

Laborator nr. 3

Alternatoare electrice

1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are drept scop aprofundarea cunoștințelor teoretice prezentate la curs cu privire la funcționarea alternatoarelor electrice utilizate pe autovehicule, identificarea elementelor constructive ale acestora, a principalilor parametri și caracteristici de funcționare.

2. Noțiuni teoretice introductive

Alternatorul electric poate fi utilizat atât ca sursă de energie electrică individuală pentru consumatori insularizați, ce nu au acces la o rețea de tensiune industrială din sistemul energetic, cât și pentru alimentarea consumatorilor de energie electrică de pe autovehicule. Antrenarea poate fi făcută atât de la un motor termic cât și de la un sistem mecanic neconvențional.

Tensiunea produsă de alternator, sub forma unui sistem trifazat, simetric, echilibrat este redresată cu ajutorul unei punți cu diode tip B6 (ca cea din schema electrică din Fig.1) și aplicată bateriei de acumuloare pentru a o încărca în timpul funcționării. În paralel cu bateria sunt conectați consumatorii electrice de pe autovehicul, care sunt alimentați, în timpul mersului, de la alternator.

Este necesară asigurarea unei tensiuni constante la bornele redresorului, cel puțin egală cu tensiunea bateriei.

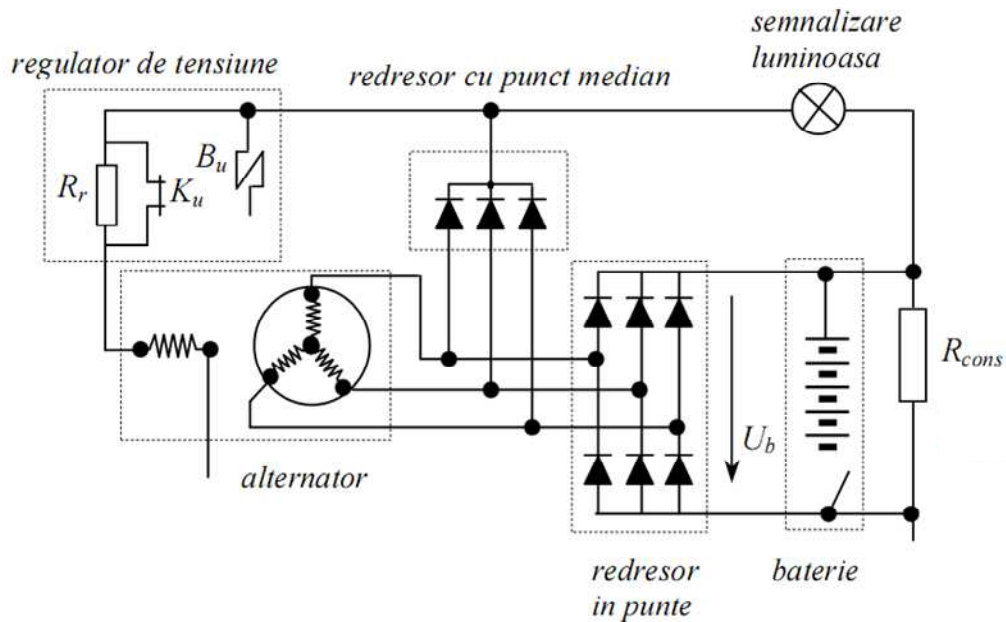


Fig.1: Schema electrică a alternatorului auto cu regulator de tensiune.

Reglarea tensiunii produse de alternator se realizează variind curentul de excitație al generatorului I_{ex} , prin introducerea în circuitul de excitație, respectiv scurtcircuitarea, unei

rezistențe de reglaj R_r , cu ajutorul unui contactor K_u , a cărui comandă este dată de un releu electromagnetic. Bobina releului B_u este comandată cu o tensiune proporțională cu tensiunea produsă de alternator. Dacă tensiunea produsă de alternator și redresată de redresorul trifazat cu punct median (pentru excitație) scade sub valoarea tensiunii bateriei, atunci se aprinde becul de semnalizare a faptului că bateria nu este încărcată; în același timp este sub limita de acționare și tensiunea aplicată bobinei releului B_u , astfel că menține închis K_u și R_r scurtcircuitat; curentul I_{ex} este maxim și forțează tensiunea produsă de alternator. În mod corespunzător, bobina B_u are o cădere de tensiune pe ea suficient de mare pentru a acționa releul și a deschide K_u , care introduce R_r în circuitul de excitație și limitează I_{ex} .

Alternatorul cu poli-ghiară este una dintre cele mai vechi tipuri de mașini electrice trifazate, fiind o construcție specială a mașinii sincrone. Prima oară a fost utilizat în anul 1891 la furnizarea energiei electrice pentru prima linie trifazată de transmisie din Germania de la Lauffen la Frankfurt/Main. Ulterior, majoritatea generatoarelor construite au fost cu poli-înecați sau turbogeneratoare, alternatorul de tip Lundell dispărând din aria de interes industrial. Abia în anii '60 acest tip de mașină a cunoscut o puternică revenire, fiind ideală pentru furnizarea energiei electrice necesare consumatorilor instalați pe autovehicule, în contextul utilizării pe scară largă a elementelor semiconductoare de putere, din ce în ce mai ieftine.

În prezent, milioane de alternatoare de acest tip sunt utilizate pe automobile, aceasta și datorită multiplelor avantaje pe care le au: costuri de producție reduse, construcție simplă și robustă, fiabilitate crescută, randament satisfăcător.

Principiul de funcționare a alternatorului se bazează pe fenomenul de inducție electromagnetică, ce apare atunci când un conductor străbate un câmp magnetic. În situația în care fie câmpul magnetic se află în mișcare față de conductor, fie conductorul se află în mișcare față de câmpul magnetic considerat, în conductorul respectiv se induce o tensiune. Reciproca acestei legi este aceea că la trecerea unui curent printr-un conductor, acesta produce un câmp magnetic în mediul înconjurător conductorului.

Nivelul tensiunii induse precum și intensitatea curentului generat depind de mai mulți factori, și anume:

- intensitatea câmpului magnetic (flux magnetic): liniile câmpului magnetic se închid de la un pol (gheară) la cel alăturat, străbătând întrefierul și circuitul feromagnetic al statorului. Atunci când un conductor traversează un câmp magnetic puternic, mai multe linii de flux care contribuie în mod direct la valoarea tensiunii induse, îl intersectează;
- numărul de conductoare sau numărul de bobine: așa cum un conductor poate intersecta mai multe linii de câmp, la un moment dat, putem avea mai multe conductoare care intersectează concomitent același câmp magnetic. Formând cu aceste conductoare bobine, și conectând mai multe bobine în diverse moduri, putem obține o tensiune indusă, respectiv un curent rezultat mai mare;
- numărul de poli: fiecare pol reprezintă câte un magnet ce poate genera fluxul ce intersectează înfășurarea statorică;
- viteza cu care se rotește câmpul magnetic: acesta este și motivul pentru care alternatorul este antrenat prin intermediul unei curele de transmisie la o turație de 2÷3 ori mai mare decât motorul termic.

Elementele constructive ale alternatorului Lundell pot fi identificate în Fig.2 și descrise împreună cu modul de funcționare a acestuia în cele ce urmează. În general, aceste alternatoare au indusul situat pe stator iar inductorul pe rotor.

Indusul este format de un pachet de tole din tablă de oțel electrotehnic de 1 mm grosime și înglobează în creștăturile sale o înfășurare trifazată asemănătoare mașinilor sincrone sau asincrone obișnuite. Cele trei faze pot fi conectate în stea sau triunghi, în funcție de nivelul dorit al tensiunii generate. Uzual, se construiesc alternatoare cu conexiune stea

pentru tensiuni de 14 V și 28 V, aceste valori fiind cele standardizate pentru sistemele energetice utilizate pe automobile și autovehiculele utilitare. În ultimii ani se vorbește tot mai des despre o creștere a tensiunii la 42 V, pentru o eficientizare a consumului.

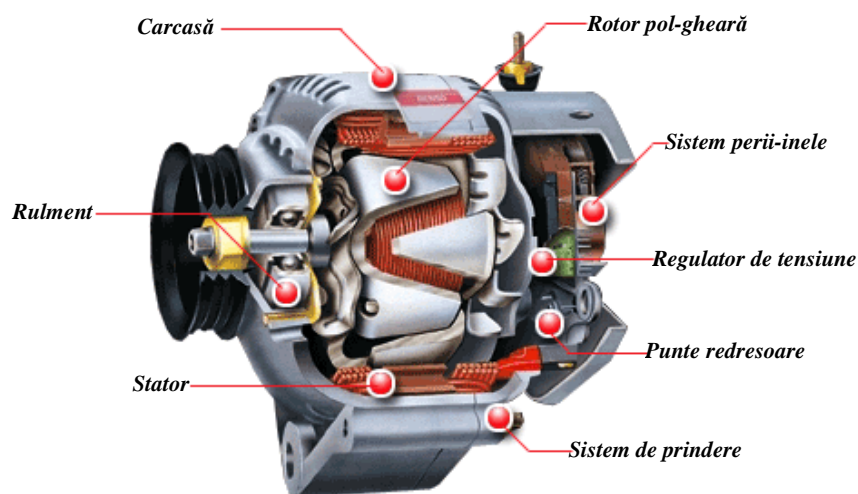


Fig.2: Elementele constructive ale alternatorului Lundell

Inductorul este realizat din oțel forjat cu un conținut redus de carbon, cu o bună permeabilitate magnetică, având, de obicei, 6 perechi de poli sub formă de gheare, de unde și denumirea alternatorului, iar înfășurarea de excitație se compune dintr-o singură bobină așezată concentric pe miezul rotoric, ceea ce permite o construcție simplă și economică. Datorită polilor în formă de gheare și a suprafețelor trapezoidale ale tălpilor acestora, se obține o formă convenabilă a curbelor tensiunilor electromotoare induse de alternator, foarte aproape de forma sinusoidală. O particularitate a alternatorului Lundell, determinată tocmai de construcția specială a rotorului, o constituie fluxul de dispersie relativ mare al polilor inductorilor, care încarcă magnetic suplimentar miezul inductorului.

Capetele înfășurării de excitație trec prin orificiile practicate în polii magnetici și se cositoresc la cele două inele colectoare fixate pe butuc prin intermediul unei bușe izolatoare. Alimentare se face prin intermediul sistemului de perii-inele, mult mai fiabil, datorită curentului de excitație de intensitate redusă, decât colectorul dinamului utilizat anterior pe automobile.

Rotorul se sprijină pe doi rulmenți capsulați, completarea cu lubrefiant în timpul exploatarei ne fiind necesară. Pe arborele rotorului, prin intermediul unei pene semirotunde se montează fulia care împreună cu cureaua de transmisie face posibilă antrenarea sa de la motorul cu ardere internă al autovehiculului. Tot pe acesta se plasează ventilatorul sau ventilatoarele (după caz) realizate din tablă de oțel, care realizează răcirea circuitului magnetic și a diodelor redresoare.

Puntea redresoare trifazată utilizată este alcătuită din șase diode, plasate pe scutul din spate al alternatorului, și are ca rol transformarea tensiunii alternative trifazate generate în tensiune continuă. Tot aici este plasat și regulatorul de tensiune a cărui funcție este aceea de a menține nivelul tensiunii generate constant, prin modificarea curentului de excitație cu care este alimentată înfășurarea rotorică.

Carcasa alternatorului, realizată de obicei din aliaje de aluminiu, asigură integritatea mașinii incluzând și sistemul de fixare a acestuia pe structura automobilului. Construcția sa diferă de la un model la altul, ținând cont și de regimul termic al alternatorului, fiind prevăzută astfel cu multiple fante pentru a permite o ventilație și deci o răcire optimă.

În prezent se construiesc alternatoare cu poli-gheară pentru tensiuni de 14V și 28V într-o variată gamă de puteri de până la 3 kW. Tendința de creștere a puterii generate duce la construcția unor alternatoare capabile să suporte curenți înalți de sute de A. Trebuie totuși menționat faptul că valoarea acestui curent (de încărcare a bateriei) nu trebuie să depășească un procentaj de 25% din capacitatea de funcționare a acesteia. Astfel, dacă bateria este capabilă să debiteze un curent de 400 Ah, atunci alternatorul nu trebuie să depășească curentul de încărcare de 100 A. Însă există baterii de acumulare cu o construcție specială care suportă curenți de încărcare de până la 40 %.

Utilizarea unui sistem alternator – baterie incompatibil (dezechilibrat) poate conduce fie la deteriorarea bateriei, fie la scăderea randamentului alternatorului, prelungirea duratei de încărcare a bateriei, sau chiar scurtarea vieții alternatorului.

Un rol deosebit de important în corecta alegere a alternatorului utilizat o are cunoașterea caracteristicilor de funcționare, și în special a variației curentului de sarcină la modificarea turației, la tensiune constantă. Fig.3 prezintă un set de astfel de caracteristici pentru 3 construcții diferite de alternatoare, funcționând la o tensiune de 14 V, precizându-se și valorile curenților de excitație utilizați.

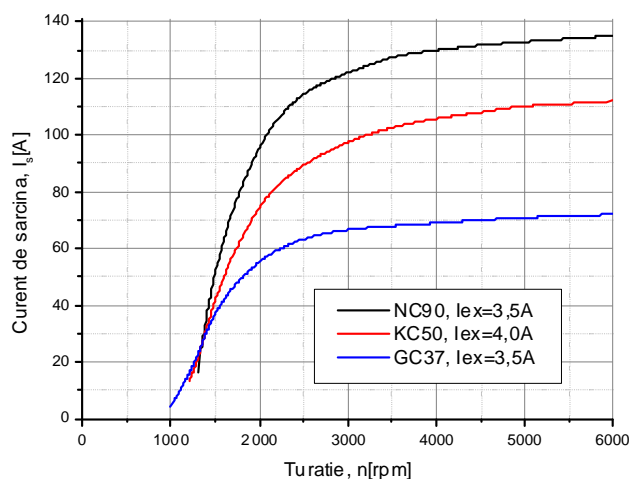


Fig.3: Caracteristicile $I_s = f(n)$, la tensiune constantă $U_s = 14V$

Se observă evoluția curentului de sarcină care, pentru o plajă largă a turației cuprinsă în intervalul 3000 ÷ 6000 rpm, are valori aproape constante de aproximativ 70 A, 110 A și respectiv 130 A. Totodată, pentru valori reduse ale turației (sub 2000 rpm) curentul înregistrează scăderi semnificative, utilizarea alternatorului sub acest nivel devenind neeconomică.

Oricât de apreciate ar fi atuurile alternatorului Lundell, trebuie recunoscute limitările pe care acesta le are, și anume: eficiență scăzută (aproximativ 50 %) mai ales la turații reduse (cazul funcționării la relanti a motorului termic), nivelul maxim al puterii generate de până la 3 kW și a curentului de până la 250A, impuse în special de caracteristicile constructive ale acestuia și de dimensiunile de gabarit, dar și de regimul termic de funcționare.

3. Procedeu experimental:

Pentru trasarea caracteristicilor de funcționare dorite va fi realizat un stand de testare pentru diferite tipuri de alternatoare electrice clasice și hibride, monitorizarea mărimilor electrice urmărite fiind efectuată atât prin intermediul aparatelor de măsură analogice, cât și a

celor virtuale, puse la dispoziție de mediul de lucru din LabVIEW6.1, prin utilizarea unei plăci de achiziție cu mai multe canale produsă de firma National Instruments.

Standul de testare se realizează după schema de principiu prezentată în Fig.4. și este alcătuit din următoarele elemente:

- alternatorul studiat;
- mașină de antrenare: motor de curent continuu, prevăzută cu traductor de cuplu și turație (WUEKRO);
- unitate de comandă și control a mașinii de antrenare: ce permite controlul turației în intervalul 0-3000 rpm., atât în modul manual de la panoul de comandă, cât și în modul automat sub forma unei rampe; asigurând totodată și posibilitatea afișării și achiziționării numerice a turației, cuplului și puterii (Wuekro – W3375-6F);
- punte redresoare trifazată cu diode: utilizată la redresarea sistemului trifazat de tensiuni;
- reostat de încărcare: care simulează sarcina pe care debitează generatorul;
- sistem de alimentare cu curent continuu variabil a înfășurării de excitație alcătuit din baterie de acumuloare și reostat de reglaj;
- placă de achiziție a semnalelor electrice;
- laptop pentru stocarea și prelucrarea semnalelor achiziționate.

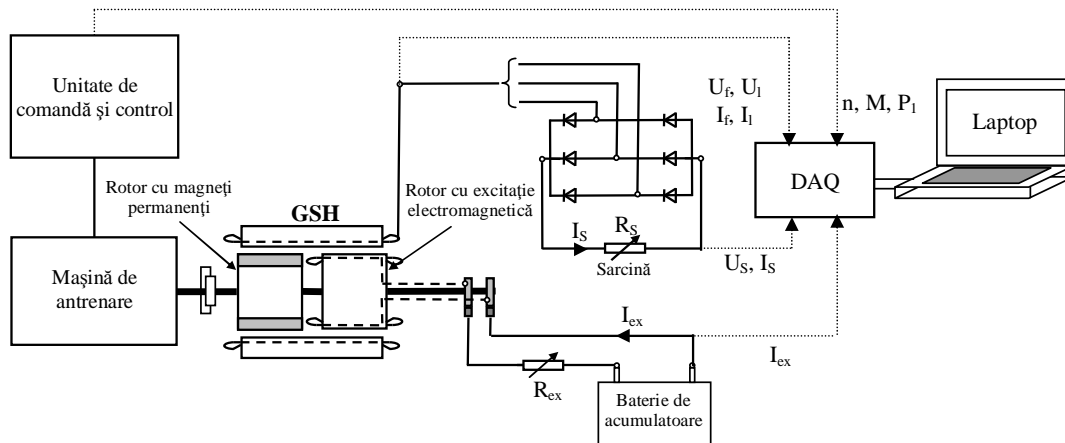


Fig.4: Stand de testare pentru turații de până la 3000 rpm și putere de 2 kW

Vor fi efectuate încercări ale alternatoarelor testate funcționând la gol și în sarcină, pentru diferite turații și curenți de excitație, atât pentru conexiunea stea cât și triunghi, schemele electrice echivalente ce conțin și montajul aparatelor de măsură utilizate fiind cele din Fig.5 (a) respectiv (b). La acestea se mai adaugă și monitorizarea curentului de excitație I_{ex} , ce se realizează prin intermediul unui ampermetru înseriat în circuitul rotoric.

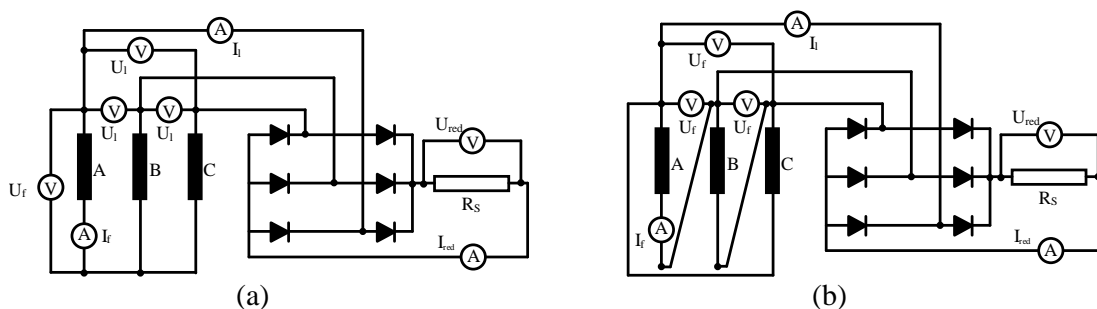


Fig.5: Scheme electrice echivalente de măsură

În urma încercărilor experimentale vor fi citite și notate mărimile electrice și mecanice în tabele de date, concomitant cu achiziționarea datelor cu ajutorul sistemului de achiziție de date, astfel încât, ulterior să poată fi trasate caracteristicile dorite:

- caracteristicile $U_{red}=f(n)$, obținute pentru cele două conexiuni, la diferite valori ale curentului de excitație.
- caracteristica de reglaj $U_{red}=f(I_e)$
- caracteristicilor externe $U_s=f(I_s)$, pentru cele două conexiuni