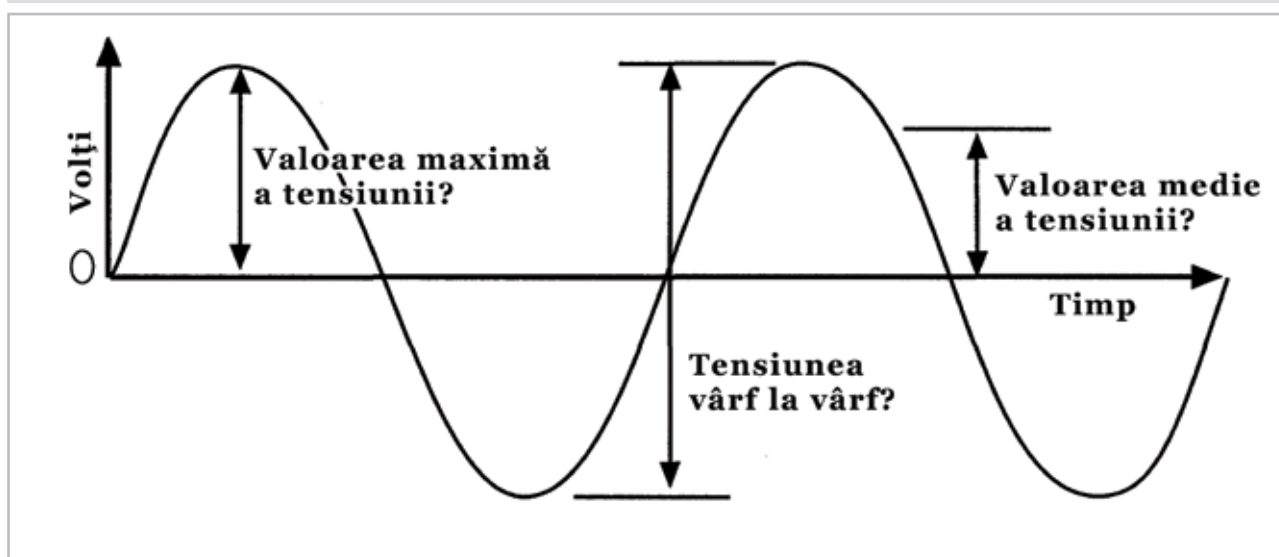


Fig. 5.13 Tensiunea este modificată prin curent

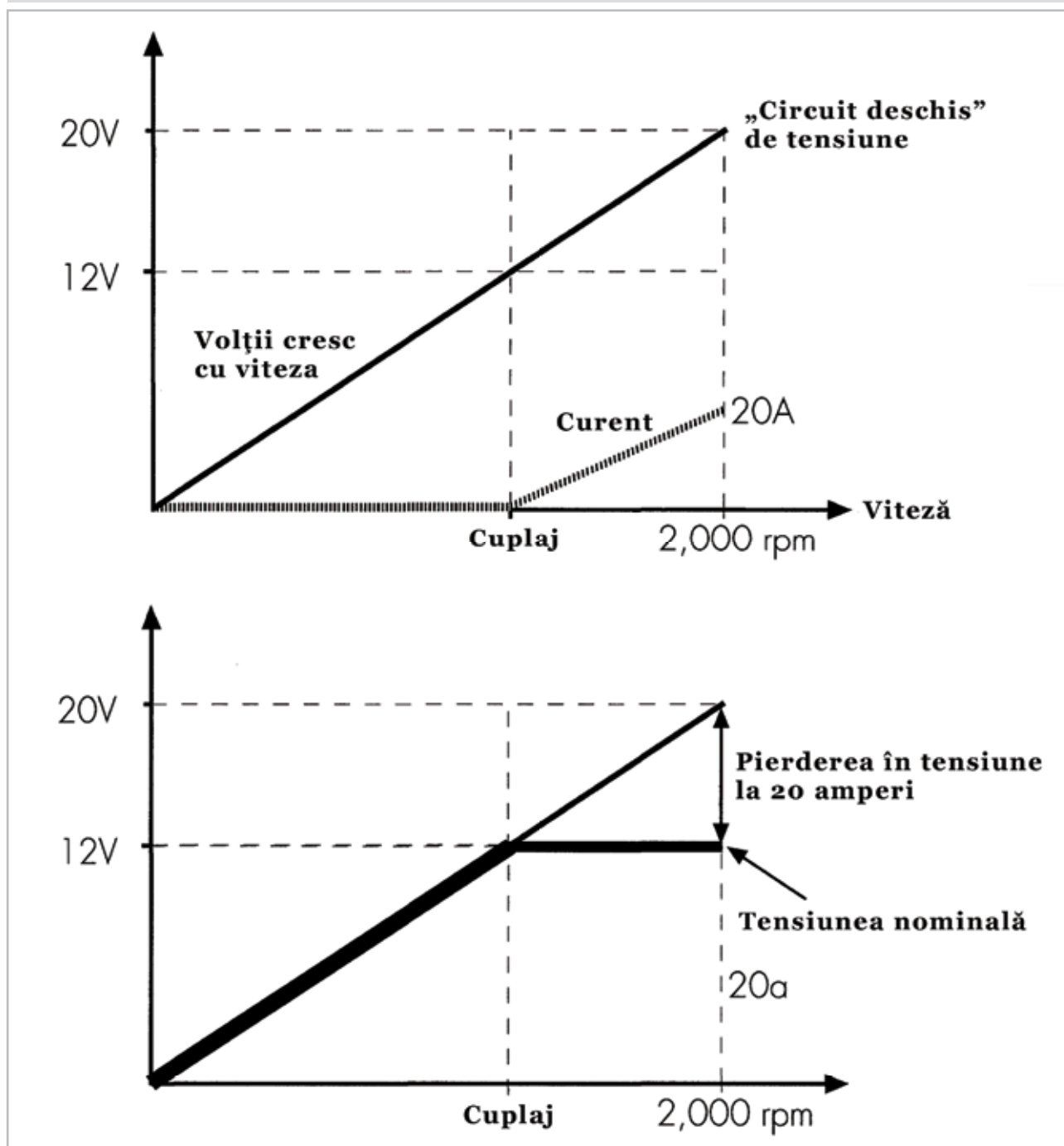
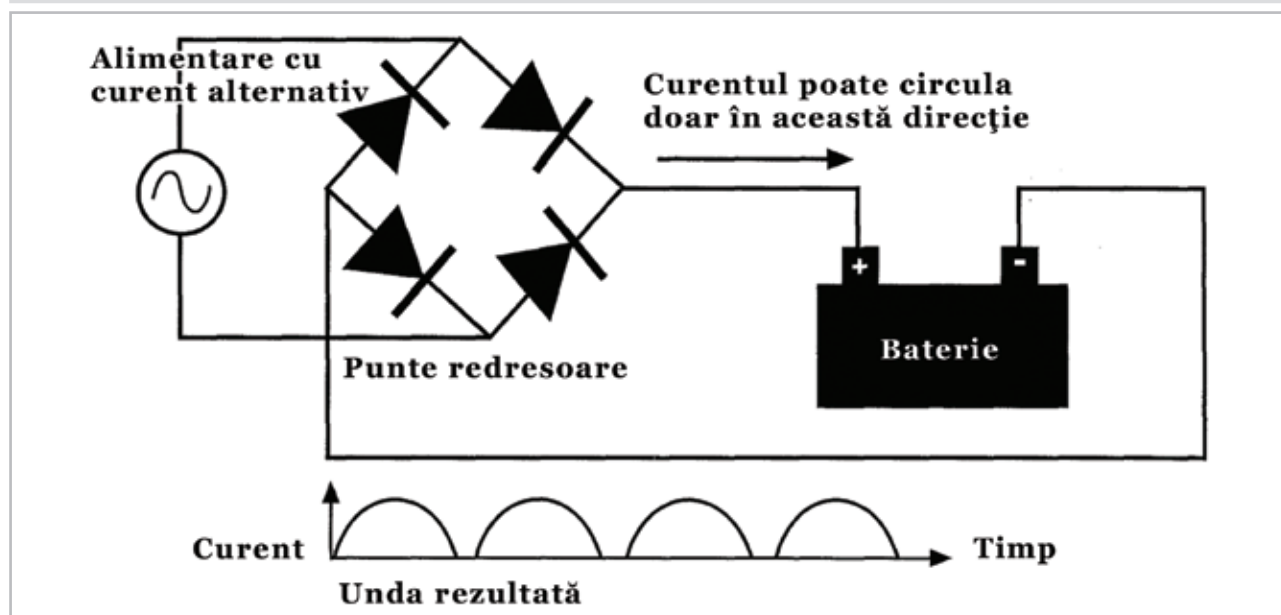


Fig. 5.13 Cum este modificat circuitul de tensiune deschis la trecerea curentului

Când curentul trece prin fiecare diodă are loc o pierdere de tensiune de 0.7 volți. Pentru a încărca bateria, curentul trebuie să treacă prin două diode în punte. Astfel, pentru a încărca o baterie de 12 volți este nevoie de o alimentare cu 13.4 volți. Prin urmare, mai mult de 10% din putere este pierdută în diode. Puntea redresoare trebuie montată pe un „radiator” (o piesă din aluminiu cu aripi) care va disipa căldura și va preveni supraîncălzirea.

Fig. 5.14 Diagrama circuitului unei punți redresoare



Din momentul în care valoarea maximă a tensiunii depășește tensiunea bateriei și voltajul diodei scade, curentul începe să circule în pulsații. Când alimentarea cu tensiune crește, curentul devine mai puternic și mai constant, în special în cazul alimentării trifazice.

Perii și inelele colectoare

Mai sus am prezentat alternatorul cu magnet permanent și bobinele pe stator (Fig. 5.4). Majoritatea generatoarelor și motoarelor are, de asemenea, bobine pe rotor. Pentru a conecta aceste bobine la un circuit electric extern, rotoarele sunt prevăzute, în mod normal, cu inele colectoare. Un inel colector este o suprafață de cupru fină, montată în rotor și strunjită. Contactele glisante, numite „perii”, sunt presate prin arcuri pe suprafața în rotație a inelelor colectoare. Dacă inițial un ansamblu de perii era alcătuit din tresă¹, acum ele sunt formate din bramă² de carbon.

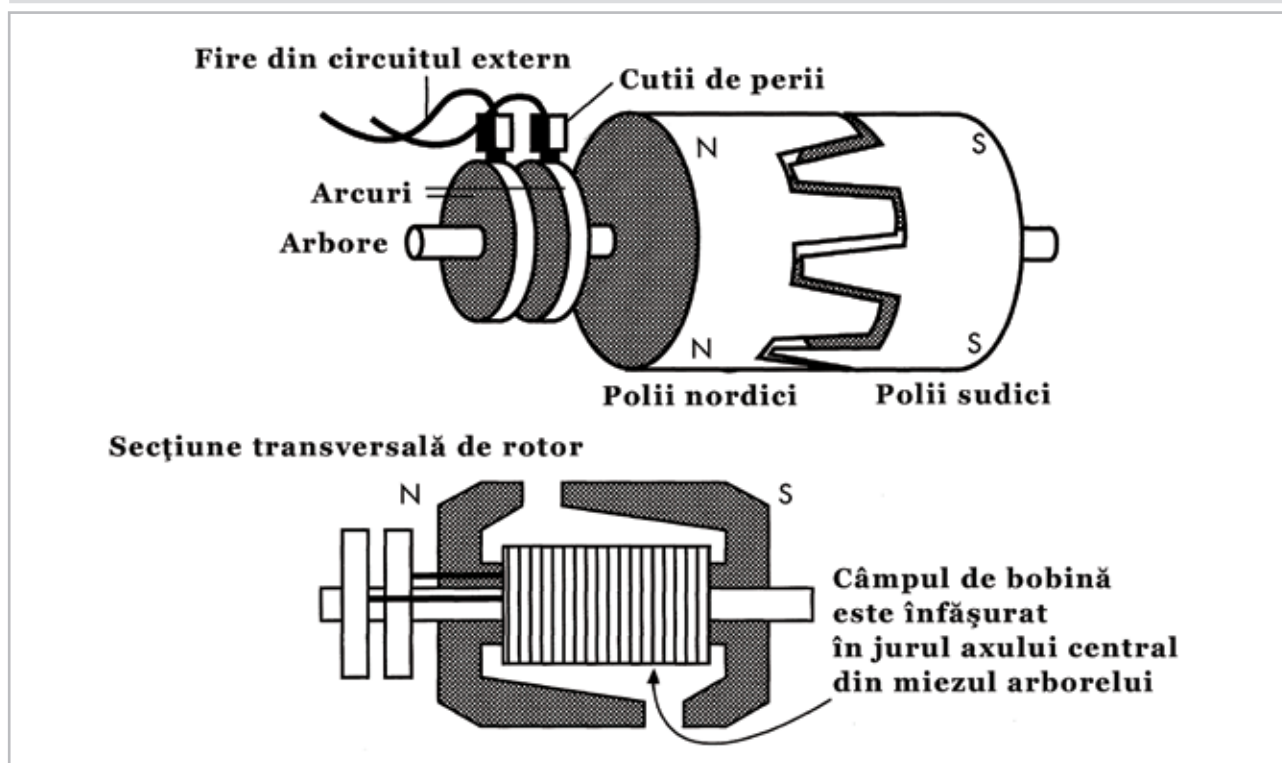
De exemplu, bobina de câmp a unui alternator de mașină se află pe rotor (Fig. 5.15). Bobina primește curentul de câmp prin perii și inele colectoare.

Acest curent trece de asemenea și prin circuitul regulator care previne supraîncărcarea tensiunii de ieșire, indiferent de viteză. Dacă sunt folosiți magnetii permanenți, periile nu mai sunt necesare, dar nu există nicio posibilitate de a controla debitul de ieșire.

¹ Împletituri de sârmă fină [TEI].

² Plăci sau semifabricate obținute prin laminarea lingourilor de oțel, cu secțiunea dreptunghiulară sau pătrată și cu suprafața striată sau punctată [TEI].

Fig. 5.15 Rotorul unui alternator de mașină



Cu timpul, periile se uzează, iar suprafața de contact a inelelor colectoare se poate coroda de la scântei (mai ales în cazul când este supraîncărcată de curent sau contaminată). Prin urmare, un generator fără perii va fi mult mai sigur.

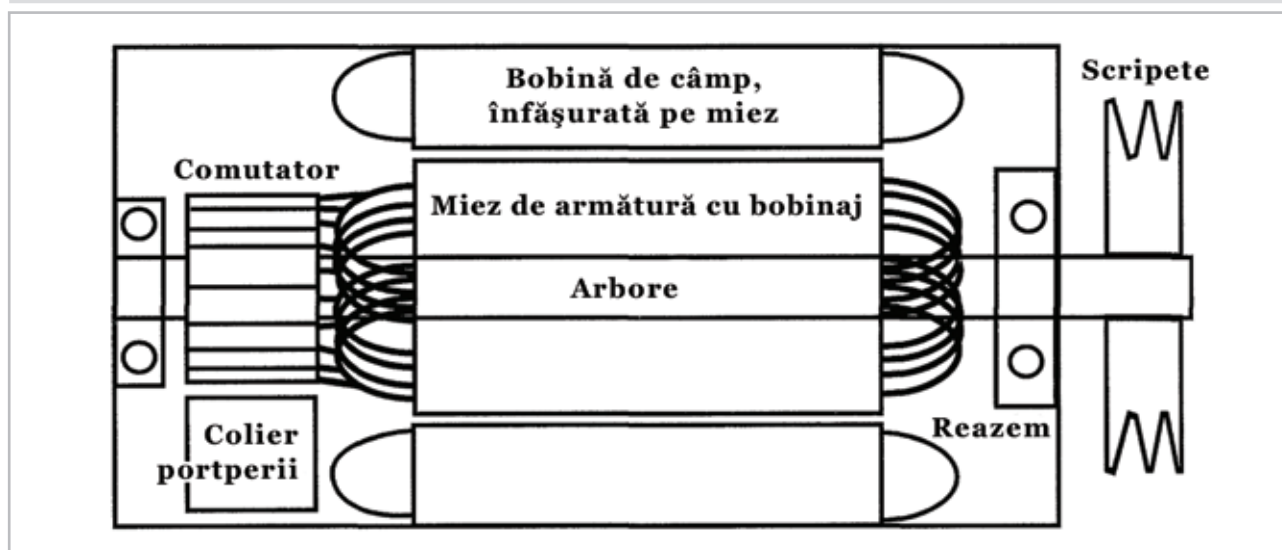
Comutatoarele

În zilele de demult, când nu existau redresoare din semiconductori, era imposibil să încărcăm bateria de la un curent alternativ. Era nevoie de un generator special de curent continuu, numit „dynam”.

Statorul dinamului poartă magneții de câmp (Fig. 5.16). În interior se află un rotor special numit „armătură”, care are multe bobine și un „comutator”. Cheia producerii de curent continuu stă în comutator și periile care conectează armătura bobinelor la circuitul extern al bateriei.

Literal, numele de „comutator” înseamnă întrerupător, iar asta este funcția comutatorului. Bobinele în serie de pe armătură sunt legate de lamelele de cupru de pe comutator. Periile sunt poziționate la o distanță relativă față de polii câmpului în așa fel încât se pot conecta constant la bobinele care conduc curentul unidirecțional. Ca rezultat, vom avea un alternator care produce curent continuu.

De asemenea, comutatoarele sunt folosite de către unele motoare numite motoare de „curent continuu” sau motoare „universale”.

Fig. 5.16 Vedere secționată a unui dinam

Schimbarea vitezei generatoarelor

Viteza generatorului este cel mai important aspect în construirea unei eoliene. Majoritatea generatoarelor este proiectată să funcționeze la o viteză prea mare pentru realizarea cuplării cu rotorul eolienei, însă există metode pentru reducerea vitezei de operare.

Am văzut că tensiunea produsă de o bobină depinde de viteză, câmpul magnetic și numărul de rotații. Există o limită de saturație a câmpului magnetic. Prin urmare, pentru ca aceste elemente să opereze la viteză mică, trebuie fie să lucrați la o tensiune mică, fie să schimbați gruparea de bobine din paralel în serie (sau din triunghi în stea), fie să folosiți mai multe rotații pe bobină.

Din păcate, toate aceste opțiuni reduc puterea nominală în wați, însă fără reducerea pierderilor în cupru. De exemplu, puteți opera un alternator de 24 de volți la jumătate din viteză, prin încărcarea unei baterii de 12 volți, dar dacă curentul este la fel, veți obține doar jumătate din putere, pentru că puterea este rezultatul înmulțirii tensiunii cu curentul. Pierderile în cupru (datorită efectului produs de circuitul curentului în bobinajele principale) vor rămâne aceleași. Deoarece ele vor fi acum de două ori mai mari decât fracția puterii nominale, gradul de eficiență va avea de suferit.

În cazul în care dorim să păstrăm aceeași eficiență, reducând totodată și viteza, trebuie să diminuăm de asemenea curentul și tensiunea. Puterea nominală este astfel redusă prin pătratul atenuării vitezei nominale. De exemplu, la jumătate din viteză, obținem un sfert din puterea generatorului. Acesta este prețul reducerii vitezei. Prin urmare, aveți nevoie de un generator mai mare în raport cu puterea nominală. Nu contează, de fapt, cât de greu este generatorul odată ce se află în aer, eficiența sa fiind mult mai importantă. Astfel că, în cele mai multe cazuri, merită achiziționarea unui generator mai greu.

În exemplul de mai sus am schimbat tensiunea pentru a obține o reducere a vitezei de operare. Putem schimba numărul de rotații pe bobină, sau pe gruparea de bobine (în serie sau stea), pentru a restaura tensiunea inițială, dar aceasta duce la o rezistență internă mai mare, iar curentul trebuie redus cu același factor, fără a crește puterea nominală. Motivul pentru aceste schimbări este de a menține compatibilitatea cu o anumită tensiune a bateriei în timpul operării cu o viteză mică.

Dacă există de asemenea și bobine de câmp, pierderile sistematice vor deveni mai semnificative pe măsură ce puterea nominală este redusă. Din acest motiv, nu merită să modificați un generator la o viteză de operare mai mică, decât dacă prezintă un grad bun de eficiență de la început.

Tipuri de generatoare

Generatoarele de tensiune mai comune nu sunt abordate în această carte pentru că sunt rareori folosite în construirea mini eolienele.

Alternatorii de mașină și dinamurile

Alternatorii de mașină reprezintă prima alegere pentru cei care descoperă energia eoliană, fiind ușor disponibili, având puterea nominală potrivită și fiind proiectați pentru alimentarea bateriilor. Cu toate acestea, ei nu sunt alegerea ideală pentru construirea mini eolienele. Eficiența de sarcină este foarte slabă, datorită nevoii de curent în bobina de câmp. Alternatorii de mașini moderne sunt construiți pentru a fi ieftini, ușori și cu turație ridicată.

Dinamurile au de asemenea nevoie și de curent de câmp, dar pot fi o bună alegere în cazul eolienele, dacă găsiți un dinam suficient de vechi. Poate părea ciudată recomandarea dinamurilor vechi, însă acestea erau construite pentru viteze mici de operare, primând eficiența în fața capacității maxime de putere. Pentru o eoliană care să producă curent continuu veți avea nevoie de un dinam mare și greu (peste 20 de kg pentru 300 de wați). Vorbim, deci, de un gen de echipament destul de vechi și greu de găsit.

Câteva aspecte importante despre dinamuri și alternatoare

Alternatoarele de mașină și dinamurile funcționează prin autoexcitație, însemnând că, peste o anumită viteză, se întrerup și produc câmpul magnetic. În ambele cazuri, bobinele de câmp sunt conectate în paralel cu ieșirile. Întreruperea se produce spontan. Magneții dețin remanență magnetică slabă, care produce tensiune joasă. Aceasta creează un curent mic care amplifică câmpul existent și produce mai mult curent, crescând astfel tensiunea. Într-o secundă, se poate obține o tensiune maximă. Alternatoarele nu se întrerup atât de ușor. Bobinele de câmp au nevoie, deseori, de un curent mic, semnalat de la „lumina de indicare” (vezi ulterior).

La depășirea vitezei de întrerupere, curentul produs de dinam crește brusc, odată cu creșterea vitezei. Capacitatea maximă este obținută la viteza reală a eolienei, în timp ce la alternatoare aveți nevoie să obțineți o viteză de trei sau patru ori mai mare decât o viteză de întrerupere, pentru ca sarcina nominală să fie obținută (Fig. 5.17).

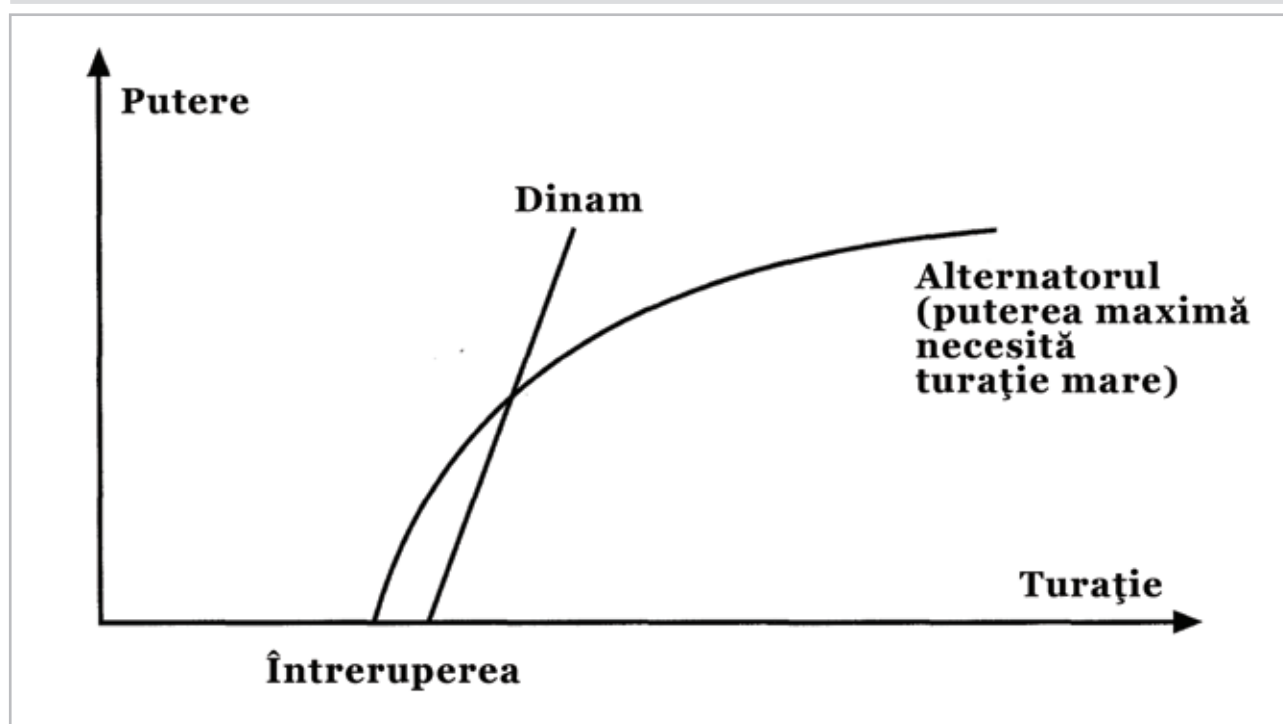
Alternatoarele auto își limitează, de fapt, propriul curent (prin reactanță inductivă în bobinaje), ceea ce înseamnă că (dacă sunt răcite în mod adecvat) este aproape imposibil să se supraîncarce, în timp ce un dinam se va supraîncălzi dacă este suprasolicitat. Rotoarele alternatoarelor sunt capabile, de asemenea, să reziste la viteze foarte mari, care ar distruge armătura dinamului.

Dinamurile vechi au o rezistență excelentă, astfel că puteți să montați fără nicio problemă un rotor destul de mare (2-3m în diametru) direct pe scripet. Alternatorul de mașină este, pe de altă parte, mai puțin impresionant.

Între un dinam și un motor electric nu există diferențe importante. Curentul va circula dinspre baterie spre dinam și va roti eoliana atunci când nu bate vântul, exceptând situațiile în care există o diodă de blocaj montată ca să prevină curentul în sens invers. Un alternator nu poate fi pus direct în mișcare, curentul invers fiind blocat de redresor.

În cazul dinamurilor nu este important care terminal este pozitiv, sau care este negativ (polaritatea). Polaritatea este detectată de dinam atunci când este conectat la o baterie, prin învârtire sau aprinderea circuitului de câmp. Alternatoarele, însă, sunt grav avariate dacă sunt conectate greșit la poli.

Fig. 5.17 Caracteristicile puterii/vitezei



Pentru alternatoare nu este importantă direcția de rotație (doar în cazul ventilațiilor de răcire). Un dinam va funcționa doar într-o direcție și se va roti la fel. Direcția de rotație poate fi inversată prin inversarea polarității bobinelor de câmp (încrucișând firele).

În timpul operării, dinamurile sunt aproape silențioase pe când alternatoarele fac zgomot zbârnâitor.

Lucrul cu dinamurile

Dinamurile au nevoie regulat de întreținere, la intervale de un an, chiar și mai mult, dacă sunt bine îngrijite. Aceasta implică înlăturarea armăturii de pe corp, curățarea prafului de carbon, a suprafeței comutatorului (având mare grijă să îl ții concentric, câteodată se folosește un vârf de strung pentru a-l șterge), curățarea și degresarea reazemurilor după indicații. Periile trebuie să se poată mișca liber în cutiile lor și suprafața comutatorului să fie complet degresată. Este o muncă migăloasă și murdă, însă foarte necesară. Dacă comutatorul nu funcționează adecvat, dinamul nu va reuși să se autoexcite, iar eoliana, prin urmare, va funcționa la viteză excesivă.

Fig. 5.18 Modificarea conexiunilor dinamului

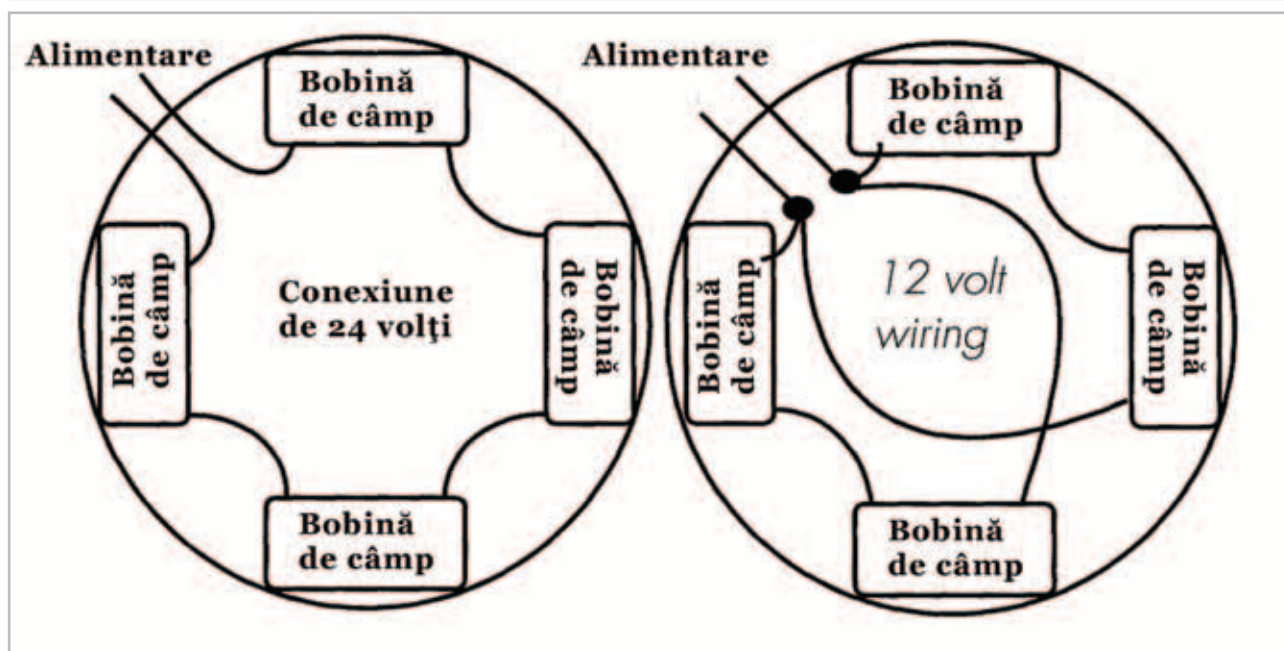


Fig. 5.18 Schimbările conexiunilor dinamului la tensiune joasă de operare (vedere posterioară a corpului dinamului)

Puteți înjumătăți viteza nominală pentru tensiunea de 24 volți, la încărcarea unei baterii de 12 volți. Bobinele de câmp au nevoie să fie reconectate, de preferat în paralel decât în serie, pentru a funcționa adecvat la o tensiune joasă. Figura 5.18 ilustrează un cadru tipic.

Dacă sunteți destul de norocos să găsiți un dinam cu viteză mică, trebuie să fiți atent să nu îl supraîncărcați. Curenții înalți vor cauza scânteieri la perii și frecare accelerată. În cel mai rău caz va supraîncălzi armătura, ceea ce va fi dificil de rebobinat.

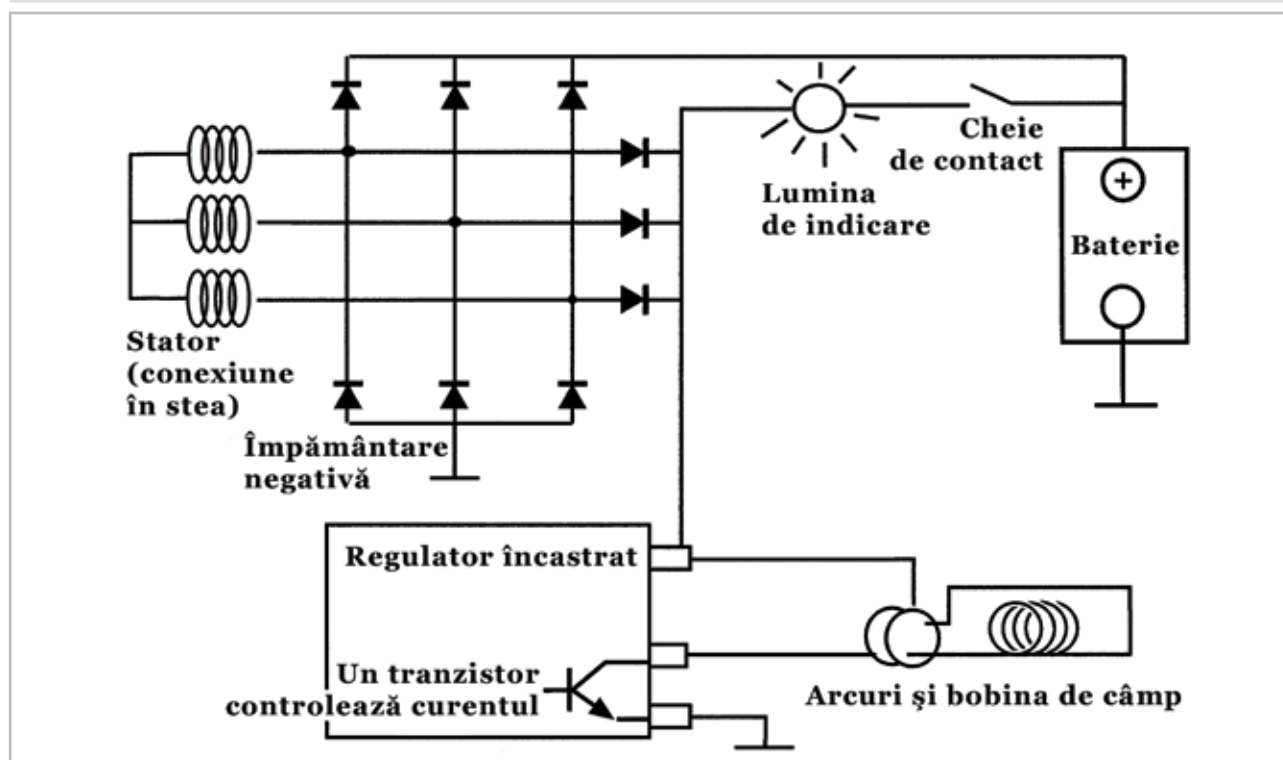
Alternatoarele de mașină

Pentru a obține rezultatul așteptat, este bine să înțelegeți conexiunile unui alternator (Fig. 5.19).

Curentul de la bobinajele statorului trece printr-un redresor de punte trifazic, pe care îl convertește în curent continuu pentru încărcarea bateriei. Există un singur terminal mare al alternatorului, care este conectat la borna plus a bateriei. Borna negativă este conectată la carcasă (pământ). Niciodată să nu conectați o baterie invers, pentru că veți distruge redresorul. De asemenea, niciodată să nu operați alternatorul la viteză mare, fără a fi conectat la baterie, pentru că va avaria redresorul.

Alternatorul de mașină necesită o alimentare cu curent la bobina de câmp, prin intermediul periilor. Acesta poate fi luat din baterie, dar ar epuiza resursele din ea atunci când motorul (sau eoliana) ar fi oprit(ă). În schimb, avem un redresor special cu nouă diode, care furnizează o alimentare cu sarcină pozitivă independentă, de la bobinajele statorului la bobina de câmp.

Fig. 5.19 Diagrama circuitului alternatorului de mașină



Acest terminal în plus, de pe redresor, este abreviat ca IND pentru conexiunea cu lumina de indicare. Lumina se va aprinde doar atunci când nu există tensiune din alternator. În timpul sarcinii va exista aceeași tensiune la fiecare bornă a becului și aceasta se stinge.

Majoritatea alternatoarelor de mașină are un regulator intern care controlează tensiunea de ieșire cu ajutorul curentului de câmp. Acesta nu este adecvat pentru construirea unei eoliene și ar trebui să nu fie utilizat. Acesta nu poate măsura tensiunea bateriei și, de asemenea, ar descărca eoliana, cauzând pierderi. În schimb, regularizați tensiunea bateriei cu un șunt (vezi capitolul șapte).

Modificări la alternatoarele auto

Rebobinați bobinele stator cu mai multe spire, pentru a funcționa la aceeași tensiune, dar la o viteză mică. Analizați bobinele existente în timp ce le scoateți. Înfășurați înlocuitorii cu sârmă emailată 70% din diametrul inițial și roțiți cât încape, ceea ce ar însemna mai mult decât dublul. Acum, alternatorul se va întrerupe la o viteză acceptabilă pentru transmitere directă printr-un rotor de diametrul 1.5 m, dar puterea nominală și eficiența vor fi reduse.

De asemenea, este posibil să modificați rotorul prin montarea de magneți permanenți. Va fi mai eficient și simplu, dar puterea nominală va fi mai joasă.

Alternatoare cu magneți permanenți

Alternatoarele cu magneții permanenți au caracteristici similare cu alternatoarele auto (de mai sus), excepție făcând faptul că nu au bobine de câmp. Acestea reprezintă cea mai bună alegere de generator pentru o eoliană de scală mică, pentru că sunt simpli și eficienți. Magneții de pe rotor nu au nevoie de perii sau arcuri, iar singurele piese care se pot uza sunt reazemele. Nu este necesară excitarea câmpului de către curent, astfel că pierderile sunt minime în cazul vânturilor domoale.

O problemă o reprezintă faptul că sunt greu de găsit. Mai jos găsiți câteva posibile surse (și dezavantajele lor):

- Excitatori pentru generatori sincroni fără perii (au un preț ridicat).
- Alternatori de biciclete și motociclete (au puterea maximă joasă). Cele de bicicletă sunt folosite pentru mini eoliene (5 wați), deoarece au o viteză mică de operare, dar alternatorii de motocicletă sunt creați pentru turații ridicate și nu sunt ușor de adaptat pentru transmisie directă.
- Aparare de sudare „Mighty Midget”.
- Fabricanți chinezi de turbine eoliene mici. Căutați pe internet. O variantă ieftină, dar nu și foarte sigură.

Motoare folosite ca generatoare

După cum am menționat mai sus, motoarele și generatoarele sunt foarte asemănătoare și interschimbabile, de multe ori, având parte de foarte puține modificări, sau uneori de niciuna. Motoarele, de fapt, generează tot timpul tensiune când funcționează. Această tensiune, cunoscută ca forța electromotoare, este mai mică decât tensiunea de alimentare, astfel că randamentul net îl reprezintă faptul că un curent va continua să circule de la alimentare la motoare. Pe măsură ce motorul capătă viteză, forța electromotoare crește, curentul de alimentare scade, iar astfel motorul este stabilizat la viteza impusă de tensiunea de alimentare.

Diferența dintre motor și generator stă în viteză. Să spunem că luăm un dinam pe care îl conectăm la o baterie de 12 volți. Se va produce o viteză de cuplare la care alternatorul respectiv va genera exact 12 volți. Dacă impuneți o rotație mai mare, va produce mai multă forță electromotoare, cauzând circulația curentului în baterie. Dacă îl încetiniți, va produce mai puțin, permițând curentului să circule din baterie în motor. Același principiu se aplică la motoarele cu curent alternativ. De fapt, majoritatea turbinelor eoline mari, conectate la rețea, folosesc motoare de inducție (vezi mai târziu) ca generatori. Dacă există doar un vânt slab, atunci alternatorul va tinde să penduleze înainte și în spate, între motor și generator, chiar într-o manieră lină și firească. Sistemul de control al eolienei se conectează și deconectează de la rețea, la o viteză a vântului dată pentru un randament maxim.

Motoarele cu magneți permanenți

Ștergătoarele de parbriz și ventilatoarele de motor de la automobile sunt în principal de tipul comutatorului, având magneți permanenți. De obicei, viteza este prea mare pentru a fi folosite practic în cazul eolienele, dar pot fi folosite pentru eolienele de jucărie, în vederea operării cu tensiuni joase. Unele dintre motoarele de pornire din zilele noastre au magneți permanenți, însă periile sunt create pentru perioade de operare scurte. Motoarele de pornire mai vechi au bobinaje de câmp în serie neadecvate.

Există și motoare mari de curent direct cu magneți permanenți, cu viteză mică și eficiență mai mare. Multe dintre acestea au comutatori și se comportă destul de asemănător cu dinamurile (mai sus). Dacă găsiți un astfel de motor la un preț mic (cum ar fi motoarele rebut de la mașini de spălat), atunci este recomandabil să îl folosiți la o eoliană. Încercați să evitați curenții înalți care ar putea supraîncărca și distruge comutatorul.

Motoare de curent continuu fără perii

În zilele noastre se pot găsi servomotoare cu magneți permanenți cu viteză mică și fără perii, care sunt perfecte pentru a fi folosite drept generatoare pentru minieoliene. Motoarele

fără perii sunt ca și alternatoarele cu magneți permanenți. Pentru a funcționa ca motoare, trebuie alimentate cu curent alternativ în fază cu rotația. Acesta este produs prin invertori speciali. Greutatea mică se obține prin folosirea unor magneți scumpi, numiți „lantanide”, care produc în motor o densitate de câmp foarte mare.

Domeniul de aplicare include instrumente de alternatoare, roboți, echipament militar și medical. Cum aceste obiecte se găsesc la fier vechi, ele sunt ieftine, iar motoarele de curent continuu fără perii pot fi achiziționate, de asemenea, de către cei care știu unde să le caute. În zilele noastre, chiar și unele mașini de spălat sunt construite cu motoare de curent continuu fără perii.

Motoare de inducție

Cunoscute și sub denumirea de „motor asincron”, acestea sunt printre cele mai comune și mai ușor de găsit motoare, dar și cele mai greu de înțeles. Prețul de producție este ieftin, nu au perii, iar menținerea lor nu este costisitoare. Un motor de inducție are toate bobinajele pe stator. Statorul este de fapt foarte asemănător cu cel al alternatorului, având miezul alcătuit dintr-o stivă de lminații. Rotorul este un cilindru simplu din oțel laminat având încastrată o „înfășurare într-o colivie de veveriță” din bare de aluminiu, cu un inel de aluminiu în capătul fiecăreia. Curentul de câmp este indus în aceste bare de către curenții din bobinajele din stator, dar o explicație mai cuprinzătoare nu face scopul acestei cărți. E de ajuns să spunem că, deși nu există perii sau bobine de câmp, alimentarea statorului cu curent de câmp este totuși necesară sub forma unui curent „reactiv” defazat.

Când motoarele de inducție sunt folosite ca generatoare de sine stătătoare, acestea pot fi autoexcitate prin folosirea condensatorilor electrici. Această îndeletnicire necesită multă iscusință. O carte foarte bună pe acest subiect este „Motoare folosite ca generatoare pentru micro putere hidraulică”, editura IT (disponibilă în librăriile CAT). Eolienele constituie un caz mai dificil decât hidraulicele, pentru că puterea și viteza variază foarte de mult, însă nu înseamnă că această practică este imposibilă. Faptul că motoreductoarele sunt disponibile la prețuri mici și mărimi diferite, facilitează construirea unei astfel de eoliene. Motoarele de randament maxim își merită investiția mai mare.

Construirea de la zero a unui alternator cu magnet permanent

Dacă prețul unui alternator cu magnet permanent este inabordabil, atunci veți găsi opțiunea de a vă construi propriul alternator ca fiind una foarte practică. Veți găsi aici câteva sugestii.

Magneții ceramici

Materialele de fabricare a magneților permanenți au avansat în ultimii ani. Există o diversitate destul de mare, precum ceramică, aliaje, lantanide, toate superioare oțelului din care se făceau vechii magneți. Cei mai ieftini și mai ușor de folosit sunt magneții din ceramică, alcătuiți din ferit.

Fig. 5.20 Câmpul axial versus câmpul radial

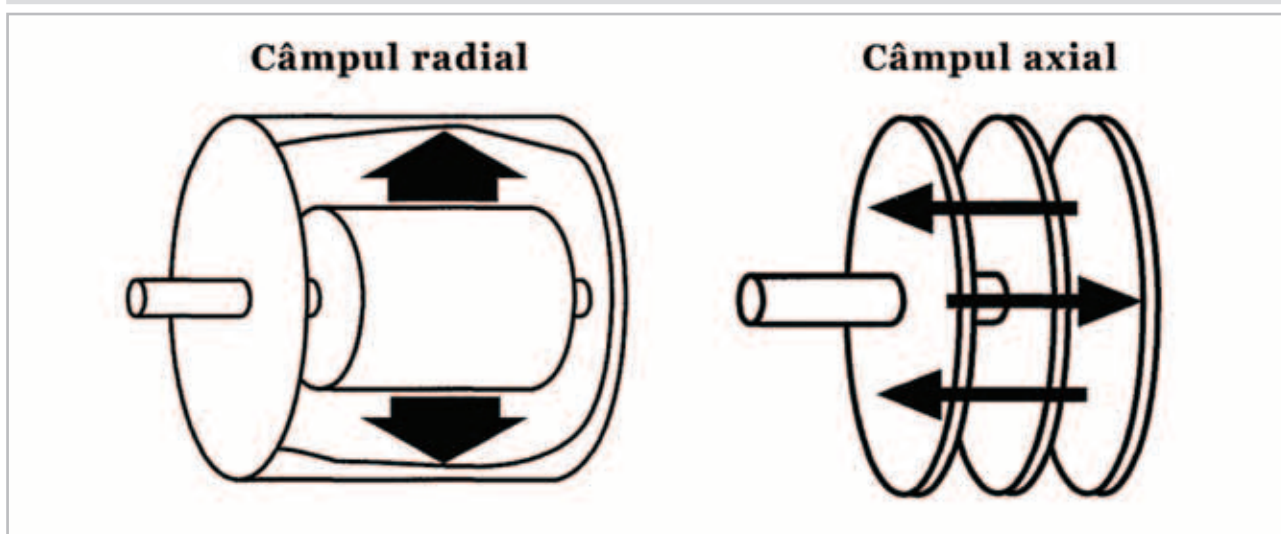


Fig. 5.20 Săgețile arată direcția câmpului magnetic

Alți magneți au o densitate de câmp mai mare și o greutate mai mică, dar feritul este relativ ieftin și stabil. Optați pentru materialele numite Feroba 3, sau Ferroxdure 330, în funcție de producător.

Producătorii pot oferi cataloage cu mărimile standard de blocuri de magneți. De asemenea, ei pot să taie blocurile la cererea dumneavoastră și să vi le furnizeze gata premagnetizați. Ei sunt tăiați cu o lama diamant de ferăstrău. După aceea, veți putea să îi șlefuiți cu un disc de fasonare.

Pentru a construi un alternator, veți avea nevoie să găsiți un dispozitiv potrivit, cu rotor și stator. Lipiți magneții de rotor, astfel încât circuitul magnetic să poată trece prin bobinele pe care le-ati bobinat și fixat de stator (vezi Fig. 5.3). Circuitul magnetic trebuie să fie făcut din material adecvate. Oțelul sau fierul turnat sunt o alegere bună pentru rotor, dar miezul statorului (dacă există) trebuie laminat. Alumiul și plasticul nu sunt adecvate pentru circuitul magnetic.

Nu există un număr limitat de variații ale formelor dispozitivului la care visați. Ei pot fi clasificați în alternatoare cu câmp radial, sau axial, în funcție de direcția câmpului în spațiul liber (Fig. 5.20).

Alternatoarele cu câmp radial

Majoritatea alternatoarelor electrice au câmp radial asemănător cu cel din figura 5.4. Alternatorul de mașină și motorul de inducție sunt alte exemple de acest gen. Puteți să le convertiți în alternatoare cu magnet permanent prin fixarea magneților pe rotoare, folosind un număr mare de blocuri de magneți dreptunghiulari pentru a crea o aproximare de cerc. Desene mai detaliate sunt de asemenea disponibile.

Fig. 5.21 Laminații pentru alternatori

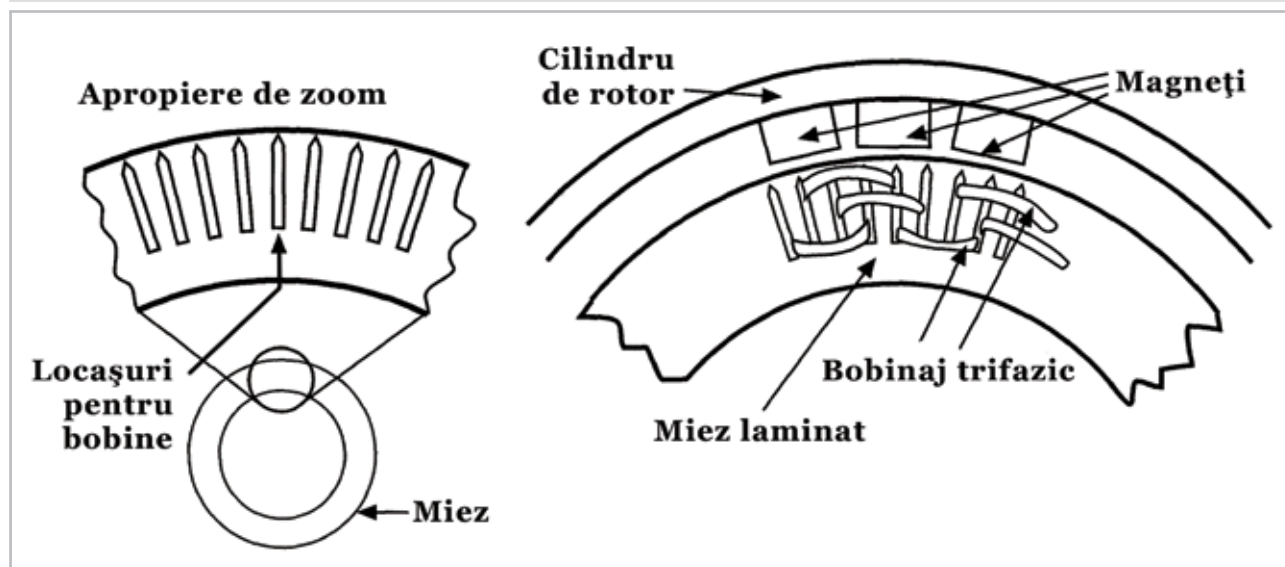


Fig. 5.21 Cele mai bune tipuri de laminații pentru alternatorii cu tranziție direct

Câțiva producători de eoliene din Olanda folosesc motoarele de inducție ca bază pentru alternatoare. Ei folosesc mulți poli și înfășoară statorul cu mult mai multe bobine decât în cazul unui motor cu inducție. Cea mai mare problemă cu această ansamblare este faptul că blocurile de magneți sunt afectate de forțele centrifuge, combinate cu variații mari și frecvente de temperatură. Aceste condiții impun o exigență mai mare față de lipici.

Celălalt ansamblu de câmp radial presupune montarea externă a rotorului. Cele două mari avantaje ale ansamblării cu transmitere directă le constituie faptul că forțele centrifuge acționează asupra magneților presându-i pe rotor, și nu trăgându-i de pe rotor, precum și faptul că puteți folosi tamburul de frână, sau chiar roata unui vehicul, drept rotor. Reazemele roților de mașină sunt ieftine și destul de solide pentru a susține lamele rotorului prinse în butuc.

Pentru a construi un stator pentru alternator avem nevoie să găsim un miez laminat, pe care să fixăm bobinele de ieșire. Exteriorul miezului trebuie să se apropie de fațetele magnetului, lăsând doar un mic spațiu liber pentru trecerea câmpului. Un spațiu liber mai mare înseamnă densitate de câmp mai mica, dar în cazul magneților cu ferit, se va produce doar o mică pierdere din randament, dacă spațiul liber este de un milimetru. Avantajul unui

spațiu liber mare este că riscul ca rotorul și statorul să aibă contact, cum se întâmplă de obicei datorită reazemelor slabe sau deformate, este mai mic.

Figura 5.21 arată cel mai bun tip de lăminații pentru un astfel de alternator. Totuși, acestea sunt greu de găsit în zilele noastre. Majoritatea motoarelor care se pot găsi la fier vechi sunt motoarele de inducție cu locașuri în interiorul miezului. Dar există încă furnizori specializați în lăminații, sau în statoare integrale pentru alternatoare cu magnet permanent, făcute manual.

Figura 5.22 ilustrează o abordare alternativă, prin folosirea lăminațiilor dintr-un motor de inducție comun. De exemplu, un butuc de frână de 254mm sarcină, aparținând unei dube cu roți cu tracțiune pe spate (de exemplu, Ford Transit), poate fi folosit cu blocuri de magneți lipiți în strat de 20mm în interior, după cum se vede mai sus și un strat de lăminații de 203mm de la un motor electric. Spațiul liber creat (de aprox. 5mm) este destul de mare cât să permită lipirea bobinelor pe suprafața stivei de lăminații în spațiul liber, așa cum este el. Există schițe detaliate pentru această metodă.

Această asamblare este mai puțin eficientă decât ar fi cea a unui alternator cu locașuri ale lăminațiilor externe, deoarece există mai puțin spațiu disponibil pentru bobinaje și pentru că se produce o scurgere mai mare de câmp de la magneți de la un pol la altul, fără a străbate nici un fir. Pe de altă parte, această ansamblare este foarte eficientă în cazul unei puteri nominale joase (în timpul vânturilor ușoare). Pierderile în fier sunt mai mici decât în cazul locașurilor de lăminații externe, nu există dințare, iar demarorul e mai ușor.

Fig. 5.22 O abordare alternativă

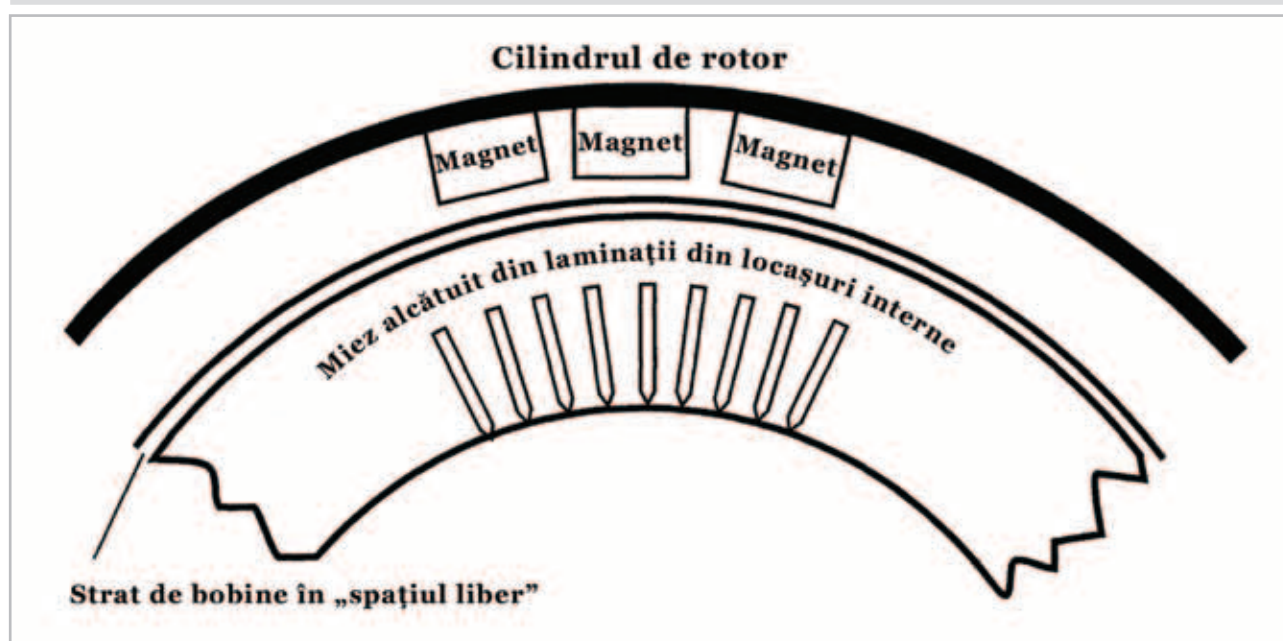
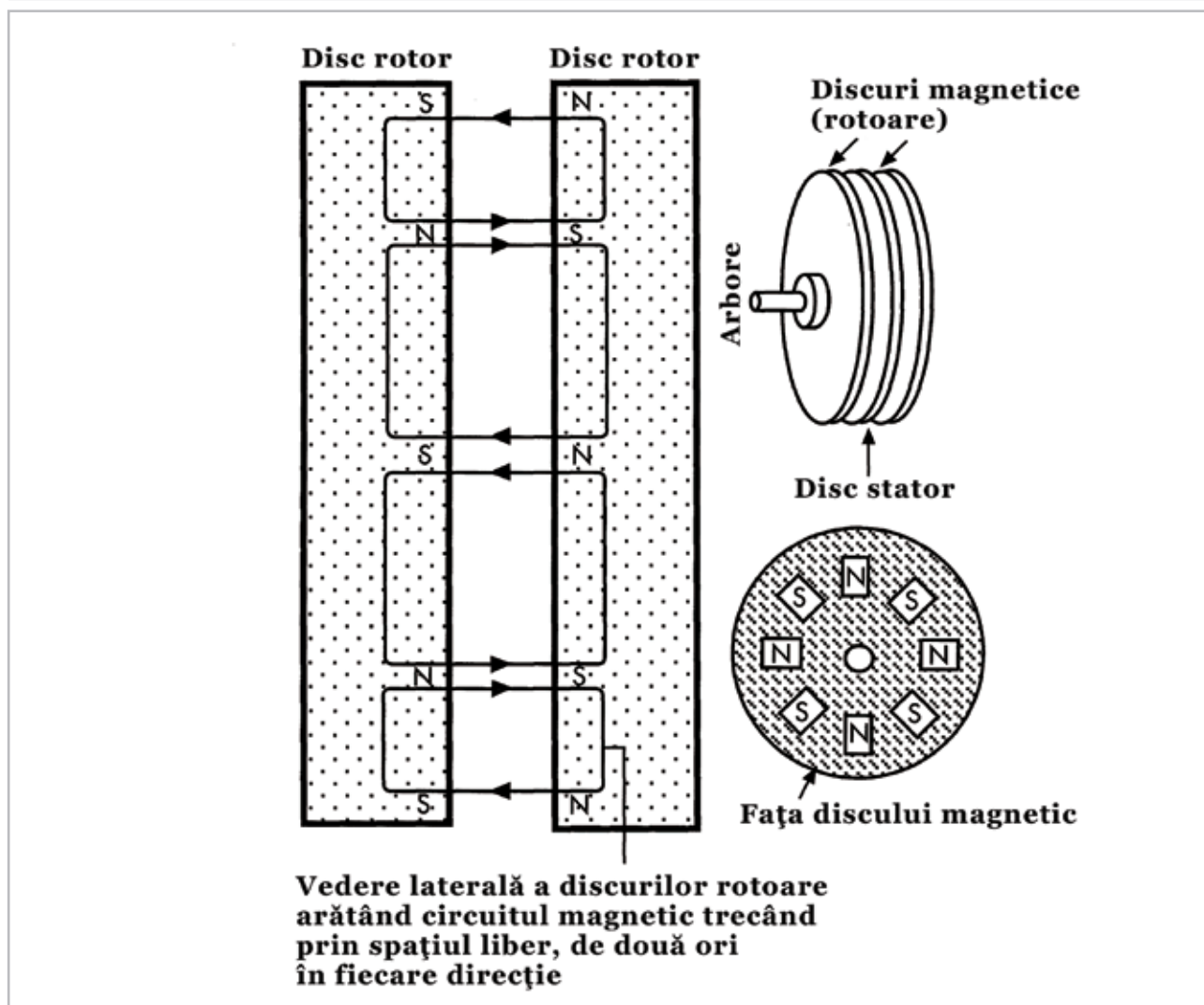


Fig. 5.23 Un alternator cu spațiu liber



Alternatoarele cu câmp axial

„Câmpul axial” presupune că liniile de câmp care străbat spațiul liber sunt paralele cu axul arborelui, comutând de la un disc la altul (Fig. 5.20, pagina 77). Cel mai comun tip de alternator cu câmp axial este alternatorul cu „spațiu liber”, folosit (de exemplu) pentru eolienele Rutland.

Figura 5.23 descrie discurile de magnet ale unui alternator cu spațiu liber, văzut de sus. Există două discuri cu mai mulți poli (8 sau mai mulți), fiecare în fața celuilalt. Polul nord de pe un disc este în fața polului sud de pe celalalt disc (și invers). Câmpul trece prin spațiu în ambele direcții. Inelele magnetice acustice mari sunt deseori folosite, magnetizate cu mulți poli prin folosirea unui șablon special. Pe de altă parte, puteți să lipiți blocurile de ceramică premagnetizate de fațetele de oțel ale discurilor. Un avantaj al acestui tip de ansamblare îl constituie blocurile de magnet care acționează ca niște palete de ventilator, ajutând aerul să circule prin stator și să îl răcească.

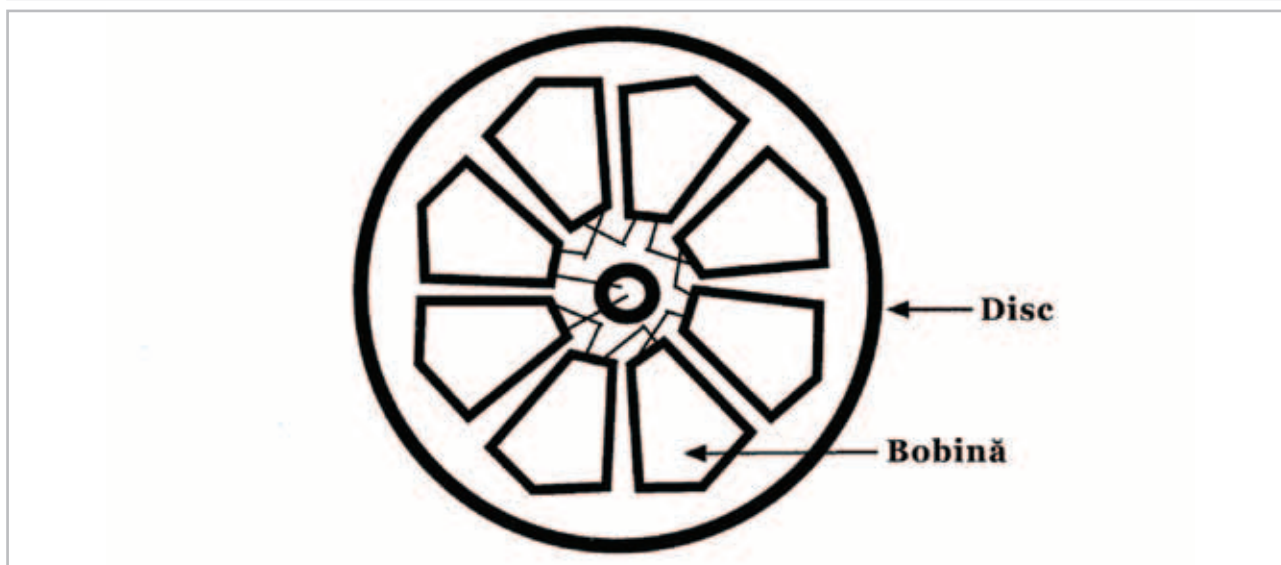
Fig. 5.24 Conexiuni de bobină

Fig. 5.24 Conexiuni de bobine în serie într-o singură fază de stator de disc de tip „spațiu liber”. Fiecare a doua bobină are conexiunile inversate.

Discul stator se află în spațiul dintre cele două discuri de magnet. El este constituit dintr-un set de bobine încastrate în rășină (este utilă rășina de poliester, folosită în construcția fibrelor de sticlă). În cazul versiunii cu monofază, există o singură bobină pe stator pentru fiecare pol de pe discul magnetic. Bobinele pot fi conectate în serie pentru a produce tensiune mai mare, dar la fiecare a doua bobină conexiunile trebuie inversate, deoarece direcția câmpului alternează (Fig. 5.24).

De asemenea, este posibil să construim o versiune trifazică. Există trei bobine la fiecare patru poli (de exemplu, șase bobine la opt poli). Fiecare a treia bobină este conectată în serie pentru a alcătui un grup fazic (în acest caz, nu mai e nevoie de inversiune). Uniți capetele de început de la toate cele trei grupe fazice și folosiți cele trei ieșiri ca ieșire a redresorului (vezi de asemenea Fig. 5.11, „conexiune în stea”).

Chiar și având un alternator cu „spațiu liber”, puteți alege între montarea rotorului pe arbore sau pe carcasă (Fig. 5.25). De obicei, alternatoarele cu câmpul axial au „transmisia prin carcasă”, dar aceasta nu e cea mai bună ansamblare, deoarece discul stator este susținut doar în centru, unde se poate scoroji și crăpa ușor. Configurarea transmisiei prin arbore este mai robustă.

Alternatorul cu „spațiul liber” nu are lamiņații în el, prin urmare:

- nu există pierderi în fier;
- nu există dințare și minimum de moment de demarare necesar;
- puteți să construiți unul fără a avea nevoie de lamiņații.

Pe de altă parte, discul stator subțire este dificil de răcit, astfel că există un risc mai mare de supraîncălzire.

Fig. 5.25 Alternatoare cu „spațiul liber”

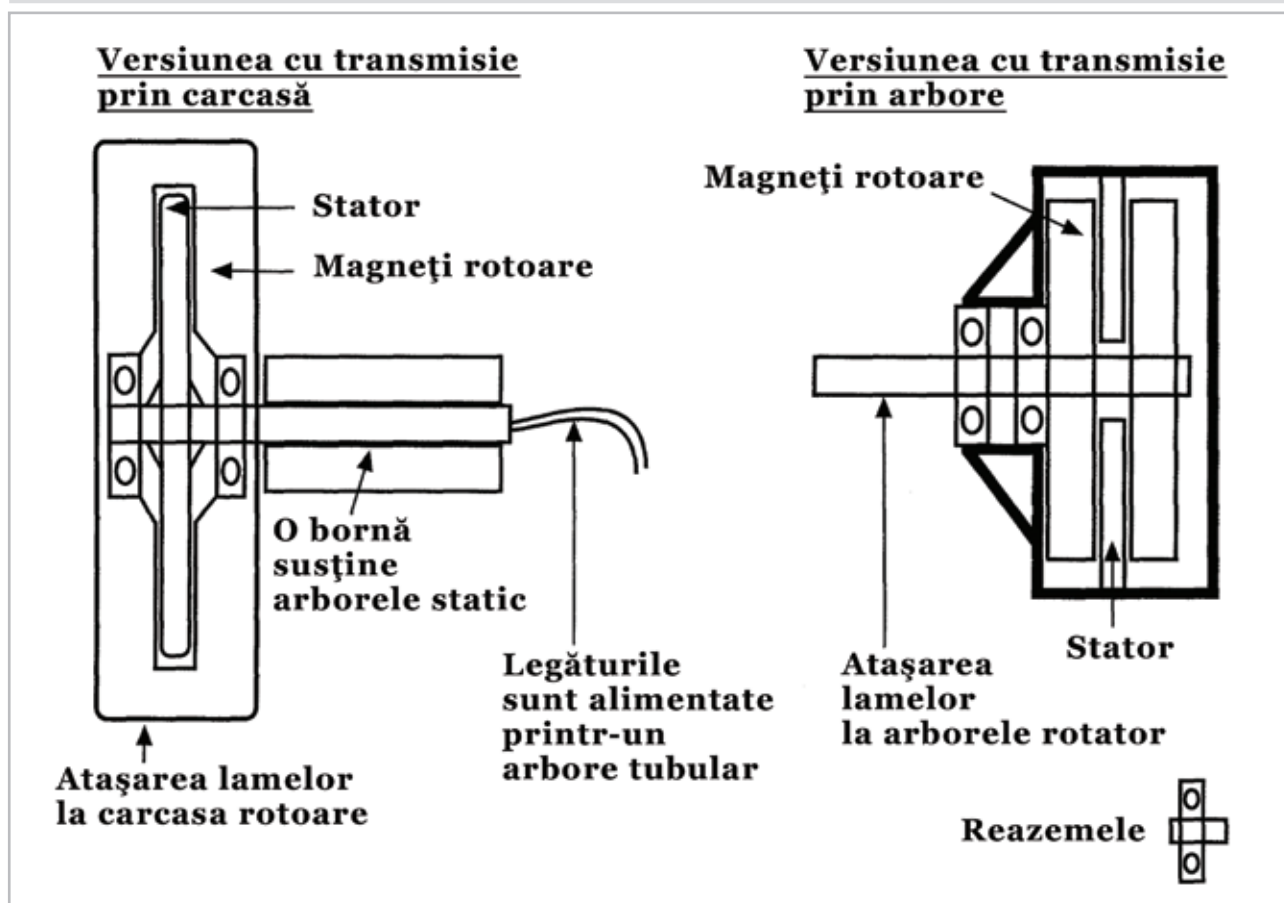


Fig. 5.25 Ansambluri de transmisie pentru alternatoare cu „spațiul liber”.
Vederea secțiunii celor două tipuri

Sugestii de proiectare

Există numeroase schițe de eoliene disponibile, dar pentru cei care vor să își proiecteze propriul alternator folosind materialele disponibile și inspirația, aici sunt câteva sugestii.

Diametrul spațiului liber

Cea mai bună formă pentru un alternator cu viteză mică este cea „corpulentă”. Cercul înscris de spațiul liber ar trebui să fie mare. Mărind diametrul, va crește și viteza la care magneții trec prin bobine. Aceasta îmbunătățește eficiența masei magneților și bobinelor, la o turație dată.

Limita „corpolenței” pe care poate să o adopte forma alternatorului apare atunci când rotorul nu mai poate fi suficient de rigid pentru a preveni contactul cu statorul. Forțele

magnetice, cele de rotație și reazemele libere sunt factori care contribuie la apariția acestui risc. În plus, frecvența de operare limitează diametrul.

Numărul de poli

Dacă spațiul liber este mare, atunci există suficient spațiu pentru numeroși poli. Numărul de poli pentru care optați este în mod justificat arbitrar, deoarece un număr mic de poli cu diametrul mare va trimite cu foarte puțin mai mult câmp magnetic prin bobine decât polii cu diametrul mai mic, atunci când sunt mai mulți. Randamentul optim pentru fiecare alternator depinde de următorii factori:

- frecvența depinde de numărul de poli. O frecvență mare (mai mulți poli) este utilă în cazul în care folosiți transformatoare, însă provoacă de asemenea mari pierderi în fier;
- pierderile în cupru depind de lățimea bobinelor și sunt nesemnificative când polii sunt mai mici;
- o parte din câmp nu reușește să treacă prin stator, dar sare la polul alăturat. Cantitatea de câmp magnetic pierdută în această manieră este mai mare când există mulți poli și un spațiu liber cu diametru mare;
- dacă fațetele polilor sunt largi, circuitul magnetic trebuie să fie mult mai trainic pentru a conduce mai mult flux, fără a satura.

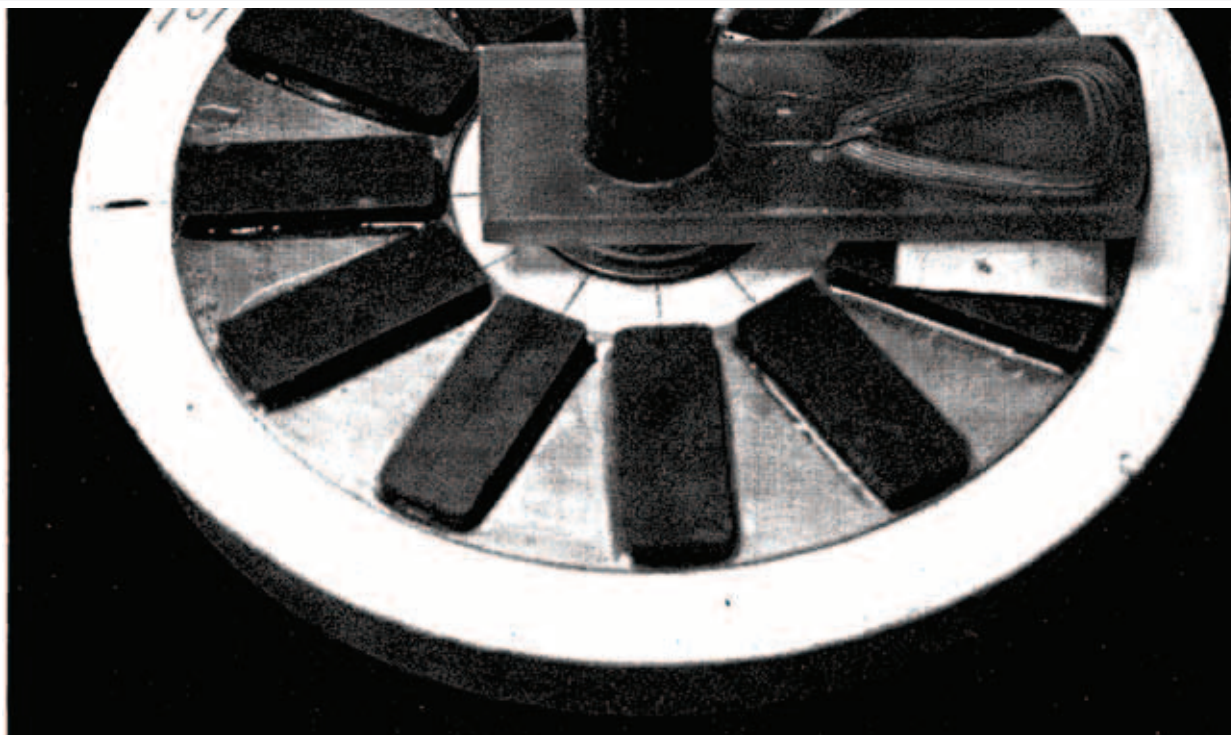
Forma bobinelor

Forma bobinei ar trebui să fie în așa fel încât, la fiecare trecere a polului prin ea, cea mai mare parte din câmp să se conecteze prin ea. Grosimea bobinei va varia în funcție de spațiul disponibil. De exemplu, bobinele dintr-un alternator cu „spațiu liber” ar avea aceeași grosime ca și discul stator. Bobinele dintr-un miez laminat trebuie proiectate astfel încât să se potrivească în locașuri și ținând cont de izolatoare. Dacă bobinele se suprapun (ca în majoritatea cazurilor de bobinaj trifazic), trebuie să asigurați destul spațiu de mișcare.

Numărul de rotații

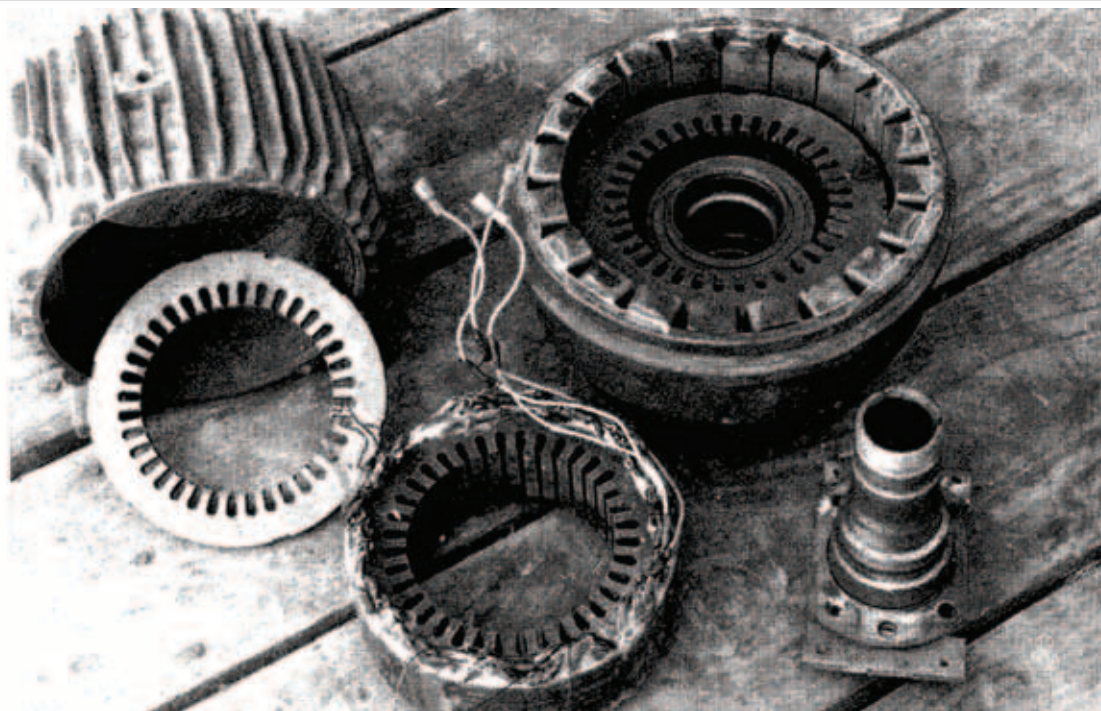
Acesta trebuie ales în funcție de tensiunea și turația dorită. Tensiunea/viteza de efectuare nu e ușor de prezis, în special dacă modelul nu mai fost încercat înainte.

Un alternator cu câmp axial



Magnetul rotor și o bobină de unică folosință pentru un alternator cu câmp axial (Construit de Eric Archbold)

Un alternator cu tambur de frână



Bucăți dintr-un alternator cu tambur de frână făcut manual

Pentru numărul de rotații de bobină care produce 12 volți de cuplare la o turație dată, vedeți ecuațiile pentru formula „regulii degetului mare”. Împărțiți aceste rotații la bobinele din conexiunile paralele.

Dacă viteza de cuplare se dovedește a fi prea mică, sau tensiunea este prea mare, puteți reconecta bobinele în triunghi, sau în paralel. Totuși, este mai bine să folosiți un înlocuitor de bobinaj cu înfășurări mai mici. Bobinajele în triunghi sau în paralel pot fi afectate de curenți paraziți, sau „armonici”, care circulă între o bobină și cealaltă.

Grosimea firului

Folosiți cel mai gros fir care poate fi ușor fixat în spațiul disponibil, spre a minimiza pierderile în cupru. Dacă firul gros e prea rigid, puteți folosi două sau mai multe fire subțiri, legate împreună.

Spre deosebire de cabluri, firele de bobinare nu au un curent specific care să poată fi purtat fără supraîncălzire. Aceasta pentru că răcirea depinde în mod integral de geometria bobinajului. Dacă statorul are o suprafață largă și o ventilație bună, va putea disipa mai multă căldură înainte de a atinge temperatura unde izolația este afectată.

Folosiți formula pentru prezicerea pierderii în cupru a firelor (vezi Appendix) și pentru a estima fracția puterii care se pierde în bobinaje. Verificați apoi dacă eficiența este acceptabilă, adică peste 50%, să spunem. Puteți, de asemenea, să verificați cât curent poate duce statorul, printr-un test de referință al curentului care trece prin el și măsurând gradul de ridicare al temperaturii. O răcire e deseori preferabilă la eoliene.

Concluzie

Generatorul este „inima” unei turbine de vânt și cea mai dificilă parte de obținut. Cu un generator bun sunteți deja aproape de finalizare. Informațiile din următoarele capitole vă vor ajuta să construiți paletetele. După cum veți vedea în următoarele capitole, veți avea de asemenea nevoie de comenzi bune pentru a eficientiza cel mai bine generatorul.



ȘASE

SISTEME DE CONTROL MECANICE

Pe lângă rolul principal de transformare a energiei eoliene în energie electrică, turbina eoliană trebuie adaptată la condițiile de mediu. Aceasta trebuie amplasată în direcția vântului. De asemenea, trebuie protejată de vânturile violente care au o intensitate mai mare decât viteza nominală. Adaptarea trebuie să se realizeze în mod automat, nefiind realist să ne așteptăm ca în zilele noastre cineva (sau chiar dumneavoastră) să o poată supraveghea în permanență. Mai devreme sau mai târziu, o vijelie va lovi atunci când nu sunteți de față.

Turbinele eoliene mai mari au sisteme de control computerizate care acționează servomotoarele, motoarele hidraulice și tot felul de mecanisme. La o instalație de o asemenea dimensiune, un astfel de sistem, precum și întreținerea acestuia, sunt economice. Aceeași abordare ar putea funcționa și în cazul unei turbine eoliene mai mici, însă costurile ar fi prea ridicate. Problemele legate de fiabilitate ar fi aspectul cel mai neplăcut al costurilor.

Turbinele eoliene mici necesită, pe cât posibil, sisteme de control simple și pasive. Va trebui să luați mereu în considerare că orice parte mobilă se va gripa, sau uza, la un moment dat. Orice lucru care vibrează, o face până când va ceda. Descărcările electrice pot lovi oricând, iar în unele locuri, aceste fenomene sunt dese. Dacă există un spațiu unde apa s-ar putea infiltra, atunci cu siguranță o va face, iar de multe ori se va infiltra în locurile extrem de greu de pătruns. Simplitatea este deosebit de importantă. Perfecțiunea nu reprezintă stadiul în care nimic nu mai trebuie adăugat, ci mai degrabă, în care nimic nu trebuie înlăturat.

Realizarea de controale corespunzătoare poate crește considerabil puterea de producție a unei turbine eoliene, ajutând-o să își atingă capacitatea maximă și păstrând-o eficientă pe orice vreme. Mecanismele de oprire sunt câteodată ușor de proiectat, însă sistemele care mențin turbina eoliană în producție deplină, în timpul condițiilor nefavorabile, sunt mult mai bune.

În direcția vântului

Majoritatea turbinelor eoliene cu capacitatea sub 10 kW necesită o coadă care le ajută să-și mențină orientarea în direcția vântului. Mecanismele cu axul vertical nu pot fi orientate în direcția vântului (acestea nu au „față”). Câteva turbine eoliene cu ax orizontal pot funcționa

în amonte, însemnând că nu va necesară, nici convenabilă, utilizarea unei cozi. Însă turbinele eoliene mici cu ax orizontal au nevoie de coadă.

Proiectarea cozii

Orice turbină eoliană cu ax orizontal conține un rulment de orientare a nacelei pe care aceasta este poziționată, conferindu-i astfel mișcarea de rotație. Linia verticală care trece prin centrul acestui rulment este cunoscută sub denumirea de „axul sistemului de pivotare”. Coada acestuia ia forma unei giruete montate pe brațul nacelei. Girueta are rolul de a se orienta după direcția vântului, rotind nacela și comandând mișcarea axului sistemului de pivotare după direcția vântului.

Gradul momentului de rotație (vedeți Glosarul pentru definiția momentului de rotație) pe care coada o va produce va depinde de factori ca:

- Frecarea rulmentului de orientare
- Forțele aerodinamice asupra rotorului (forța de împingere, forțele cu orientare proprie)
- Tendința centrului de greutate de se lăsa în jos în cazul în care pilonul nu este complet vertical

Momentul de orientare a nacelei realizat de coada acesteia reprezintă forța laterală asupra giruetei, înmulțită cu lungimea brațului. Un braț mai lung va compensa o giruetă mai mică. Forța laterală asupra giruetei va depinde de aria acesteia și de viteza vântului (ridicate la pătrat). Pentru detalii, vedeți Ecuațiile.

Ca o formulă aproximativă, lungimea brațului propriu-zis ar trebui să fie egală cu lungimea unei palete, adică jumătate din diametrul rotorului, conținând o giruetă centrată la capăt. Folosirea unei traverse sau a unui element de rigidizare ar putea fi utilă, în funcție de rigiditatea giruetei.

Aria giruetei va depinde de rolul acesteia. Dacă rulmentul sistemului de orientare este foarte mobil, iar rotorul este montat central pe turbină, iar pilonul este vertical, atunci girueta poate fi destul de mică. Giruetele sunt rar mai mici de 3% ($1/30$) din aria parcursă de rotor.

Spre exemplu, un rotor cu un diametru de 2 metri va avea o arie de parcurs de aproximativ 3 metri pătrați, așadar girueta va avea o arie de minimum 0.1 metri pătrați. Aceasta ar însemna o giruetă de 300mm pătrați. (Luați în considerare că veți avea nevoie de o giruetă mai mare pentru o turbină eoliană cu protecție la supraturatie; vedeți mai târziu.)

O giruetă subțire este ceva mai eficientă decât una lungă și joasă, însă forma nu influențează aproape deloc rolul acesteia. „Aspectul” este însă important. În cazul în care sunteți o persoană cu un simț tehnic mai dezvoltat decât cel artistic, atunci ar fi înțelept să apelați la ajutor pentru acest aspect. Vedeți imaginea 6.1 pentru câteva idei.

Fig 6.1 Modele de giruete

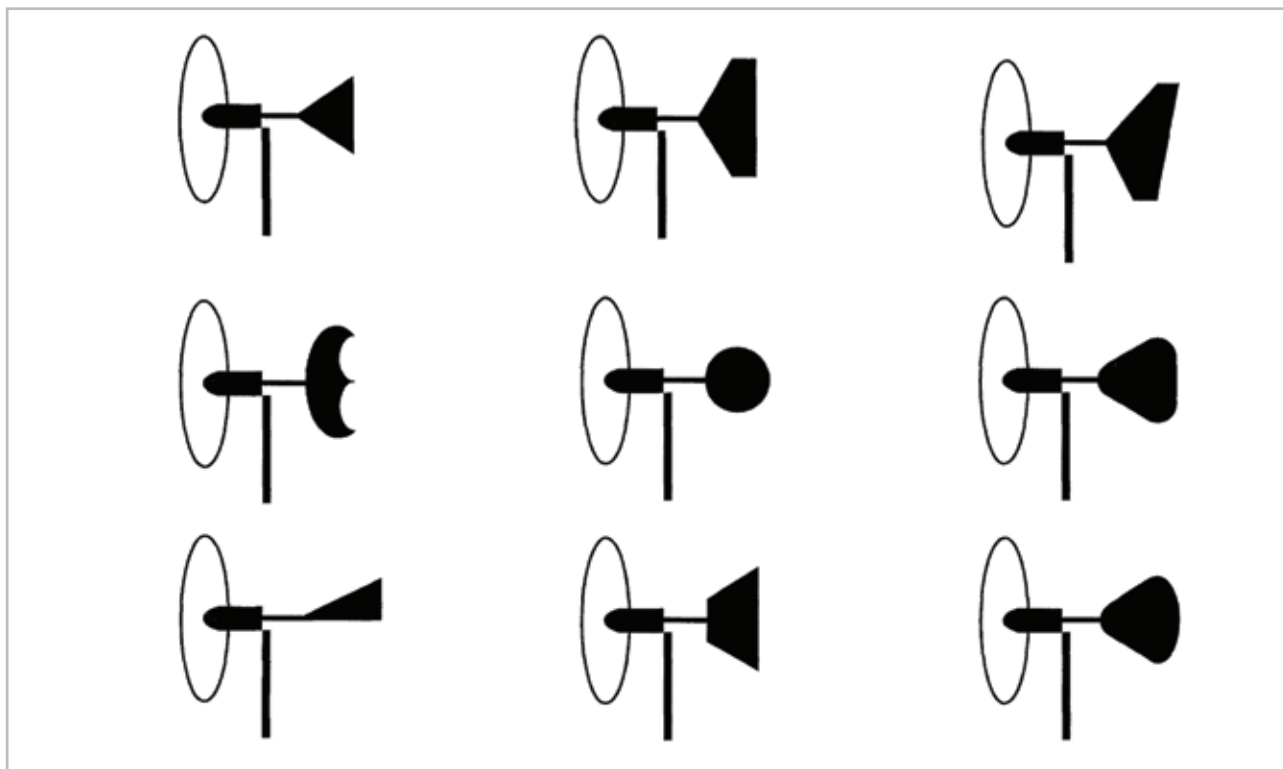


Fig 6.1 Câteva idei de modelare a giruetei.

Tăiați girueta din orice tip de tablă, însă aveți grijă cu materialele subțiri și fragile, precum tabla din aluminiu. Girueta realizată din foaie de furnir este una foarte rezistentă.

În mod surprinzător, cozile sunt foarte predispuse să cadă, deoarece acestea captează vibrațiile produse de turbina eoliană și rezonază cu acestea. Să nu subestimați niciodată efectele acestei mișcări continue. Rafalele de vânt, în combinație cu oscilațiile rotorului și vâjâitul generatorului, se adaugă la lista lungă de forțe mecanice excedentare care acționează asupra cozii. Pentru siguranță, coada și închiderile acesteia trebuie să fie stabile.

Mecanismele de rotație

Turbinele eoliene mai mari utilizează metode diferite pentru a se orienta în direcția vântului. La vechile mori de măcinare a porumbului, rotația era cunoscută ca „schimbare a direcției prin vânt” și la început se realiza manual, ca orice altceva. Morile de vânt aveau o pârghie lungă, care se prelungea din spate până la pământ. Morarul folosea o manivelă simplă pentru a manevra pârghia în poziția cea mai bună. Chiar și astăzi, o țeavă de o anumită lungime, prinsă de spatele turbinelor prototip, reprezintă, pe termen scurt, un sistem excelent de control. În cazul în care rotorul își pierde direcția, îl puteți controla rotindu-l manual în afara direcției vântului. Este recomandată folosirea căștilor de protecție pentru această operațiune, în cazul în care cad anumite bucăți în timpul acestui proces!

La jumătatea secolului al 18-lea, odată cu apariția unor mecanisme de acționare mai ieftine, a fost introdus „evantaiul” la morile de măcinat porumb. Acest evantai este instalat în spatele morii, în unghiuri drepte. Evantaiul este conectat printr-un șir de mecanisme de acționare și lanțuri la o roată dințată, care rotește corpul principal al morii în poziția corectă atunci când vântul bate dintr-o parte. „Evantaiul” folosește un mecanism cu roți dințate, funcționând încet și sigur, ceea ce este perfect.

Evantaiele au fost înlocuite cu sisteme de acționare electrice sau hidraulice, folosite la turbinele eoliene moderne, însă simplitatea lor reprezintă un avantaj enorm. Spre exemplu, acestea sunt încă populare la sistemele autonome, unde nu există o altă sursă de energie pentru a acționa motorul de rotație, înainte ca turbina să pornească.

Evitarea suprasolicitării

Nu este nici economic, nici înțelept, să montați în cadrul turbinei eoliene un generator suficient de mare care să poată transforma în curent electric toată energia produsă de cel mai puternic vânt întâmpinat. În cazul în care energia nu este preluată în totalitate, atunci rotorul va avea o turație prea mare, rezultând forțe centrifuge excesiv de ridicate și zgomote și vibrații inadmisibile – creând, cu alte cuvinte, o situație periculoasă. Dacă diametrul rotorului este mai mare de un metru, va trebui să luați măsuri pentru a preveni această turație ridicată.

O metodă ar fi folosirea „frânelor aerodinamice” acționate în timpul centrifugării, însă ar fi ca și când ați conduce cu un picior pe frână și unul pe accelerație: ceea ce nu este prea benefic pentru mașină pe termen lung. O metodă mai bună ar fi evitarea preluării de energie de la bun început. Stați retrași și veți trece peste pericol.

Regulatorul de pas al palelor



Mecanismul de reglare de pas a palelor la centrifugare de tip „Dunlite”

Există două tipuri de „sisteme de reglare” care limitează în mod aerodinamic energia preluată de rotor:

- Un sistem care rotește, sau înclină, mecanismul în întregime, în așa fel încât rotorul să aibă o poziție oblică față de vânt. În poziția laterală, acest sistem se menține literalmente „retras”. Viteza de vânt preluată de rotor este redusă, la fel ca și energia captată.
- Un sistem care reglează în mod individual pasul palelor. Prin răsucirea palelor, unghiul de atac se schimbă, reducându-se astfel forța ascensională.

Sistemele de reglare care mișcă rotorul în întregime sunt mai simplu de construit, dar acționează mai lent decât regulatoarele de pas ale palelor, nefiind așadar atât de precise. Energia produsă nu este preluată prea lin în locurile cu intemperii, acolo unde vântul își schimbă în mod constant viteza și direcția. Regulatorul de pas al palelor acționează rapid și poate prelua domol energia produsă, însă este foarte dificil de realizat. Acesta necesită un butuc cu părți rulante, care trebuie să fie suficient de rezistent încât să facă față forțelor dure și momentelor la care rădăcinile palelor sunt supuse, asigurând, totodată, o mișcare fiabilă și corectă, care reglează pasul. Resorturile sunt, de asemenea, incluse. Regulatorul de pas al palelor nu este tratat în detaliu în această carte.

Mișcare contra vântului

Există o mulțime de sisteme patentate, cu denumiri inteligente, precum „protecție la supraturație” sau „sistemul de siguranță cu giruetă basculantă”. Toate acestea funcționează după principii asemănătoare, fiind activate de presiunea vântului asupra rotorului. Pe măsură ce viteza vântului crește, forța de împingere asupra rotorului crește de asemenea, până când atinge punctul de declanșare a mecanismului de protecție la supraturație, iar turbina eoliană își schimbă poziția în afara direcției vântului.

Turbina se rotește fie într-o poziție laterală față de direcția vântului, fie se înclină pe spate, fiind dirijată în sus. În ambele cazuri, rotorul preia o poziție înclinată. Astfel se reduce viteza vântului preluată de rotor, limitând viteza și energia produsă. Practic, energia produsă depinde de forța de împingere din jurul axului rotorului, indiferent de unghiul format de rotor în fața vântului. Așadar, prin menținerea acestei forțe constante, putem regla sistemul de pivotare.

Secretele sistemelor „laterale” de protecție împotriva supraturației

Haideți să ne uităm la un exemplu în care turbina eoliană se rotește în poziție laterală.

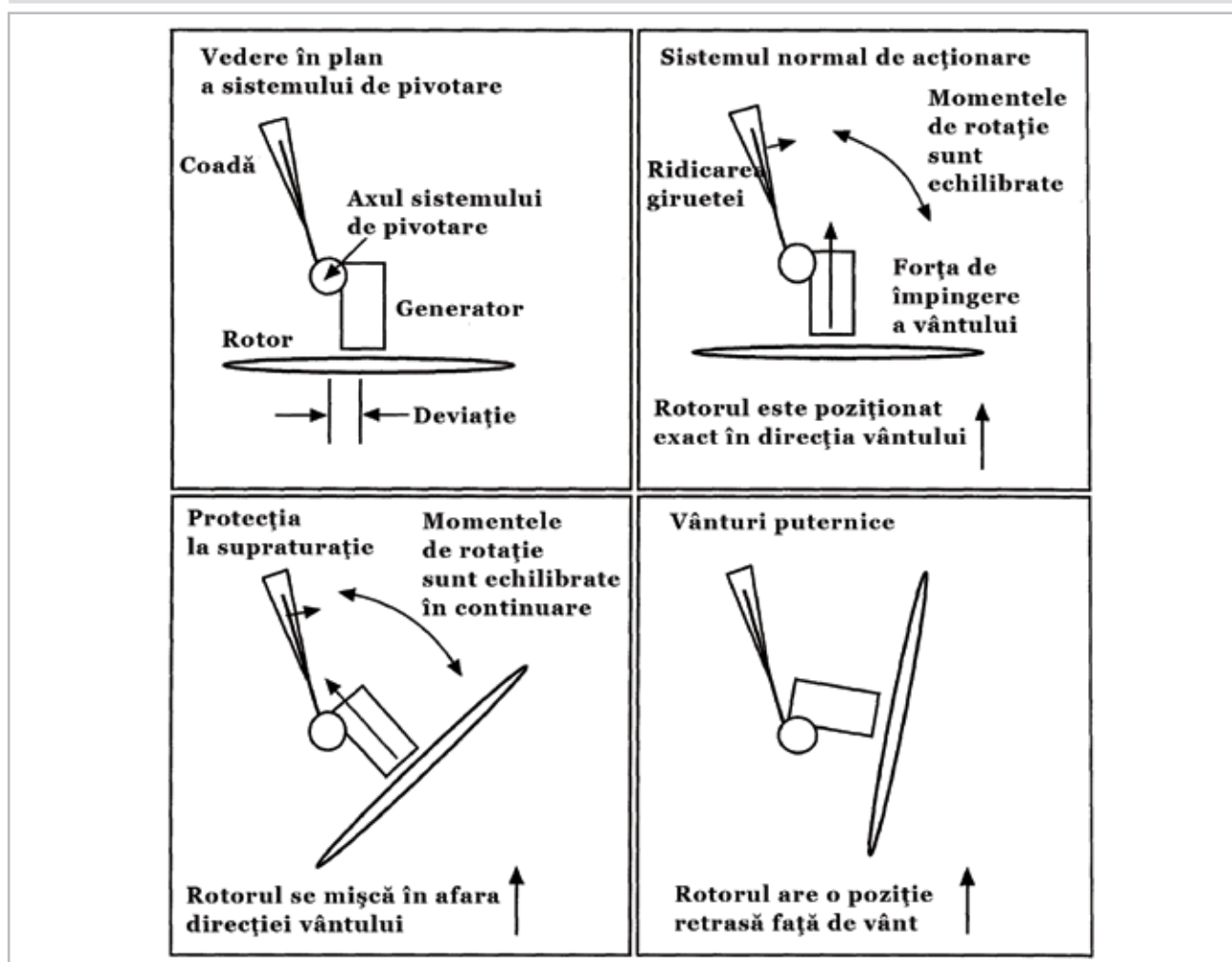
Folosim forța de împingere a vântului asupra rotorului pentru a acționa sistemul de

protecție la supraturație. Forța de împingere este centrată pe axul acestuia. Dacă axul său nu este în același plan cu axul sistemului de pivotare, atunci forța de împingere generează un moment de rotație, mișcând sistemul de pivotare în afara direcției vântului (vedeți Fig. 6.2).

În cazul vitezelor normale de vânt, nu dorim ca rotorul să se poziționeze lateral, ci dorim ca acesta să se poziționeze exact în direcția vântului și să preia toată energia. Construim așadar o coadă suficient de lungă pentru a putea face față deplasării, utilizând o arie a giruetei de aproximativ 10% din aria traversată de rotor. Girueta își schimbă unghiul de atac cu aproximativ 20 către partea opusă a axului rotorului. Coada produce un moment de rapel egal cu momentul de rotație produs de forța de împingere a rotorului.

Pe măsură ce vântul se întărește, există un moment în care turbina eoliană produce cantitatea maximă de energie activă („puterea nominală a vântului”). După acest punct, coada se va mișca automat la o parte, permizând sistemului de pivotare să se rotească în afara direcției vântului. Cu alte cuvinte, momentul de rapel al cozii trebuie să aibă o limită superioară setată cu strictețe, după care să se oprească și să permită mișcarea rotorului.

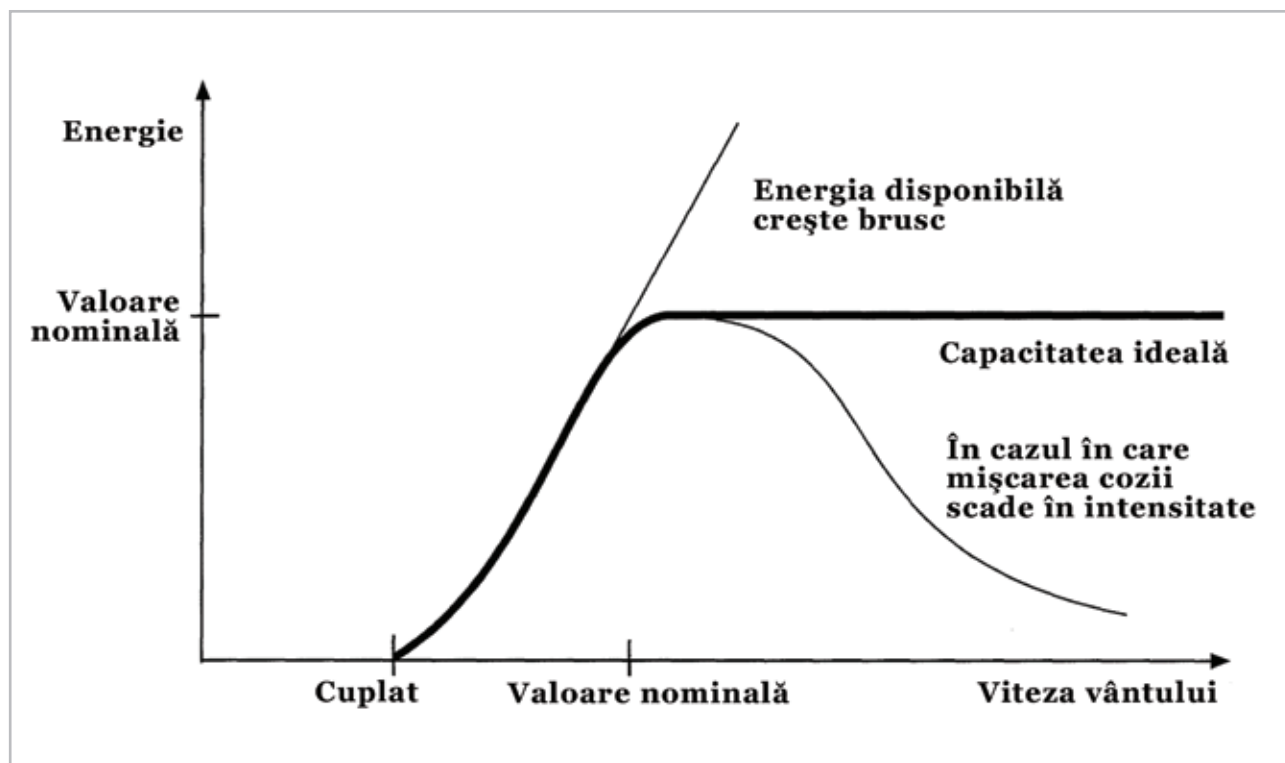
Fig. 6.2 Sistemul de reglare a rotației



Prin mișcarea rotorului în afara direcției vântului, se va reduce viteza preluată de acesta, reducându-se forța de împingere axială și se va obține un echilibru, prin preluarea redusă de energie. Un moment de rapel constant (care va trage rotorul înapoi în direcția vântului), în timpul amplitudinii mișcării, va asigura o forță de împingere constantă asupra rotorului, producând o energie activă constantă, indiferent de viteza vântului.

În multe cazuri, momentul de rapel scade în intensitate pe măsură ce sistemul de pivotare se deplasează în afara direcției vântului. Astfel de turbine se deplasează prea repede pe durata vânturilor puternice (Fig. 6.3), iar energia activă scade. Acest fenomen este mai sigur față de turațiile ridicate, însă este, de asemenea, unul instabil. Într-o locație cu turbulențe, e posibil ca sistemul de pivotare să fie rotit prea abrupt, exercitându-se tensiuni giroscopice de încovoiere ridicate asupra rădăcinilor paletelor.

Fig. 6.3 Reprezentare grafică a energiei versus viteza vântului



Construirea cozilor cu protecție la supraturație

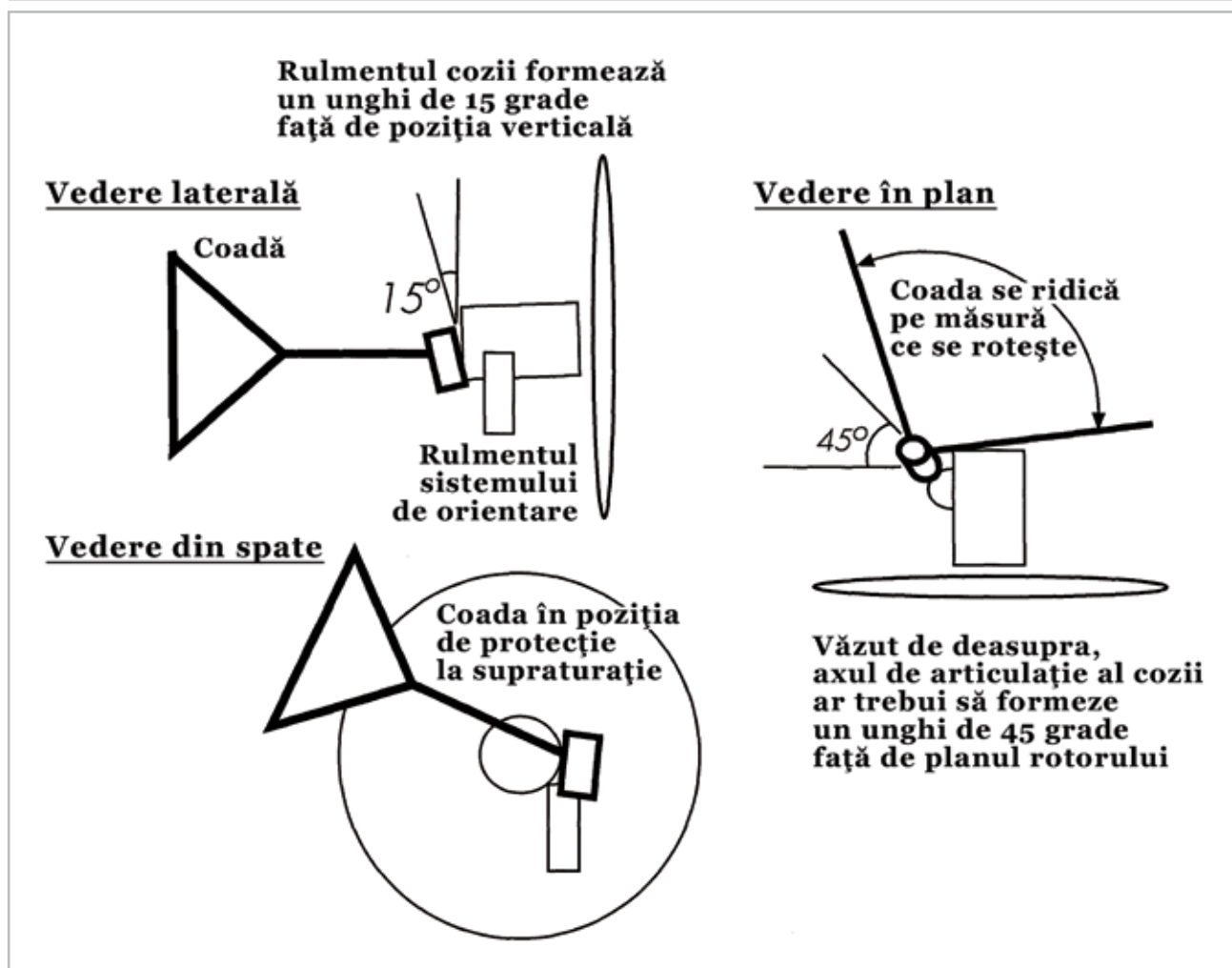
Cu cât deviația rotorului este mai mare, cu atât coada trebuie să fie mai lungă pentru a putea menține mecanismul drept pe durata vânturilor cu viteză normală. Însă deviația minimă pe care o puteți folosi constă în 4% din diametrul rotorului (ca o regulă aproximativă). Spre exemplu, un rotor cu un diametru de 2 metri ar trebui să aibă o deviație de cel puțin 80mm. (Observație: Dacă deviația este prea scurtă, rotorul ar putea să se comporte ciudat.

La anumite viteze periferice, acesta va dori să urmeze direcția vântului. Acest „moment de orientare proprie” poate depăși în totalitate sistemul de reglare. În anumite condiții, un rotor cu o deviație foarte mică se va roti singur în direcția vântului fără ajutorul cozii.)

Evident, modul de proiectare ar fi realizarea unei cozi cu închidere prin resort, care se strânge atunci când forța asupra resortului este excesivă. Însă resortul este vulnerabil la agenții atmosferici și uzură. Și, de asemenea, acesta nu conferă un moment de rapel constant. Tensiunea resortului crește pe măsură ce acesta se întinde. Raza de acțiune a resortului (distanța acestuia de la punctul de articulație) se va schimba, de asemenea.

Cea mai bună metodă pentru a realiza o coadă fiabilă cu auto-protecție la supraturație este prin folosirea forței gravitaționale în locul unui resort pentru a trage coada în poziția ei normală. Aceasta se poate obține prin așezarea cozii pe un pivot înclinat. Coada va cădea asupra unui opritor sub greutatea ei, în poziția normală (la viteze de vânt reduse). Momentul de rapel variază într-o anumită măsură, ajungând la un maximum la jumătatea rotației cozii, însă în realitate, această variație este, de obicei, acceptabilă.

Fig. 6.4 Coada cu protecție la supraturație acționată de forța gravitațională

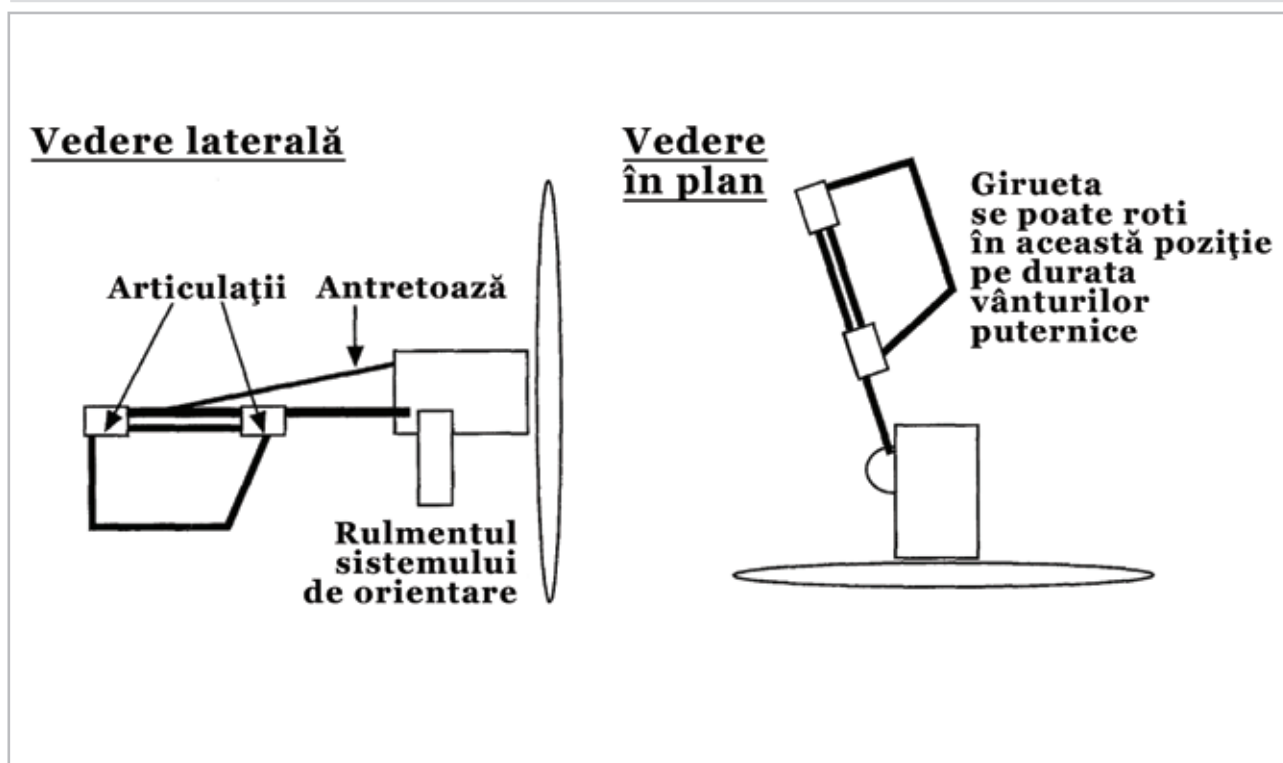


O abordare mai ușoară ar fi folosirea unui cozi cu braț fix, având o giruetă suspendată sub articulații (Fig. 6.5). Acest tip de coadă nu acționează la fel de precis, este mai sollicitată pe durata furtunilor fiind azvârlită în vânt și este supusă unor violențe mari, având o giruetă care o mișcă.

Sistemele de basculare

Cealaltă metodă de re poziționare a rotorului în afara direcției vântului este instalarea sistemului de pivotare pe un rulment care permite bascularea și orientarea acestuia cu fața în sus către cer (vedeți Fig. 6.6, pe pagina următoare). Sistemele de reglare prin basculare sunt la fel de populare ca și cele de reglare a rotației prin folosirea cozilor de protecție la supraturaj. Decizia pare să depindă de experiența anterioară a proiectantului. Sistemele de basculare pot produce momente giroscopice ciudate în condiții atmosferice turbulente.

Fig. 6.5 Sistemul cu giruetă basculantă



De asemenea, sistemul de basculare necesită un anumit moment de rapel pentru a putea menține rotorul în direcția vântului. De obicei, la început, acesta este ținut în loc de greutatea generatorului și a rotorului, însă, pe măsură ce se înalță, greutatea trece peste axa de rotație. Momentul de rapel scade, iar sistemul de pivotare tinde să se încline din nou în sus, apoi iarăși, încet, în jos. Aceasta poziție este una instabilă, prăbușindu-se în continuare, iar acest lucru se va repeta de nenumărate ori în locurile cu vreme rea.

Un resort poate fi folosit pentru ridicare, compensând lipsa momentului de rapel, însă resorturile nu sunt de dorit în cadrul turbinelor eoliene. Dacă trebuie neapărat să folosiți un resort, folosiți unul supradimensionat și detensionat, din oțel inoxidabil. Aveți grijă să evitați uzura elementelor de fixare. Figura 6.7 de pe pagina următoare ilustrează două modalități de producere a unui moment de rapel suplimentar. Ambele metode au dezavantajele lor.

Sistemele de închidere

Ideea de a avea sisteme de închidere este una liniștitoare, însă folosirea lor este ca și când ați admite că ați fost învins, deoarece o turbină eoliană cu un astfel de sistem e ca o oportunitate pierdută. E deja neplăcut că turbinele eoliene nu funcționează pe vreme bună; acestea ar trebui să funcționeze neîncetat când bate vântul!

Sistemele de reglare adecvate ar trebui să facă față automat oricărei viteze a vântului. Însă, dacă există o pierdere serioasă de echilibru în rotor, sau o defecțiune electrică, atunci o oprire de urgență ar putea fi de folos. De asemenea, rotorul trebuie deplasat atunci când sistemul de pivotare este ridicat sau coborât pe pilonul acestuia, în timp ce bate ușor vântul.

Frânele mecanice sunt folosite rar la turbinele eoliene mici. O frână suficient de mare, care să poate opri turbina în timpul vântului, trebuie să fie bine construită. Jumătățile de măsură nu sunt de mare folos. O frână bună:

- este scumpă;
- ocupă spațiu în nacelă și afectează forma turbinei;
- trebuie întreținută și testată pentru a putea fi de ajutor, așadar e mai bine, în general, de evitat.

Fig. 6.6 Sisteme de reglare cu basculare

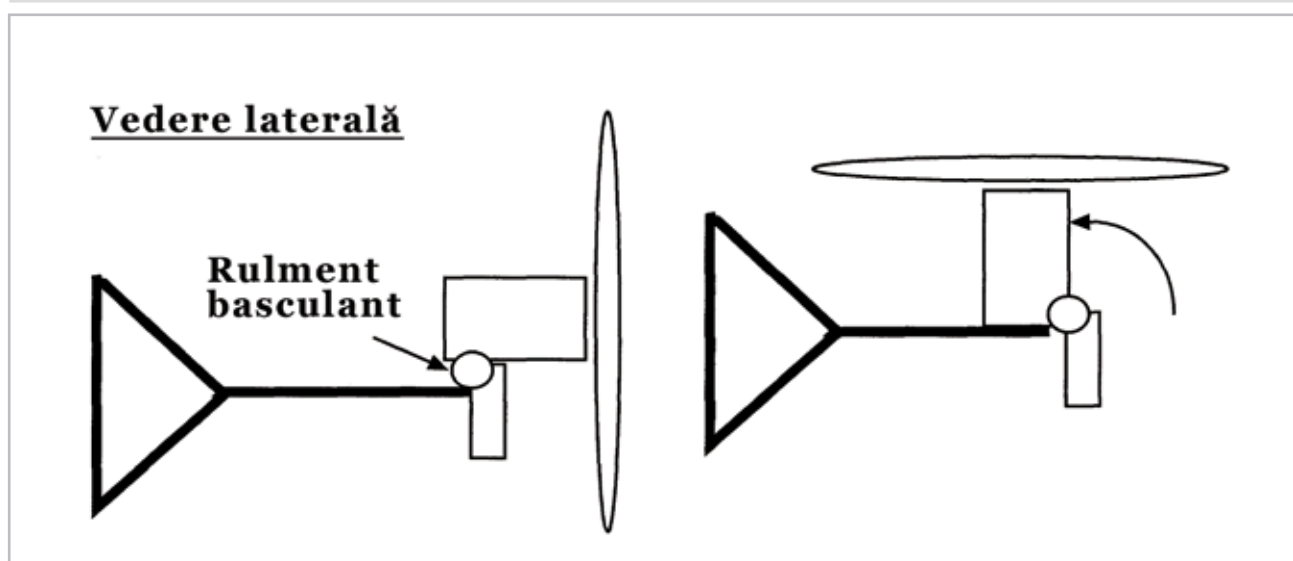
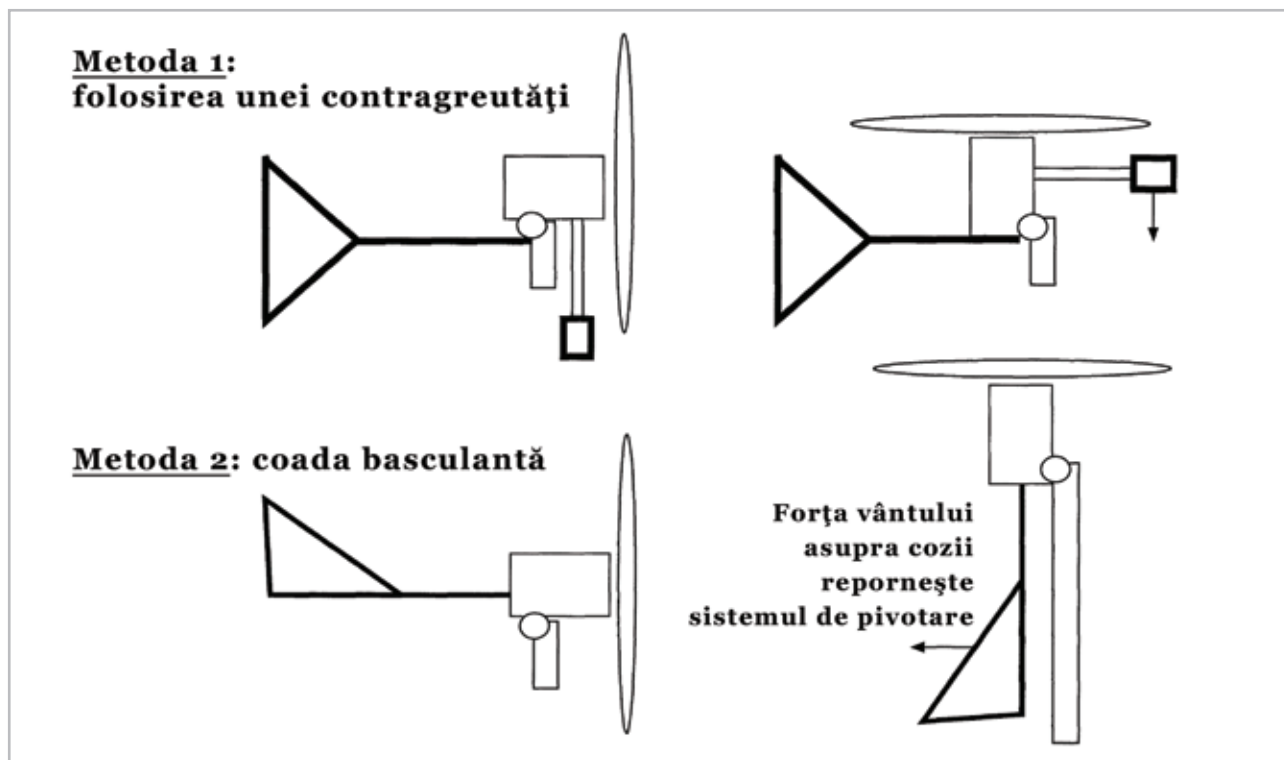


Fig 6.7 Sisteme de reglare cu basculare fără resorturi



Comutatoare de frână și încălzitoare

Alternatoarele magnetice permanente funcționează corect și la vitezele foarte reduse, deoarece fluxul este prezent mereu. Dacă unitatea de debit se scurtcircuită prin conectarea tuturor cablurilor de curent alternativ laolaltă (folosind un „comutator de frână”), alternatorul va pompa o cantitate mare de curent în jurul bobinajului și a cablului. Chiar și în lipsa „volților”, pierderile electrice în cupru vor fi suficient de mari pentru a bloca palele rotorului în mod eficient.

Comutatorul de frână este o metodă bună de a preveni pornirea nedorită, însă nu e întotdeauna o metodă potrivită de a opri o turbină. Există două probleme potențiale.

În primul rând, unele alternatoare, odată aflate la capacitate completă de producție, vor genera doar un pic mai mult moment de torsiune, având comutatorul de frână deschis și nu închis. Acestea își limitează propriul lor curent (prin reactanță inductivă internă). Turbinele cu un astfel de alternator pot fi oprite doar în cazul în care viteza scade sub anumite rotații pe minut. (Idee: prin aprinderea unui încălzitor de o dimensiune potrivită a cablurilor de curent alternativ, se va putea asigura oprirea acestuia la următoarea domolire a vântului.)

În al doilea rând, unele alternatoare furnizează curenți atât de mari la producerea unui scurtcircuit, încât șocul încarcă palele rotorului peste limită, cauzând crăpături la rădăcini.

Comutatoarele de frână nu sunt fiabile în cazul unei defecțiuni tehnice, cum ar fi atunci când cablurile sunt deconectate de la sistemul de pivotare. Acestea nu vor funcționa, deoarece

sarcina a fost înlăturată. E posibil, de asemenea, ca aceeași defecțiune să fi deconectat comutatorul de frână, așadar, nefiind de folos.

În ciuda dezavantajelor, comutatorul de frână reprezintă o frână de mână foarte utilă, iar datorită costurilor reduse (doar în cazul unui comutator mare și decent, vor fi mai mari), merită să-l achiziționați, chiar și dacă îl veți folosi doar pe durata ridicării pilonului. Pe de altă parte, un încălzitor care poate fi declanșat în cazul unei turații rapide, reprezintă un bun sistem de închidere automată.

Cablurile de protecție la supraturație

În locul unei frâne mecanice, puteți recurge la mecanismul de protecție la supraturație pentru a închide turbina eoliană printr-un cablu care deplasează coada sau o basculează într-o poziție ridicată, cu față spre cer.

Dezavantajele ar fi:

- Turbina rotită nu poate fi fiabilă la pornire în timpul montării pilonului, atunci când este înclinată într-o parte.
- Cablurile de frână sunt predispuse la coroziune și se vor gripa la un moment dat, dacă nu sunt verificate mereu și lubrificate.
- Cablul de deplasare urmează același traseu spre sol ca și cablul electric. E foarte posibil ca cele două să se încolăcească. O soluție simplă ar fi folosirea cablului electric al sistemului de pivotare ca și cablu de deplasare. Doar trageți de cablu, însă nu prea tare, nu doriți ca acesta să se rupă!

De asemenea, puteți folosi un servomotor pentru a deplasa coada, sau pentru a realiza o frânăre. Un ștergător de parbriz care acționează asupra unui tije filetate ar putea mișca o piuliță încet, dar sigur. Ar putea fi acționat de un circuit care detectează turația ridicată, sau chiar de o baterie încărcată. Turbinele eoliene au fost controlate astfel, însă se poate greși în multe feluri.



ȘAPTE

DISPOZITIVE ELECTRICE DE COMANDĂ

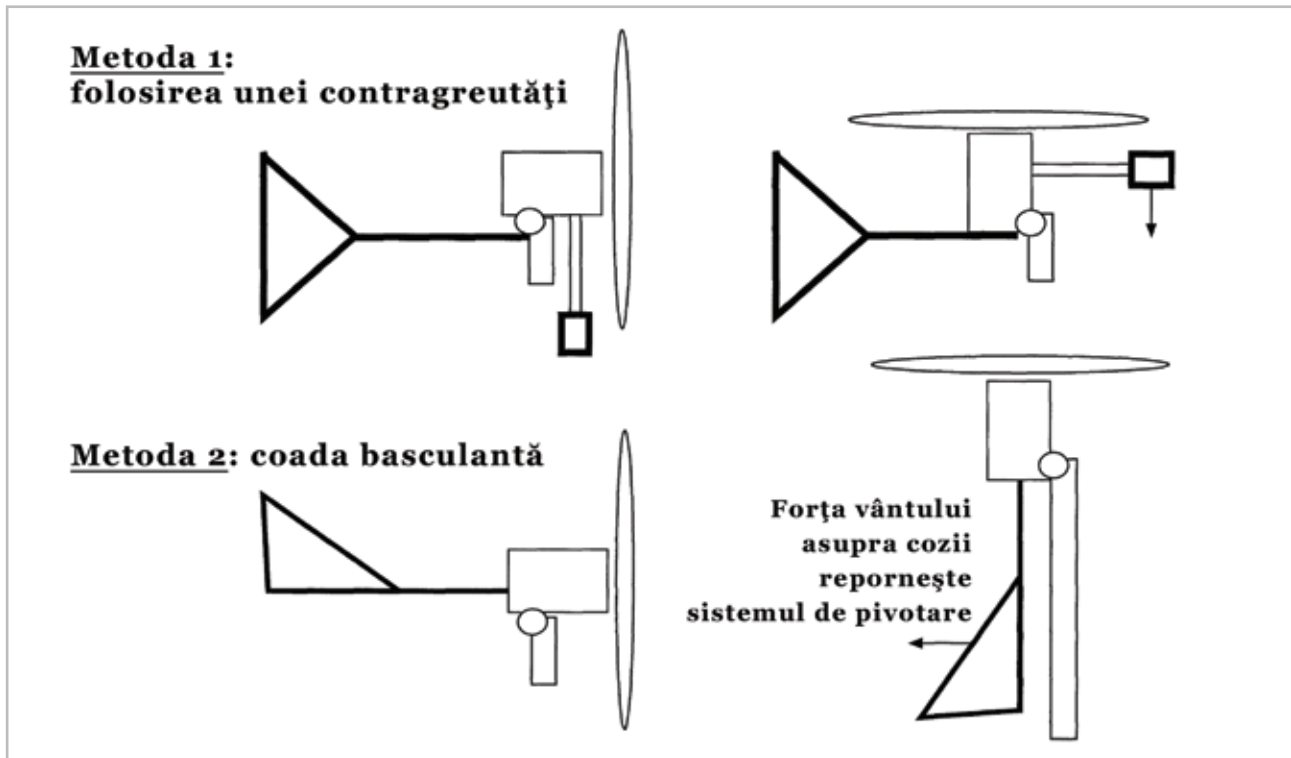
Dispozitivele electrice de comandă reprezintă o altă verigă importantă în lanțul dintre energia eoliană și puterea utilă. La fel ca și la dispozitivele mecanice de comandă, cheia unei bune fiabilități o reprezintă menținerea lucrurilor cât mai simple cu putință. Echipamentele electrice și electronice trebuie să fie montate pe un panou sau într-o cutie. Dacă le lăsați să atârne de bornele bateriei, sau să zacă în iarbă sub turbină eoliană, atunci veți invita coroziunea să se instaleze. Susțineți toate cablurile așa cum converg spre borne sau conexiuni, pentru a preveni deplasarea. Principalele montaje în tensiune trebuie neapărat protejate în cutii, pentru a preveni atingerea din neatenție.

Dispozitivele electrice de comandă au două scopuri distincte (adesea folosind circuite similare pentru fiecare):

- Controlul sarcinii turbinei eoliene, pentru a optimiza viteza și a maximiza energia captată de palele rotorului.
- Controlul curentului electric prin baterie, pentru a o proteja de deteriorare și a păstra voltajul în limite de siguranță.

Controlul sarcinii: cheia unei bune performanțe

Rotorul operează cel mai bine la un anumit raport al vitezei periferice. În timpul demarajului, raportul vitezei periferice va fi sub valoarea optimă, așa că sarcina generatorului trebuie să fie foarte mică, la viteză mică. Aceasta permite rotorului să accelereze până când atinge cea mai bună viteză.

Fig. 7.1 Controlul fazei

Sisteme de încărcare a bateriei

Din fericire, un circuit de încărcare a bateriei poate încărca un generator foarte bine fără niciun fel de comandă. Aproape orice putere furnizată este necesară pentru a porni generatorul încet, pentru că nu va exista curent în circuitul de ieșire până când tensiunea generatorului nu depășește tensiunea bateriei. Până când este atinsă această viteză „cuplată”, rotorul se mișcă cu o viteză periferică suficient de mare pentru a furniza puterea necesară.

Sistemele de încălzire

Acolo unde puterea este alimentată direct către dispozitive electrice, cum sunt radiatoarele, este nevoie de un regulator electronic. Dacă conectați pur și simplu generatorul direct la un radiator, veți avea un sistem electric de toată frumusețea, dar radiatorul va începe să consume putere imediat cum apare o tensiune pe circuit, oprind rotorul.

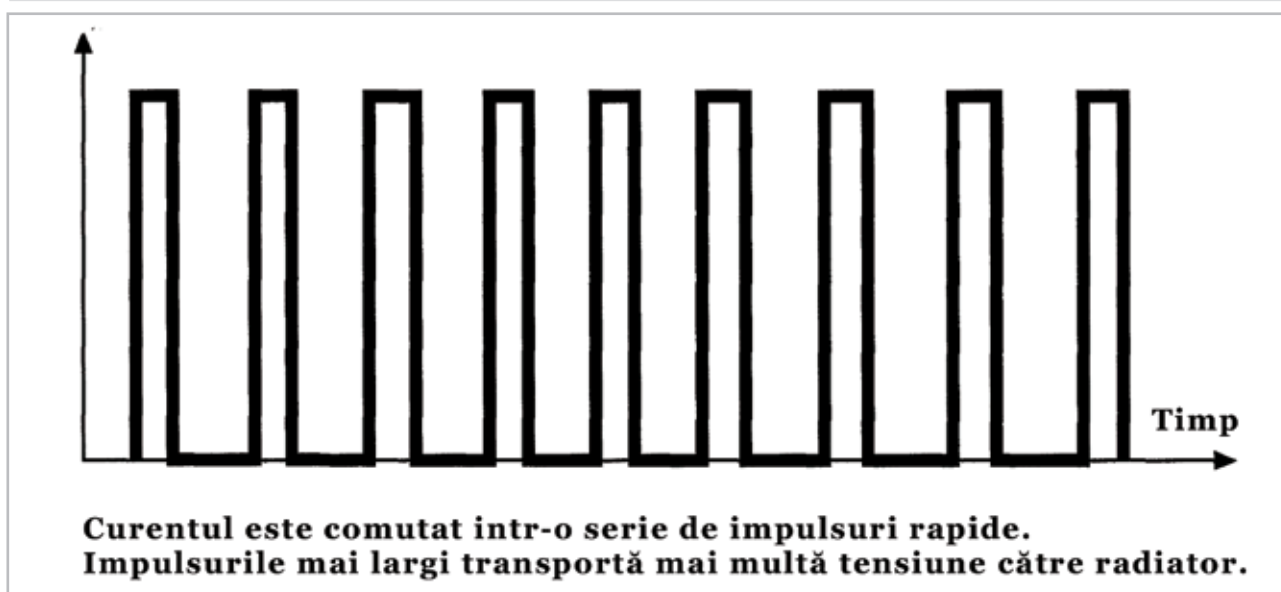
În esență, ceea ce regulatorul trebuie să facă este să permită turbinei să pornească și să ia viteză, până când atinge raportul de viteză periferică (TSR) proiectat. Abia atunci este conectat radiatorul. Turbina eoliană va încetini imediat sub sarcină, astfel încât regulatorul să deconecteze radiatorul din nou pentru a preveni oprirea. De fapt, poate va fi nevoie ca radiatorul să fie pornit și oprit foarte rapid pentru a menține sarcina optimă pe rotorul turbinei eoliene.

Cel mai primitiv regulator (pe care îl putem numi un regulator „crash-bang”) va trece complet pe sarcina de încălzire, folosind un releu sau „contactor”. Aceasta ar fi o soluție ieftină, dar foarte neplăcută în operare.

Există soluții mai bune. Pentru început, este mai bine să folosiți comutatoare electronice, mai degrabă decât electro-mecanice, pentru a controla puterea către radiatoare. Comutatoarele semiconductoare nu au părți mobile, pot fi foarte fiabile și chiar ieftine.

Este mult mai bine să puneți în sarcină turbina eoliană treptat, mai degrabă decât să optați pentru „totul sau nimic”. Sunt două căi de a face acest lucru. Fie „aduceți în concordanță de fază” radiatorul/radiatoarele treptat, fie le aprindeți pe rând. În orice caz, regulatorul detectează viteza generatorului prin monitorizarea tensiunii (sau chiar a frecvenței) și aplică mai multe sarcini, pe măsură ce turbina își mărește viteza. Aceasta încarcă palele rotorului în mod optim.

Fig. 7.2 Modularea lății impulsului



Controlul fazei

Dispozitive electronice de comutație, numite triode, sunt adesea folosite ca să comute curentul alternativ. Îndată ce triodele sunt pornite, ele nu se vor întrerupe din nou până când fluxul de curent nu se oprește sau se inversează (vedeți Fig. 7.1). Cantitatea de curent din circuit poate fi controlată prin întârzierea începerii fiecărui impuls, folosind triode. (Așa funcționează „comutatoarele de fază”).

Modularea lăţimii impulsului (PWM)

O abordare mult mai populară a comenzii radiatorului este aceea de a redresa curentul în curent continuu şi a comuta în impulsuri foarte rapide cu ajutorul unui tranzistor (Fig. 7.2). Tranzistoarele MOSFET şi IGBT sunt bune la acest fel de comutare a curentului continuu, dar sunt mai puţin robuste decât triodele şi „explodează” din când în când. Proiectarea comenzilor PWM este o treaba pentru un expert electronist. Impulsurile sunt comutate la o frecvenţă înaltă (să spunem 5000 Hz), care sună pentru urechea umană ca şuietul unui fluier ascuţit. Cantitatea de energie care merge către radiatoare este controlată prin reglarea lungimii impulsurilor.

Fig. 7.3 Comandă multiplă a radiatoarelor

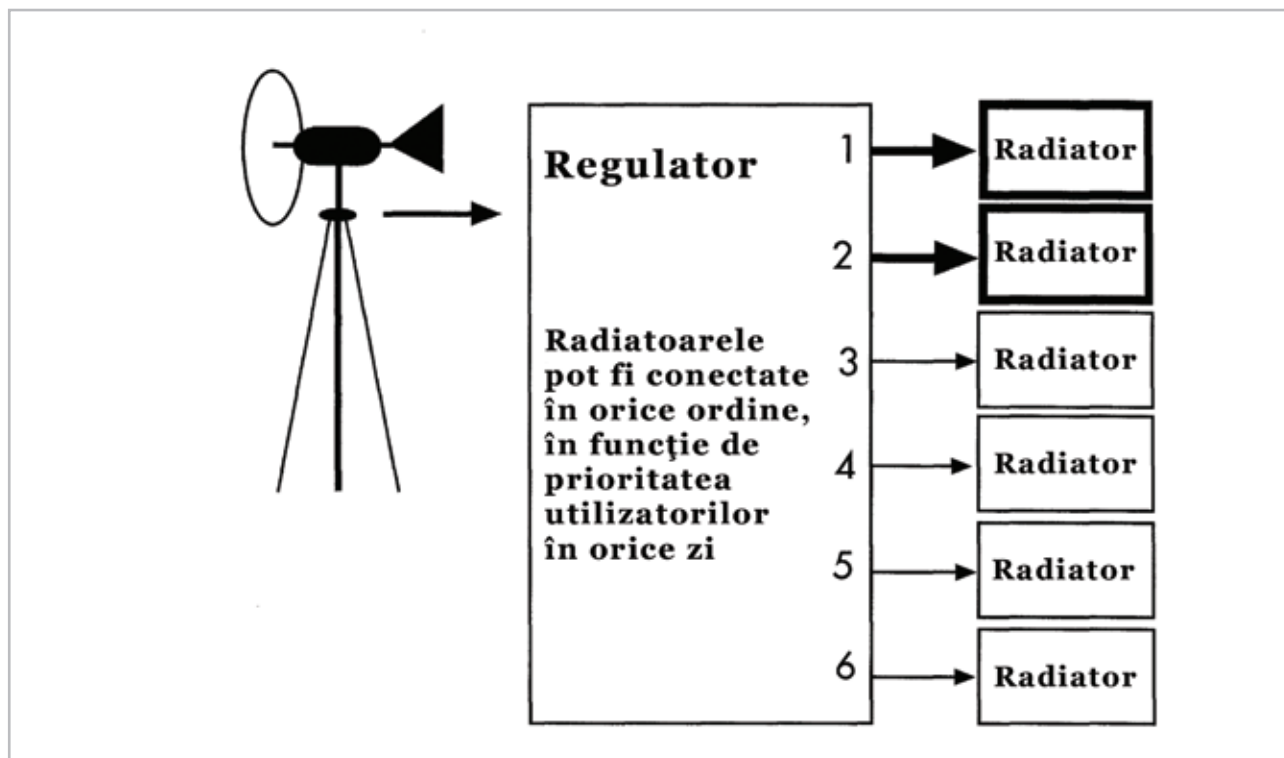


Fig. 7.3 Sarcini multiple sub control în trepte

Controlul sarcinii în trepte

Metodele de control de mai sus (câteodată cunoscute ca şi „control proporţional”) dau rezultate fluente de toată frumuseţea, dar pot fi înşelătoare la proiectare şi pot cauza interferenţe radio. O abordare mai uşoară pentru un electronist amator entuziast este aceea de a folosi un număr de sarcini mici (radiatoare) şi de a le introduce în circuit unul după altul (Fig. 7.3).

Similar abordării „crash bang” în simplitate, această abordare poate funcționa bine presupunând că sunt suficiente radiatoare. În plus, încărcarea se face în pași mici și nu pune prea multă presiune pe baza palelor. Merită cu prisosință folosirea triodelor ca dispozitive de comutare pe astfel de sisteme. Ele sunt robuste și ieftine. Triodele nu trebuie neapărat să intre la mijlocul ciclului (așa cum o fac la sistemele de control de fază). De fapt, este posibil să le controlăm prin intermediul circuitelor de tip „punct zero”, care pornesc exact când voltajul trece prin punctul zero. Acestea previn interferențele radio. Un dispozitiv comutator mult mai convenabil (dacă nu și mai costisitor) este un „releu de stare solidă” (SSR), care este o unitate singulară încorporând o triodă și circuitele conductoare. Conectați radiatoarele la prizele încastrate în soclurile din panoul de control. Prin jonglarea ordinii prizelor în socluri, puteți decide care camere să fie încălzite primele. Radiatoarele cu prioritate joasă vor fi încălzite doar dacă vântul devine suficient de puternic. Reglați-le astfel încât să pornească la un prag diferit de voltaj (sau frecvență).

Tipuri de sarcini de încălzire

În mod ideal, o turbină eoliană destinată încălzirii ar trebui să producă 230 volți curent alternativ sau similar, astfel încât pot fi folosite și elemente universale de încălzire. Voltajul de la turbinele eoliene este rareori constant și va fi foarte bine dacă este sub 230 volți, mai degrabă decât să supraîncălzească radiatoarele. Radiatoarele de alimentare pot lucra la valori joase ale voltajului în siguranță, dar puterea variază cu pătratul voltajului. Aceasta înseamnă că, la jumătate din voltajul nominal, obțineți doar un sfert de putere nominală. Radiatoarele convectoare și cele de stocare funcționează bine pe energie eoliană. Radiatoarele radiante sunt zgomotoase când sunt alimentate la curent continuu cu impulsuri înalte ale frecvenței, pentru că radiatoarele seamănă în construcția lor cu difuzoarele. Este puțin probabil că ventilatoarele radiatoarelor să lucreze foarte bine în regim pulsator, voltaj redus, sau pornire-oprire constantă.

Când turbinele eoliene produc curent alternativ trifazat (cum se obișnuiește), există posibilitatea de a rula un încălzitor monofazic conectat separat pe fiecare dintre faze, dar atunci va apărea mai mult curent pe una din fazele alternatorului decât pe alta, iar acest lucru duce la vibrații și zgomot crescut. Această problemă de echilibru poate fi evitată prin rectificarea puterii în curent alternativ după pornirea cu triode. Elementele de încălzire vor funcționa mai bine pe curent continuu decât pe curent alternativ. Cu toate acestea, sunt două chestiuni de remarcat:

- Curentul continuu este mult mai periculos decât curentul alternativ, în termeni de pericol de scurtcircuit.
- Termostatele sunt proiectate pentru curent alternativ, așa că se pot arde pe curent continuu. (Pot fi legate la circuite separate.)

Dacă lucrați cu voltaj nestandardizat și sunteți dispus să plătiți mai mult, este bine să vă cumpărați rezistențe cu putere crescută din catalog și să vă construiți propriul radiator. Acum

Farnell are în stoc rezistențe de 300 de Watt. Rezistențele placate cu aluminiu merg bine la construirea de radiatoare de apă cu putere electrică activă scăzută. Doar suspendați-le direct în cilindrul pentru apă fierbinte. Nu uitați să împământați orice conductor aflat sub tensiune.

Surse de curent alternativ

Vântul nu este constant și, de aceea, este folosit rar ca sursă directă pentru circuitele de curent alternativ, dar totuși poate fi folosit. Pentru a asigura o sursă de alimentare fiabilă, este nevoie de o eoliană mai mare comparativ cu sarcinile posibile ale utilizatorului. Viteza poate fi controlată prin sisteme mecanice de comandă, sau prin sisteme electronice de comandă. Se poate folosi reglarea centrifugală a pasului elicei, dar este mai des întâlnită metoda cu radiatoare descrisă mai sus. Căldura este un produs derivat foarte folosit.

Pentru a folosi electrocasnice pe curent alternativ trebuie să ne asigurăm că folosim aparate care au aceeași tensiune nominală și aceeași frecvență. Calitatea sistemelor de comandă depinde de ceea ce intenționați să faceți cu energia produsă. Lumina are nevoie de un voltaj constant pentru a funcționa fiabil și acceptabil. Pentru a folosi lumina direct de la o eoliană, veți avea nevoie să ajustați tensiunea de alimentare destul de precis, folosind un regulator automat de tensiune cu control proporțional, mai degrabă decât unul cu control în trepte. Controlul în trepte cauzează prea multe fluctuații. Aparatele motorizate, precum bormașinile de putere, gaterile, procesatoarele alimentare, aspiratoarele etc., vor funcționa rezonabil într-un interval de tensiuni și frecvențe. Puteți da găuri și ascuți piese metalice chiar bine folosind unelte care se alimentează de la rețea la 150 volți.

Conversia puterii folosind transformatoarele

Cea mai frecventă modalitate de a modifica puterea de alimentare este de a folosi un transformator. Transformatoarele funcționează pe curent alternativ, nu continuu. Dacă este folosit sub frecvența lor nominală puteți avea probleme dacă nu este redus și voltajul. Această se potrivește eolienei care funcționează la viteză variabilă, unde ambele scad împreună. Dacă aveți un cablu lung care conectează eoliană și bateria, fie veți avea nevoie de un cablu foarte gros, fie de tensiune înaltă. Cu un transformator, puteți folosi o turbină de 230V pentru a încărca o baterie de 12V. Puteți avea probleme cu pornirea rotorului doar dacă nu există o deconectare automată la joasă tensiune, deoarece impedanța transformatorului este mică la frecvența mică și, prin urmare, un curent va trece tot timpul prin circuit.

Costul suplimentar al transformatorului poate fi la fel de mare ca și costul cablului, însă folosirea unei turbine eoliene de înaltă tensiune are alte avantaje :

- Puteți descărca energia într-un radiator, atunci când bateria este plină.
- Puteți folosi scule electrice, blendere etc., direct de la „vânt”.

- Puteți adapta performanțele generatorului pentru a fi potrivit vântului. Prin comutarea la prizele transformatorului alternativ, puteți obține mai multă putere la turații mai mari, fără a crește pierderile electrice în cupru.

Ce le place bateriilor

Bateriile sunt scumpe și capacitatea de stocare este limitată de dimensiunea bateriei. Când limitele capacității de stocare sunt atinse, atunci deciziile trebuie luate fie manual, fie automat, pentru a redirecționa energia prin noi canale.

Bateriile au nevoie de puțină atenție. Ca orice altceva de care depindeți, ele va răsplătesc grija. Ce le place bateriilor este să fie încărcate constant și progresiv cu orice curent care ține de potențialul lor, la aproximativ 14 volți (pentru 12 volți, o baterie plumb-acid). Există două reguli de bază în bună administrarea unei baterii:

- Nu lăsați tensiunea să scadă prea mult.
- Nu lăsați tensiunea să crească foarte mult.

Puteți ajuta bateriile prin adaptarea propriilor obiceiuri pentru a se potrivi cu vântul, realizând sarcini intensive în zilele cu vânt și practicând conservarea atentă a energiei în zilele cu vânt calm. Dar acest lucru poate fi împovărător dacă este dus la extreme și aveți nevoie de un control automat, însă numai ca și soluție de rezervă. În ceea ce urmează, vom presupune că discutăm de un sistem de 12 volți atunci când facem referire la voltaje. De exemplu, „Battery Heaven” este de 14 volți. Dacă tensiunea sistemului este 24 volți, atunci ar trebui să dublați valorile tensiunii date, astfel că heaven va fi de 28 volți în loc.

Voltajele citate sunt doar orientative. Acestea vor funcționa pentru majoritatea bateriilor cu acid-plumb, dar voltajul bateriei depinde de curentul de încărcare și, în același timp, de tipul bateriei și starea acesteia. Dacă aveți bateriile de tip „gel” cu electrolit solid (așa numitele „baterii-uscate”), atunci cel mai important este să preveniți creșterea prea mare a voltajului. Verificați specificațiile bateriei.

Prevenirea voltajului scăzut

Cea mai obișnuită cauză de deteriorare a bateriilor sistemelor eoliene este golirea acestora și apoi lăsarea lor în această stare. Bateriile urăsc asta. Voltajul poate fi folosit ca un simplu indicator al stadiului de încărcare al bateriei. Nu descărcați o baterie de 12V sub 11.5V, dacă nu aveți posibilitatea de a o încarca imediat.

Pentru a preveni descărcarea excesivă:

- Pur și simplu urmăriți voltajul și controlați sistemul direct.
- Folosiți o alarmă de voltaj scăzut.

- Folosiți un întrerupător de voltaj scăzut – automat va deconecta TV-ul și alte încărcări neesențiale (nu opriți toate luminile, sau nu resetați calculatorul fără avertisment).

În momentul în care întrerupătorul este acționat, voltajul va sări ușor la nivelul circuitului deschis. Pentru a preveni ca întreruperea să intervină repetat, este o bună idee să construiți niște histereze între punctul de întrerupere și cel de revenire. Asta nu are nicio legătură cu histeria! Pur și simplu, înseamnă că pragul este diferit la urcare față de coborâre. De exemplu, ați putea fixa întrerupătorul să reia alimentarea când voltajul trece de 12.5V. Un buton de resetare manuală este, de asemenea, o idee bună, pornind alimentarea după ce au fost oprite unele încărcări neimportante.

Fiți atenți în momentul în care conectați întrerupătorul. Nu deconectați bateriile și lăsați încărcările conectate direct la turbine! O turbină fără baterii conectate poate genera voltaje extrem de mari, care în mod cert vă vor deteriora aparatele.

Enigmaticul releu

Există o dilemă interesantă asupra releului de decuplare. În cazul în care releul este alimentat când tensiunea este scăzută (folosind contactele „în mod normal închis”), atunci se va consuma energie de la baterie doar atunci când este posibil să facă acest lucru. Dacă releul este alimentat când tensiunea este OK, („normal deschis”), atunci acesta va pierde putere tot timpul. Aceasta este doar o problemă care apare la sistemele eoliene foarte mici, deoarece releul folosește doar 1 watt.

Controlul tensiunii de comandă

Dacă curentul de încărcare (amperi) este mai mare decât o zecime din capacitatea amperi-oră a bateriei, atunci este esențial să existe un fel de control automat.

Tensiune variabilă

După cum am menționat mai devreme, bateriile preferă în general să fie „expuse la tensiune variabilă” la 14 volți.

Atunci când o baterie este foarte descarcată, va avea nevoie de o cantitate mare de curent să o aducă până la 14 volți și nu va fi, probabil, vântul suficient pentru a realiza acest lucru. Când bateria se apropie de încărcarea completă, oricum va avea nevoie de un curent slab pentru a atinge și a menține această tensiune.

Reglatoarele de încărcare în autovehicule limitează pur și simplu curentul de încărcare de la alternator, pentru a preveni creșterea tensiunii mai sus de 14 volți. La sistemele eoliene este mai indicat să deviezi puterea de alimentare într-o sursă de încălzire, mai degrabă decât blocarea la sursă, ceea ce poate duce la o viteză prea mare a rotorului.

Sarcina de compensare

În cazul în care tensiunea crește peste 15 volți, bateriile se pot umfla violent și supraîncălzi, cauzând pagube dacă situația se prelungește. Nu faceți asta niciodată în cazul unei baterii cu gel. Cu toate acestea, este o bună recomandare de a supraîncărca bateriile normale ca aceasta (sub supraveghere), în cazul în care ele au fost complet descărcate. Acest lucru este cunoscut ca „sarcina de compensare”, deoarece se asigură că toate celulele din baterie se încarcă complet.

Luați în considerare și sarcinile

Supravoltajul scurtează durata de viață a aparatelor electrocasnice. Becurile cu halogen sunt scumpe și așa sunt și televizoarele, așa că este benefic să ai un control automat pentru a preveni supra-tensiunea pe sistemele la care sunt conectate echipamente de valoare.

Caracteristici generale ale reguletoarelor de șunt

Componentele electronice din controlerul de tensiune ale bateriei sunt foarte asemănătoare cu componentele folosite la controlul încălzitorului, așa cum este descris într-o secțiune precedentă acestui capitol. Pentru a preveni creșterea exagerată a voltajului bateriei, trebuie descărcată tensiunea într-un încălzitor, descărcare cunoscută ca „groapă de încărcare” sau „balast de încărcare”. Acest tip de regulator este cunoscut ca regulator de șunt, deoarece deviază curentul spre un circuit paralel sau „șunt”.

Se pot folosi relee sau semiconductori pentru a controla radiatoarele într-un regulator de șunt. Din nou, abordarea de tip supra-sarcină „crash-bang” nu este ideală. Un anumit număr de radiatoare mai mici funcționează mai bine decât unul singur mare. Prezența bateriei va întârzia fluctuațiile voltajului. Se poate porni radiatorul la 14.5 V și opri din nou la 13.5 V, pentru a oferi o întârziere de câteva secunde între ele. Controlere ca acesta pot fi complet modulare și independente unul de celălalt. Pur și simplu se conectează mai multe pe măsură ce sistemul se extinde.

De asemenea, este posibil să încărcați tensiunea contra curentului redresorului. Acest lucru are unele beneficii:

- Este mai ușor de comutat curentul alternativ. Se pot folosi, de exemplu, triodele de curent alternativ (dar trebuie folosite două, dacă puterea este trifazică). Triodele sunt mai robuste decât tranzistorii.
- Dacă regulatorul de șunt nu funcționează corect, nu există pericolul consumului bateriei, așa cum s-ar fi întâmplat dacă ar fi fost conectat direct la baterie.
- Bateria nu „a trecut printr-un ciclu” de sarcină de descărcare. Există posibilitatea ca sarcina de descărcare să scurteze viața bateriei prin „secarea” tensiunii din aceasta.
- Turbina eoliană va încetini imediat (în lipsa vântului) și se va opri (lucru care poate fi sau nu un avantaj, depinzând de faptul că tensiunea încărcată este sau nu de folos).

Fig. 7.4 Circuit pentru două eoliene

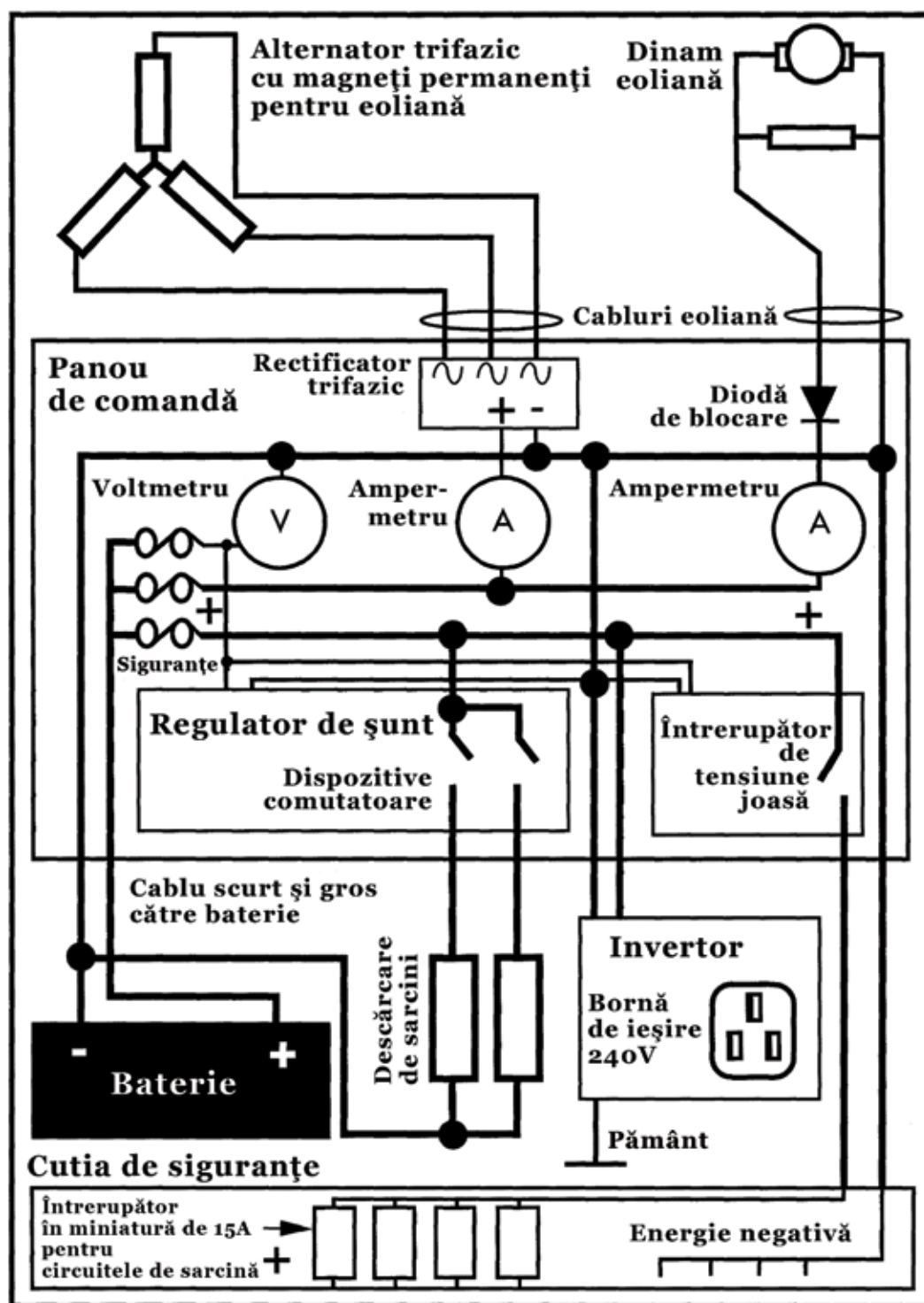


Fig. 7.4 Ansamblul circuitelor pentru un sistem cu două eoliene

Descărcarea tensiunii de alimentare printr-un invertor

Dacă sistemul include un invertor puternic, puteți folosi radiatoare pentru tensiunea de alimentare. Este ușor să se comute radiatoarele prin utilizarea unor relee/semiconductori mai mici.

Asta poate cauza totuși pâlpâirea luminilor. De asemenea, dacă invertorul nu mai funcționează, sau se închide datorită suprasarcinii, sau dacă există un termostat pe radiator, atunci sarcina de descărcare nu va mai fi disponibilă, așa că va fi nevoie de o altă sarcină de descărcare în așteptare pentru a împiedica tensiunea să crească prea mult. Cu toate acestea, ar putea merita descărcarea într-un radiator cu senzor de imersie atunci când este posibil, pentru că acesta este mult mai util decât sistemul de încălzire de la baterie.

A

ș putea scrie o carte numai despre turnuri, dar iată câteva scurte considerații. Faceți turnul cât se poate de înalt, în condiții de siguranță însă, deoarece cantitatea și calitatea vântului cresc odată cu înălțimea. Un motor eolian ascuns printre copaci nu va funcționa niciodată la întreaga lui capacitate.

Tipuri de turn: ancorat și neancorat

Nimănui nu-i place ancorele. Sunt urâte, nepotrivite și în pericol de a se deteriora. Turnurile neancorate sunt cu mult mai mult preferate, dar din păcate ele sunt cu mult mai mult stresante, atât de grele și cu mult mai scumpe. În final, turnurile ancorate sunt alegerea cea mai comună, deoarece costă mai puțin. Din acest considerent, restul capitoului este despre turnurile ancorate.

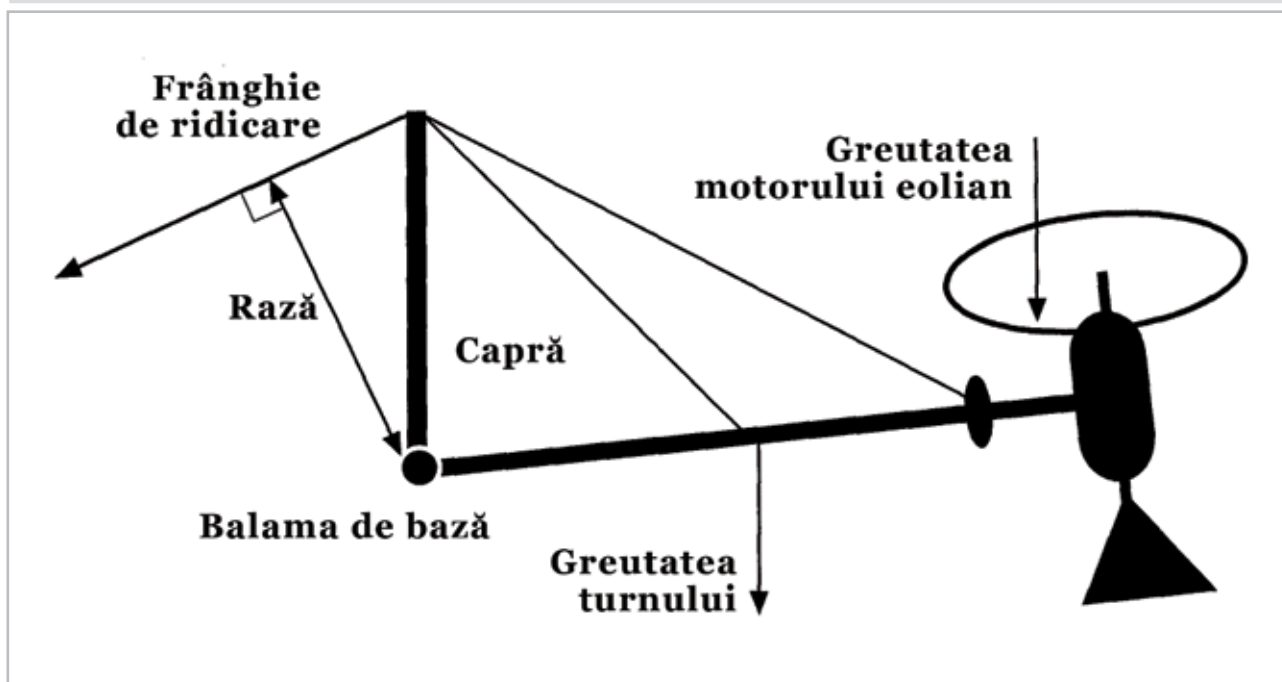
Cât de puternic este suficient?

Trebuie să vă asigurați că toate corzile de ancorare, fiarele, ancorele etc. sunt destul de mari ca să poată prelua solicitarea. Iată care sunt pașii spre a ajunge la o mărime potrivită.

Mai întâi, estimați forțele maxime care vor afecta durabilitatea structurii. Forțele vântului de ridicare și de furtună sunt cele mai rele cazuri care se pot întâlni.

Apoi, calculați cum acționează aceste forțe asupra componentelor pe care le proiectați. Pentru a transla o forță care acționează asupra motorului eolian într-o tensiune în coarda de ancorare, trebuie să folosiți o tehnică cunoscută ca „raportarea momentelor la un punct”. Punctul evident la care se poate face raportarea este baza turnului. De asemenea, merită să aruncați o privire asupra punctului de ancorare de sus.

Fig. 8.1 Forțele de pe un turn înclinat



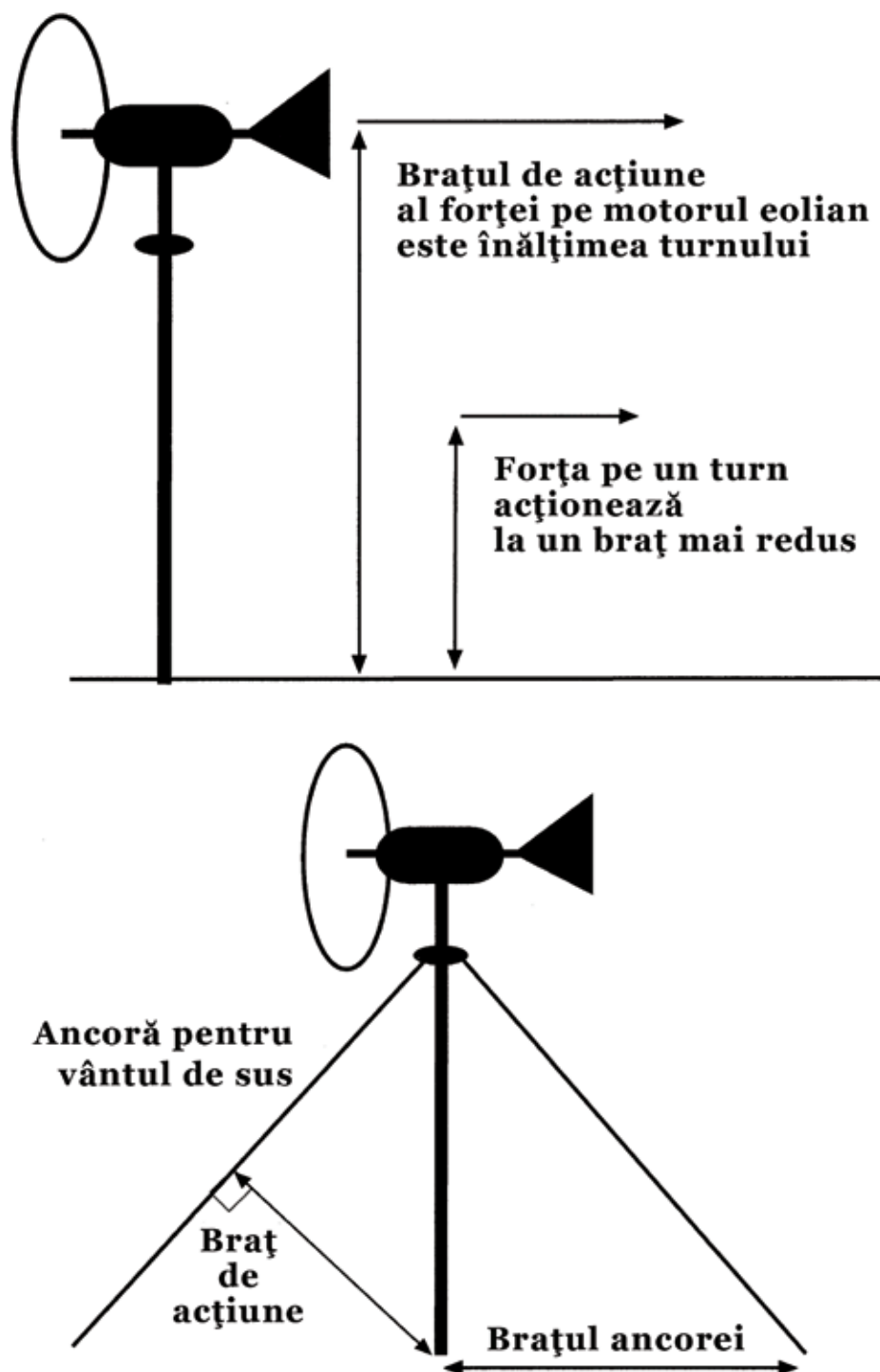
În final, aplicați un factor de siguranță cu valoarea de 5 între „forța maximă de lucru” (SWL) și „forța de rupere” (vedeți tabelul 8.2 de la pag.111). Dacă forța de rupere nu se cunoaște, atunci se poate folosi un factor de siguranță cu valoarea 2 pentru a testa aranjamentele.

Înălțarea

Puteți calcula sau măsura cu ușurință greutatea motorului eolian și a turnului. Totuși, înălțarea turnului nu este întotdeauna un proces lin. Pot fi șocuri și izbituri care pot dubla forțele actuale. Fiind vorba despre o încărcare dinamică, puteți folosi un factor de siguranță suplimentar, cu valoarea 2.

În această carte ne vom uita doar la turnul „înclinat”. Baza este prinsă în balamale pentru a permite ca turnul să se rotească sus-jos în mod liber. Coarda de ridicare se trece peste o capră care asigură o rază adecvată de acțiune pentru forța de ridicare (Fig. 8.1)

Raza de acțiune a corzii de ridicare este aproximativ egală cu lungimea caprei. Cu cât mai lungă este capra, cu atât mai puțină forță e necesară pentru a ridica motorul eolian și turnul. Cea mai dificilă etapă este aceea în care turnul este aproape orizontal (Fig. 8.1). Pe măsură ce crește raza de acțiune asupra greutateților, cu atât acestea se diminuează.

Fig. 8.2 Forțele de furtună pe un turn ancorat

Încărcarea datorată furtunii

Încărcarea datorată furtunii doar pe turnul singur depinde de viteza vântului și de aria suprafeței turnului opusă vântului, sau proiecția ei. Presupunând că viteza maximă a rafalelor de vânt este de 50 m/s (180 km/h), atunci vă puteți aștepta la o forță de 250kg/mp pe suprafața expusă.

Dacă motorul este oprit, sau pus pe încet, atunci puteți folosi proiecția suprafeței pentru a calcula forța de apăsare pe motorul eolian. Dacă este în funcțiune, dar girează departe de vânt, apăsarea maximă va fi limitată de sistemul de control.

Puteți echivala momentul de răsturnare al unui turn, datorat apăsării vântului, cu momentul exercitat de tensiunea din ancora vântului de sus (Fig. 8.2).

Frumusețea folosirii unui turn ancorat este aceea că toate momentele de îndoire sunt preluate de către ancore. Nu e nevoie să încastrați în pământ baza unui turn ancorat. Are nevoie doar de un pat de fundație pentru a nu se scufunda în pământ.

Mâinile pe ridicarea turnului

Țevile de apă

Cel mai simplu și mai comun turn pentru un motor eolian mic îl constituie o țevă ancorată. Este ușor de lucrat cu țevile de oțel, fiind ușor de ridicat și de tăiat, găurit sau sudat. Țevile mai au avantajul că în interiorul lor se poate introduce cablajul de la motorul eolian. Șantierile de fier vechi sunt o sursă bună pentru țevi de toate dimensiunile. Tabelul 8.1 arată dimensiunile potrivite pentru diferite mărimi de motoare eoliene.

Nu vă bazați niciodată pe partea filetată a țevelor, deoarece aceasta se îndoaie foarte ușor la solicitări mai mari.

Puteți face simplu un rulment de pivotare eficient prin trecerea unei țevi mai largi peste țeava turnului. Fig. 8.3 arată detaliile unei construcții sudate ale unui rulment de pivotare și ale unui de răsucire, similar cu cel din fig. 6.2 (pag. 91) și fotografia de la pag. 49. De menționat despre cablu că acesta atârână până la jumătatea turnului, la partea superioară putându-se acoperi totul cu fundul tăiat de la o sticlă de plastic. Este un nivel inferior de tehnică, dar este foarte eficient.

Supportul alternatorului depinde de ce fel de alternator folosim, dar un compensator va fi necesar pentru a opera sistemul de scoatere din vânt.

Tabelul 8.1 Dimensiunile țevii și diametrele rotorului

Diametrul rotorului motorului eolian	Diametrul interior sugerat al țevii	Diametrul exterior al țevii
1 metru	4 cm	48,3mm
2 metri	5 cm	60,3mm
3 metri	10 cm	114,3mm
5 metri	15 cm	165,1mm

Fig. 8.3 Confecționarea din țeavă de oțel

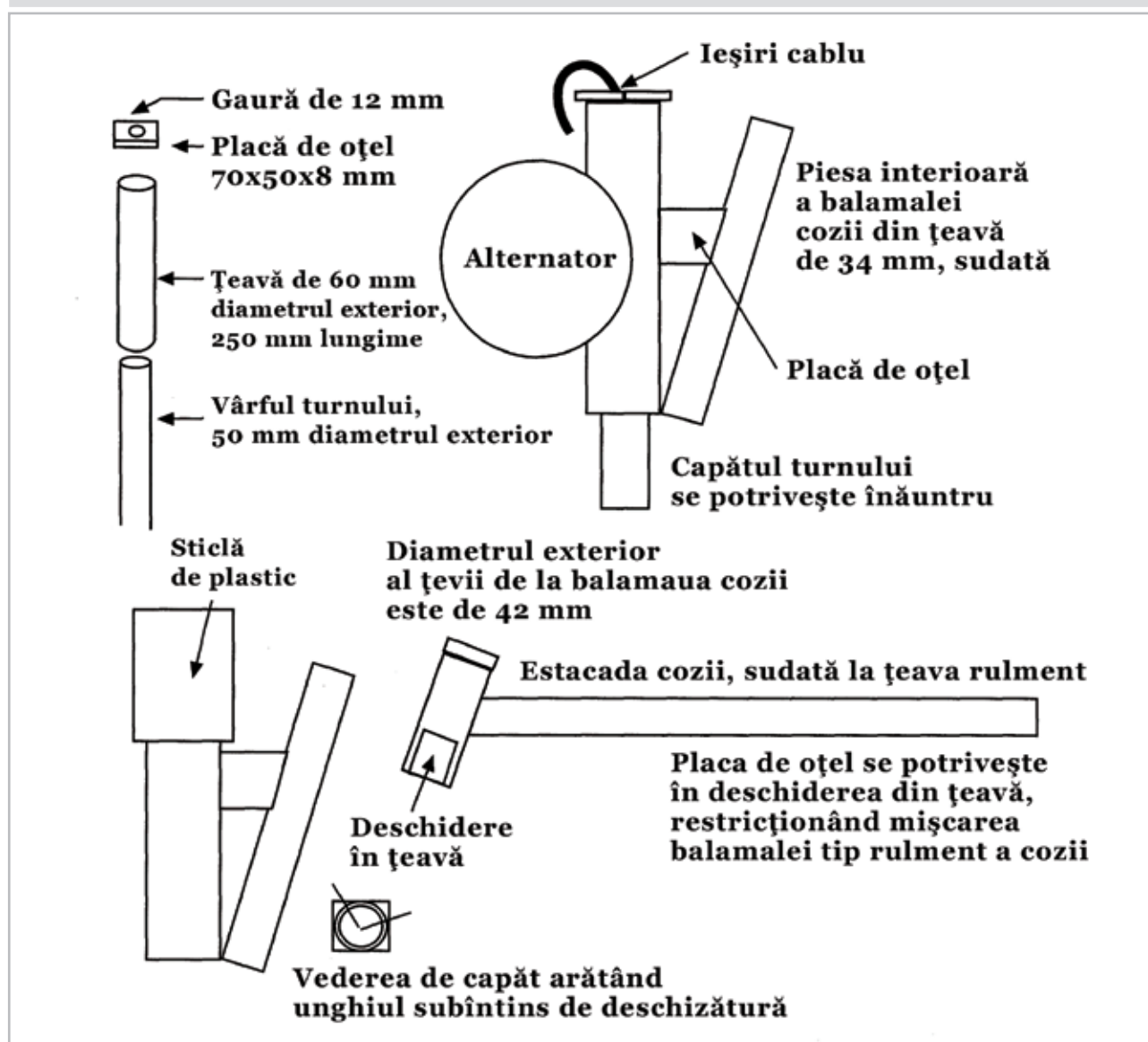


Fig. 8.3 Confecționarea unui rulment de girație și a unei balamale de coadă din țeavă de oțel

Tabelul 8.2 Un ghid aproximativ pentru ancora de oțel

Diametru	SWL	Încărcarea admisă	Încărcarea de rupere
6mm	400 kg	800 kg	2 tone
8mm	700 kg	1,4 tone	3,5 tone

Câteva reguli pentru ancorarea țevii dumneavoastră:

1. Atașați părțile superioare ale ancorelor cât de aproape puteți de vârful paletelor. Cu cât mai jos sunt ancorele față de motorul eolian, cu atât crește posibilitatea de îndoire a turnului. Dar aveți grijă! Vârfurile paletelor pot fi deviate înapoi. Deseori paletele au lovit ancorele!
2. Fixați ancorele la bază cât de departe se poate. O rază mică față de turn va duce la o legătură prea strânsă și la o creștere a forței de flambare a turnului.
3. Consolidați turnul cu legături de ancore de șase metri(6m), distanță între bază și capătul superior al ancorei.

Numărul minim de ancore care poate fi folosit la fiecare nivel este de trei, dar patru este un număr mult mai convenabil, dacă turnul este în pericol de a fi înclinat sus-jos. Șase sau opt poate fi bine, dacă folosim materiale ieftine, cum ar fi sârma de gard.

Materiale de ancore

Pentru un motor eolian mic (un metru diametru), pe o amplasare temporară, frânghia din fibre poate fi ideală pentru ancorare. Cea din polipropilenă albastră este ieftină, rezistentă și ușor de folosit. Asigurați-vă că știți s-o înnodeați și țineți vitele departe de ea, le place să mestece așa ceva!

Sârma de gard este un material cu cost scăzut, potrivit pentru ancorarea motoarelor eoliene cu diametre de rotor până la 2,5m. Este nevoie totuși de unelte specializate și de îndemânare pentru a mânui această sârmă de gard.

Coarda metalică este cel mai bun material pentru mașini mari, sau pentru persoane mai puțin îndemânatice. Cumpărați-o dintr-un magazin specializat care vă poate furniza toate componentele, inclusiv verigile și certificatele care vă indică încărcarea maximă la care poate lucra în condiții de siguranță.

Furnizorul e posibil să vrea să vi-o taie la lungime, lăsând și un ochi ondulat (bucă) la un capăt. Celălalt capăt se lasă normal, urmând ca ajustarea lungimii să se facă la fața locului. Totuși, este mai ieftin să vă faceți singur ancorele, tăind cu o daltă și un ciocan și făcându-vă singur buclele la capete.

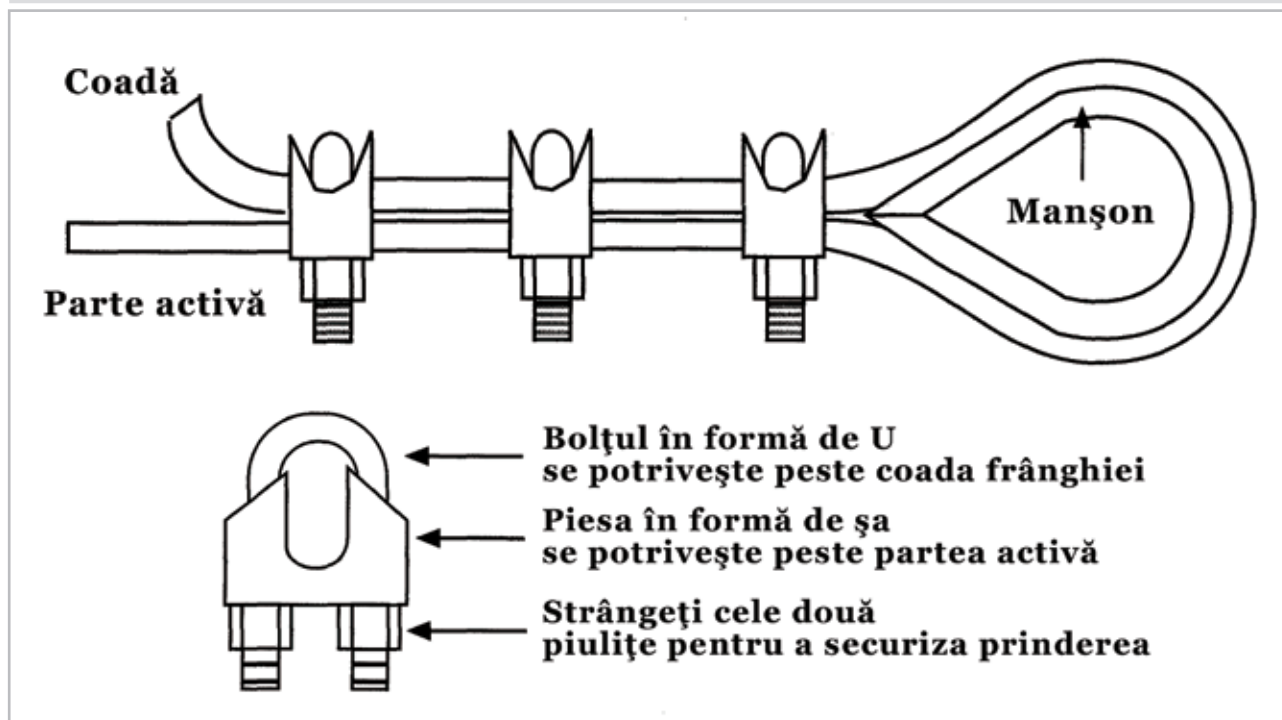
Fig. 8.4 Un ochi la o coardă metalică de oțel

Fig. 8.4 Confecționarea unei bucle la capătul unei corzi de oțel. Folosiți cel puțin trei prinderi pentru a securiza capătul de partea activă. În realitate ele sunt deseori mai rare.

Pentru a face un ochi la sfârșitul unei corzi flexibile de oțel aveți nevoie de un manșon și de cel puțin trei prinderi cu bolțuri în formă de U. Manșonul este o inserție care ajută și protejează interiorul buclei frânghiei. Prinderile (cunoscute ca prindere tip bulldog, cleme de cablu sau scoabe Crosby) asigură coada frânghiei de partea activă (vezi Fig. 8.4).

Când strângeți piulițele, bolțul tip U se va atașa de coadă, nu pe partea activă. Piesa în formă de șa se va așeza pe partea activă.

Folosiți întinzătoare sau șuruburi speciale pentru a întinde ancorele (Fig. 8.5). Evitați tipul cu cârlig la capăt. Cârligul se poate îndoi sau rupe la sarcină, sau frânghia poate aluneca dacă se slăbește. Folosiți întinzătoare cu ochi sau gheară la sfârșit (sau ambele).

Terminațiile în ochi sunt ideale pentru atașarea verigilor. Puteți potrivi un manșon direct la ochi, dacă îl deschideți cu grijă. Cel mai bun mod de a deschide un manșon este prin răsucirea lui (Fig. 8.5).

Terminația în gheară este foarte folositoare, atât timp cât puteți introduce cu ușurință un manșon sau să potriviți gheara peste o placă de oțel cu găuri pentru bolțuri (vezi Fig. 8.6). O singură placă de oțel la ancoră poate susține mai multe întinzătoare; câte unul pentru fiecare coardă. Ancorele laterale (vedeți mai târziu) vor avea nevoie de verigi pentru extraflexibilitate.

Fig. 8.5 Dispozitive de tensionare

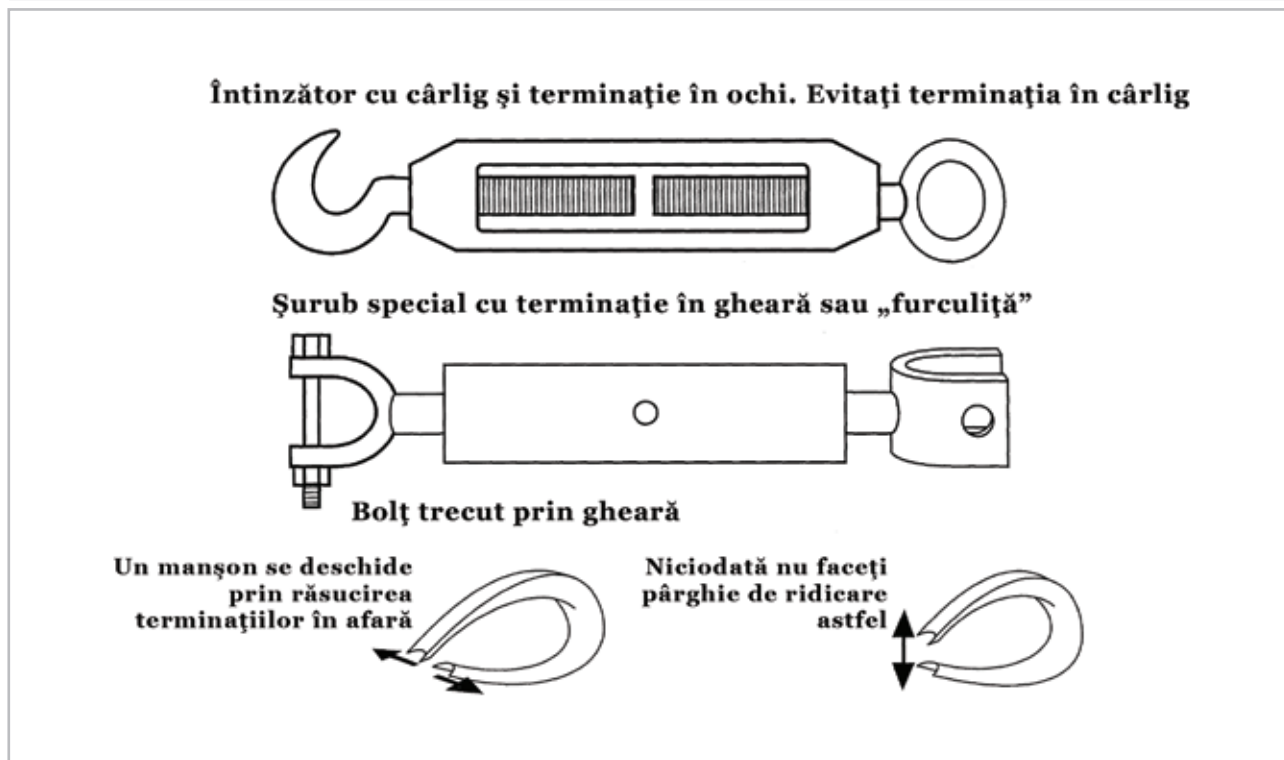


Fig. 8.6 Întinzătoare pe o placă de oțel

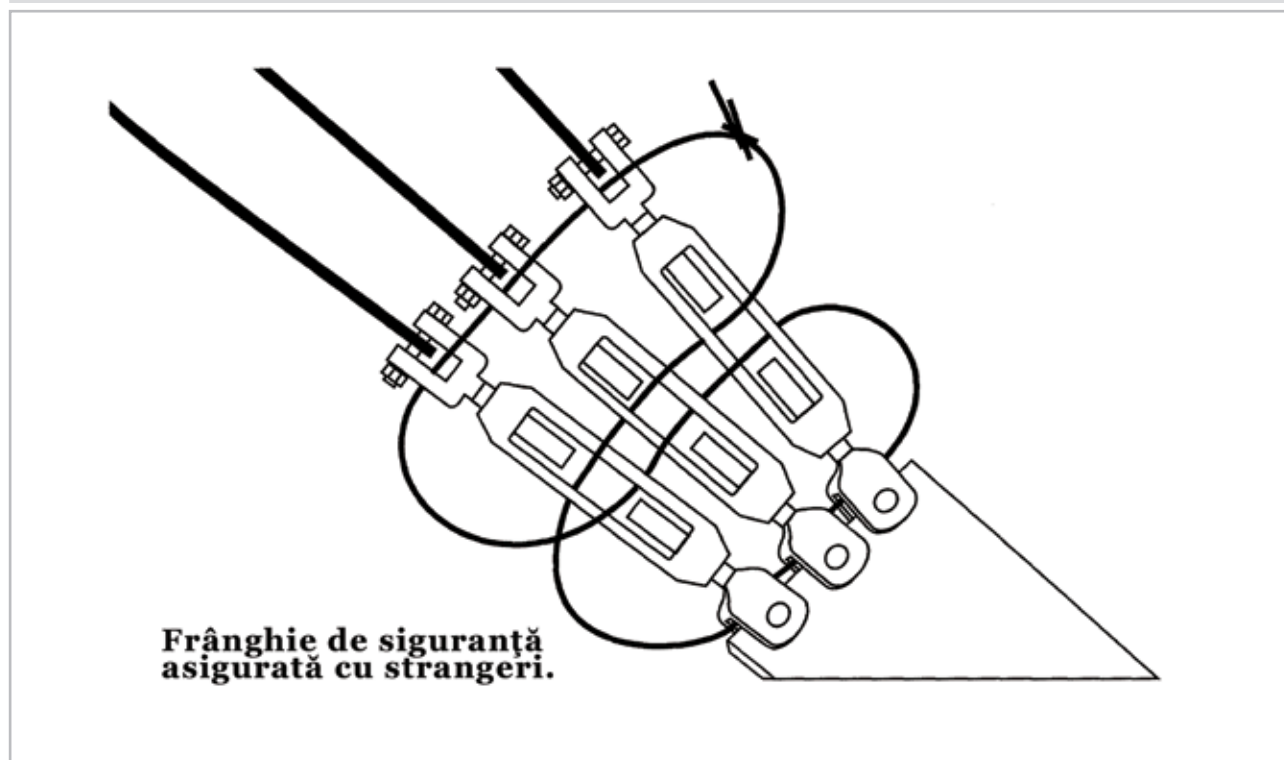


Fig. 8.6 Întinzătoare cu gheare prinse de o placă de oțel

Întinzătoare terminate în gheară



Lanțurile sunt atașate la un „mort”.

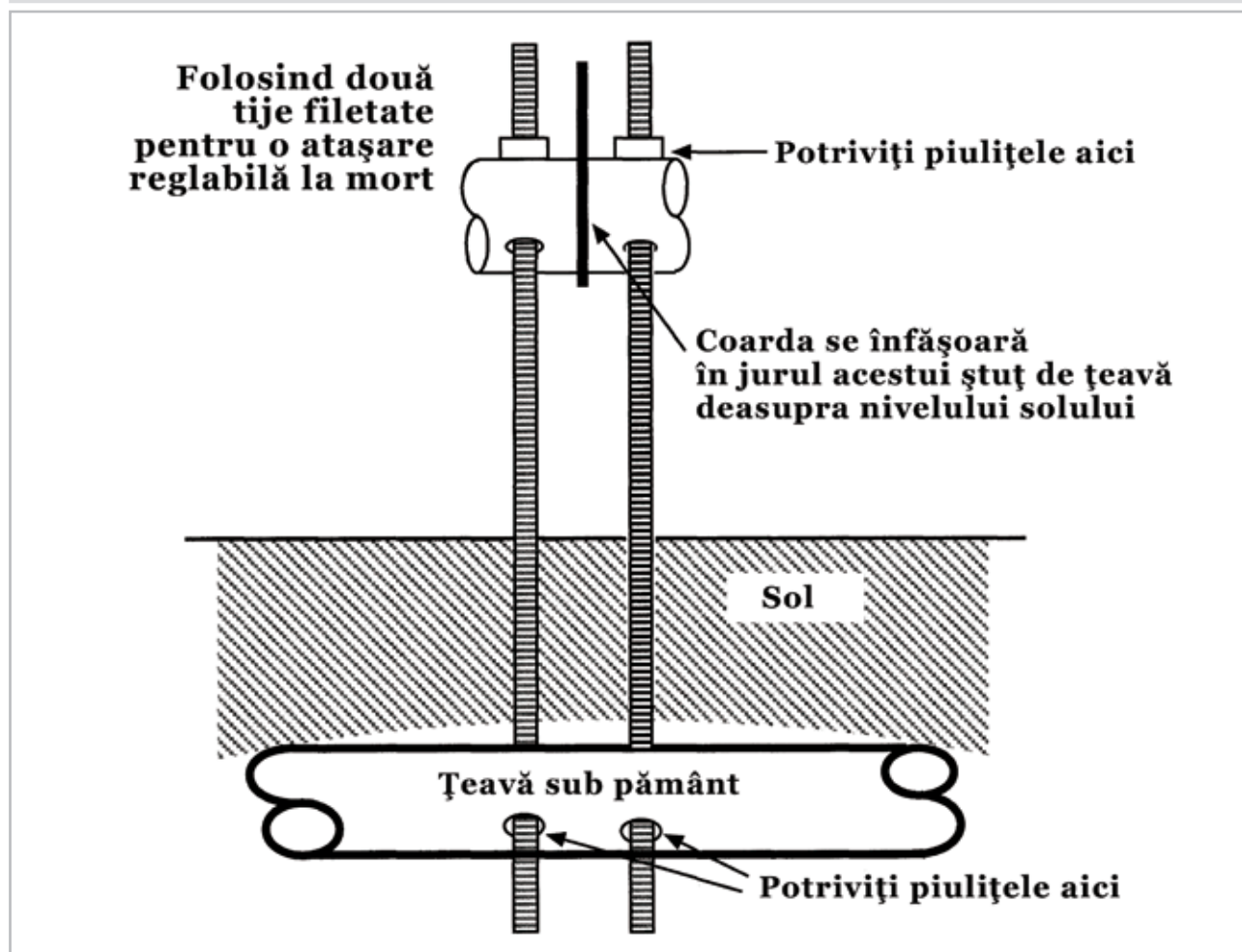
Asigurați întinzătoarele împotriva pierderii accidentale (sau vandalismului) prin trecerea unei părți de rezervă a frânghiei de sârmă (frânghia de siguranță) prin corpul întinzătorului și, de asemenea, prin verigile sau furcile de la fiecare terminație. Legați terminațiile frânghiei de siguranță împreună, cu dispozitive de prindere.

O alternativă cu cost redus la folosirea întinzătoarelor este cu „tijă fixă”, folosită peste tot pentru polii de electricitate. Aceasta este o bară lungă și groasă de oțel care conectează o ancoră îngropată (sau „mort”) de coardă. La vârf, bara este filetată pentru a putea regla poziția de „arc” larg care susține coarda ancoră.

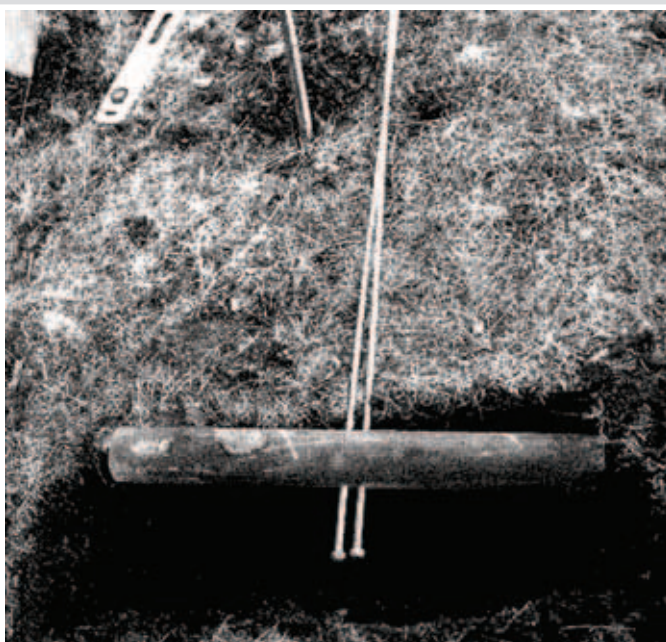
Dacă nu vă permiteți să cumpărați armături speciale, două tije filetate și galvanizate M12 vor face o bună conectare reglabilă la o țevă de oțel îngropată (Fig. 8.7).

Frânghia de ancoră nu necesită nici un manșon în acest aranjament. Puteți evita folosirea unui manșon și la partea superioară trecând frânghia de ancorare mai degrabă prin jurul turnului, decât să folosiți o verigă. Aveți grijă că vibrația corzii nu o uzează acolo unde întâlnește țevăria.

Fig. 8.7 Ancorare reglabilă realizată manual

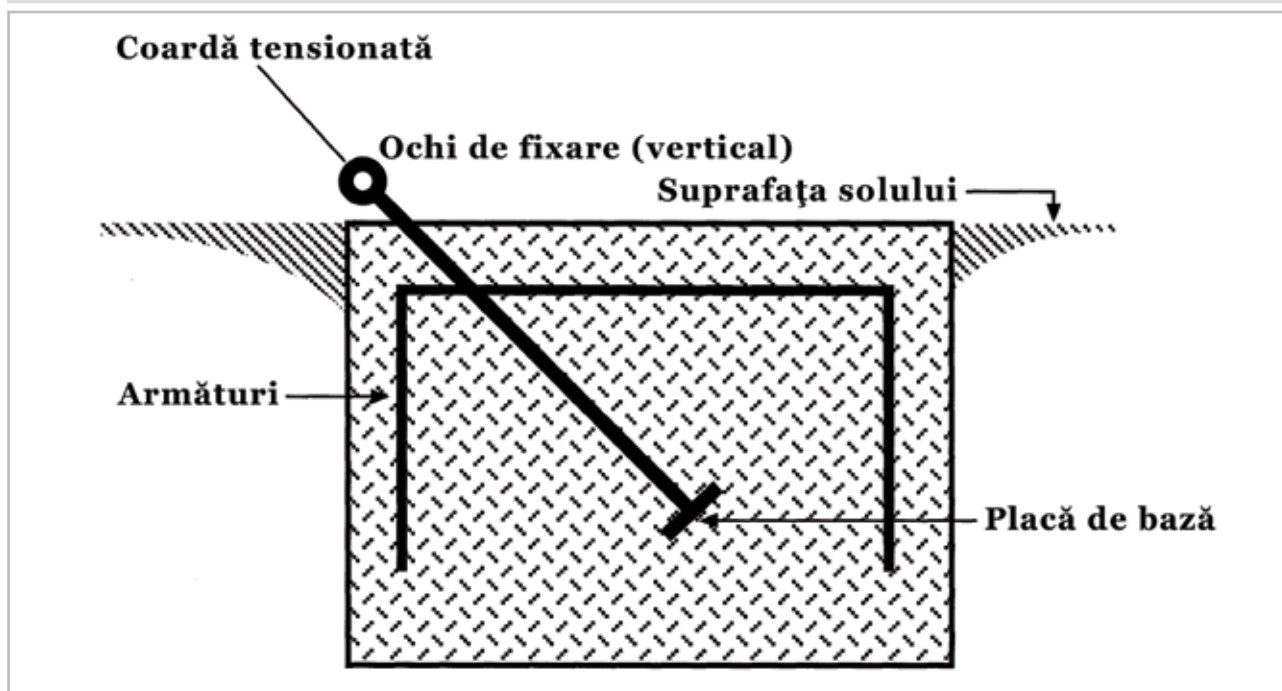


Un mort cu două tije



Gata pentru a fi îngropat

Fig. 8.8 Ancoră în bloc de beton



Ancore

Blocuri de beton

Cea mai simplă ancoră este o masă de beton armat, turnat în pământ. Un metru cub de beton cântărește peste două tone și aceasta masă va fi potrivită, în mod normal, pentru rotoare cu diametrul de până la 3m (ar trebui să vă faceți calculele dumneavoastră, bazate pe raza ancorei). Ancorele de beton se pot realiza pe loc, prin turnarea amestecurilor gata preparate în gaură.

Aveți nevoie de armături și la partea de sus și la cea de jos a blocului turnat. Ele nu trebuie să străpungă suprafața blocului, deoarece pot să se corodeze (vezi Fig. 8.8).

Ochiurile de bolt, sau plăcile, sunt încorporate în ancoră pentru a furniza legături pentru corzi. Dacă o ancoră e folosită și la un troliu, e o bună idee de a avea și o ureche separată pentru acesta. Linia ancorei ar trebui să treacă prin centrul de gravitație al blocului ancoră.

Șuruburile de beton

Acolo unde sunt suprafețe mari de beton expuse, atunci e mai ieftin să folosiți șuruburi de beton, decât ancore de beton. Probabil cel mai simplu tip de șurub de beton care să se potrivească este cel furnizat cu rășină epoxidică în flacon de sticlă. Puneți un flacon în gaură și

apoi bateți bolțul acolo, mai târziu. Dacă aveți dubii referitoare la rezistența lui, atunci faceți o probă cu o încărcare de două ori, să zicem, forța activă. Acest calcul este foarte liniștitor.

Mortul

Un obiect îngropat (cunoscut sub numele de „mortul”) este o ancoră excelentă. Coarda de sârmă sau sârma de gard nu sunt potrivite pentru a fi folosite sub pământ, sau la nivelul solului, deoarece se corodează. Aveți nevoie de ceva gros. Corzile sunt legate la un lanț, sau la un întinzător de la ancoră, deasupra nivelului solului.

Săpați o groapă și îngropați în ea o bucată de țevă de oțel sau de cherestea tratată. Adâncimea depinde de forțele implicate, dar între o jumătate de metru și un metru este suficient, de obicei. Dacă nu sunteți sigur de rezistența unei ancore de pământ, atunci puteți să faceți un test de încărcare.

Stâlpi de gard și alți țărushi

Pentru motoare eoliene cu diametre mai mici de 2,5 m, cu unghiuri mici la corzile de ancorare (unde raza corzii depășește înălțimea turnului), puteți pur și simplu să folosiți țărushi înfipti în pământ, ca ancore. Ținerea va depinde numai de condițiile solului, de rezistența lui.

Folosiți o bucată groasă de țevă galvanizată de oțel sau un stâlp de gard tratat, bine înfipite la unghiurile potrivite față de linia corzii. Un mijloc de semi- arbore poate deveni un țărush ancoră manevrabil (completat cu flanșă și găuri pentru eclise). Ancorele din țărushi de oțel au avantajul de a fi ușor de înfipit la adâncimea corespunzătoare.

Turnurile cu înclinare

Turnurile cu înclinare sunt articulate prin pivoți la nivelul solului, pentru o ridicare mai ușoară. Folosiți o capră pentru a furniza raza suficientă frânghiei de ridicare (Fig. 8.1). Unele turnuri vor avea nevoie de mai multe corzi de la capră la turn, pentru a preveni încovoierea acestuia de la mijloc.

Figurile 8.9 a și b de pe pagina următoare arată modul de confecționare a câtorva articulații tipice cu pivoți de bază. Nu uitați să lăsați o ieșire pentru cablu.

Ancorarea turnurilor înclinate

Veți avea nevoie de patru corzi de ancorare, la distanțe egale între ele și la unghiuri potrivite (vezi Fig. 8.10). Cele două ancore în linie cu pivotul de la baza turnului sunt ancorele laterale. (Acestea sunt folosite și la ancorarea caprei.) Cea cu care se ridică motorul eolian este ancora de ridicare. Cea pe care motorul eolian stă la început este ancora din spate.

Fig. 8.9a Confecționarea balamalelor de bază

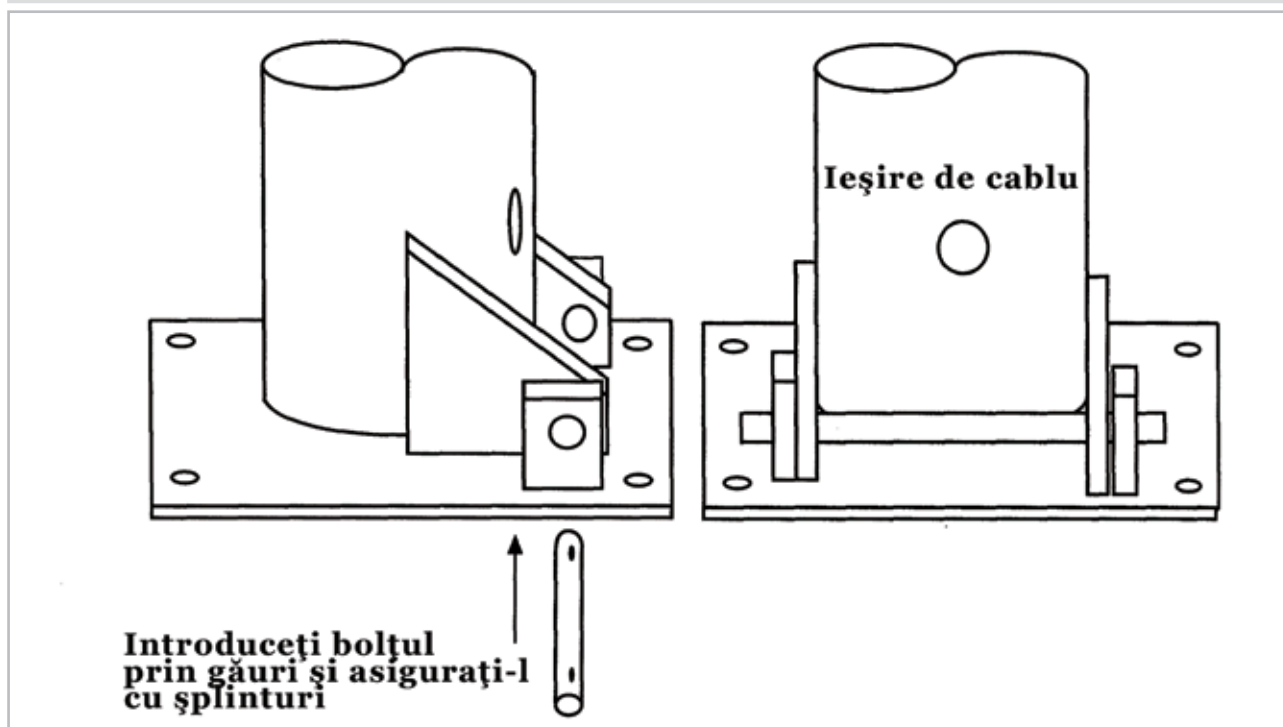


Fig. 8.9b Postamentul cu găuri și bolțuri

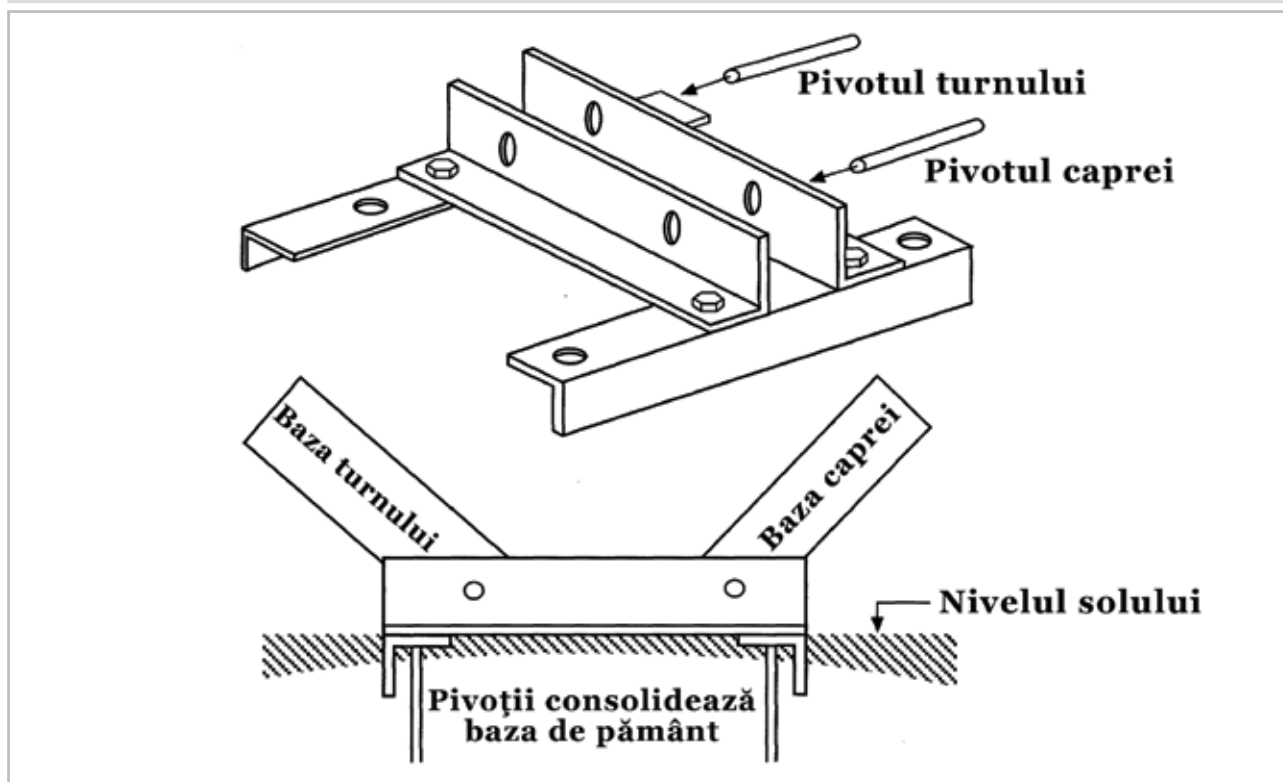


Fig. 8.9b Articulația cu balama de bază, folosind oțel cornier găurit și articulare cu bolțuri

Fig. 8.10 Amplasarea ancorei pentru un turn înclinat

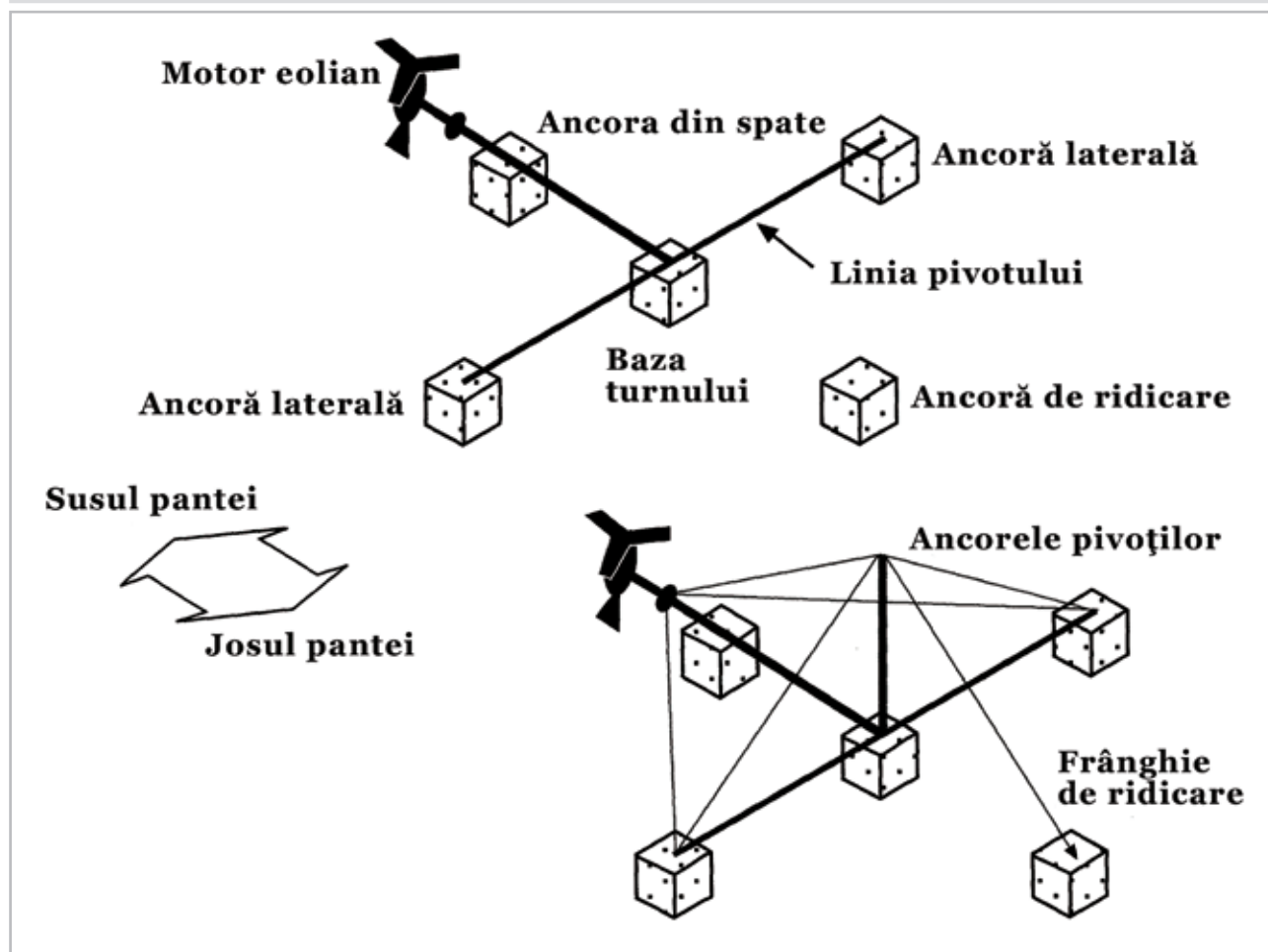


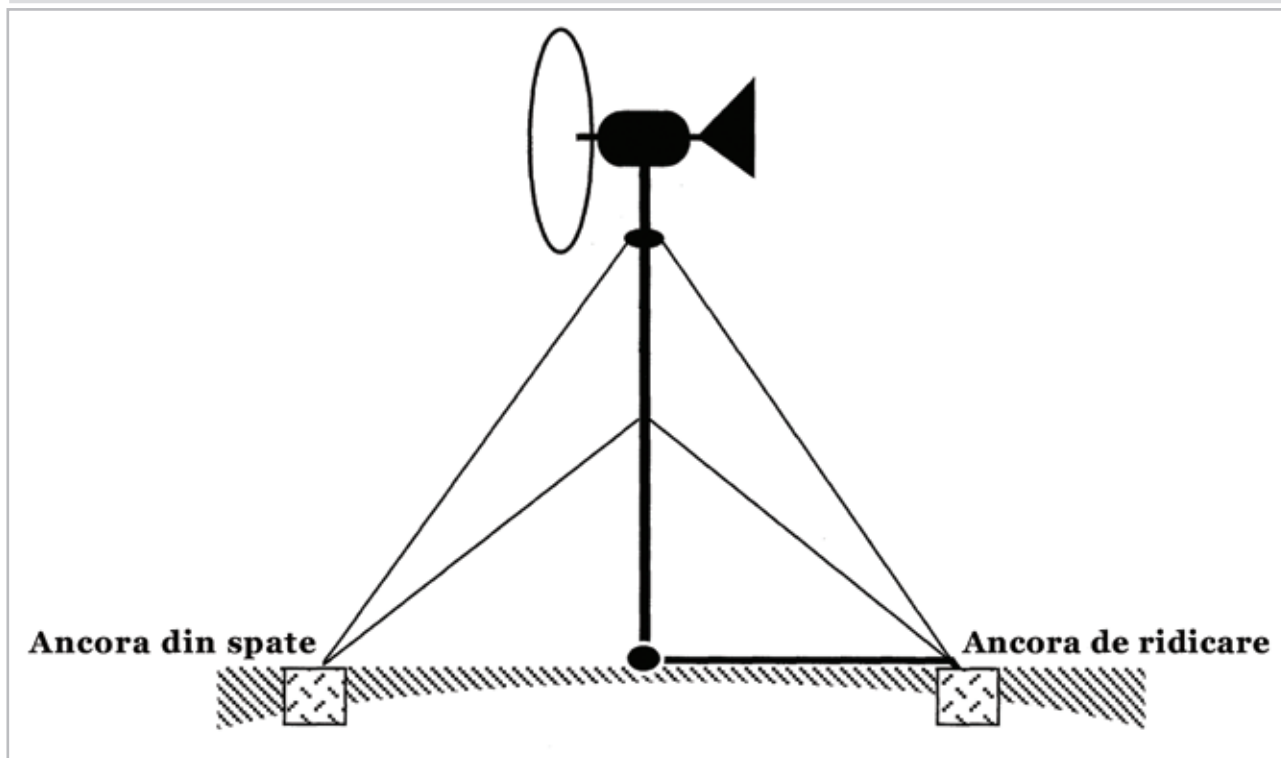
Fig. 8.10 Ancora de ridicare este înclinată în jos, iar ancorele laterale și baza turnului sunt pe același contur

Dacă pământul e înclinat, atunci ancorele laterale trebuie să fie pe același contur cu baza turnului. Ancora de ridicare va fi în josul pantei, iar ancora din spate, în susul pantei.

Faceți linia pivotului dreaptă

Linia dintre cele două ancore laterale trebuie să treacă exact prin pivot, nu prin centrul bazei turnului însuși, dacă pivotul este echilibrat, ori de câte ori e nevoie. Această manevră este mai importantă decât nivele exacte ale diferitelor ancore. O vedere aliniată de la o legătură de ancoră laterală la alta trebuie să treacă prin bolțul pivotant.

Dacă această linie nu este dreaptă, atunci corzile laterale vor strânge fie că sunt ridicate, fie că sunt lăsate. Această situație poate fi posibil periculoasă. Se produc forțe foarte mari, iar oamenii implicați nu se uită, de regulă, la corzile laterale, dar mai ales la coarda de ridicare și motorul eolian. Corzile laterale se pot întinde prea mult și se pot rupe, cu consecințe dezastruoase.

Fig. 8.11 Lungimea stâlpului egală cu raza corzii**Fig. 8.11 Când ridicați turnul, fixați pivotul la ancora de ridicare**

Lungimea caprei

Cu cât mai lungă este capra, cu atât este mai ușor de ridicat, așa că faceți-o cât de lungă se poate, în mod convenabil. Dacă raza corzii e mai mică decât înălțimea turnului, atunci faceți-o lungă cât să ajungă la ancora de ridicare, astfel că nu mai aveți nevoie decât să cuplați capra (completată cu corzi) la ancoră (Fig. 8.11).

Sugestii pentru ridicarea sigură a turnurilor înclinate

Siguranța trebuie să fie întotdeauna prima considerație. Luați lucrurile încet. Dacă aveți nevoie de foarte multă forță, atunci faceți ceva greșit.

- Asigurați-vă că ancorele laterale sunt în linie și la nivel cu pivotul bazei turnului.
- Puneți turnul la unghiurile potrivite la linia din susul pantei și asamblați pivotul bazei.
- Atașați corzile laterale la ancorele laterale și reglați-le.
- Puneți capra pe linia pivotului și atașați corzile de la ea la turn, înainte de a ridica ambele laterale ale caprei.

- Găsiți lungimea aproximativă a corzilor din spate (punându-le la o ancoră laterală) și atașați-le la ancora din spate.
- Atașați la turn orice coardă rămasă liberă datorită grabei de a ridica turnul, prin atașarea la ancora de ridicare.
- Verificați totul complet, în special aranjamentele de ridicare. Toate verigile trebuie să fie strânse și toate șuruburile asigurate.
- Poate doriți să atașați o frânghie în spate, pentru controlul turnului (vedeți mai târziu).
- Ridicați turnul fără motorul eolian, de probă.
- Ridicați în mod intenționat încet, fără scuturături. Opriți din când în când și verificați întinderea corzilor. Nimeni nu trebuie să treacă pe sub turn în timpul ridicării.
- Când e aproape ridicat, opriți și verificați vizual dacă sunt înnodate sau răsucite în vreun fel corzile din spate.
- E posibil să aveți nevoie să controlați turnul cu frânghia din spate pentru a preveni contrabalansarea caprei și scuturături la ancora din spate.
- Reglați toate corzile spre completa dumneavoastră satisfacție înainte de a coborâ turnul și de a monta motorul eolian.

Folosirea unei capre



Un scripete pe o capră
și un turn înclinat de 12 m

Fig. 8.12 Vinciul manual de tip „Tirfor”

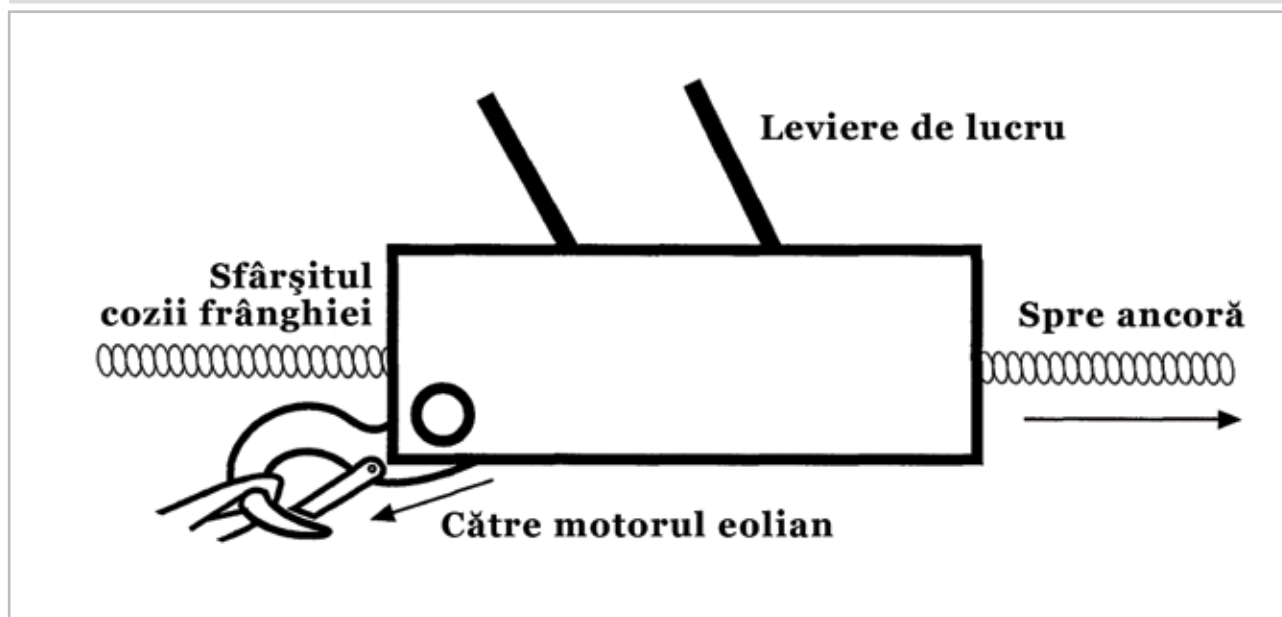


Fig. 8.12 Frânghia trece prin și în spate

Reglajul corzilor

Toate cuplările trebuie să fie întinse din plin, de la prima încercare. Dacă sunt mai mult de un set de corzi, atunci începeți reglajul cu cele de jos. Plasați o nivelă cu bulă de aer pe turn. Când partea de jos a turnului este verticală, puteți face restul observând de-a lungul turnului și verificând dacă este drept.

Câteva frânghii vor avea nevoie să fie întinse, câteva să fie slăbite. Reglați-le câte una pe rând. Slăbiți prinderile frânghiilor și trageți de partea slăbită cât de tare puteți, cu mâna. Când frânghiile sunt întinse atât de mult cât puteți să o faceți, iar turnul este vertical, strângeți piulițele.

Nu supraîntindeți corzile de frânghie, aceasta va supraîncărca totul inutil. Începeți să rotiți piulițele cu mâna, apoi ajutați-vă de o cheie fixă. Dacă turnul nu este vertical, atunci puteți regla din piulițe. Va trebui să slăbiți o coardă înainte de a o întinde pe cea opusă ei.

Vinciuri și sisteme de scripeți

Dacă trebuie să cumpărați ceva, cea mai bună investiție este un vinci manual de tip Tirfor. (Mai sunt și alte mărci, dar ele sunt similare și numele se aplică la toate.)

Tirfor este greu de învins la ridicarea turnurilor înclinate, pentru că este încet și sigur. Sunt două leviere pe care le puteți folosi: unul este pentru întinderea și celălalt pentru slăbirea frânghiei. Când nu mai mișcați levierele, frânghia este fixată în poziție. Vinciul lucrează

„mână peste mână”, așa că nu este limită la lungimea frânghiei care poate fi procesată, dând astfel timp (vezi Fig. 8.12).

Mașinile Tirfor sunt disponibile pe game de mărimi, fiecare fiind proiectată pentru o anumită valoare sigură a sarcinii de lucru, dar îi puteți crește această capacitate de încărcare, dacă este necesar, folosind și scripeți. Aceasta va necesita mai multă frânghie decât la tragerea directă.

Remorcarea cu un vehicul

Este un mod atractiv de a ridica lucruri, deoarece aproape toți oamenii posedă un vehicul fără a face o cheltuială suplimentară. Nu este la fel de controlabil ca la folosirea unei mașinării Tirfor totuși și poate sfârși prin a vă costa mai mult dacă nu sunteți atent!

Problema se reduce la vehiculul care poate fi prea rapid în multe cazuri, așa că lucrurile merg mai bine cu:

- capre lungi;
- sisteme de scripeți care dublează frânghia;
- vehicule cu raport mic la cutia de viteze.

Așa ajungem la sfârșit

Nu mai este mult până la momentul magic în care motorul dumneavoastră eolian va porni și puterea va curge în baterii pentru prima oară. Dacă nu este vânt, puteți lua aceasta de bun augur. Este primul gust al unei iubiri perverse a energiei vântului. Unul dintre avantajele unei instalații eoliene de succes este că vremea devine deodată foarte calmă, pentru săptămâni întregi.

Sper că v-a plăcut cartea și ați învățat câteva lucruri noi pe care le puteți folosi. Mult a fost lăsat pe dinafară din lipsă de spațiu, așa că atenție la ediții viitoare. Sunt întotdeauna bucuros să discut detalii la telefon sau pe e-mail, dar refractar să răspund la întrebarea fără valoare „Vă rog, spuneți-mi cum să construiesc un motor eolian”. Răspunsul nu e simplu, dar sper că sunteți de acord că merită să-l aflați.

ECUAȚIILE ENERGIEI EOLIENE

(aceste ecuații sunt într-o formă potrivită de a fi folosite într-un program computerizat).

* înseamnă "înmulțit cu", / înseamnă "împărțit la", ^ înseamnă "ridicat la puterea" primului lucru (și numai) care urmează după simbol.

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Pi	Pi	niciuna	$Pi=3,14$ (constantă geometrică)
Densitatea aerului	ρ	kg/m^3	$\rho=1,2$ (depinde de temperatură)
Coeficientul puterii	C_p	niciuna	$C_p < 0,6$; să zicem 0,15
Viteza vântului	V	m/s	încercați 10m/s (36 km/h)
Diametrul	D	metri	$D = [P / (C_p * \rho / 2 * Pi / 4 * V^3)]^{0,5}$
Puterea	P	watt	$P = C_p * \rho / 2 * Pi * D^2 * V^3$
Viteza medie	V_m	m/s	$V_m =$ în jur de 5m/s de obicei
Puterea medie	P_m	watt	$P_m = 0,14 * D^2 * V_m^3$ (aprox.)
Raportul vitezei maxime	tsr	niciuna	$tsr = rpm * Pi * D / 60 / V$
Viteza axului	rpm	rpm	$rpm = 60 * V * tsr / (Pi * D)$

Proiectul paletei

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Rază (centru)	R_s	metri	distanța de la centrul axului
Nr. de palete	B	niciuna	unul întreg (preferabil 3)
Coef. de ridicare	Cl	niciuna	$Cl=0,8$ să zicem (Alpha dependent)
Unghiul de atac	Alpha	grade	Alpha=4 să zicem (ales pentru cel mai bun raport ridicare/tracțiune)
Unghiul de așezare	Beta	grade	$Beta = ATAN(D/3/R_s/tsr) * 57,3 - Alpha$ (Notă: „ATAN()” este o funcție program care vă dă „unghiul a cărei tangentă este” în radiani).
Lungimea coardei	C_w	metri	$C_w = 1,4 * D^2 / R_s * COS(Beta/57,3)^2 / tsr^2 / B / Cl$

Alternatoare

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Nr. de poli	N_p	niciuna	$N_p = 120 \cdot f / \text{rpm}$
frecvență	f	Hz	$f = N_p \cdot \text{rpm} / 120$
Lungimea intervalului de aer	L_{gap}	m	lungimea paralelă cu axul
Diametrul intervalului de aer	D_{gap}	m	$D_{gap} = \text{distanța de la axul arborelui}^2$
Aria intervalului de aer	A_{gap}	m^2	$A_{gap} = L_{gap} \cdot \pi \cdot D_{gap}$
Viteza de scurtcircuit	C_{rpm}	rpm	$C_{rpm} = 12$ volți viteza de scurtcircuit
Nr. de bobine		N_{coils}	$N_{coils} = \text{numărul de bobine în serie}$
Rotire/bobină		N_{turns}	$N_{turns} = 1200 / A_{gap} / C_{rpm} / N_{coils}$

(Notă: aceasta este doar aproximativ. Creșteți cu 50% pentru intervalele de aer foarte mari).

Pierderi în sârmele și cablurile de cupru

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Diam. sârmei	W_{diam}	mm	$W_{diam} = \text{diametrul sârmei}$
Aria sârmei	W_{area}	mm^2	$W_{area} = W_{diam}^2 \cdot 0,785$
Lungimea cablurilor duble	T_{cl}	m	dacă verificați cablurile
Lungimea simplă a cablurilor	S_{wl}	m	$S_{wl} = T_{cl} \cdot 2$ (sau $S_{wl} = \text{lungimea sârmei în bobine}$)
Rezistența sârmei simple	S_{wr}	ohmi	$S_{wr} = S_{wl} / W_{area} / 50$
Curent	I	amperi	$I = \text{curentul prin bobină sau cablu}$
Căderea de tensiune	V_c	volți	$V_c = S_{wr} \cdot I$
Puterea pierdută	P_{loss}	watt	$P_{loss} = V \cdot I$

(Notă: Rezistența e calculată la temperatura cuprului de 50°C, crescut cu factorul de 0,04/grad C).

Forța laterală pe coada paletelor

Variabilă	Simbol	Unități	Note sau ecuație
Aria cozii	A_c	m^2	$A_c > D^2 / 40$
Forța laterală	F_l	kgf	$F_l = A_c \cdot V^2 / 16$
Apăsarea pe rotor	F_r	kgf	$F_r = D^2 \cdot V^2 / 24$

EXEMPLE LUCRATIVE CUM SĂ FOLOSIM ECUAȚIILE ENERGIEI EOLIENE PENTRU PROIECTUL MOTORULUI EOLIAN

Ecuatiile folosesc variabile pentru a calcula răspunsurile, care ele însele pot deveni variabile în ecuațiile viitoare. Notele sugerează valori pentru primele patru variabile: π , ρ , C_p și V .

Să zicem că proiectăm o mașină de 300 watt. Dacă deja nu ne-am decis asupra diametrului rotorului citind capitolul unu, atunci:

$$D = [P / (C_p \cdot \rho / 2 \cdot \pi / 4 \cdot V^3)]^{0,5} = [300 / (0,15 \cdot 1,2 / 2 \cdot 3,14 / 4 \cdot 10^3)]^{0,5} = 2,06 \text{ m}$$

Invers, dacă deja am ales un diametru de 2 m, atunci puterea de ieșire la un vânt de 10m/s va fi de :

$$P = C_p \cdot \rho / 2 \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot V^3 = (0,15) \cdot (1,2 / 2) \cdot (3,14 / 4) \cdot 4 \cdot 1000 = 283 \text{ Watt}$$

(Variabilele introduse sunt aproximative, așa că rotunjiți răspunsurile la 2m și 300 w).

Puterea medie de ieșire e folosită pentru a vedea cât putem folosi de la turbina eoliană. Dacă avem un teren bun, cu o viteză medie a vântului de 5m/s, atunci:

$$P_m = 0,14 \cdot D^2 \cdot V_m^3 = 0,14 \cdot 2^2 \cdot 5^3 = 70 \text{ watt în medie}$$

(De exemplu, o sarcină de 240 watt pentru 7 ore din 24, folosește $(7/24) \cdot 240 = 70$ watt putere medie, ignorând pierderile din baterie!)

Să presupunem acum că găsim un generator care produce 300 watt la 1000rpm. Putem calcula viteza la extremitatea rotorului:

$$tsr = \text{rpm} \cdot \pi \cdot D / 60 / V = 1000 \cdot 3,14 \cdot 2 / 60 / 10 = 10,5$$

Citind capitolul trei decideți că aceasta este cam delicat de construit, în schimb calculați turația pe care o puteți obține cu o viteză periferică de 6:

$$\text{rpm} = 60 \cdot Y \cdot tsr / (\pi \cdot D) = 60 \cdot 10 \cdot 6 / (3,14 \cdot 2) = 573 \text{ rpm}$$

Totul este bazat pe o viteză a vântului de 10m/s. Trebuie luate în considerare și condițiile de putere și viteză la un vânt slab, cum ar fi de 3m/s:

$$P = C_p \cdot \rho / 2 \cdot \pi / 4 \cdot D^2 \cdot 3^3 = (0,15) \cdot (1,2/2) \cdot (3,14/4) \cdot 4^3 = 7.6 \text{ Watt}$$

$$\text{rpm} = 60 \cdot Y \cdot \text{tsr} / (\pi \cdot D) = 60 \cdot 3 \cdot 6 / (3,14 \cdot 2) = 172 \text{ rpm}$$

(Așadar generatorul trebuie să producă ceva putere și la turații sub 200 rpm, dacă trebuie să lucreze și la vânturi slabe).

Secțiunea „**Proiectul paletei**” sugerează forma paletei la fiecare punct (vezi pag. 30). Să zicem că folosim 5 puncte de-a lungul lungimii paletei la distanțele „Rs” de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1 metru. Alegem B=3 palete, Cl=0,8 și alpha=4. La fiecare punct de oprire vom găsi unghiul de așezare Beta și lărgimea coardei „Cw” (paginile 31-32).

Funcția „ATAN{ }” lucrează pe cele mai multe computere pentru a da un unghi în radiani. Multiplicați-l cu 57,3 pentru a obține valoarea lui în grade. Puteți afla răspunsul și cu un minicalculator științific apăsând „INV” și apoi „TAN”. Dacă răspunsul este în grade, atunci nu e nevoie să multiplicați cu 57,3.

La punctul de oprire de pe extremitate, Rs=1, avem:

Unghiul de așezare Beta=ATAN(D/3/Rs/tsr)-4= ATAN(2/3/1/6)-4 = ATAN(0,111)-4 = 6-4 = 2 grade.

$$\begin{aligned} \text{Lărgimea coardei } Cw &= 1,4 \cdot D^2 / Rs \cdot \cos(Beta/57,3)^2 / \text{tsr}^2 / B / Cl \\ &= 1,4 \cdot 4 / 1 \cdot \cos(6)^2 / 36 / 3 / 0,8 = 0,064 \text{ metri.} \end{aligned}$$

La extremitate coarda este largă de 64mm și face un unghi de 2 grade cu planul rotorului. La alte puncte de oprire lărgimea coardei și unghiul sunt mai mari. Folosind Rs=0,2 în calcule, puteți descoperi că lărgimea coardei devine foarte mare la rădăcină și unghiul paletei exagerat de deschis. Este rațional să o subțiați în acest caz jos și să liniarizați paleta oarecum (pag. 41). Trebuie să urmați cât mai îndeaproape răspunsurile calculate, mai ales la partea din afară a paletei, unde au loc cele mai multe din acțiunile reale.

Plecând de la Beta și Cw puteți prelucra toate datele pentru a tăia paletele, ca în tabelul 4.1 la pag.51. „Scăderea” (tabelul 4.1, a treia coloană, de asemenea fig. 4.2 pag.53) poate fi calculată din datele anterioare. Simplu înmulțind lărgimea coardei cu sinBeta. Dacă folosiți un computer care calculează în radiani, atunci împărțiți Beta cu 57,3.

$$\text{Scăderea} = C_w * \sin(\text{Beta}/57,3)$$

$$\text{Grosimea} = 0,15 * C_w \text{ (sau puteți spune } = 0,12 * C_w \text{ la extremitate).}$$

În ecuațiile **Alternatoarelor** la pag. 128, frecvența (în herți) este legată de numărul de poli magnetici și de turația axului (în rpm).

De exemplu un alternator cu 10 poli, care lucrează la 570 rpm va produce o frecvență de 47,5 herți:

$$f = N_p * \text{rpm} / 120 = 10 * 570 / 120 = 47,5$$

Invers puteți folosi citirile frecvenței pentru a calcula turația. Unele multimetre pot citi frecvența și de aceea se pot folosi pentru a măsura turația axului, atunci când se conectează la ieșirea alternatorului. ($\text{rpm} = f * 120 / N_p$).

Următoarea ecuație vă ajută să ghiciți numărul de întoarceri cerute pe bobină în alternator (înainte de să fie construit și testat). Se presupune că proiectați un alternator cu câmp radial (pag.87). Rotorul și statorul au ambele lungimea de 0,1m. Diametrul este de 0,15m. Aria intervalului de aer este de:

$$A_{\text{gap}} = L_{\text{gap}} * \pi * D_{\text{gap}} = 0,1 * 3,14 * 0,15 = 0,047 \text{ mp}$$

(Dacă mașina are un câmp axial atunci puteți calcula A_{gap} adăugând ariile fețelor magnetilor la cea a rotorului).

Să presupunem că doriți ca alternatorul să încarce o baterie de 12 volți începând de la turația de 170 rpm. Să spunem că statorul are 10 bobine în serie:

$$N_{\text{turns}} = 1200 / A_{\text{gap}} / C_{\text{rpm}} / N_{\text{coils}} = 1200 / 0,047 / 170 / 10 = 15 \text{ întoarceri.}$$

Note:

1. Aceasta se aplică la bobina monofazată sau trifazată în conexiune delta. Pentru bobinele conectate în stea se împarte răspunsul de la N_{turns} cu 1,73.
2. Alternatoarele cu interval de aer mari au nevoie de mai multe întoarceri – poate cu 50% mai multe.

Pierderile în cablurile și înfășurările **de cupru** depind de lungimea sârmei, secțiunea ei și de temperatură (care crește direct proporțional cu creșterea intensității curentului). Aici puteți presupune 50°C, la mijloc între un ambient normal și unul fierbinte.

Sârmele înfășurate sunt date de diametru, dar cablurile depend de aria secțiunii sârmei. Pentru a afla aria unei sârme de 0,5mm diametru:

$$W_{\text{area}} = W_{\text{diam}}^2 \cdot 0,785 = 0,25 \cdot 0,785 = 0,2 \text{ mmp}$$

Acum presupuneți că aveți un cablu cu aria secțiunii de 10mmp și lungimea de 50 m.

$$\text{Lungimea sârmei simple } S_{\text{wl}} = T_{\text{cl}} \cdot 2 = 50 \cdot 2 = 100 \text{ m}$$

$$\text{Rezistența } S_{\text{wr}} = S_{\text{wl}} / W_{\text{area}} / 50 = 100 / 10 / 50 = 0,2 \text{ ohmi}$$

(La 10°C putem împărți cu 60 în loc să facem 100/10/60=0,17 ohmi, în timp ce la 100°C putem împărți cu 42 obținând 0,23 ohmi).

Presupuneți că folosiți cablu pentru a furniza 280 watt la 12 volți current continuu. Curentul în cablu va fi 280/12=23 Amperi. Puteți atunci calcula căderea de tensiune și pierderea de putere:

$$V_{\text{c}} = S_{\text{wr}} \cdot I = 0,2 \cdot 23 = 4,6 \text{ volți}$$

$$P_{\text{loss}} = V_{\text{c}} \cdot I = 4,6 \cdot 23 = 106 \text{ watt}$$

(Aceasta este mai curând o pierdere mare, așa că va trebui să folosiți un cablu mai scurt și mai gros sau un sistem cu voltaj mai înalt).

Și în final câteva reguli bune pentru proiectarea cozii paletelor. Diametrul rotorului este de 2 m, așa că suprafața cozii ar trebui să fie mai mare decât:

$$A_{\text{c}} > D^2 / 40 = 4 / 40 = 0,1 \text{ mp minim.}$$

Forța laterală (la un vânt de 10m/s).

$$F_{\text{l}} = A_{\text{c}} \cdot V_{\text{a}}^2 / 16 = 0,1 \cdot 100 / 16 = 0,6 \text{ kgf}$$

$$\text{Apăsarea pe rotor } F_{\text{r}} = D^2 \cdot V_{\text{a}}^2 / 24 = 4 \cdot 100 / 24 = 17 \text{ kgf}$$

Cartea lui Hugh Piggott despre
motoarele eoliene se încheie aici.
Ca și munca noastră, a celor din TEI .

Înainte de a încheia,
te rugăm să răspândești nu numai cartea,
ci și ideile și informațiile conținute de ea.
Credem că numai așa putem face țara și lumea puțin mai bune.
Dar din dar... Spor!



care au contribuit la
această lucrare:
Emil Marian, Crina N., Flavia, Bogdana,
Adriana, Diana, Flavia Muntean.