

Raport științific SC BMEnergy SRL

Introducere

În cadrul proiectului de cercetare cu acronimul REMSIS se propune crearea unei rețele de alimentare cu energie electrică, insularizată, monofazată, care se justifică pentru consumuri relativ mici de energie electrică ($P_i < 5\text{kW}$) prin costurile mai reduse ale investiției inițiale în echipamente de putere.

Utilizarea unei instalații de biogaz pentru producerea energiei electrice implică necesitatea conversiei energiei obținută prin arderea biogazului într-un motor termic, în energie electrică, folosind un generator de curent continuu sau de curent alternativ. Generatoarele electrice de curent continuu au dezavantajul necesității utilizării colectorului (cu rol de inverter mecanic) pentru „culegerea” curentului de la înfășurările rotorice. Acest fapt implică utilizarea periiilor din grafit, care în exploatare dau probleme de fiabilitate. Pe de altă parte, generatoarele de c.c. au un gabarit/masă mare pe unitatea de putere. Generatoarele de curent alternativ pot fi împărțite în două clase: asincrone și sincrone. Cele sincrone pot fi clasificate dpdv constructiv în generatoare cu înfășurare de excitație sau cu magneți permanenți pe rotor. Cele cu magneți permanenți au o eficiență mai ridicată (lipsa pierderilor energetice pentru crearea fluxului de excitație) și o fiabilitate mai crescută din lipsa sistemului perii-inele. În schimb aceste generatoare implică, de regulă, utilizarea convertoarelor statice de frecvență. Generatoarele sincrone cu înfășurare de excitație necesită, pentru reglarea puterii reactive, controlul curentului de excitație, realizat printr-un variator de tensiune continuă. Acest tip de generatoare permit de asemenea și controlul amplitudinii și frecvenței tensiunii rețelei. Cea mai ieftină variantă este utilizarea generatoarelor asincrone cu rotorul în scurtcircuit, folosind mașini disponibile pe piață. Există două aspecte principale care diferențiază mașinile asincrone de cele sincrone: necesitatea utilizării unor condensatoare pentru compensarea factorului de putere și viteza rotorului, mai mare decât cea a câmpului magnetic învârtitor, ceea ce se traduce prin faptul că pentru a debita energie electrică, motorul termic trebuie să antreneze generatorul asincron la o viteză cvasi-variabilă. Totuși, generatorul asincron pare a fi cea mai bună soluție pentru aplicația dată.

Generatorul asincron bifazat (GAS)

Funcționarea GAS debitând pe o rețea monofazată implică utilizarea unei mașini cu două înfășurări statorice (principală și auxiliară) dispuse la 90 grade electrice în stator. Defazajul dintre tensiunile de la bornele celor două înfășurări este de până la 90 grade, fiind obținut, de regulă, inseriind un condensator de capacitate potrivită cu înfășurarea auxiliară.

Ținând cont că puterea dezvoltată de motorul termic este de 3 kW la 1500 rpm, a fost identificată din cataloagele Electroprecizia Săcele o mașină asincronă bifazată cu următoarele caracteristici pentru regimul de motor: $P = 3\text{ kW}$, $n_n = 1420\text{ rpm}$, $i_n = 16,8\text{ A}$, $\eta = 68\%$, $\cos\varphi = 0,91$, iar capacitatea condensatorului permanent de 110 μF . Schema echivalentă și parametri acesteia sunt prezentați în Fig. 1.

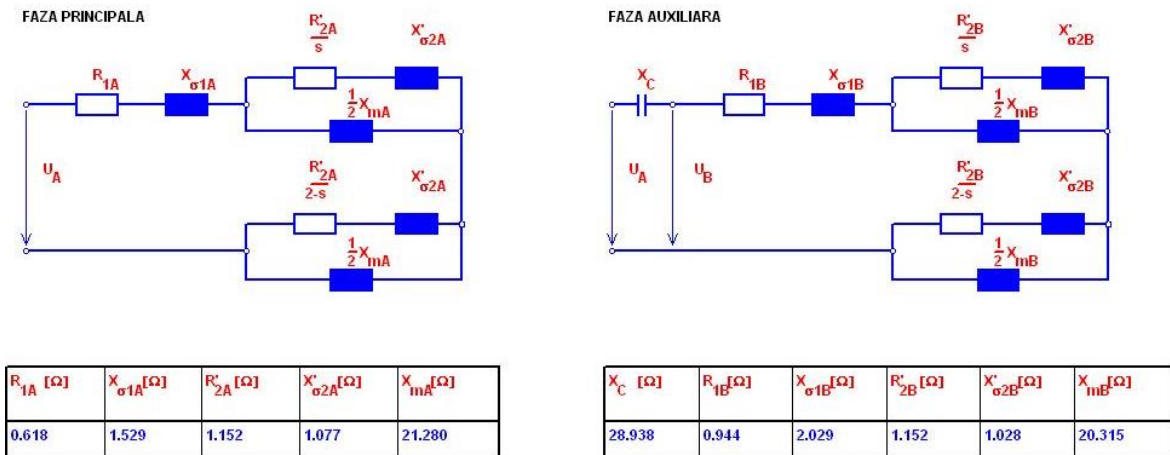


Fig.1. Schema echivalentă și valorile parametrilor schemei echivalente.

Condensatorul de 110 μF a fost ales pentru a asigura un cuplu de pornire suficient pentru demararea fără condensator de pornire, în regim de motor. Evident, în regim de generator, GAS este antrenat de un motor termic, nefiind necesară pornirea GAS de la rețea. Cea mai facilă utilizare a acestei mașini în regim de generator este așa cum este echipată pentru a funcționa în regim de motor. Însă, după cum se va prezenta în următoarele pagini, nu este cea mai bună soluție. Astfel, vor fi studiate prin simulate trei tipologii de GAS, după cum se prezintă în Fig. 2 a,b,c. Cu „P” și „A” s-au notat înfășurările principală respectiv auxiliară.

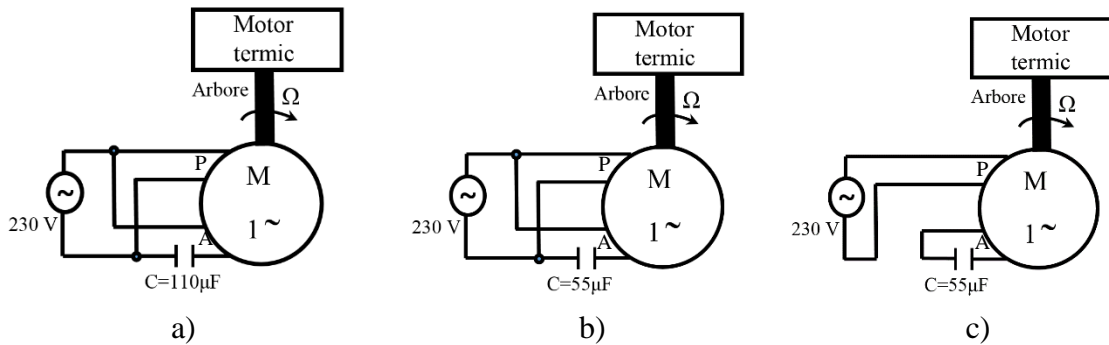


Fig. 2. Cele trei tipologii de GAS.

În Fig. 2a este prezentat GAS așa cum este echipat de producător pentru funcționare în regim de motor, cu două condensatoare de 55 μF montate în paralel. Fig. 2b prezintă aceeași structură ca și în Fig. 2a, doar că unul din condensatoare a fost deconectat din schemă. În Fig. 2c este prezentat un GAS autoexcitat care are doar înfășurarea principală conectată la sistemul de alimentare monofazat [1].

Observație - Condensatorul deconectat în schemele 2b și 2c poate fi conectat în paralel cu înfășurarea principală pentru a compensa parțial consumul de putere reactivă.

Simulare în Matlab/Simulink

Cele trei tipologii de GAS au fost simulate în programul software Matlab/Simulink. Utilizând toolbox-ul SimPowerSystems, în care este implementată mașina asincronă, a fost realizată simularea, rezultatele acesteia fiind prezentate în Fig. 3 – 9.

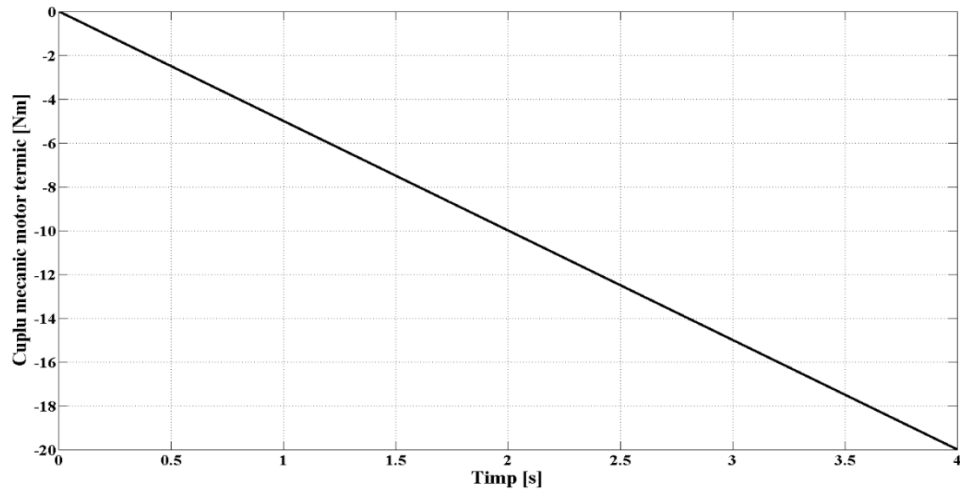


Fig.3. Cuplul debitat de motorul termic.

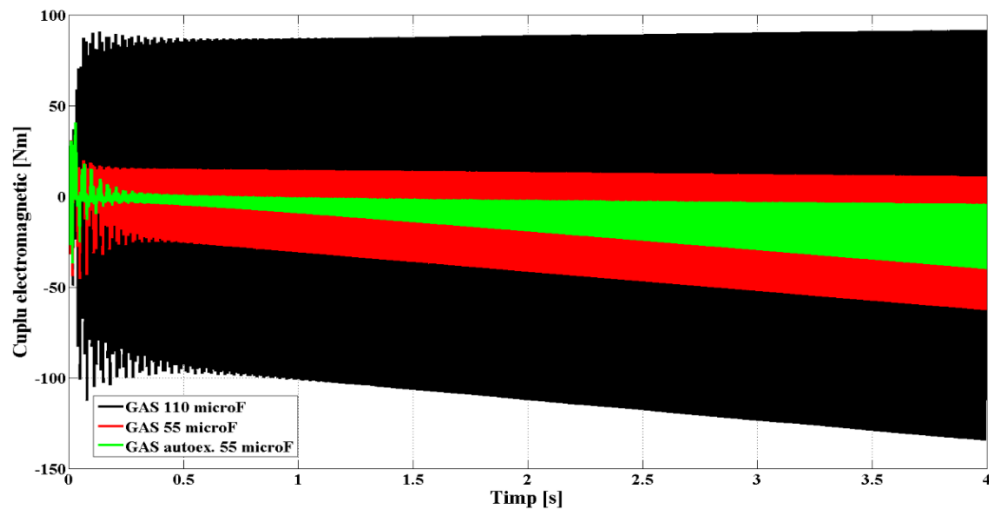


Fig. 4. Cuplul electromagnetic pentru cele trei tipologii GAS.

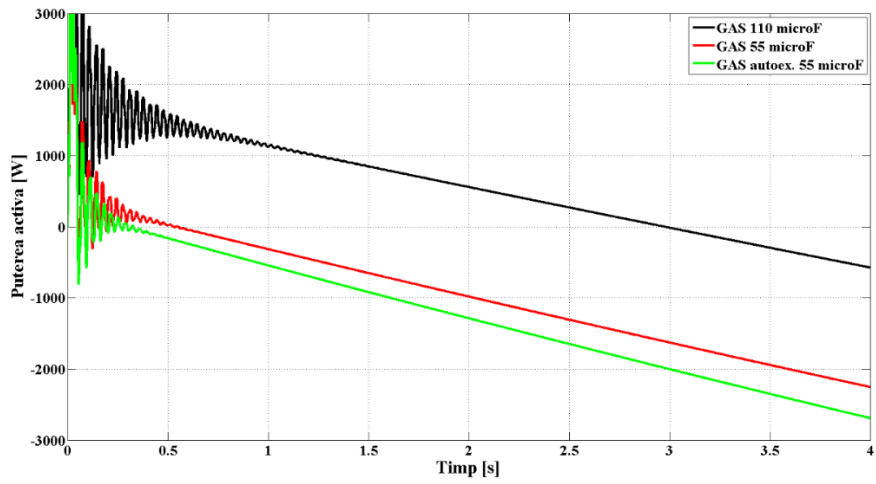


Fig. 5. Puterea activă debitată de cele trei tipologii GAS.

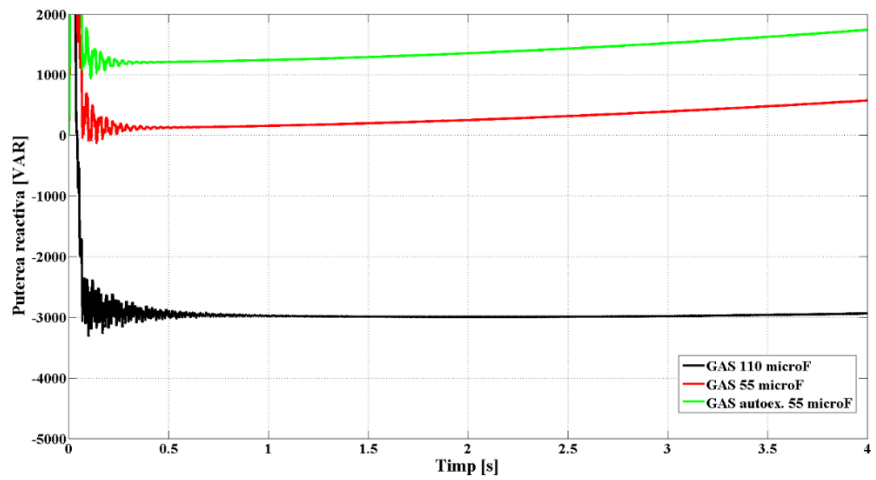


Fig. 6. Puterea reactivă debitată/consumată de cele 3 tipologii GAS.

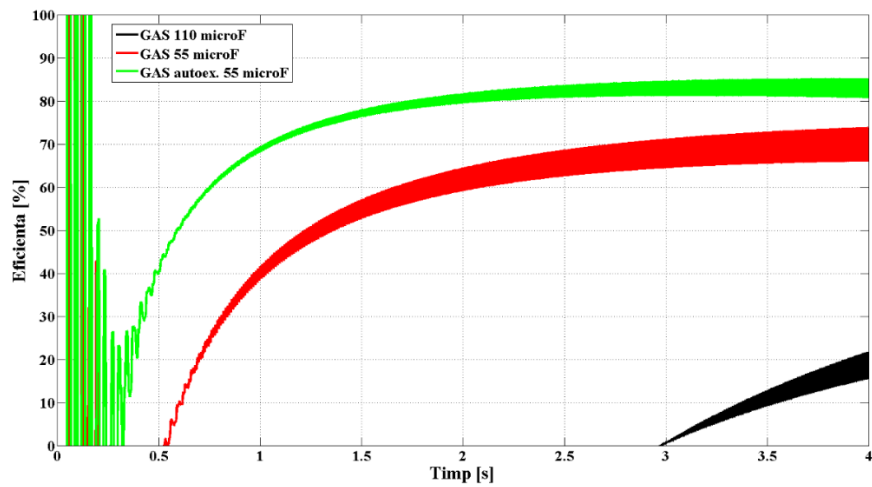


Fig. 7. Randamentul de conversie a energiei pentru cele 3 tipologii GAS.

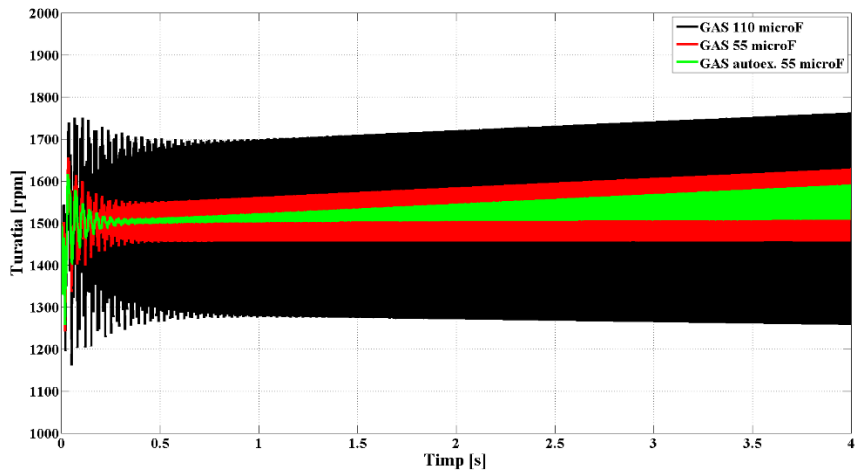


Fig. 8. Turația pentru cele 3 tipologii GAS

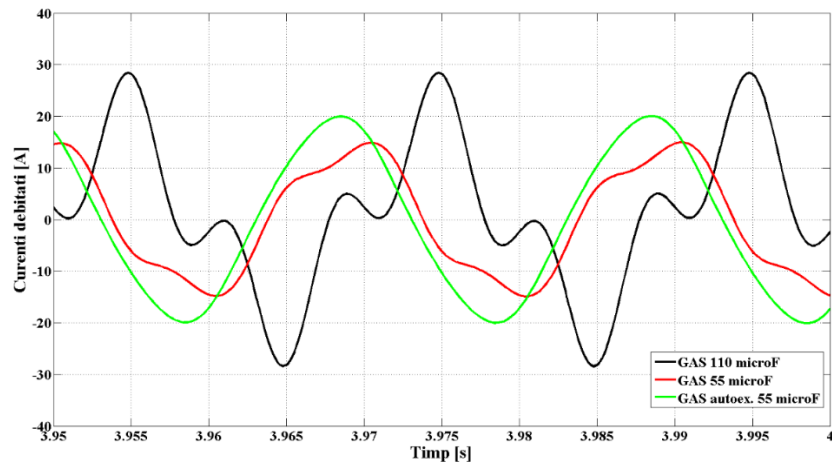


Fig. 9. Curentii debitați de cele 3 tipologii GAS.

Fig. 3 prezintă cuplul debitat de motorul termic, care crește liniar de la 0 la 20 Nm, ceea ce corespunde, la o turație constantă de 1500 rpm, unei creșteri a puterii mecanice de la 0 la 3 kW.

Din Fig. 4 se observă că variațiile cuplului sunt extrem de mari pentru prima tipologie, iar pentru a doua tipologie mai reduse, în comparație cu prima. A treia tipologie furnizează cele mai mici variații de cuplu. Aceste variații ale cuplului se răsfrâng, inerent, asupra turației rotorului, care având o inerție mică ($J = 0.00653 \text{ kgm}^2$) dă naștere unor fluctuații ale turației (Fig. 8). Aceste variații ale turației și ale cuplului vor fi reduse considerând inerția rotorului motorului termic. Pentru o și mai bună netezire a cuplului se poate amplasa pe arborele ansamblului motor termic-generator electric un volant de inerție. În Fig. 5 și 6 sunt prezentate puterile activă și reactivă. Se observă că pentru prima tipologie puterea reactivă este negativă, iar pentru celelalte

doă este pozitivă. Trebuie specificat ca în simulare, ultimele două tipologii au montat în paralel cu înfășurarea principală un condensator de 55 μF , cel economisit de la echiparea inițială a mașinii asincrone. Randamentul celor 3 tipologii GAS este prezentat în Fig. 7. Este evident că GAS autoexcitat este cea mai bună variantă de implementat pentru aplicația considerată. Fig. 9 prezintă formele de undă ale curenților debitați în rețeaua de alimentare. Dacă în primele două tipologii ale GAS curenții prezintă armonici importante, în cea de-a treia tipologie, curentul este cvasi-sinusoidal. Fig. 10 prezintă modelul de simulare realizat în programul software Matlab/Simulink.

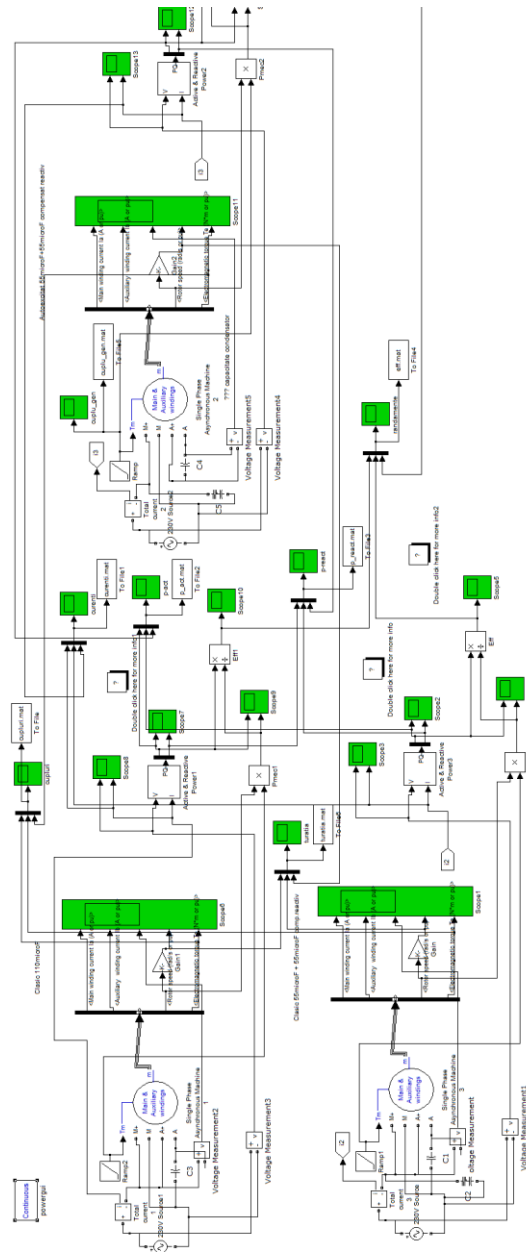


Fig. 10. Modelul de simulare dezvoltat în Matlab/Simulink.

Concluzii

Având în vedere rezultatele simulărilor a trei tipologii de GAS este evident că generatorul asincron autoexcitat este cea mai bună variantă pentru aplicația considerată. Prezintă cea mai mare eficiență în conversia energiei, variații de cuplu mici ceea ce se traduce prin fluctuații reduse ale turației și armonici reduse ale curentului. Singurul dezavantaj este că necesită o compensare cu o capacitate mai mare a factorului de putere (Fig. 6).

Bibliografie

[1] I.Boldea, S.A. Nasar, The Induction Machine Handbook, CRC Press 2002.