

1. OBIECTII SI PERSPECTIVE

1.1. Nimeni nu este mai gratuit și în același timp mai inepuizabil ca energia eoliană. Ea nu trebuie nici măcar culeasă. Este de ajuns să te așezi cu mijloace potrivite în fața ei, ca să ți se dăruiască.

Cu toate acestea, utilizarea energiei eoliene în general, dar mai cu seamă pentru producerea curentului electric, este încă foarte redusă, chiar și în țările care dispun de un regim de vânturi foarte bogat, majoritatea utilizărilor ei mărginindu-se încă la aplicații direct mecanice, precum de exemplu la pomparea apei, acționarea morilor sătești, ameliorări agricole și încă puține altele.

La noi în țară producerea energiei electrice plecând de la energia eoliană este cu totul inexistentă; ba chiar este de constatat că, după o scurtă vreme, în care cel puțin s-a vorbit despre această problemă, în prezent aproape că nu se mai pomeneste de ea.

Nevoile energetice ale țării sînt însă prea mari, pentru ca această situație să poată fi privită cu indiferență. Lipsa de interes pentru energia eoliană trebuie să aibă desigur și cauze obiective, pe care va trebui să le cercetăm și, pe cît posibil, să le înlăturăm. Ea se datorește însă în bună parte și unor informații și concepții eronate, care și-au făcut drum la noi și care deci ar trebui examinate în primul rînd.

1.2. O primă obiecție care s-a auzit este că în prezent, cînd s-a ajuns la captarea și folosirea energiei nucleare, energia eoliană nu mai prezintă interes. La această obiecție se poate răspunde în primul rînd că energia nucleară nu este de loc gratuită, dar pentru că ne ocupăm aici de problema particulară a electrificării agricole și rurale, ne vom mărgini să observăm numai că, deocamdată și pentru un viitor încă destul de îndepărtat, nu se întrevade deloc posibilitatea practică și economică a unor microcentrale pe bază de energie nucleară, ci numai execuția unor centrale de mare, chiar foarte mare putere. Așa că, pentru alimentarea cu energie electrică în spațiul rural și agricol am rămașe, și în această ipoteză a energiei nucleare, la aceeași situație a alimentării satelor și așezărilor agricole numai prin rețele de transport și de distribuție, ca și în cazul marilor centrale termice și hidroelectrice de pînă acum.

1.3. Ajungem astfel la cea de-a doua obiecție ce se aduce împotriva instalării la sate de microcentrale eoliene, și anume că racordările la rețelele sistemelor electrice sînt mai economice și mai sigure.

Lucrul acesta este în bună parte sau în unele cazuri devărat, dar oricum ar fi, pentru ca o astfel de energie, evi-

tual mai ieftină și mai permanentă, să poată fi folosită, este necesar ca mai întâi să existe efectiv o rețea electrică într-o apropiere convenabilă.

Dar, cu toată dezvoltarea mare pe care a luat-o în ultimul deceniu electrificarea țării, considerând și pe aceea ce se așteaptă în viitorul apropiat, sîntem încă departe de situația ca rețelele sistemelor energetice să atingă sau să se apropie măcar în măsură suficientă de toate satele și de toate așezările agricole din țară, ba nici n-ar fi economic să se facă acest lucru. Așa că satele și aceste așezări vor fi încă multă vreme nevoite, în marea lor majoritate, să-și creeze propriile lor microcentrale locale, indiferent de ce fel, sau să se renunțe la foleasele electrificării.

1.4. O a treia obiecție se referă la potențialul eolian al țării, care, după părerea generală, ar fi foarte redus. Obiecția este scrisă și nu poate fi combătută pe baze strict obiective, deoarece lipsește cunoașterea precisă a acestui potențial. Dar părerea pe care am auzit-o formulată, potrivit căreia în primul rînd ar trebui să se stabilească potențialul energetic eolian al țării și apoi să se aprecieze dacă s-ar putea face instalații eoliene, nu ni se pare constructivă.

Determinarea potențialului eolian pe întreaga țară ar fi, fără îndoială, o operație necesară și utilă, dar aceasta cerînd un timp îndelungat, nu ar fi rațional credem ea în așteptarea ei să nu se treacă la utilizarea, măcar parțială și locală a energiei eoliene, acolo unde se pot constata de pe acum condiții favorabile pentru această utilizare.

Nici centralele hidroelectrice, mici și mari, nu au așteptat și nu așteaptă nici acum ca mai întâi să se determine potențialul hidroenergetic pe întreaga țară, ei s-au instalat, fiecare la timpul ei, unde și cînd s-au găsit condiții locale potrivite.

1.5. Totuși, din puținele date pe care le posedăm asupra regimului vînturilor în R.P.R., se poate constata că acest regim este departe de a fi atît de puțin interesant pe cît se crede în general și că prezintă reale posibilități de utilizare în numeroase regiuni ale țării. Spunînd acestea, ne gîdim nu la vînturile deosebit de puternice de pe culmile munților, care implică o cu totul altă tratare și rezolvare a problemei utilizării lor, dar nu interesează direct și special electrificarea satelor și regiunilor agricole - ci la regimul eolian de pe întinsul deluros și de șes al țării, unde se pune în primul rînd problema unei astfel de electrificări.

În afirmația noastră de mai sus, ne bazăm pe o lucrare oficială, pe "Atlasul eolian" /1/, întocmit de către forul cel mai de specialitate al țării, Institutul Meteorologic Central.

Deși acest Atlas este încă departe de a fi complet și în general nu corespunde aspectului energetic al problemei, el indică totuși, cel puțin pentru partea de est a țării - prin care înțelegem partea aflată la est de o linie mergînd de-a lungul albiei Siretului și apoi mai departe spre sud, aproximativ prin Făurei pînă la Oltenița - vînturi încă bine utilizabile pentru producerea de energie.

Este de remarcat că această parte a țării este totodată și aceea care nu dispune aproape de loc de alte surse de energie (căderi de apă, gaze, petrol, cărbuni) și care prezintă cea mai mică densitate a rețelelor electrice, pentru care deci energia eoliană ar fi și singura sursă locală de energie.

Așa, de exemplu, avem ca medii anuale pe intervalul de zece ani, aflat la baza atlasului, următoarele viteze medii și frecvențe relative ale vînturilor.

<u>Cotnari</u>	$v = 1,8 \dots 7,4 \text{ m/s}$	42,5%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	18,0%
vînturi utilizabile 60,5% din an		

<u>Iasi</u>	$v = 1,8 \dots 7,4 \text{ m/s}$	53,8%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	30,2%
vînturi utilizabile 84,0% din an		

<u>Birlad</u>	$v = 1,8 \dots 7,4 \text{ m/s}$	44,8%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	6,0%
Vînturi utilizabile 50,8% din an		

<u>Tecuci</u>	$v = 1,8 \dots 7,4 \text{ m/s}$	47,2%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	18,3%
vînturi utilizabile 65,5% din an		

<u>Grivița (Ciulnița)</u>	$v = 1,8 \dots 7,5 \text{ m/s}$	70,0%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	25,0%
vînturi utilizabile 95,0% din an		

<u>Sulina</u>	$v = 1,8 \dots 7,5 \text{ m/s}$	54,6%
	$7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	15,6%
vînturi utilizabile 70,2% din an		

Demarcația N-S făcută de noi mai sus nu exclude existența unor vînturi bune și în alte regiuni, în special în partea de vest a țării, dincolo de munții Apuseni. Așa de exemplu, stațiunea meteorologică Alba Iulie înregistrează :

$v = 1,8 \dots 7,5 \text{ m/s}$	74,0%
$v = 7,5 \dots 15,2 \text{ m/s}$	8,2%
vînturi utilizabile 82,2%	

Precizăm că datele de mai sus extrase din Atlasul eolian reprezintă media anuală a înregistrărilor. Media luată numai pe iarnă, cînd nevoile de curent electric sînt mai mari este mai mare decît valorile de mai sus. Trebuie să mai observăm că înlocuitorul atlasului în chestiune provine din măsurători făcute cu cel mai primitiv instrument, cu giruete Wild, care fiind așezată în general la înălțimea de numai 7...8 m, dă valori ale vitezei vîntului simțitor mai mici decît acelea care există mai departe de sol, la înălțimea obișnuită a motoarelor eoliene.

Din acest motiv - și încă altele - se poate conta cu un regim al vînturilor încă superior celui arătat mai sus, desigur și în localități în care după atlas s-ar părea că acest regim este sub acela minimal necesar.

Din aceste puține date și considerații, rezultă deci că utilizarea energiei eoliene pentru electrificări agricole și rurale se arată a avea suficiente posibilități și perspective.

2. PROBLEME SI DIFICULTATI TEHNICE

2.1. În afară de problema, primordială desigur, a existenței într-un loc dat a unui regim de vînt suficient, folosirea energiei eoliene pentru producerea curentului electric este frînata mult și de existența unor importante și încă nerezolvate dificultăți tehnice, din cauza cărora microcentralele eoliene nu au ieșit încă, în nici o țară din lume, din faza experimentală și a tatonărilor.

Aceste dificultăți provin din nepermanența și lipsa de constanță a energiei eoliene, vîntul fiind adesea absent de tot, iar cînd este prezent, e încă neconținut variabil în intensitate.

Pentru producerea energiei electrice sub formă de curent continuu, aceste aspecte dezavantajoase ale energiei eoliene sînt mai puțin grave. Întîi, deoarece curentul continuu are un singur parametru care trebuie menținut constant, tensiunea, ceea ce se poate realiza prin diferite feluri de mașini sau regulatoare automate, chiar la o turație foarte variabilă a motorului de vînt. Iar pentru orele și zilele de acalmie, precum și pentru acoperirea unor vîrfuri de sarcină, se poate realiza o acumulare de tampon și de rezervă, cea mai simplă și - orice s-ar spune, încă cea mai economică - prin baterii de acumulatori încărcate direct de generatorul electric.

Curentul continuu nu poate fi însă transportat și distribuit pe o rază mai mare, ceea ce limitează utilizarea instalațiilor eoliene de acest fel doar la alimentarea gospodăriilor agricole mici și izolate sau a așezărilor rurale foarte concentrate și unde în plus stația eoliană poate fi instalată în centrul de consum sau în imediata apropiere a acestuia, ceea ce se poate realiza numai rareori, căci și motorul eolian are nevoie, pentru buna lui funcționare, de o anumită așezare avantajoasă pe teren.

Pentru orice instalație de putere mai mare, cu transportul și distribuția pe o rază mai întinsă - așa cum și sînt în general așezările agricole și rurale - singura formă de curent utilizabilă este însă, după cum se știe, aceea a curentului alternativ. În plus, trebuie avut în vedere și faptul că majoritatea receptoarelor și a materialului electrotehnic sînt adaptate, normalizate și mai avantajoase pentru această formă de curent.

Am considerat pînă aici cazul unei centrale eoliene autonome. Cu atît mai mult se impune forma de curent alternativ, ba este chiar singura posibilă, atunci cînd de la început se ca o eventualitate pentru mai tîrziu să prevadă racordarea la ajutor și de rezervă la rețeaua unui sistem energetic.

De aceea, singura formă de curent care poate fi luată în discuție în problema de față, a electrificărilor rurale și agricole prin microcentrale eoliene, este aceea a curentului alternativ și în general trifazat.

De altfel, întreaga literatură de specialitate din ultima vreme se ocupă numai de acest fel de centrale eoliene, iar toate instalațiile eoliene mai însemnate, realizate în diversele țări ale lumii, s-au executat exclusiv pentru curent alternativ.

2.2. Curentul alternativ aduce însă alte neajunsuri. În primul rând apare un al doilea parametru, care trebuie menționat și el constant, mai constant chiar decât tensiunea și anume frecvența. Aceasta impune o reglare riguroasă a turației motorului eolian, ceea ce este mai greu de realizat la acest fel de motor decât la oricare alt tip de motor primar.

Soluția cu generatoare asincrone, care s-a încercat în multe locuri pentru ocolirea acestei dificultăți, nu elimină, ci numai ușurează întrucîtva condițiile acestei reglări. Dar această soluție cere și legătura permanentă la o rețea sau la o altă sursă sincronă, care să imprime frecvența și să furnizeze energie reactivă. Ea nu rezolvă deci în nici un caz aspectul, esențial pentru spațiul rural și agricol, al autonomiei microcentralelor electrice.

Generatoarele asincrone cu autoexcitație prin condensatoare nu prezintă suficientă stabilitate, astfel că nu rezolvă nici ele problema.

În al doilea rând, în cazul centralelor eoliene cu curent alternativ, rezerva de vîrf, precum și aceea, mai importantă, pentru zilele de scalmie, nu mai pot fi realizate în mod simplu prin încărcare și descărcare directă din acumulatori electrice, ci numai prin complicate și costisitoare transformări intermediare în dublu sens, electrice, hidraulice sau termice, prin care se micșorează foarte mult nu numai randamentul în energie, dar și puterea disponibilă. În ce privește randamentul în energie, s-au găsit autori care să-l considere lipsit de importanță, pe motivul că pierderile, în orice proporție ar fi, nu costă nimic. Dar micșorarea, prin convertiri repetate și cu randament slab, a puterii disponibile la bornele centralei este deosebit de dezavantajoasă, atîta timp cît motoarele eoliene încă nu se pot realiza în unități mai puternice. Deosebit de aceasta, un randament scăzut al transformărilor intermediare scurtează în mod corespunzător timpul cît o anumită cantitate de energie acumulată poate satisface o perioadă de calm.

Din aceste din urmă motive, la centralele eoliene (de curent alternativ, singurele de importanță energetică), se renunță în prezent la orice formă de acumulare, instalația fiind completată cu un racord de rezervă la o rețea sau dublată cu un grup termoelectric de putere egală. Ambele soluții măresc însă atît de mult cheltuielile de investiție și exploatare, încît în cele mai multe cazuri rentabilitatea energiei eoliene devine cu drept cuvînd, problematică.

De altfel, soluția cu un racord de rezervă la o rețea electrică presupune existența pe aproape a unei astfel de rețele, ceea ce contravine premizelor problemei noastre, al cărui obiect este realizarea, în primul rând, a unor centrale eoliene autonome, pentru electrificări agricole și rurale în locuri lipsite sau prea depărtate de alt sistem energetic.

2.3. S-a mai preconizat, în fine, producerea curentului "continuu" și trimiterea lui în rețea după ce s-a făcut mai întâi, chiar în centrală, convertirea lui în curent alternativ. În acest fel, condițiile de reglare a turației motorului eolian sînt ușurate considerabil; de asemenea, și realizarea rezervei de vîrf și de acalmie, care se pot obține în modul cel mai simplu, prin acumulatele electrice încărcate direct și în tampon din generatorul primar.

Această ultimă soluție este principial foarte rațională și vom reveni și noi asupra ei. Trebuie observat însă că mijloacele propuse și încercate pînă în prezent pentru realizarea convertirii necesare a curentului continuu al generatorului și al bateriei în curent alternativ pentru transport și distribuție nu au dat și nu pot da rezultate satisfăcătoare.

Principial cel, puțin, cea mai bună soluție ar fi comutatricea. În fapt, însă, nici aceasta nu este practic aplicabilă, deoarece comutatricea nu este stabilă la funcționare, adică în sensul curent continuu - curent alternativ, putîndu-se ajunge pînă la ambalarea ei, iar frecvența curentului alternativ obținută nu este constantă, ci variază larg cu sarcina și cu factorul ei de putere.

2.4. Deci, în primul rînd și ca o primă etapă, în electrificarea agricolă și rurală ne interesează, așa cum s-a accentuat de mai multe ori, microcentralele autonome, totuși, problema funcționării în paralel a acestora între ele, precum și cu alte centrale sau sisteme electrice, nu trebuie nici ea neglijată. Astfel, unui bun dispozitiv de centrală eoliană trebuie să i se poată cere să funcționeze tot atît de bine singur și independent, cît și în paralel cu alte surse de energie electrică.

Intr-adevăr, dacă pe de o parte funcționarea autonomă este o condiție imperioasă pentru o centrală locală izolată, nu poate fi pe de altă parte decît îmbucurător atunci cînd există pe aproape o rețea sau o altă sursă de curent, care să-i servească drept ajutor și de rezervă. De altminteri, interesul și ajutorul ar fi reciproc, în sensul că atunci cînd este vînt bun centrala eoliană să poată vărsa în celălalt sistem prisosul ei de energie - o energie totalmente gratuită - îmbunătățindu-și astfel atît propria eficiență economică, cît și a celuilalt sistem.

Problema funcționării în paralel se pune și în cazul centralei autonome, adică nelegate și independente de alt sistem energetic, dar în care totuși, din cauza unui regim de vînt mai slab și îndeosebi cu acalmii mai prelungite, apare neapărat necesar să se prevadă în centrală și un grup termic de ajutor și de rezervă.

Posibilitatea funcționării în paralel este necesară și în cazurile cînd puterea unei singure unități eoliene este prea mică față de nevoile consumului, astfel încît apare necesară instalația a două sau mai multe astfel de unități, care să alimenteze împreună rețeaua.

Asupra acestei probleme, foarte importante, credem necesar să insistăm ceva mai mult. Este știut într-adevăr, că pînă în prezent, cu toate încercările ce s-au făcut în multe țări, încă nu s-a reușit și nici nu se arată perspective de reușită în direcția construirii unor unități eoliene mari. Motoarele

eoliene de ordinul mici și al miilor de kilowatt, de care se face adese mențiune în literatura de specialitate, au fost de fapt numai proiecte, mai mult sau mai puțin romantice, care n-au fost îndeplinite; acolo unde s-a realizat efectiv un motor mai mare, cum este acela de 1250 kW, de la Grandpa's Knob în SUA /2/, nu numai că nu a fost repetat, dar când s-a întâmplat să fie avariat, a fost abandonat, fără să mai fie reparat și re-pus în funcțiune.

Limita superioară practică actuală a puterii instalațiilor eoliene pare a fi pe la 100 kW. În Danemarca, o țară cu un regim de vânturi foarte bogat și totodată cu o veche experiență în acest domeniu, puterea maximă realizată într-o unitate eoliană este la data de azi de 70 kW. În Anglia, pentru condițiile de vânt mediu de excepțional de mare viteză - în insula Orkney, s-a instalat recent, funcționând în condiții bune, un agregat de 100 kW, fiind abia în stare de proiect o unitate de 250 kW.

Instalația de 100 kW executată în 1934 la Balacclava în Crimeea n-a fost refăcută după distrugerea ei în timpul războiului. Iar astăzi, după atîția ani de experiență, în U.R.S.S. cel mai mare tip de motor eolian utilizat curent este D-18, respectiv 1-D-18, cu diametrul elicei de 18 m și o putere la vînt normal (8 m/s) de numai 28 kW /3, 4, 5/.

Limitarea puterii motoarelor eoliene constituie desigur un neajuns serios al acestora. Mai grav este faptul pe care vom încerca să-l demonstrăm mai jos, că nu este vorba aici numai de dificultăți tehnice, care ar putea fi rezolvate cu timpul, dar că datorită însăși legii privind creșterea puterii unitare a motoarelor eoliene, contrar tuturor celorlalte feluri de mașini, la aceste motoare costul crește mai mult decît proporțional cu puterea lor.

Rezultă de aici că, deosebit de dificultățile tehnice de construcție, montaj și întreținere a motoarelor eoliene de mare putere și mari dimensiuni, nu este nici economic să se meargă pe linia construirii unor astfel de motoare.

2.5. Intr-adevăr, puterea motorului eolian este proporțională, după cum se știe, cu pătratul diametrului, respectiv cu pătratul razei roții sau elicei sale. Avem deci relația:

$$P = k_0 R^2 . \quad (1)$$

Pe de altă parte, înălțimea H a pilonului sau turnului suport este egală cu raza roții motoare, plus un adaos h - egal de obicei cu 12...15 m, pentru înălțimea liberă necesară de la sol la marginea cea mai de jos a spațiului măturat de elice. Avem deci:

$$H = R + h . \quad (2)$$

În vînt, roata eoliană este supusă unei împingeri orizontale, proporțională la un vînt dat cu suprafața aripilor; în c- roților moderne în formă de elice, cu aripi (pale) puține și guste, aceasta înseamnă o forță orizontală proporțională cu raz

$$F = k_1 R .$$

Această forță orizontală produce la baza turnului un moment

$$M = FH = k_1 R(R+h) \quad (3)$$

la care se poate adăuga o expresie analogă și pentru momentul presiunii vântului pe turn.

Greutatea turnului (cu suficientă aproximație și costul acestuia) este proporțional cu momentul ce se exercită asupra lui și care îi determină dimensiunile transversale, evident totodată și cu lungimea sa, adică cu înălțimea H.

Am avea astfel în definitiv pentru costul acestui turn expresia:

$$C = k_2 MH = k_2 k_1 R(R+h)^2 = k_3 (R^3 + 2R^2h + Rh^2) \quad (4)$$

O relație analogă se poate stabili și pentru fiecare aripă a roții în parte, deci și pentru roata eoliană în întregul ei.

De unde se vede că, la o creștere a puterii motorului, conform relației (1), cu pătratul diametrului roții, costul motorului eolian - roată plus turn - crește cu puterea a treia a acestui diametru, adică mai repede. Mai precis, dacă dezvoltăm relația de mai sus obținem pentru costul motorului eolian în funcție de raza elicei respective, o expresie de forma:

$$C = aR^3 + bR^2 + cR + d \quad (5)$$

Pe de altă parte, din relația (1) se deduce

$$R = \frac{1}{k_0} \sqrt[3]{P}$$

care introdusă în expresia precedentă (5), dă pentru costul motorului eolian :

$$C = \frac{a}{k_0^3} P^{\frac{3}{2}} + \frac{b}{k_0^2} P + \frac{c}{k_0} P^{\frac{1}{2}} + d$$

sau altfel scris:

$$C = \alpha P^{\frac{3}{2}} + \beta P + \gamma P^{\frac{1}{2}} + \delta \quad (6)$$

care arată clar de tot, că costul instalațiilor eoliene crește mai mult decât proporțional cu puterea lor, astfel încât construcția motoarelor eoliene de mare putere nu este rațională.

Mai este de observat că motoarele de mare diametru se caracterizează printr-un cuplu mic de pornire, ceea ce face ca astfel de motoare să demareze abia la viteze de vânt simțitor superioare, de exemplu de 5...6 m/s, în loc de numai la 3 m/s și mai puțin, cum este cazul motoarelor eoliene cu diametre moderate. Prin aceasta se pierde la motoarele mari o apreciazabilă tranșă de energie la fiecare revenire a vântului după o perioadă de acalmie.

În fine, motoarele eoliene mari și înalte sînt mult mai periclitare în caz de uragan.

2.6. Din cele expuse mai sus rezultă că, deosebit de greutatea tehnică de realizare, în cazul motoarelor eoliene nu există un interes real pentru mărirea peste măsură a puterilor unitare și că deci eforturile pe care diverși inventatori și constructori le fac în această direcție sînt, dincolo de o anumită limită, destul de himerice. Si că, în concluzie, este mai economic și mai rațional ca, acolo unde este necesară o putere mai mare, această putere să fie obținută prin gruparea și însumarea puterilor unui număr de motoare eoliene mai mici.

În acest fel se obține și avantajul unei puteri totale mai uniforme, întrucît variațiile momentane ale vîntului nu sînt aceleași și sincrone pe o suprafață mai mare și se compensează în bună parte de la un motor la altul.

Pe de altă parte, captarea energiei eoliene prin unități mai mici standardizate și grupate în număr mai mic sau mai mare, după puterea totală necesară, ar permite fabricarea lor în serie, ceea ce ar duce la o mare ieftinire a lor, în raport cu unitățile mari, executate ca unicate.

Aceste principii sînt confirmate prin doctrina și experiența din Uniunea Sovietică, unde, după unele încercări de mult abandonate, nu se mai văd în prezent eforturi, nici măcar studii și proiecte pentru realizarea motoarelor eoliene de mare putere.

Putem cita în această privință, din referatul prezentat de către doi cunoscuți specialiști sovietici, V.N.Andrianov și N.A.Sasonov la "Conferința Mondială a Energiei" din 1954, următoarele /6/ :

"Puterea unitară a instalațiilor nu trebuie să fie prea mare, și este mai avantajos să se mărească numărul lor în unități mai mici. În acest fel sînt ușurate condițiile constructive și se mărește stabilitatea sistemului electric în întregul său".

În acest sens, numiții raportori indică mai departe, după lucrările prof.N.V.Krassoschi, un tablou al puterilor și producției de energie realizabile pe km^2 , la o așezare a motoarelor eoliene în eșichier, la distanțe egale cu de 15 ori diametrul roților (ceea ce nu este prea mult, tocmai din cauză că aceste diametre nu sînt mari) :

Viteza medie anuală a vîntului, m/s	3	4	5	6	7	8	9	10
Puterea captabilă, kW/km^2	100	250	440	740	1240	1980	2720	3950
Producția anuală realizabilă, MWh/km^2	200	480	990	1550	2600	3850	5180	7400

2.7. Cele expuse mai sus ne duc însă la o nouă și grea problemă și anume, la problema grupării și funcționării în paralel a unui număr de microcentrale eoliene de curent alternativ. Această problemă nu este însă de loc atît de simplă, așa cum este pentru cazul acționării alternatoarelor prin celelalte tipuri de motoare primare și se poate afirma că pentru cazul motoarelor eoliene problema încă nu este rezolvată.

Intr-adevăr, pentru a se asigura această funcționare

paralel, este necesară o constanță a turației motoarelor eoliene la un grad încă nerealizat în prezent. Variația neliniară a puterii motoarelor - cu puterea a treia a vitezei vântului - introduce dificultăți deosebit de mari în repartiția sarcinii, pe care aici n-o putem controla printr-un astfel de mijloc, ca reglarea "admisiei" cu care operăm la motoarele termice și hidraulice.

Dificultățile ar fi cu atât mai mari în cazul interconectării unor agregate eoliene, împrăștiate pe o suprafață mai mare, cu inegalități însemnate ale vântului de la un motor la altul și de la un moment la altul.

În rezumat, situația la data de azi este aceea că un generator sincron acționat eolian poate fi conectat în paralel cu o rețea mare, el fiind în acest caz menținut în sineronomism de către această rețea (v. Kloss, Andrianov, Andreau etc.), sau să se utilizeze un generator asincron, în care caz apar însă alte dificultăți însemnate.

Dificultățile sînt însă deosebit de mari în cazul conectării în paralel a unui grup eolian cu un agregat de putere comparabilă, așa cum ar fi de exemplu un grup diesel de ajutor, instalat în aceeași centrală. Funcționarea în paralel este într-un astfel de caz practică imposibilă și se recurge în general la sistemul cu bare separate și comutarea manuală sau automată, una câte una, a liniilor de plecare, în funcție de variațiile sarcinii, de pe un sistem de bare pe celălalt /7, p. 225/.

Ca să nu insistăm mai mult asupra acestui punct, vom încheia cu un pasaj dintr-un articol de N.A. Laponev și I.A. Budzko: "Bazele electrificării rurale" /8/, în care, în confirmarea celor de mai sus se spune textual:

"Numai în condițiile funcționării în paralel, nepermanența vântului va putea fi egalizată prin energie hidraulică sau termică, iar instalațiile electroeoliene vor putea deveni pe deplin economice. Din păcate, însă, lucrările experimentale în această privință nu progresează, ceea ce frînează răspîndirea vântului ca sursă pentru alimentarea instalațiilor electrice".

Susnumiții autori consideră în acest articol doar funcționarea în paralel a unui grup eolian cu un alt grup termic sau hidraulic. Dificultățile respective ar fi desigur mult mai mari atunci cînd ar fi vorba de funcționarea în paralel a două sau și mai multe centrale eoliene între ele și trebuie să observăm că, în toată literatura cercetată, n-am întîlnit încă o singură experiență sau măcar o discuție teoretică asupra acestui caz.

3. INVERTORUL MECANIC

3.1. În capitolele precedente am încercat să expunem, de altfel numai sumar, situația actuală în domeniul folosirii energiei eoliene, în special sub aspectul folosirii acesteia pentru electrificarea satelor și a agriculturii, arătînd dificultățile și problemele tehnice, încă nerezolvate, care au împiedicat pînă acum răspîndirea mai mare - la noi în țară chiar de loc - a instalațiilor respective.

eo-
inia-
ntu-
a
l de
e ter-
ce-
mai
la
alel
sm
sau
ă
nec-
or,
n-
-
a-
-

În cele ce urmează vom trece la partea așa-zisă construc-
tivă a acestui referat, în sensul că vom încerca să indicăm u-
nele soluții noi și proprii, confirmate prin unele experiențe
de bază și care, dacă nu constituie chiar dintr-odată o rezol-
vare completă a problemei și necesită încă studii și experien-
țe, credem totuși că ar putea scoate problema din impasul ac-
tual.

După cum s-a arătat, rezolvarea problemei microcentrale-
lor eoliene, pentru a putea fi utilă, trebuie să meargă numai
pe linia producerii curentului alternativ; până în prezent, însă,
această formă de curent încă nu s-a putut adapta la însușirile,
mai bine zis la lipsurile specifice motoarelor eoliene: viteza
și puterea variabilă și nepermanența producției.

De aici rezultă și natura soluției care trebuie urmărită
și care, potrivit celor de mai sus, ar trebui să conste din des-
prinderea producției curentului alternativ de rotația motorului
eolian cu intercalarea totodată între motor și distribuție a
unui rezervor de energie, legat cât mai direct, atât de partea
motorului, cât și de partea consumației printr-un dispozitiv de
mare randament.

Acestei soluții îi corespunde principal dispozitivul cu-
noscut și amintit sub 2.3, repetăm, cu producția primară în cu-
rent continuu de către un dinam de tensiune constantă la viteza
variabilă, nereglată a motorului eolian, în tampon cu o baterie
de acumulare și convertit apoi, în stație și înainte de a fi
trimis în liniile de transport și distribuție, în curent alterna-
tiv (trifazat), de frecvență constantă.

După cum s-a arătat, acest dispozitiv încă n-a putut fi
realizat practic, deoarece nici unul din sistemele convertizoare
din continuu în alternativ existente și propuse până în prezent
în acest scop și anume: invertorul ionic (cu vapori de mercur),
grupul motor - generator sau comutatricea inversă n-au corespuns
și nu pot corespunde condițiilor problemei.

3.2. Pentru rezolvarea acestei probleme, venim cu propu-
nerea nouă și anume de a se realiza această convertire printr-un
invertor mecanic.

Intr-adevăr, invertorul mecanic posedă însușirile nece-
sare spre a îndeplini cele trei condiții fundamentale ale pro-
blemei în discuție, care sînt: constanța frecvenței, randamen-
tul superior și posibilitatea funcționării în paralel.

În ce privește prima condiție, frecvența curentului ob-
ținut printr-un invertor mecanic depinde numai de viteza de lu-
cru a acestuia, de exemplu de viteza sa de rotație dacă este un
invertor rotativ. Astfel, dacă această turație este menținută
constantă, lucru ușor de realizat prin acționarea invertorului
de către un motor electric auxiliar stabilizat - problemă rezol-
vată - atunci și frecvența curentului este constantă pînă la
orice grad de precizie dorit și complet independentă de varia-
țiile vîntului, ale sarcinii și a oricărui altor factori.

În ce privește randamentul, acesta este superior orică-
rui alt fel de invertor, deoarece într-un invertor mecanic nu
are loc nici o transformare de energie, cu pierderile legate de
ea, ci numai simpla schimbare a căilor curentului printr-un joc
de contacte, într-o anumită secvență, aceasta se datorește și
faptului că astfel de invertoare au o rezistență internă mică,
deoarece nu au nici înfășurări, nici căderi catodice sau altele
asemenea, ca la celelalte sisteme de invertoare, care să cauzeze
căderi mari de tensiune.

În ce privește, în fine, problema funcționării în paralel, este de ajuns să se aplice motoarelor auxiliare, care acționează invertoarele, principiul axului electric, pentru ca aceste invertoare să lucreze în sincronism și în concordanța de fază cea mai perfectă.

3.3. Prin această propunere se naște însă o altă problemă și anume alegerea - dacă este de unde alege - a inverterului mecanic pentru această aplicație.

Ori, tehnica actuală nu cunoaște invertoare mecanice de putere mai mare și chiar de loc invertoare mecanice care să dea curent trifazat, pe deasupra și de formă practic sinusoidală, așa cum este curentul generatoarelor sincrone și cum este necesar pentru buna funcționare a transportului, a distribuției și a receptoarelor.

Sînt practic cunoscute doar invertoarele oscilante vibratoare - de foarte mică putere și care dau un curent în impulsuri, apoi invertoarele rotative cu inel secționat, care, din cauza comutației defectuoase nu pot furniza nici ele o putere mult mai mare decît vibratoarele, iar curentul furnizat este numai monofazat și cu curba în dreptunghi.

Aceasta fiind situația în domeniul invertoarelor mecanice existente, ne-am văzut nevoiți să creăm un inverter mecanic de tip nou, care fiind de construcție simplă și robustă să producă cu randament bun curent alternativ de orice putere - cel puțin în limitele de aplicație avute în vedere; de asemenea, curentul să fie monofazat sau trifazat, după dorință, cu o curbă quasi-sinusoidală la o frecvență perfect constantă, inverterul putînd totodată funcționa și în paralel cu alt inverter, similar, sau cu oricare altă sursă de curent alternativ.

În cele ce urmează vom da numai cîteva indicații sumare asupra construcției și modului de funcționare a acestui nou tip de inverter mecanic - destinat și altor aplicații - dar vom accentua de la început că principiul și funcționarea lui au fost confirmate prin prototipuri experimentate. Un ultim prototip, executat la fabrica "Clement Gottwald" din București și prezentat odată cu acest referat, are o putere de trecere de 15 kW la 3 x 125 V, așa că ar putea servi efectiv la invertirea curentului într-o micro-centrală eoliană cu motor de 18 m diametru, așa cum sînt azi mulți utilizați în Uniunea Sovietică la electrificarea sovhozurilor și colhozurilor.

3.4. După cum se cunoaște, deficiența principală a tuturor mutatoarelor mecanice - redresoare sau invertoare - cunoscute constă în dificultățile comutației, adică a aceluia proces de schimbare mecanică a căilor curentului, care constituie procesul esențial în funcționarea acestor mutatoare. Aceste dificultăți constă în faptul că, de îndată ce tensiunea sau curentul depășesc anumite limite, care sînt și destul de joase, la contactele ce comută apar scînteii sau și arcuri puternice, care fac imposibilă funcționarea de durată a mutatoarelor mecanice.

Experiența arată însă că întreruperea unui curent continuu are loc fără scînteii, dacă fie curentul, fie tensiunea între contactele de întrerupere sînt mai mici decît anumite valori critice, care depind și de materialul contactelor. Astfel, se pot întrerupe fără scînteii curenți oricît de mari, dacă tensiunea dintre contacte rămîne sub circa 10...12 V, sau mai precis, sub tensiunea de ionizare a materialului respectiv /9, 10/.

* Registrul unic de invenții nr. 41469 -

73/614 t

Pe baza acestor constatări și contrar modului cum se face comutarea curentului la mutatoarele cunoscute adică dintr-o dată, sub toată tensiunea sistemului, principiul noului inverter mecanic constă în divizarea tensiunii continue aplicate, într-un număr de tensiuni parțiale, fiecare parte fiind mai mică decât tensiunea critică de scinteiere, iar comutația se face pas cu pas, în trepte succesive, pentru fiecare din aceste diviziuni.

Această divizare se realizează cu ajutorul unei baterii de acumulatori sau de elemente de polarizare, legată între poli de pe partea de curent continuu a inverterului.

Pe de altă parte, dacă treptele de comutare, sau mai simplu, dacă durata pașirilor de la o secție la alta urmează o anumită lege, în particular o lege sinusoidală, atunci tensiunea alternativă rezultată din inverter va avea și ea o formă - în trepte desigur - dar generală sinusoidală.

3.5. În fig.1 este reprezentat schematic un mod de realizare a inverterului în forma mai ușor de vizualizat a unui colector plan, cu o perie culegătoare rotitoare. Lamellele succesive ale colectorului sînt legate, cum este arătat în schemă, la punctele de diviziune ale bateriei.

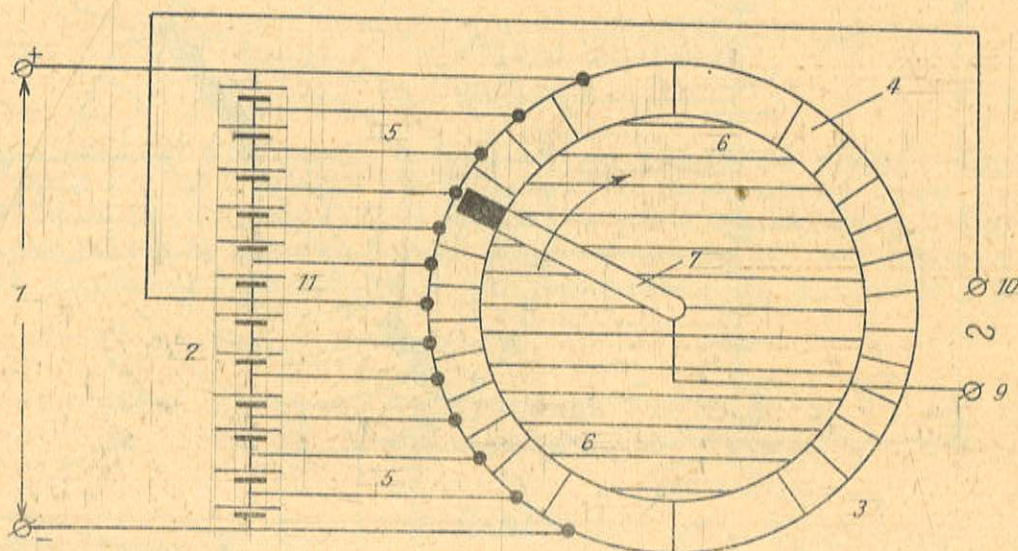


Fig.1

Se vede că, în decursul rotației periei culegătoare nu are loc, în nici un punct, o întrerupere a curentului de sarcină ci, întocmai ca la un colector de dinam (cu care inverterul are multă asemănare, rolul secțiilor înfășurării avîndu-l aici secțiile bateriei divizoare), se face numai mutarea succesivă a acestui curent, cu o variație în esență linară, de pe o lamelă de contact pe cea vecină următoare, de fiecare dată cu un salt al tensiunii egal cu tensiunea secției peste care se pășește.

Concomitent cu mutarea curentului de sarcină se face și întreruperea curentului de scurtcircuit ce se naște în conturul secției comutate, întrerupere care, dat fiind că tensiunea acesteia este subcritică, se face și ea fără scinteie.

Contrar părerilor inițiale pesimiste ale unora, acest fapt a fost pe deplin confirmat - efectiv experimentat pînă la o sarcină de 70 A - prin prototipul realizat.

Nu vom face aici o teorie mai completă a acestei comutații și vom reaminti numai din teoria mașinilor de curent continuu condiția limită pentru comutația fără scântei [11/.

$$\frac{R_p T_k}{L_s} \gg 1$$

în care:

- R_p - este rezistența de contact a periei;
- T_k - durata comutației și
- L_s - inductanța secției comutate.

În cazul invertorului în discuție, aceasta nu posedă nici un fel de înfășurare, nici circuite magnetice, astfel încît inductanța conturului comutat, constituită numai de conductorii de legătură de la baterie la invertor, este practic nulă. Condiția de comutație fără scântei de mai sus este deci îndeplinită cu prisosință.

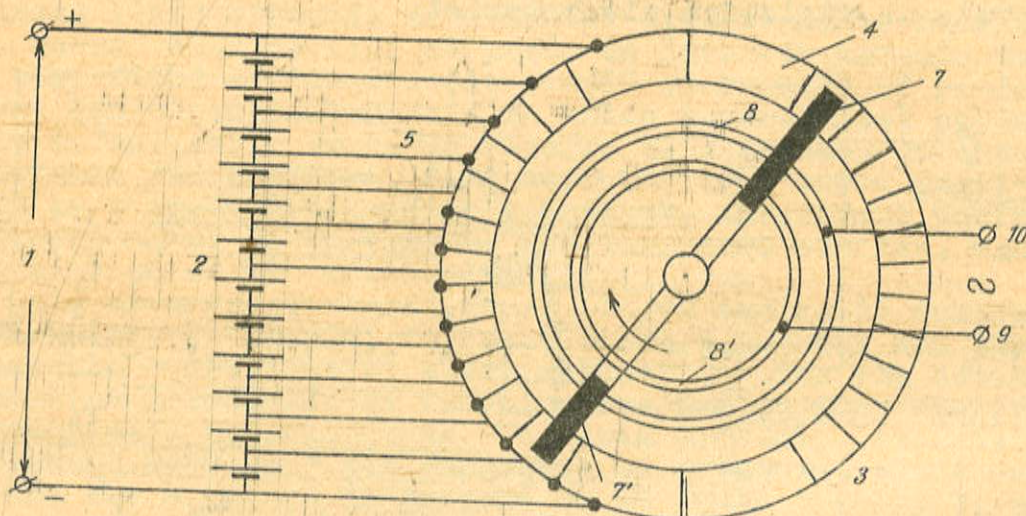


Fig. 2

În fig. 2 este reprezentată o formă de execuție mai completă a invertorului, al cărui mod de funcționare se înțelege de la sine. În fig. 3 se reprezintă forma constructivă a prototipului de 15 kW, executat cu colector cilindric rotativ și perii fixe, legătura lamelor la punctele de diviziune a bateriei divizoare de tensiune făcându-se aici prin mijlocirea unor inele de contact.

Marele număr al acestor inele, cu periiile aferente, este o cauză a micșorării randamentului prin numeroasele puncte de frecare; din această cauză și din altele, preconizăm ca mai avantajoasă execuția invertorului cu colector fix și cu periiile culegătoare în rotire făcînd contact pe suprafața exterioară sau pe cea interioară a cilindrului, pe care ele sînt apăsate prin forța centrifugă.

Această construcție cu perii învîrtitoare a întîmpinat o puternică rezistență din partea constructorilor, noi continuăm însă s-o susținem, ținînd seama și de unele construcții sovietice și germane foarte recente, făcute în alte scopuri, dar cu

perii învîrtitoare și care au dat cele mai bune rezultate.

Deoarece nu există niciodată o realizare, care pe lîngă aspectele ei pozitive să nu prezinte și anumite deficiențe, trebuie să arătăm, așa cum se poate înțelege ușor din schemele date, că la funcționarea inverterului secțiunile bateriei nu sînt

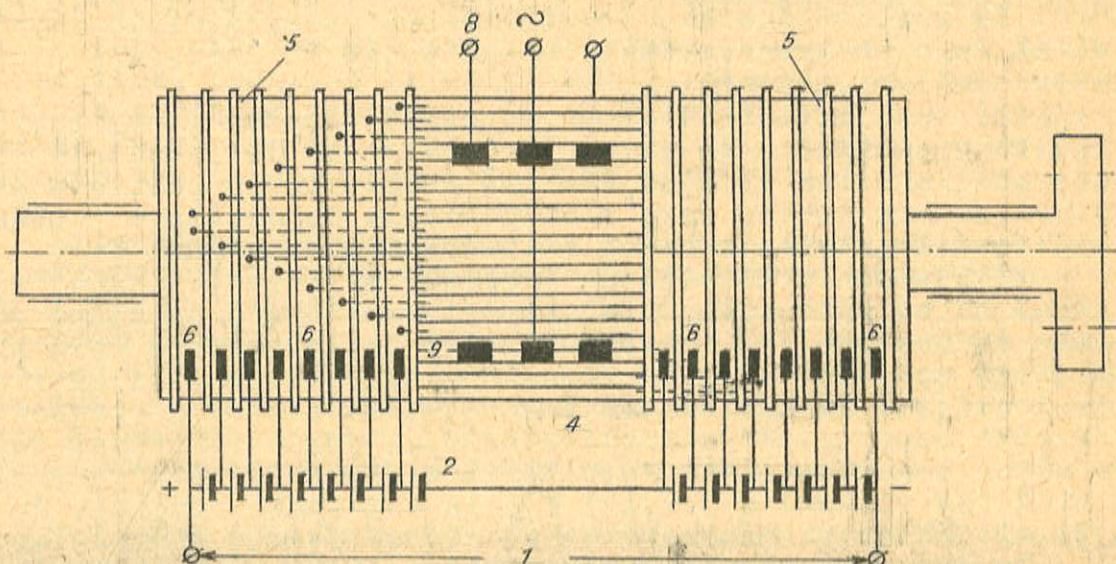


Fig. 3

descărcate în mod egal, solicitarea fiecărei secții depinzînd de locul ei în baterie față de poli. Dezavantaj grav, care a fost însă înlăturat (sînt posibile și alte soluții, dar mai complicate), prin intercalarea între baterie și inverter a unui aparat auxiliar, asemănător unui reductor de elemente, prin care

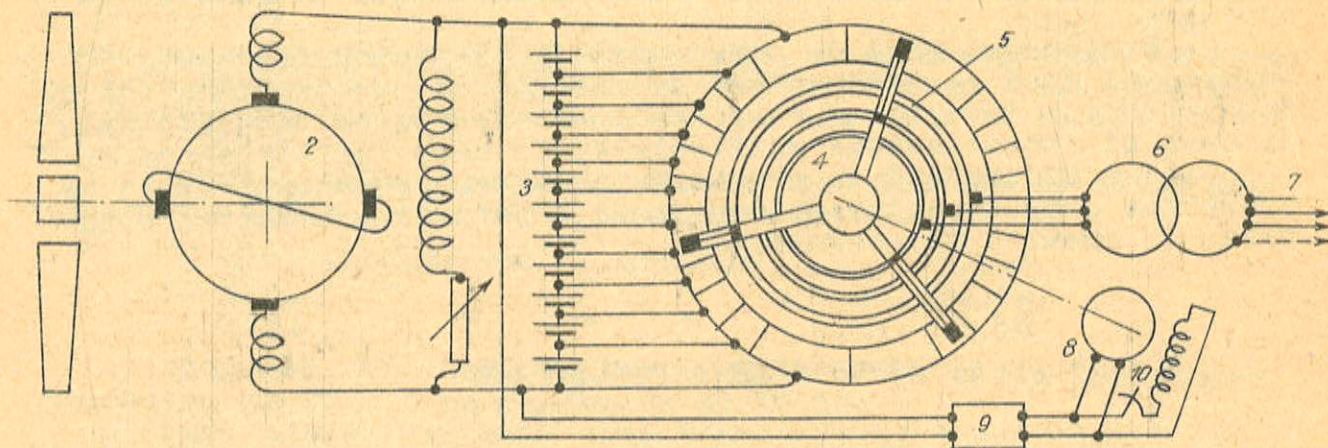


Fig. 4

se face din timp în timp și automat o permutare circulară între secțiunile bateriei, astfel încît într-un ciclu de funcționare dat, toate secțiunile bateriei ajung să fie solicitate în mod egal.

3.6. În fig. 4 este reprezentată schema de principiu a unei microcentrale eoliene după sistemul descris mai sus. Sche-

ma nu conține aparatul obișnuit de comandă, măsurare și protecție, care este același ca la orice centrală electrică. În această schemă /1/ se reprezintă motorul eolian prevăzut cu o simplă elice rigidă, fără nici o reglare a turației.

Printr-un multiplicator și o transmisie, nefigurată în schemă, rotația variabilă a motorului este transmisă la generatorul de curent continuu de tensiune constantă, figurat aici ca dinam cu cîmp transversal, cu excitație în derivație și regulator auxiliar automat.

(3) este bateria de acumuloare, fiecare element din schemă reprezentînd o grupă, în general pînă la cinci elemente, adică pînă la circa 12 V de fiecare grupă. De la punctele de legătură dintre grupe, care sînt punctele de divizare a tensiunii, pleacă legături la bornele inverterului mecanic (4).

Acesta din urmă este un inverter trifazat, figurat aici în forma cu colector plan fix și perii rotitoare solidare cu inelele de contact /5/, curentul cules de la acestea prin alte perii fixe este dus la transformatorul /6/ și de aici în liniile de joasă sau de înaltă tensiune (7). Un astfel de transformator este necesar și în instalațiile de joasă tensiune, pentru a se aduce tensiunea dată de baterii și inverter, în general mai mică (de ordinul a 3×125 V), la tensiunea nominală de 400/230 V; altfel ar fi necesară o baterie cu foarte multe elemente.

În reprezentarea inverterului se distinge bine că lățimea lamelor collectorului variază după o lege sinusoidală, din care rezultă un curent alternativ cuasi-sinusoidal.

Partea rotitoare a inverterului este acționată de motorul electric (8), de mică putere, deoarece el are de acoperit numai pierderile mecanice în lagăre și de frecare a periilor pe colector și inelele de contact.

Motorul de acționare este alimentat din bateria de acumuloare, cu intercalarea unui dispozitiv stabilizator (9) pentru menținerea foarte constantă a turației (10) este un reostat de ajustare.

Menționăm, fără de alte detalii, că pentru frecvența 50 inverterul după această schemă se rotește cu turația sincronă de 3000 rot/min. Inverterul se poate însă executa cu lamelele sale dispuse și într-o schemă multipolară, în care caz viteza sa de rotație se micșorează în mod corespunzător. Prototipul de 15 kW prezentat este executat în schema cu 4 poli și are astfel o turație de numai 1500 rot/min.

4. BATERIA DE ACUMULATOARE

4.1. Din cele expuse rezultă că bateria de acumuloare, cu funcționarea ei ca divizor de tensiune, este un element esențial al microcentralei eoliene în schema preconizată. Bateriile de acumuloare sînt însă destul de costisitoare și necesită o supraveghere și întreținere atente. Dacă în aceste instalații bateriile ar avea numai funcțiunea de auxiliare indispensabile ale inverterului mecanic, prezența lor ar putea fi considerată ca un balast costisitor și supărător.

Dar bateriile de acumuloare, pe lîngă scopul lor de mai sus, îndeplinesc aici și rolul de rezervor de energie, un rol esențial pentru centralele eoliene - și pentru care ar fi

necesare astfel de baterii - sau alte mijloace de acumulare sau de rezervă - chiar dacă n-ar fi nevoie de ele pentru realizarea inversării curentului.

În afară de aceste două funcțiuni fundamentale, bateria de acumulare în tampon cu generatorul primar al grupului eolian contribuie în măsură foarte mare la menținerea constantă tensiunii la variațiile neconținute de viteză a vântului. În plus, ea mai poate servi, prin acționarea generatorului în regim de motor și la pornirea la vânt slab a rotorului eolian, astfel încât instalația să pornească și să înceapă a produce curent începând de la viteze mai mici decât cele obișnuite de pornire, precum încă și la orientarea în vânt a roții eoliene prin servomotor.

În rezumat, dar, departe de a fi un balast, bateria de acumulare îndeplinește un număr de funcțiuni esențiale și importante într-o centrală eoliană; numai dificultatea încărcării și descărcării bateriilor de acumulare în instalațiile de curent alternativ a făcut ca astfel de baterii care, cu toate dezavantajele lor, sînt încă cele mai simple și mai ieftine acumulate de energie pentru instalațiile de mică putere, să nu fie folosite pe scară mai mare în centralele eoliene.

4.2. Prezența bateriei de acumulare ca parte esențială, intercalată în fluxul de energie al centralei, ridică o problemă foarte importantă și anume a afectării randamentului prin această intercalare. Deoarece randamentul în energie al bateriilor de acumulare se știe că este destul de slab, de numai 75...80%, ar fi de temut o micșorare foarte mare, nu numai a energiei, dar și a puterii disponibile la bornele centralei, în-cît dispozitivul propus ar fi practic inaplicabil.

Realitatea este însă alta și anume de loc gravă. Într-adevăr, experiența a arătat că randamentul bateriilor de acumulare depinde foarte mult de durata de timp între încărcare și descărcare, randamentul fiind deosebit de bun atunci cînd descărcarea urmează imediat încărcării. Aceasta deoarece în acest caz polarizarea de concentrație a electrolitului, care este cea mai importantă cauză a pierderilor, nu are timp să se mai producă /12, 13/.

Astfel, prin experiențe făcute încă în 1901 de către Hopkinson s-a găsit la un ciclu încărcare-descărcare de :

30 min,	randamentul în wattore		92,0%
10 min,	"	"	 93,6%
1 min,	"	"	 96,5%

Ulterior, în 1909, Bailey a găsit la un ciclu încărcare-descărcare de 1/60 s un randament de 98,1%.

Ori, acesta din urmă este tocmai cazul funcționării bateriei în legătură cu inverterul mecanic, în care încărcarea și descărcarea alternează în ritmul frecvenței de lucru a inverterului, adică în ciclul 1/50 s. Intervenția bateriei divizoare în schema propusă se face deci la un randament, nu de 75...80%, cum este acela al descărcării obișnuite, ci de 98%.

Bateria de acumulare servind concomitent și ca baterie de rezervă, peste funcțiunea ei cu randament mare, aferentă inverterului, se suprapune și aceea de a furniza curentul de vîrf, sau de acalmie. Evident că aceasta a doua ei funcțiune se produce cu randamentele obișnuite, deoarece între încărcare și descărcare trec ore și chiar zile întregi.

5. PARTEA MECANICA

5.1. Soluția propusă prin această lucrare este în sine de natură numai electrică. Ea atinge însă și îmbunătățește în mod indirect, dar substanțial, și partea mecanică a instalațiilor electroeoliene. Într-adevăr, prin desprinderea producerii curentului alternativ, cu frecvența constantă, de producere primară a curentului, care se face la orice viteză în curent continuu, motorul eolian este dispensat de mecanismele de reglare și de uniformizare a vitezei de rotație, care constituie în prezent partea cea mai dificilă, mai costisitoare, mai sensibilă și mai nerealizată în construcția acestor motoare.

Prin această eliminare a dispozitivelor de reglare și de uniformizare a turației se îmbunătățește și randamentul mecanic al motorului, întrucât puterea necesară acționării acestor dispozitive se ia în ultimă instanță tot din puterea produsă de roata motoare, diminuându-se în mod corespunzător puterea utilă.

Totodată, lăsând roata eoliană să funcționeze în fiecare moment cu viteza de rotație corespunzătoare vitezei vântului din acel moment, adică nu cu viteza unghiulară ω constantă, ci cu viteza specifică $\omega R/V$ constantă și nu este silită nici prin modificarea pasului elicei, la o viteză fixă dată, randamentul aerodinamic se îmbunătățește și el.

În afară de aceste două cauze de îmbunătățire a randamentului, mai este de observat că, în sistemele cunoscute, cu acționarea de către motor a unui generator direct de curent alternativ, fie el sincron sau asincron, centrala eoliană începe a furniza curent abia din momentul când roata eoliană a ajuns sau a și depășit viteza de sincronism. Pe câtă vreme în sistemul preconizat, cu generarea în curent continuu, aceasta începe aproape de la cel mai slab vânt, destul numai ca el să fi pornit, cu o viteză minimală dată, motorul eolian.

Prin aceasta, precum și prin faptul relevat mai înainte că bateria de acumulatori existentă poate ajuta la pornirea motorului, făcând ca aceasta să aibă loc și la vânturi mai slabe, se poate câștiga o apreciazabilă tranșă de energie în plus față de cazul producției numai la viteză sincronă.

Toate cele arătate mai sus se referă și se aplică oricare ar fi sistemul constructiv al motorului eolian și al transmisiei la generator. El este la fel de aplicabil în special la recentul sistem cu transmisie pneumatică al lui Andreau, despre care se vorbește mult în ultima vreme, deși după noi nu toamăi justificat.

Mai observăm că în prezent există două clase de motoare eoliene: construcții mai simple, fără reglarea turației, pentru aplicații mecanice directe în agricultură, precum pomparea apei, irigare, drenaj, mori, ateliere rurale etc.; apoi motoare de clasă superioară, cu reglări complicate, ba chiar și cu volante grele de inerție, cuplaje centrifugale sau alunecătoare etc., pentru producerea curentului electric.

Pe baza sistemului preconizat prin lucrarea de față, care nu necesită reglarea turației, ci numai dispozitivele cele mai simple pentru întoarcerea în vânt și de siguranță la uragan,

industria motoarelor eoliene - încă neexistentă la noi în țară, dar care s-ar putea înființa - se va putea limita la fabricarea unui singur tip de motor, cel simplu, fără reglarea turației, care va putea fi utilizat în agricultură și spațiul rural, atât pentru aplicațiile direct mecanice, cât și pentru producerea curentului electric, ceea ce va ieftini desigur sensibil costul acestor motoare, care în acest fel vor putea fi fabricate în serii mai mari.

6. GRUPAREA SI INTERCONECTAREA

6.1. Vom indica acum pe scurt modul cum se rezolvă problema funcționării în paralel, a cărei importanță a fost discutată pe larg mai înainte (Cap.4).

Evident că prin funcționarea în paralel înțelegem interconectarea agregatelor eoliene pe partea lor de curent alternativ, deci la bornele de ieșire a invertorilor. Prin aceasta, funcționarea în paralel a fost cu totul desprinsă de condițiile de lucru ale motoarelor eoliene, cu variațiile lor de turație și de putere, care în schema noastră se opresc toate la bateria de acumulatori din amonte de inverter.

S-a arătat la locul său că, pentru obținerea unei viteze constante, inverterul este acționat printr-un motor electric cu viteza de rotație stabilizată. Totuși, oricât de fină ar fi această stabilizare, de exemplu până la 0,1%, două invertoare, inițial în fază, ar putea ajunge în opoziție numai după 10 s.

Pe această bază nu s-ar putea deci realiza interconectarea și funcționarea în paralel a instalațiilor eoliene. De altfel, nici la agregatele termo- și hidroelectrice, funcționarea în paralel nu este asigurată, după cum se știe, numai prin egalitatea vitezelor de rotație, ci abia prin forțele sincronizate, de natură electromagnetică, ce se nasc prin curenții de circulație dintre alternatoarele conectate.

Astfel de forțe sincronizate nu se pot produce însă între invertoarii mecanici, simple aparate de comutare, în care nu se manifestă forțe electromagnetice. Sincronizarea invertoarelor trebuie deci realizată prin alt mijloc. Acest mijloc constă dintr-un așa-numit ax electric, care poate lega între ele motoarele de acționare ale invertoarelor ca și cum ar fi angrenate mecanic.

Acest ax electric este în cazul de față ușor de realizat, dacă pentru acționare se iau motoare sincrone, alimentate dintr-o linie de curent alternativ comună, care este chiar rețeaua pe care debitează centralele eoliene sau neeoliene interconectate și care menține astfel toate invertoarele într-un sincronism absolut.

În fig.5 este reprezentată schema de principiu a unei astfel de interconexiuni între trei centrale eoliene a, b și c. Una din ele, centrala a de exemplu, având rolul de "șef de orchestră", are inverterul său (4) acționat printr-un motor de curent continuu (8), alimentat din propria baterie de acumulatori (3) și cu viteza ajustată pentru frecvența dorită.

Celelalte două centrale, b și c, au invertoarele lor acționate prin mici motoare sincrone (8), alimentate de la barele sau rețeaua comună (7) și care se rotesc deci perfect în fază

și sincron cu centrala a. În acest fel, centralele b și c produc un curent alternativ exact în tactul imprimat de centrala a și pot, ca atare, să funcționeze în paralel între ele, cât și cu centrala a.

Prin axul electric se rezolvă și problema funcționării în paralel a agregatului eolian cu un eventual grup termic de ajutor.

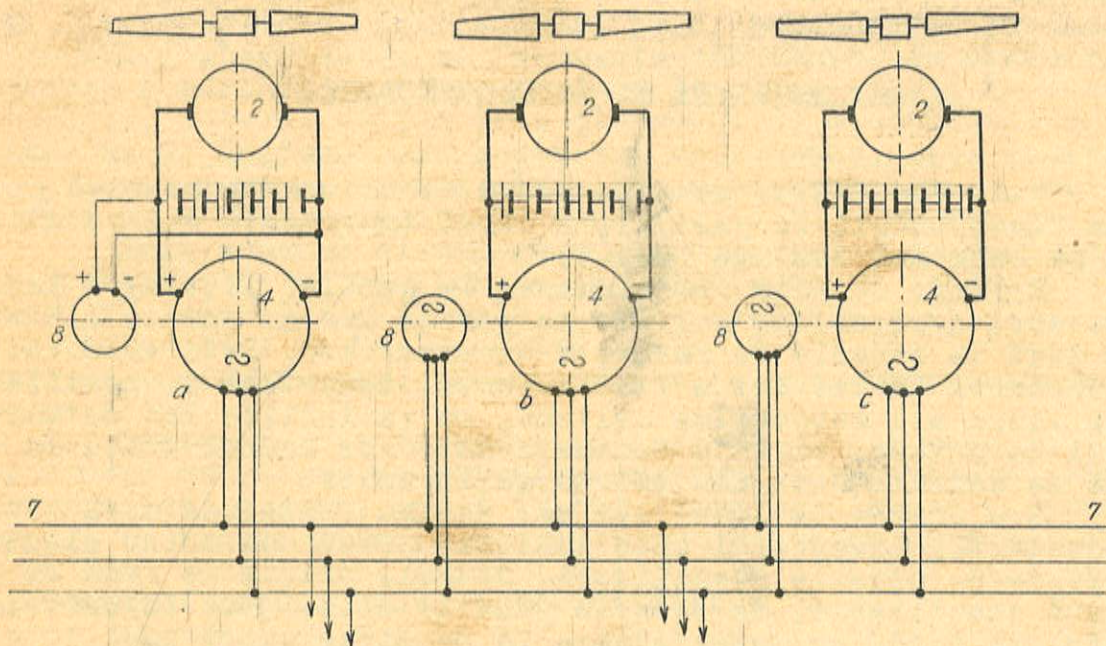


Fig. 5

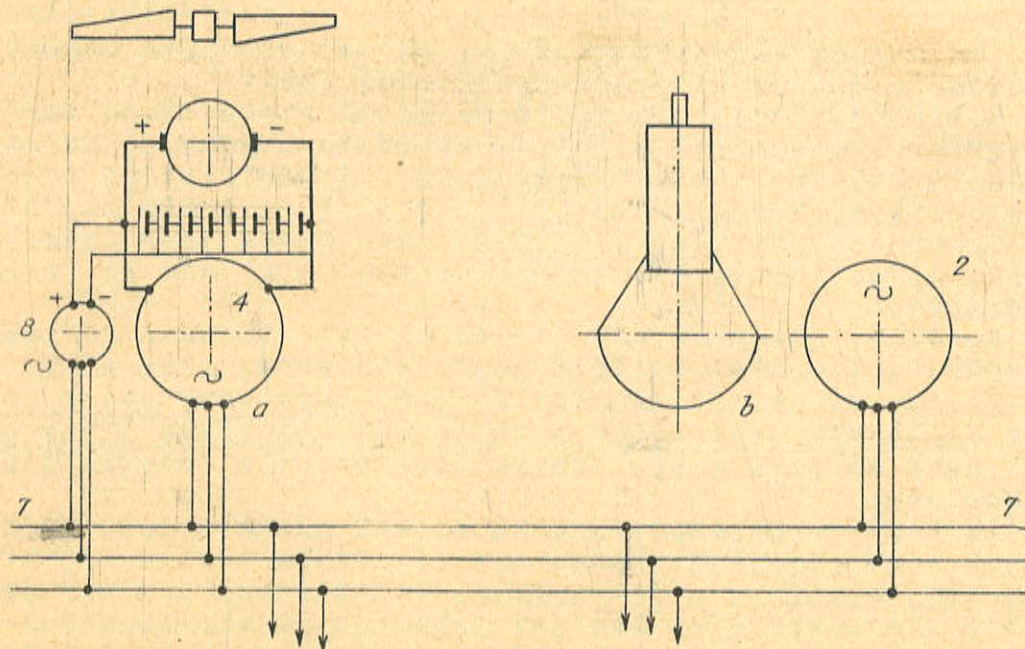


Fig. 6

În fig. 6 este reprezentată schema unei astfel de micro-centrale, constituită din agregatul eolian a și un grup termoelectric de ajutor și de rezervă b. Alternatorul sincron (2) al

i c produc
ala a și
și cu

onării
nic de a-

acestui din urmă debitează de-a dreptul pe barele, respectiv pe rețeaua (7), antrenând astfel sincron și în fază și invertorul (4) al grupului eolian, care este acționat de un mic motor sincron (8), alimentat de la barele centralei.

Pentru ca grupul eolian să poată funcționa și independent de grupul termic, este suficient ca motorul electric (8) să fie o mașină polimorfică, adică să aibă într-o parte inele pentru funcționare ca motor sincron și în cealaltă parte un colector pentru funcționare ca motor de curent continuu.

Cu ajutorul unui întreruptor - comutator, acest motor poate fi conectat și alimentat fie de la barele de curent alternativ (7), pentru funcționarea în paralel cu grupul termic, fie de la bateria (3) a grupului eolian pentru funcționarea singură a acestuia.

6.2. Conectarea în paralel nu este însă singura formă de constituire a unui sistem energetic eolian. Tot atât de bine, ba chiar cu însemnate avantaje în plus, se poate constitui un astfel de sistem și printr-o conectare în serie a mai multor unități eoliene.

În acest caz, conectarea se face pe partea de curent continuu a acestor unități, legându-se în serie dinamurile respective cu o reglare automată dintr-un singur punct a excitațiilor respective, care sînt și ele legate în serie; bornele extreme ale bobinajului-serie fiind legate în tampon cu bateria de acumulare, o singură baterie pentru întreg sistemul.

Dacă agregatele eoliene sînt mecanic și electric identice și așezate relativ aproape (circa 10 ori diametrul roții), tensiunile individuale ale dinamurilor în serie vor fi în linie generală egale; apar numai vibrații momentane și de mică amplitudine ale acestora, diferite de la un agregat la altul, și care abia se vor compensa între ele la conectarea în serie a generatoarelor, apărînd astfel mult atenuate în tensiunea totală.

Intrucît în această schemă există o singură baterie, de asemenea un singur invertor mecanic, un singur transformator pentru adaptarea tensiunii alternative, la nevoie și un singur agregat diesel de rezervă, comun pentru întreg sistemul, toate acestea, deși de putere unitară mai mare, vor costa relativ mai puțin; de asemenea, și cheltuielile de întreținere și de personal vor fi mai mici decît în cazul înzestrării fiecărei stații cu toate aceste elemente, fie ele și de putere mai mică.

În fig.7 este reprezentată în mod schematic p astfel de grupare a trei agregate eoliene interconectate în serie, a cărei funcționare se înțelege de la sine din cele expuse mai sus.

6.3. În capitolul următor și ultimul al acestui studiu, vom încerca să facem și un calcul tehnico-economic al unor instalații electroeoliene după noul sistem preconizat. Pentru acest calcul sînt cunoscute cu destulă precizie randamentele diferitelor părți "clasice" ale unei centrale eoliene și mai rămîne de examinat randamentul singurului element nou introdus într-o astfel de instalație, care este invertorul mecanic.

Prin natura sa, acest randament trebuie să fie din capul locului bun, deoarece la un astfel de invertor nu intervin ca pierderi decît acelea de frecare la perii și în lagăre și pierderile chimice, în principal la perii, cele interne fiind practic neglijabile.

Pe aceste baze, la prototipul de 15 kW acest randament a fost stabilit experimental la 93% la plină sarcină. Menționăm însă că acest prototip a fost proiectat și executat pentru numai 10 kW și numai comutația neașteptat de excelentă ne-a permis să-l încărcăm pînă la 15 kW (fiind posibilă chiar depășirea acestei valori), ceea ce a provocat însă o creștere a pierderilor ohmice.

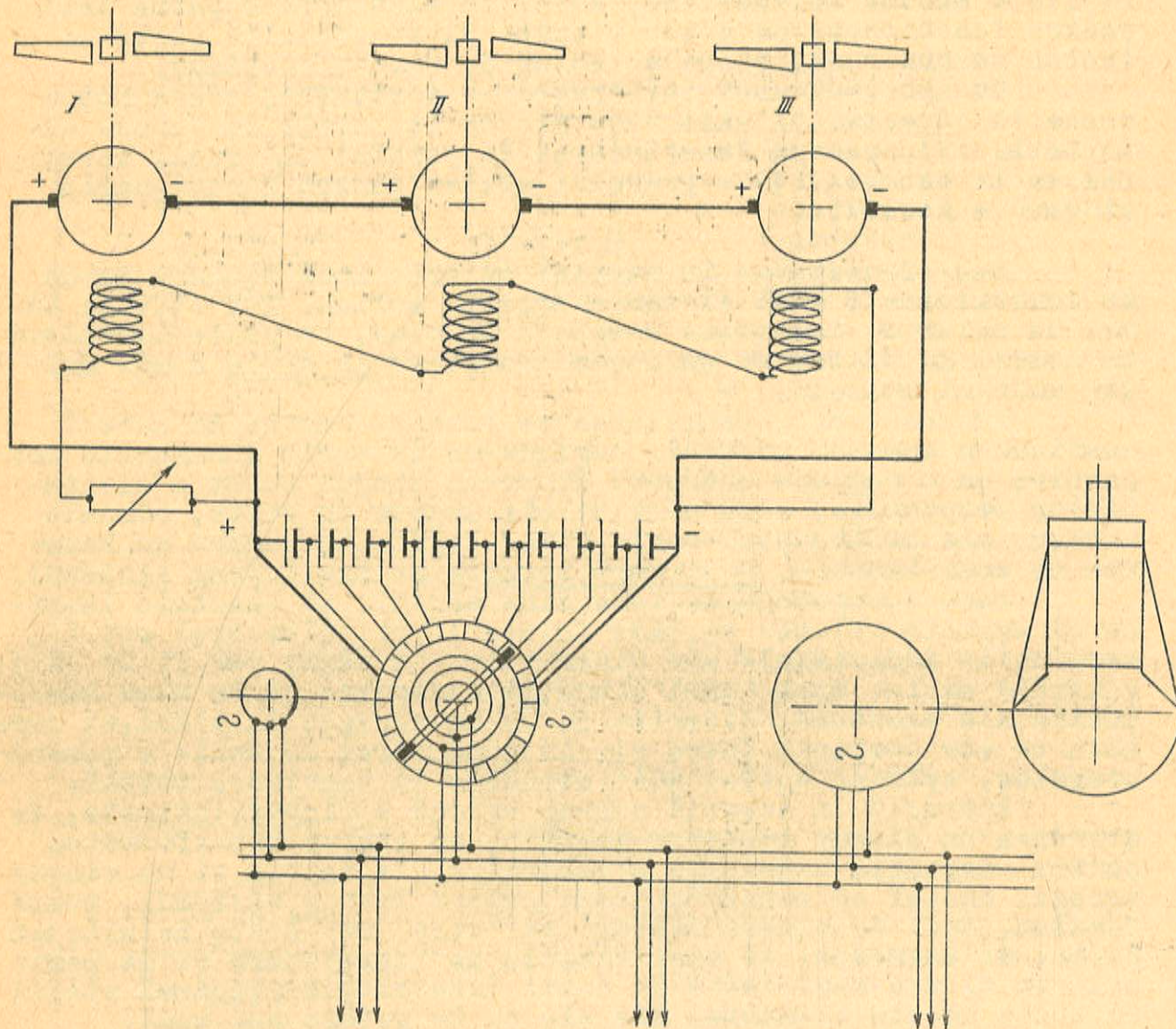


Fig.7

Tinând seama de acest fapt și că este întîiul prototip de o putere mai mare, din a cărei experiență au rezultat învățăminte folositoare pentru construcțiile viitoare, apare cert că la o unitate de 15 kW, construită după aceleași principii, se va realiza un randament la plină sarcină cu 95...96%. Iar o mașină cu colector fix și perii mobile va avea un randament de 97, poate chiar 98%, încă nerealizat la nici o mașină de putere atît de mică.

În calculul tehnico-economic nu vom socoti însă cu aceste viitoare randamente mai mari, ci cu un randament de 95% la plină sarcină, din care rezultă un randament de numai 92% la jumătate sarcină.

randament
ă. Mențio-
tat pen-
elentă
ilă chiar
creștere

7. CALCULUL TEHNICO-ECONOMIC

7.1. Un astfel de calcul este foarte greu de făcut într-o problemă ca aceasta, în care ne lipsește cunoașterea cheltuielilor de investiție pentru un număr de elemente importante, cum ar fi în primul rând costul motoarelor eoliene. Prețurile din străinătate, chiar dacă ne-ar fi cunoscute, nu pot fi traduse ușor în moneda noastră. Iar ipotezele asupra consumului curentului și a repartiției sale în timp, pentru o instalație care încă nu există, sînt destul de nesigure.

Făcînd aceste rezerve, ne vom strădui totuși să ne apropiem cît mai mult de cheltuielile și de condițiile de exploatare reale, vom folosi prețurile de stat în măsura în care le cunoaștem și în general nu ne vom baza pe ipotezele cele mai favorabile, ci dimpotrivă, astfel ca rezultatele obținute să nu fie forțate în sensul unor anumite teze.

Ca bază pentru acest calcul tehnico-economic am fi dorit să luăm o microcentrală cu motor mai mare, analog de exemplu motoarelor standard sovietice D-18, de 18 m diametru și cu o putere la arbore de 32 CP la vînt de 8 m/s, care într-o unitate sau două interconectate ar fi potrivite în mărime pentru un început de electrificare agricolă și rurală prin microcentrale eoliene.

Nu cunoaștem însă prețul acestui motor, iar dacă am fi chiar mai documentați în privința lui, aceasta nu ne-ar servi prea mult, deoarece motorul D-18, ca și varianta lui 1-D-18, sînt ~~suprîncărate cu dispozitive~~ de autoreglare și de uniformizare a turației, care intră cu o pondere foarte mare în costul acestor motoare, dar de care nu avem nevoie pentru microcentralele după sistemul preconizat.

De aceea, vom face calculul economic pe baza unei instalații mai mici, și anume pe baza motorului eolian tip D-15, de fabricație de asemenea sovietică, asupra căruia posedăm în broșura "Vetrodvigatel D-15" de V.T.Streleț, constructorul acestui motor documentația cea mai completă, inclusiv costul lui, care este acolo de 8192 ruble.

Acest motor a fost studiat în scopul de a fi utilizat numai pentru aplicații mecanice directe în agricultură, în special pentru acționarea morilor sătești, pentru care el nu are nevoie și nu a fost prevăzut cu nici un fel de dispozitive de reglare și uniformizare a turației.

Dar aceasta este tocmai ceea ce ne convine și nouă pentru scopul producerii energiei electrice, pentru care de asemenea, conform schemei noastre, nu este nevoie de o astfel de reglare.

Motorul D-15 are roata eoliană constituită ca o elice rigidă cu 4 aripi (pale) de 15 m diametru. Înălțimea turnului-susport, respectiv a axei motorului, este de 11 m - ceea ce ar fi cam puțin pentru electrificări și ar trebui înălțat la vreo 15 cel puțin. Motorul dezvoltă la arbore următoarele puteri, în CP:

viteza vîntu-

lui.....
viteza dezvoltată, CP

	2	3	4	5	6	7	8	9
0,35	1,19	2,82	5,51	9,53	15,13	22,6	32,1	

La viteze de vînt de peste 9 m/s, unghiul de atac asupra paletelor nu mai este favorabil și puterea și turația motorului nu cresc mai departe. Viteza de rotație la vînt de 8 m/s - care în Uniunea Sovietică se consideră normală pentru aprecierea performanțelor motoarelor eoliene - este de 52 rot/min.

Motorul D-15 a fost studiat pentru a fi executat aproape în întregime cu materiale locale, adică aproape numai din lemn. Intr-adevăr, în construcția lui intră 13 m³ lemn și numai 740 kg fierărie; totodată, el este confecționat prin moperă meșteșugărească, în ateliere rurale.

7.2. Pe baza utilizării acestui foarte economic tip de motor eolian, am întocmit analiza tehnico-economică a unei microcentrale după sistemul descris.

Din lipsă de spațiu, calculele amănunțite pe care le-am făcut nu au putut fi cuprinse în acest referat; le ținem însă la dispoziția interesatilor. Pentru comparație, am făcut această analiză și pentru o microcentrală cu grupuri electrogene diesel de putere comparabilă, precum și pentru un sistem microenergetic constituit cu patru agregate eoliene interconectate și anume după sistemul legării lor în serie.

O particularitate a instalațiilor eoliene constă în aceea că una și aceeași instalație, cu parametri dați, poate avea o eficiență economică mai mare sau mai mică, după regimul vînturilor la locul unde este așezată. Deci, spre a avea un tablou mai complet și mai puțin arbitrar al acestei eficiențe, am făcut analiza pentru trei ipoteze diferite asupra vitezei medii a vîntului la locul instalației și anume pentru vitezele medii anuale de 5 m/s, 6 m/s și 7 m/s.

Evident că condițiile de funcționare vor fi optime în ultima ipoteză, rezultînd aici, pentru instalația constituită cu un motor D-15, o producție netă anuală, adică la bornele de ieșire ale centralei, de 54550 kWh.

Am luat deci ca bază comună pentru toate variantele considerate o rețea consumatoare (SMT, GAS sau localitate rurală), care tocmai bine ar fi aprovizionată cu această cantitate de energie, care ar trebui deci să fie asigurată și în cazurile cînd ar exista un regim eolian mai slab, în speță cu un vînt mediu de numai 6 m/s, resp. de numai 5 m/s, ceea ce ar impune suplimentarea energiei eoliene printr-un grup termic.

Astfel au rezultat următoarele patru variante, echivalente din punctul de vedere al producției anuale, care se ridică în toate cazurile la aceeași cifră de 54550 kWh.

Varianta A : Vînt mediu de 7 m/s

Instalație autonomă numai cu motor eolian D-15 și baterie de acumuloare.

Varianta B : Vînt mediu de 6 m/s

Instalație autonomă cu motor eolian D-15, baterie de acumuloare și grup diesel de ajutor și de rezervă de 10 CP

Varianta C : Vînt mediu de 5 m/s

Instalație autonomă cu motor eolian D-15, baterie de acumuloare și grup diesel de 10 CP

Varianta D : Microcentrală termoelectrică

constituită cu un grup diesel de 20 kVA (echivalent grupului eolian D-15) și grup diesel de rezervă de 10 CP.

1
fost lue
lației.
tă, de
variant
ral și
porar
mai mi
Varian

pent
inst
tă
ora

nor

1.

2.

3

În toate cazurile cu grup diesel de rezervă, acesta a fost luat ceva mai mic și nu pentru puterea întreagă a instalației. Aceasta pentru motivul că, în caz de acalmie prelungită, de defectare sau revizie a motorului diesel principal (în varianta termo), am presupus - ceea ce se admite în spațiul rural și agricol - că la nevoie consumația poate fi limitată temporar la atîta numai cît să poată fi acoperită prin acest grup mai mic de rezervă.

Varianta E : Sistem microenergetic eolian la vînt mediu de 6 m/s

constituit din patru agregate eoliene D-15, situate la distanțe de 150 m unul de altul și interconectate în serie.

În această ultimă variantă - calculată o singură dată pentru regimul eolian de mijloc dintre cele trei considerate - instalația are o putere totală de 74 kW și ar da o producție netă anuală de 218000 kWh, cu care s-ar putea alimenta și un mic oraș.

7.3. Rezultatele finale ale acestui calcul tehnico-economic sînt rediate mai jos după cum urmează :

1. Varianta	A	B	C	D	E
2. Vînt mediu, m/s	7	6	5	Diesel	6
3. Putere instalată, la bare, kW	12,5	18,5	18,5	22	74
4. Producție anuală, la bare, kWh ...	54550	54550	54550	54550	218200
5. Investiții, lei	120000	167000	167000	124000	486000
6. Cost pe kW instalat, lei/kW	9600	9050	9050	5640	6580
7. Cheltuieli anuale de producție (rotunjite) lei.....	20000	30000	39000	48000	80000
8. Cost unitar de producție, lei/kWh	0,37	0,56	0,72	0,88	0,37

8.4. Fără îndoială că, cu toată grija noastră de a folosi în calcul ipoteze și cheltuieli de instalare și de exploatare cît se poate mai reale, cifrele de mai sus nu pot avea o valabilitate absolută și trebuie considerate mai mult ca niște indici ai ordinului de mărime al mărimilor calculate. Valoarea relativă a cifrelor obținute poate fi însă considerată ca destul de exactă, deoarece în toate variantele calculate au fost introduse aceleași elemente și cu aceleași valori sau în justă proporție una față de alta, astfel încît rezultatele obținute din analiza economică ne permit o bună orientare între diferitele posibilități existente.

Aceste rezultate vorbesc de la sine și dovedesc economia microcentralelor eoliene, chiar și în ipoteza cea mai defavorabilă, aceea a instalării lor într-o regiune cu un vînt mediu de numai 5 m/s. Aceasta pare a fi însă și limita inferioară a regimului eolian încă exploatabil economic.

Din analiza tehnico-economică, ale cărei rezultate au fost date mai sus, se poate constata că costul integral al instalațiilor eoliene (respectiv partea electroeoliană în instalațiile combinate și cu motoare diesel), în afară de amortizarea pentru reînnoire, realizată și separat și cuprinsă în cheltuielile de producție, se recuperează după cum urmează, numai din economia realizată în cheltuielile de producție față de acelea ale unor instalații echivalente termoelectrice (diesel) :

Varianta	A	B	C
Vânt mediu, m/s	7	6	5
Economia anuală, lei	28000	18000	9000
Se recuperează în ani	$4\frac{1}{4}$	$8\frac{3}{4}$	$13\frac{1}{4}$

Recuperarea integrală se face deci în toate cazurile într-un timp mai scurt, în variantele A și B chiar mult mai scurt, decât durata de serviciu a instalației, considerată în calculele noastre la 15 ani.

La rezultatele de mai sus se poate adăuga faptul deosebit de important că, prin economisirea, în cazul producției eoliene, a unor cantități însemnate de combustibil și ulei, ar rămâne țării un substanțial surplus de petrol pentru valorificare prin export.

Toate aceste rezultate economice favorabile se datoresc pe de o parte reducerii masive a costului motorului eolian, făcută posibilă prin suprimarea costisitoarelor dispozitive de reglare și uniformizare a turației și pe de altă parte simplității și bunului randament al dispozitivelor de transformare și acumulare a curentului, care au fost indicate.

8. BIBLIOGRAFIE

1. INSTITUTUL METEOROLOGIC CENTRAL - Atlas Climatologic. Fasc. III, Regimul Eolian, București, 1954
2. PUTNAM, P.C. - Power from the Wind, Van Nostrand N.X., 1948
3. FATEEV, N.M. - Vetrodvigateli i ih priminenie v Selskom Hoziaistvo, Mașghiz, Moscova, 1952
4. TAJIEV, I.T. - Energia vetra - Baza elektrifikația Selskovo Haziasta, Energoizdat, Moscova, 1952
5. SEVKO, F.I. - Vetrodvigateli, Kiev 1955
6. B-W-K - Brennstoff-Wärme-Kraft, 1955, nr.2
7. FATEEV, N.M. - Vetrodvigateli i Vetroustanovski, Selshozgiz Moscova, 1948
8. LAPONOV, N.A. i BUDZKO, I.A. - Asnovi selskoï Elektrifikația în "Elektricesstvo" 1946, nr.7, p.3
9. BABIKOV, M.A. - Aparate electrice, traducere din limba rusă, Editura Energetică, București, 1953, p.423

10. KESSELRING, FR.- Theoretische Grundlagen zur Berechnung der Schaltgeräte, Göschen, Berlin, 1943, p.24.
 12. (...) - Manualul inginerului electrician. Vol. II, Editura Tehnică, București 1954, p.331
 13. USTINOV, P.I.- Bateriile de acumuloare, traducere din limba rusă, Editura Energetică, București 1954
 14. WOOD VINAL, G.- Storage Batteries, N.Y. 1949, p.335
 15. STRELET, V.I.- Vetrodvigatel D-15, Selzhozghiz, Moscova, 1955.
-

C U P R I N S

	Pag.
1. Obiectii și perspective	3
2. Probleme și dificultăți tehnice	6
3. Invertorul mecanic	12
4. Bateria de acumulatori	18
5. Partea mecanică	20
6. Gruparea și interconectarea	21
7. Calculul tehnico-economic	25
8. Bibliografie	28