

UTILIZAREA GAZULUI PETROLIER LICHEFIAT CA COMBUSTIBIL ALTERNATIV LA MOTOARELE AUTOVEHICULELOR RUTIERE

Autori: Liviu MIHUȚ ¹
mihut_liviu@yahoo.com

Coordonator: Conf. univ. dr. ing. **Sorin MIHĂILESCU** ²

¹ *Universitatea din Petroșani, Facultatea Inginerie Mecanică și Electrică, specializarea: Ingineria Transporturilor și a Traficului, anul 3*

² *Universitatea din Petroșani, Facultatea de Inginerie Mecanică și Electrică, Departamentul: Inginerie Mecanică, Industrială și Transporturi*

Rezumat

Problema încălzirii globale și a schimbărilor climatice asociate necesită soluții pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră, în special CO₂. Astfel, propulsia cu gaze petroliere lichefiate a autovehiculelor pare a fi o alternativă foarte benefică. Deși gazul petrolier lichefiat (GPL) este un combustibil fosil, acesta este un combustibil mai curat, deoarece provoacă mai puțină poluare prin emisia de mai puțini poluanți precum CO₂, CO, SO₂, NO_x și particule în suspensie (PM). Motoarele cu GPL reduc emisiile de gaze cu efect de seră (GES) cu până la 20% în comparație cu motoarele diesel și cu până la 10% în comparație cu motoarele pe benzină.

Cuvinte cheie

Gaz petrolier lichefiat, instalații de gaz petrolier lichefiat, emisii

1. Introducere

Gazul natural (GN) se califică drept combustibil alternativ în conformitate cu Regulamentul 1804/13-sept-2023 privind instalarea infrastructurii pentru combustibili alternativi, deoarece este un substitut pentru sursele de energie derivate din țiței [1]. "Combustibili alternativi" înseamnă combustibili sau surse de energie care servesc, cel puțin parțial, drept substitut pentru sursele de petrol fosil din energia folosită pentru transporturi și care au potențialul de a contribui la decarbonizarea acestora și de a îmbunătăți performanța de mediu a sectorului transporturilor, inclusiv: energie electrică; hidrogen; amoniac; combustibilii din biomasă, inclusiv biogazul, și biocombustibilii, în sensul definiției de la articolul 2 punctele 27, 28 și 33 din Directiva (UE) 2018/2001; combustibilii sintetici și parafinici, inclusiv amoniacul, produși din surse regenerabile de energie; gaz natural în stare gazoasă (gaz natural comprimat - GNC) și în stare lichidă (gaz natural lichefiat - GNL); gaz petrolier lichefiat (GPL); combustibilii sintetici și parafinici produși din surse neregenerabile de energie. Trebuie menționat că [1] consideră, de asemenea, că GNC, GNL, GPL sunt combustibili fosili de tranziție. Pe baza cadrelor finale naționale de politică menționate la articolul 14 alineatul (11), a rapoartelor naționale privind progresele înregistrate menționate la articolul 15 alineatul (1) și a rapoartelor menționate la articolul 18 alineatul (1), Comisia pune la dispoziția publicului și actualizează periodic informațiile privind țintele naționale și obiectivele prezentate de fiecare stat membru cu privire la numărul de puncte de realimentare cu GPL accesibile publicului pentru autovehicule. Punctele de realimentare cu metan lichefiat pentru autovehicule să respecte o presiune de alimentare mai mică decât presiunea de serviciu maximă admisibilă a rezervorului vehiculului, astfel cum se menționează în standardul EN ISO 16924:2018 „Stații de alimentare cu gaz natural – Stații GNL pentru alimentarea vehiculelor”. În plus, profilul conectorului respectă standardul EN ISO 12617:2017 „Vehicule rutiere – Conector de realimentare cu gaz natural lichefiat (GNL) – conector de 3,1 MPa. Având în vedere că piața autovehiculelor electrice este în declin [2], folosirea GPL, un combustibil alternativ, este o alternativă viabilă la motoarele pe motorină și benzină.

2. Tehnologii pentru conversia vehiculelor în GPL

GPL este utilizat în general la motoarele bivalente – motoare care pot utiliza două tipuri de combustibil – cu sisteme de injecție convenționale [3]. Proprietățile carburanților (GPL, benzină, motorină) pentru vehicule sunt prezentate în Tabelul 1 [4, 5, 6, 7, 8].

Tabelul 1. Proprietățile carburanților pentru vehicule cu motoare cu ardere internă

Caracteristica Combustibil	Limite de explozie, volum % în aer	Densitate, kg/m ³	Punct de inflamabilitate, °C	Temperatură de autoaprindere, °C	Valoare calorică netă, MJ/kg	Valoare calorică netă, MJ/m ³ (l)	Amprenta de carbon, gCO ₂ /MJ
Gaz petrolier lichefiat	1,8-15,0	533	≥-104	287	46,28	24,67	63,90
Benzină	1-6,5	741	>-40	246	44,15	32,70	70,80
Motorină	4,0-7,5%	837	>62	210	42,91	35,94	74,30

Instalația GPL înseamnă un ansamblu de componente (rezervor, supape, conducte flexibile pentru gaz, etc.) și piese de conectare (conducte rigide pentru gaz, racorduri, etc.) montate pe autovehiculele care utilizează GPL în sistemul lor de propulsie. O instalație GPL trebuie să conțină cel puțin următoarele componente [9]:

- rezervorul pentru GPL;
- limitatorul de umplere la 80%;
- indicatorul de nivel;
- supapa de suprapresiune;
- supapa de izolare telecomandată cu limitator de debit;
- regulatorul de presiune și vaporizatorul, eventual combinate;
- valvă de închidere telecomandată;
- racordul de umplere;
- tubulatura de gaz, rigidă și flexibilă;
- racordurile de gaz între componentele echipamentului GPL;
- dispozitivul de injecție a gazului, sau injectorul sau amestecătorul de gaz; modulul de comandă electronică;
- dispozitivul de decompresiune (fuzibil).

Echipamentul GPL poate include de asemenea următoarele componente:

- carcasa etanșă, care acoperă accesoriile montate pe rezervor;
- supapa antiretur;
- supapa de suprapresiune de pe tubulatura de gaz;
- dozatorul de gaz;
- filtru de GPL;
- senzorul de presiune sau de temperatură;
- pompa de GPL;
- mufa de alimentare pentru rezervor (acționări / pompa de GPL / senzorul indicatorului nivelului carburantului);
- racordul de alimentare de siguranță autorizat numai pentru vehiculele monocarburante (numai cu GPL) neprevăzute cu un sistem de mobilitate minimală;
- circuitul de selectare a carburantului și instalația electrică;
- rampa de alimentare.

Sistemele GPL montate în vehicule constau dintr-un rezervor stochează gaz sub presiune și un kit de conversie.

Rezervorul GPL este de 3 feluri, în funcție de tehnicile de proiectare și producție, [10]:

- cilindric (Figura 1.a);
- toroidal de interior (Figura 1.b);
- toroidal de exterior (Figura 1.c).



Fig. 1. Rezervoare GPL:

a. cilindric; b. toroidal de interior; c. toroidal de exterior

Un kit de conversie se împarte în două tipuri, și anume, cel venturi și cel secvențial [11]. Setul venturi nu este echipat cu senzori și nici cu o unitate de control electronică (UEC). Acest lucru face ca acesta să fie accesibil și mai ușor de instalat în orice tip de vehicul. Cu toate acestea, absența senzorilor și a unei UEC face ca funcționarea kit-ului venturi să fie imprevizibilă, deoarece nu poate regla fluxul de GPL în motor. În plus, ca urmare a acestui fapt, kitul și motorul au nevoie de reglaj și curățare frecvente - ceva care necesită o anumită experiență. Dimpotrivă, kitul secvențial cuprinde o serie de senzori și fire care sunt ceva mai complex de instalat. Setul secvențial funcționează corect la vehiculele care sunt echipate cu sisteme electronice de injecție a combustibilului. UEC din kitul secvențial monitorizează debitul și controlează arderea GPL în motor, ceea ce are ca rezultat o performanță mai bună și un kilometraj mai bun al vehiculului. Mai mult, kitul secvențial poate fi un sistem cu buclă deschisă sau cu buclă închisă. Setul secvențial în buclă închisă este alcătuit din senzori de oxigen sau lambda care sunt montați în evacuarea

vehiculului pentru a colecta datele privind emisiile și a le transmite la UEC pentru a verifica dacă se află în limite acceptabile. Aceste informații de feedback oferă un control mai bun al fluxului de GPL și prevenirea poluării excesive. Odată cu reglementările de mediu din ce în ce mai stricte, kiturile secvențiale ar putea fi mai utile, mai ușor de utilizat și chiar mai durabile pentru ca utilizatorii să-și schimbe kiturile pe un alt vehicul, beneficiind în același timp de reducerea emisiilor.

Componentele GPL pentru modernizarea vehiculelor pe benzină sunt prezentate în Figura 1 [12]. Gazul petrolier este comprimat într-un cilindru GPL printr-un recipient la o presiune de lucru de 10 bar. Gazul lichefiat este transferat la regulatorul de presiune prin conducta de înaltă presiune. Regulatorul de presiune reduce presiunea la un nivel compatibil cu sistemul de injecție a motorului. Apoi, GPL se amestecă cu aerul din galeria de admisie înainte ca amestecul să intre în camera de ardere pentru comprimare. Bujia aprinde amestecul aer-gaz pentru a produce putere mecanică. Odată ce comutatorul este apăsat pentru a permite funcționarea GPL, UEC deschide supapa GPL și regulatorul de presiune pentru a permite GPL să curgă către rampa comună a injectorului prin filtrul de gaz și senzorul de presiune medie absolută (PMA) în timp ce blochează duzele de benzină. Senzorul de oxigen monitorizează cantitatea de oxigen din evacuare și transmite aceste informații către UEC, care reglează în consecință raportul aer-combustibil.

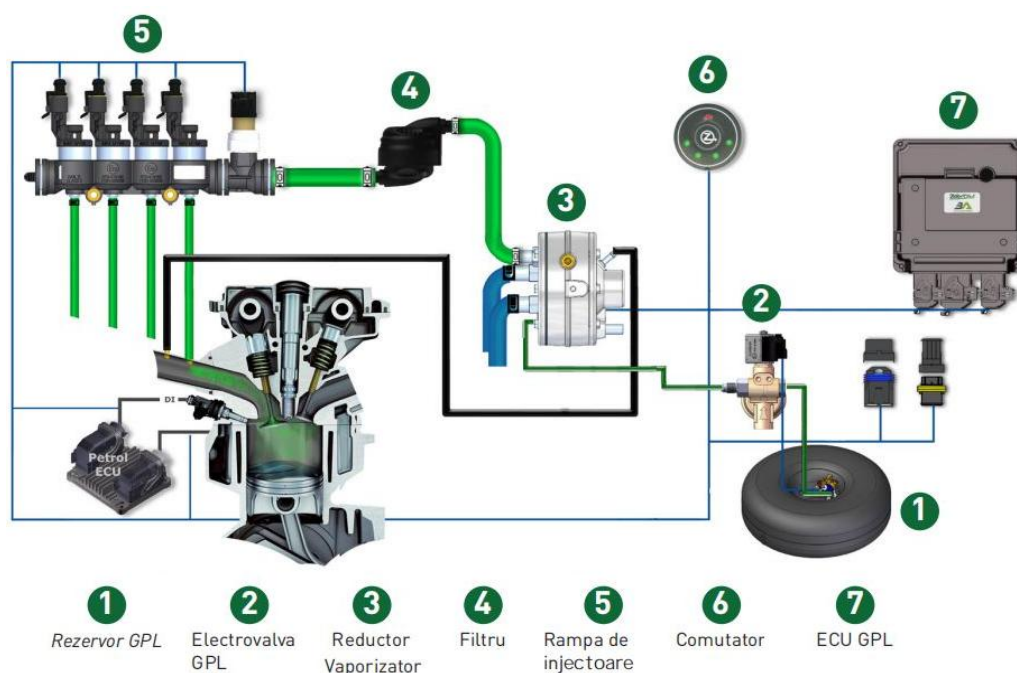


Fig. 1. Dispunerea componentelor GPL la vehiculele pe benzină

Figura 2 [11] prezintă componentele GPL pentru modernizarea vehiculelor cu motor diesel. Gazul sub presiune este transferat din cilindrul GPL la regulatorul de presiune, unde este scăzut la nivelul necesar în camera de ardere. În galeria de admisie, gazul de joasă presiune se combină cu aerul voluminos și este transferat în camerele de ardere pentru comprimare. Prezența unui amestec aer-gaz în aerul de admisie al motorului este de așteptat să provoace o scădere semnificativă a temperaturii amestecului de alimentare, ducând la eșecul amestecului aer-gaz să se aprindă în timpul etapei de comprimare. Din cauza lipsei bujiilor în camera de ardere, motorina servește ca aprindere a amestecului aer-gaz. Între timp, presiunea din interiorul camerei de ardere este deja mare, obstrucționând fluxul de motorină în cameră. Ca rezultat, intră puțină motorină, creând o scânteie puternică pentru a aprinde amestecul aer-gaz în timpul compresiei. În aceste motoare, motorina asigură aprinderea, iar gazul petrolier lichefiat asigură puterea.

3. Performanță tehnică

Pentru vehiculele pe benzină, performanța tehnică este evaluată prin doi parametri, și anume, performanța motorului și economiile de combustibil [11]. Performanța motorului este evaluată prin următorii parametri, și anume kilometrajul vehiculului când acesta funcționează cu GPL, D_{GPL} în km și consumul de combustibil pe distanța parcursă, C_{comb} în kg/km:

$$C_{comb} = \frac{Q_{GPL}}{D_{GPL}}, \text{ kg/km} \quad (1)$$

unde Q_{GPL} este cantitatea de GPL consumată, în kg.

Pentru vehiculele diesel, performanța tehnică este evaluată prin doi parametri, și anume, kilometrajul vehiculului când acesta cu combustibil dual (motorină + GPL), D_{dual} în km și reducerea consumului de combustibilului când se utilizează combustibil dublu pe o anumită distanță, Q_{red} în litri [11]:

- reductor AGR AC R02 (Figura 4);
- unitate electronică de control Stag-200 Plus (Figura 5);
- rampa injectie AC W01 (Figura 4);
- multivalvă Tomasetto AT02 (Figura 6).



Fig. 4. Reductor și rampă de injecție



Fig. 5. Unitate electronică de control



Fig. 6. Multivalvă

Prețul instalației cu montaj este de 3.223 lei. Conform [13] cu o instalație GPL se realizează o economie lunară de 360 lei, în condițiile în care se realizează un rulaș lunar de 1000 km, autovehiculul având un consum de benzină de 10 litri/100 km, iar prețul GPL este de 3,42 lei/litru și al benzinei este de 7,36 lei/litru. Consumul litric de GPL pentru un motor este cu maxim 10% mai mare decât consumul de benzină, fapt datorat densității GPL care este mai mică decât cea a benzinei. Luând în considerare aspectele prezentate anterior, se realizează o economie reală de aproximativ 40-45%. Datorită acestui fapt, amortizarea investiției pentru montarea unei instalații GPL se face relativ ușor (aproximativ 10.000-15.000 km), numai din diferența de cost benzină-GPL.

4. Concluzii

GPL este un combustibil alternativ promițător deoarece este ușor disponibil, produce emisii pure și performanța sa este comparabilă cu cea a benzinei sau motorinei. Cu toate acestea, există unele dezavantaje în utilizarea GPL ca combustibil pentru vehicule: diferență de putere, cu 2-3% mai mică decât puterea motorului pe benzină, Alimentari mai lungi și mai frecvente, costuri inițiale ridicate și preocupări legate de siguranță.

Remarcăm în Europa un trend ascendent la nivel calitativ două dintre brandurile grupului Westport: Prins din Olanda și Zavoli din Italia care au un background tehnic foarte vast focusându-și toată experiența și expertiza acumulată pentru noile tehnologii în domeniu. PRINS VSI-3 DI reprezintă noua gamă de instalații GPL pentru motorizări de ultimă generație cu injecție directă de benzină. Consumul de carburant fiind optimizat astfel încât din totalul consumului autoturismului pe benzină, după montajul instalației GPL va consuma 95% GPL și 5% benzină, adică dacă mașina ar consuma 10 litri benzină/100 km, după montajul instalației GPL va consuma 9,5 litri GPL și 0,5 litri benzină la 100 de km.

Sunt în testare și omologare instalații care corespund ultimelor norme de poluare până la Euro6 dar și ultimelor tipuri de injecție pentru autoturisme TSI, TFSI și GDI, care folosesc injectoarele originale ale autoturismului și pornesc direct pe GPL nemaifiind nevoie de pornirea pe benzină ca la instalațiile GPL normale.

De asemenea, sunt în teste și instalații GPL pentru motoare Diesel, atât pentru autoturisme cât și pentru autocamioane.

Bibliografie:

- [1]. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/RO/TXT/HTML/?uri=CELEX:32023R1804>
- [2]. <https://www.euronews.ro/articole/piata-masinelor-electrice-si-hibride-este-in-cadere-libera-vanzarile-au-scazut-dr>
- [3]. <https://cngromania.eu/motoarele-auto-cu-gaz-natural-comprimat-mai-aproape-de-piata/>
- [4]. https://www.claverton-energy.com/wordpress/wp-content/uploads/2012/08/the_energy_and_fuel_data_sheet1.pdf
- [5]. <https://www.scribd.com/doc/150232450/Punct-de-Inflamabilitate>
- [6]. <https://www.purolite.com/dam/jcr:c0f3b75c-a583-496b-96d3-18e710c77dbd/7%20FDS%20Gaz%20natural.pdf>
- [7]. https://molromania.ro/images/mol_ro/pdf/Autozzon_Velunk/Uzemananyagok/Benzina%2095%20si%2098.pdf
- [8]. <https://www.omv.ro/services/downloads/00/omv.ro/1522148175656/fds-motorina-standard-sf-43.pdf>
- [9]. <https://www.rarom.ro/cs-uploads/GPL2009.pdf>
- [10]. <https://lpgshop.co.uk/lpg-tanks-and-multivalves/>
- [11]. Gerutu, G.B.; Greyson, K.A.; Chombo, P.V. Compressed Natural Gas as an Alternative Vehicular Fuel in Tanzania: Implementation, Barriers, and Prospects. Methane 2023, 2, 66-85. <https://doi.org/10.3390/methane2010006>
- [12]. <https://www.optiuneagpl.ro/produse>

- [13]. <https://www.montezagpl.ro/instalatii-gpl-dacia/logan/logan-2013-2016/kit-gpl-dacia-logan-ii-mpi-4-cil-dupa-2013-rezervor-cil-28l-205245-e>