

Compararea performanțelor unei instalații frigorifice auto utilizând agenții R134a și HFO1234yf

Comparing the performance of a refrigeration car using R134a agencies and HFO1234yf

Răzvan CALOTĂ¹, Alexandru NIȚU²

^{1,2} Technical University of Civil Engineering, 66, Pache Protopopescu Bd. Bucharest 2, Romania

Rezumat. Uniunea Europeană propune interzicerea folosirii agenților frigorifici care au coeficientul de încălzire globală (GWP) mai mare de 150, astfel încât se intenționează ca pe viitor freonul R134a, cu un GWP de 1430, să fie înlocuit de noul freon HFO-1234yf, cu un GWP de 4, prevenind astfel distrugerea stratului de ozon, dar și reducerea efectului negativ asupra încălzirii globale.

Lucrarea de față prezintă o comparație între agenții frigorifici R134a și HFO-1234yf, având în vedere reglementările actuale din punct de vedere al protecției mediului înconjurător. HFO-1234yf, este un agent frigorific de tip hidro-fluoro-olefină, cu un raport de comprimare mai scăzut cu 9% decât R134a și este compatibil cu materialele din care sunt realizate echipamentele din sistemele frigorifice actuale.

Cuvinte cheie: agenți frigorifici, protecția mediului, freon

Abstract. EU proposes ban on the use of refrigerants that have coefficient of global warming (GWP) below 150, so it is intended that future refrigerant R134a, with a GWP of 1430, to be replaced by the new refrigerant HFO - 1234yf, with a GWP 4, thereby preventing destruction of the ozone layer and reduce the negative effect on global warming.

This paper presents a comparison between R134a and HFO refrigerants - 1234yf, given current regulations in terms of environmental protection. HFO - 1234yf is a refrigerant - type hydro- fluoro -olefins with a compression ratio of 9% lower than R134a and is compatible with the materials they are made from refrigeration systems current equipment.

Keywords : refrigerants, environmental protection, freon

1. Introducere

1.1 Scurt istoric

În anul 1939 compania Packard Motors a fost primul producător auto care a implementat un sistem de climatizare în interiorul mașinilor. Această primă încercare de climatizare a vehiculelor nu a avut succes din următoarele considerente:

- vaporizatorul și sistemul de introducere a aerului climatizat în habitacul mașinii ocupa jumătate din spațiul portbagajului;
- nu exista un termostat de oprire a instalației sau un mecanism de oprire a ventilatorului pentru a stopa accesul aerului climatizat în interiorul mașinii;

În anul 1954, Nash Ambassador a fost prima mașină din America care avea integrată în partea din față toată instalația de climatizare auto: vaporizator, codensator, compresor, ventil de laminare.

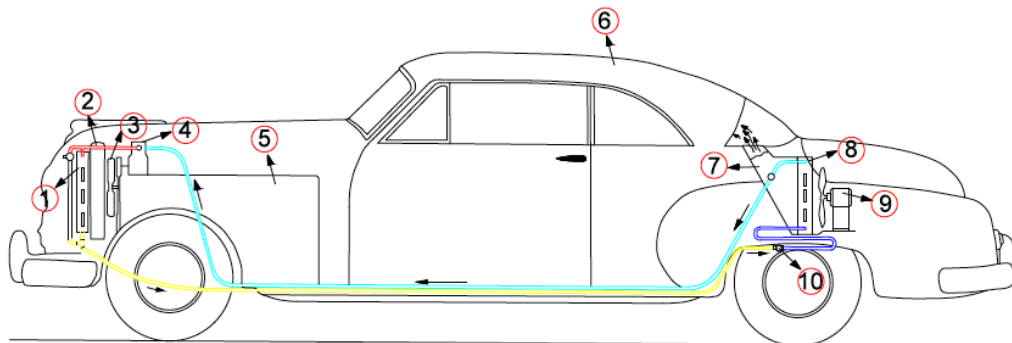


Figura 1. Schema instalației frigorifice a unui automobil în anul 1939, [4].

Legendă: 1-vaporizator, 2-radiator, 3-ventilator, 4-compresor, 5-motor, 6-automobil, 7-aeroterma, 8-vaporizator, 9-ventilator, 10-ventil de laminare.

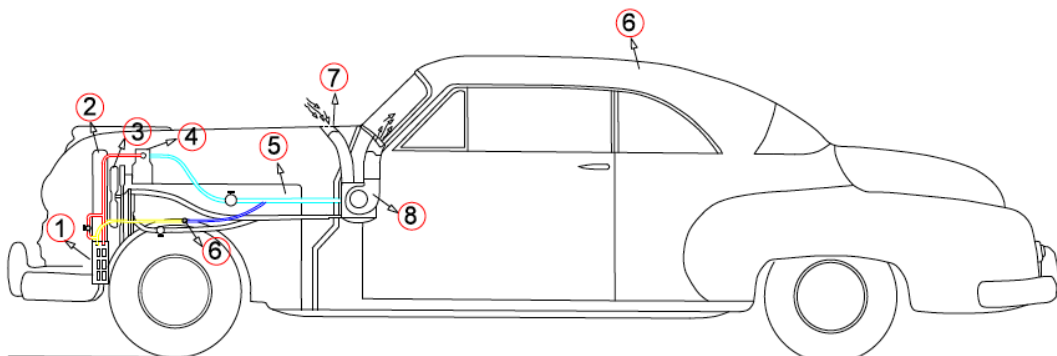


Figura 2. Schema instalației frigorifice a unui automobil în anul 1954, [4].

Legendă: 1-vaporizator, 2-radiator, 3-ventilator, 4-compresor, 5-motor, 6-automobil, 7-priză aspirație aer exterior, 8-vaporizator, 9-ventil de laminare

Din acel moment instalația de climatizare s-a dezvoltat permanent, schimbătoarele de căldură devenind din ce în ce mai compacte, agenții frigorifici utilizați având un efect scăzut asupra încălzirii globale, iar automatizarea a devenit în zilele noastre completă pentru tot sistemul.

1.2 Prezentarea agenților frigorifici utilizați în instalația de climatizare auto

Ca urmare a efectului asupra încălzirii globale, Comisia Europeană a propus interzicerea utilizării agentului frigorific R134a, în instalațiile de aer condiționat din cadrul mașinilor noi, încă de la 1 ianuarie 2011. Aplicarea acestei propuneri a fost amânată pentru viitorul apropiat. Agenții frigorifici de înlocuire trebuie să aibă un coeficient de încălzire globală mai mic de 150. Până de curând, principalul candidat pentru a înlocui R134a a fost dioxidul de carbon cu GWP de valoare 1. Acesta însă are mai multe dezavantaje, inclusiv presiune semnificativ mai mare și eficiență mai mică a ciclului termodinamic. În plus instalația de climatizare auto necesită modificări semnificative de proiectare.

HFO-1234yf a fost identificat recent ca o alternativă potențială, cu proprietăți similare R134a, și care îndeplinește cerințele de reglementare ale UE, privind protecția mediului.

Potrivit comunicatelor de presă, au fost efectuate numeroase teste pe instalații auto care utilizau agentul HFO-1234yf. Daimler a susținut găsirea unui anumit scenariu în care agentul frigorific se poate scurge la presiuni ridicate și aprinde. În urma unor teste s-a constatat că după o coliziune auto frontală conductele de agent frigorific se pot rupe, pulverizând freonul pe sistemul de evacuare, existând posibilitatea producerii unui incendiu. Pe baza acestor experimente Daimler a declarat că va continua să folosească agentul R134a în toate instalațiile de climatizare a automobilelor sale. [8], [9].

Proprietățile termodinamice ale agentului HFO-1234yf sunt asemănătoare cu cele ale R134a conform Tabelului 1 și Figura 3. Punctul de fierbere, punctul critic și densitatea de lichid și vaporii sunt comparabile cu cele corespunzătoare R134a. Presiunea vaporilor este ușor mai mare la temperaturi sub 25°C și puțin mai mică la temperaturi de peste 60°C, ceea ce poate genera un raport de comprimare mai mic și o mai bună eficiență a compresorului.

Tabel 1.

Comparație între proprietățile termodinamice ale agenților

Proprietăți termofizice	HFO-1234yf	HFC-134a
Punct de fierbere, t_f [°C]	-29	-26
Punct critic, t_{cr} [°C]	95	102
p_0 , [MPa] (25 °C)	0.677	0.665
p_0 , [MPa] (80 °C)	2.44	2.63
ρ_l , [kg/m ³] (25 °C)	1094	1207
ρ_v , [kg/m ³] (25 °C)	37.6	32.4

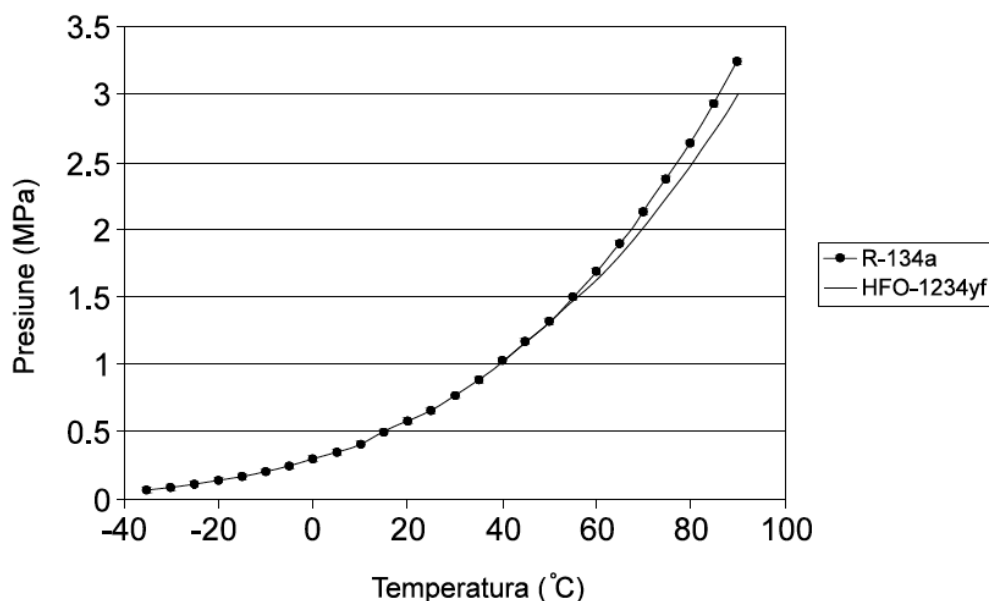


Figura 3. Grafic comparativ între agenții R134a și HFO 1234yf

Figura 3 reprezintă influența temperaturii asupra presiunii de vaporizare pentru cei doi agenți de lucru. Se poate observa că presiunea de vaporizare a agentului HFO-1234yf este aproximativ egală cu cea a agentului utilizat în prezent în instalațiile de climatizare auto, respectiv R134a.

2. Schema instalației de climatizare auto

Instalația frigorifică auto are scopul de răcire a aerului din habitacul în sezonul cald, atunci când temperaturile exterioare depășesc indicele de confort termic, și de a reduce umiditatea relativă din interiorul mașinii. Componentele principale ale instalației sunt compresorul, condensatorul,

vaporizatorul și ventilul de laminare, care, împreună cu alte componente auxiliare, cum ar fi separatorul de lichid, dezhiduratorul, contribuie la realizarea efectului de frig.

Cantitatea de freon folosită în instalațiile de climatizare auto diferă în funcție de volumul habitaculului. În general se încarcă cu 500÷1000 g de freon în funcție de producător.

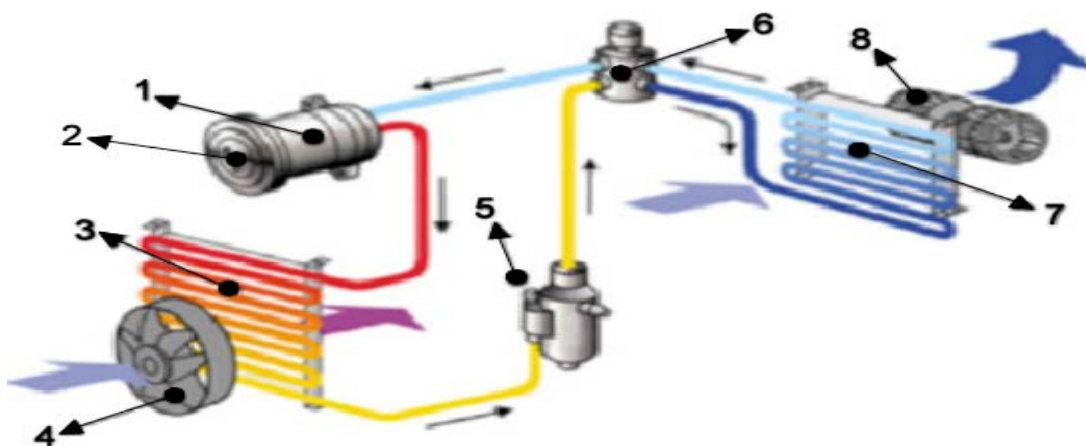


Figura 4. Elementele instalației de aer condiționat pentru automobile, [8].

Legendă: 1-compresor, 2-ambreaj compresor, 3-condensator, 4-ventilator condensator, 5-deshidurator, 6-ventil de laminare, 7-vaporizator, 8-ventilator.

3. Analiza ciclurilor termodinamice ale agenților HFO-1234yf și R134a

3.1. Alegerea parametrilor de calcul

S-a făcut un studiu comparativ cu următoarele date de intrare:

- agentul frigorific: R134a și HFO1234yf;
- agentul răcit: aer
- temperatura exterioară a aerului exterior (proaspăt) în sezonul cald; $t_{i1} = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$
- temperatura aerului refulat în habitacul auto; $t_{r1} = 17\text{ }^{\circ}\text{C}$
- agentul de răcire: aerul exterior
- temperatura evacuată de pe suprafața condensatorului: $t_{e2} = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
- puterea de comprimare pentru un habitacul auto de 3 m^3 , $P_k = 0.736\text{ kW} = 1\text{ CP}$ - valoare aleasă în urma cercetărilor în domeniu. [1]

3.2. Stabilirea parametrilor termodinamici ai celor 2 agenți

În funcție de temperaturile $t_0 = 11^{\circ}\text{C}$ și $t_c = 46^{\circ}\text{C}$ se determină presiunea, entalpia masică, volumul masic atât pentru vapori saturați (stările 1 și 2''), cât și pentru lichid saturat (stările 4 și 6), din tabelele cu proprietăți termodinamice pe curba de saturație. Din diagramele presiune-entalpie specifică, în urma trasării ciclurilor termodinamice rezultă restul parametrilor.

3.2.1. Agentul frigorific R134a

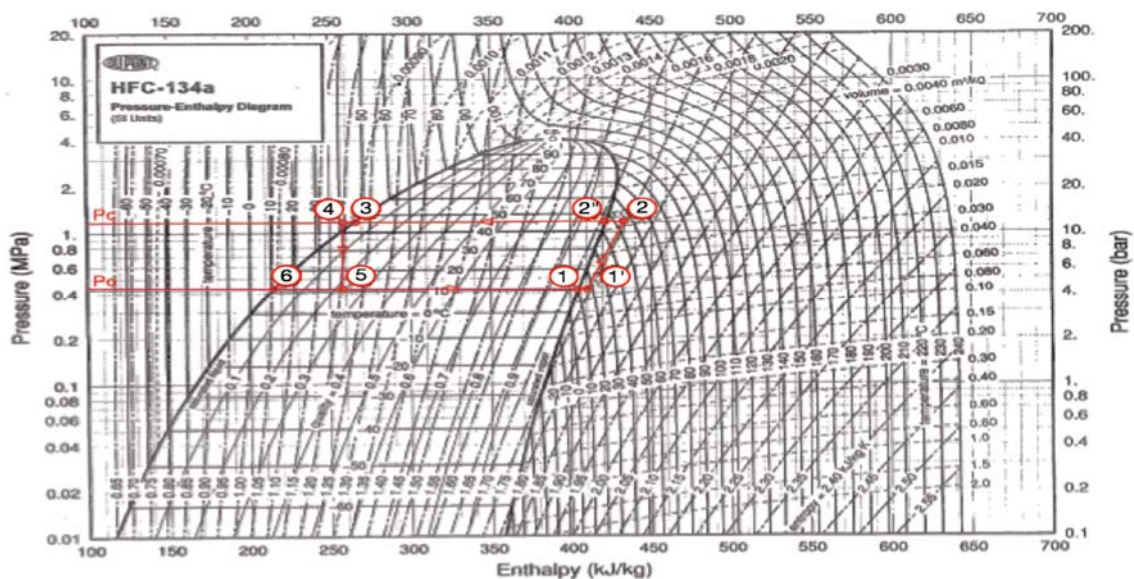


Figura 5. Diagrama log p-h reprezentând ciclul termodinamic teoretic pentru R134a

3.2.2. Agentul frigorific HFO-1234yf:

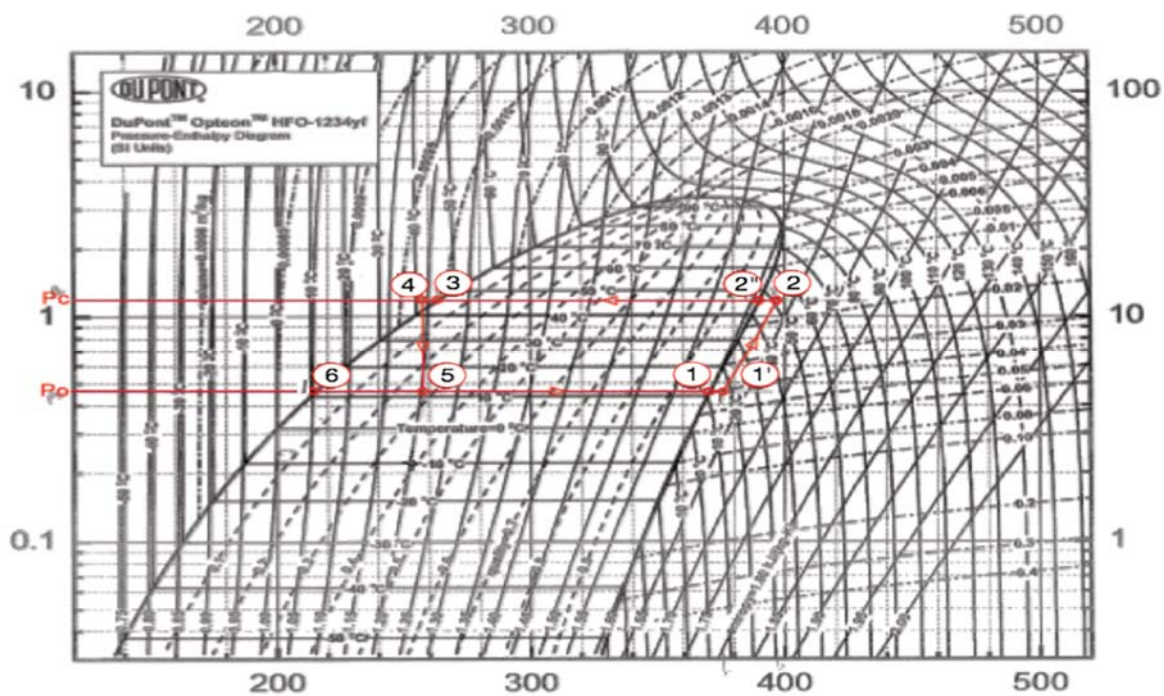


Figura 6. Diagrama log p-h reprezentând ciclul termodinamic teoretic pentru HFO-1234yf

Tabel 2.

Parametrii termodinamici ai ciclului

Punct	1	1'	2	2''	3	4	5	6
t [°C]	11	16	55	46	46	41	11	11
p [bar]	4.28	4.28	11.9	11.9	11.9	11.9	4.28	4.28
h [kJ/kg]	405.1	410	434	422.3	265.7	258	258	215
v [m ³ /kg]	0.0478	0.050	0.017	0.0169	0.0009	0.00088	-	0.0008

Tabel 3.

Parametrii termodinamici ai ciclului

Punct	1	1'	2	2''	3	4	5	6
t [°C]	11	16	51.5	46	46	41	11	11
p [bar]	4.71	4.71	12.6	12.6	12.6	12.6	4.71	4.71
h [kJ/kg]	370.3	377.7	398.5	390.1	263.8	258.4	258.4	214.4
v [m ³ /kg]	0.04	0.04	0.015	0.0147	0.00099	0.00095	-	0.00087

Valorile parametrilor agenților frigorifici se vor centraliza în Tabelul 4 după cum urmează:

Tabel 4. Compararea principalelor proprietăților termodinamice

Agent frigorific Parametrii	R134 a	HFO-1234yf
p_0 [bar]	4.28	4.71
p_c [bar]	11.9	12.6
Raport comprimare	2.78	2.67
$\dot{m}_{ag.f}$ [kg/s]	0.031	0.035
$\dot{Q}_0$ [kW]	4.66	4.22
$\dot{Q}_c$ [kW]	5.39	4.96
EER [-]	6.33	5.73
GWP [-]	1430	4
Clasa de inflamabilitate	A1	A2L

Unde: p_0 – presiunea de vaporizare, p_c – presiunea de condensare, $\dot{m}_{ag.f}$ – debit masic de agent frigorific, $\dot{Q}_0$ – puterea frigorifică, $\dot{Q}_c$ – puterea de condensare, EER – eficiența frigorifică.

În urma trasării ciclului termodinamic și a efectuării calculelor putem concluziona că proprietățile termodinamice ale celor doi agenți sunt apropiate ca valoare, permițând astfel înlocuirea agentului R134a, cu noul agent HFO-1234yf în instalațiile auto existente, fără a interveni modificări majore asupra instalației de climatizare.

4. Alte caracteristici rezultate din diferite încercări experimentale

Teste independente efectuate de DuPont și Honeywell, au arătat că HFO-1234yf este "foarte dificil de a se aprinde" și acest agent frigorific "arată același comportament de inflamabilitate ca și R-134a." Acest rezultat a fost obținut în urma unor teste de laborator, având un stand experimental de dimensiunile habitacului unui automobil mic, respectiv un volum de 2.5 m^3 . Testul de inflamabilitate a cuprins două tipuri de aprinderi: un aprinzător cu butelie pe gaz, Figura 7, simulând astfel aprinderea unei brichete și un aparat de sudură cu arc electric, Figura 8, simulând astfel o eventuală descărcare electrică.

Testele au fost făcute simulând o scurgere de freon în urma unei coroziuni la sistemul de climatizare sau a unei eventuale rupturi a unei conducte din sistemul de climatizare.

În urma testelor de laborator nu s-a constatat aprinderea prin scânteele a eventualelor scăpări de freon în habitacul.

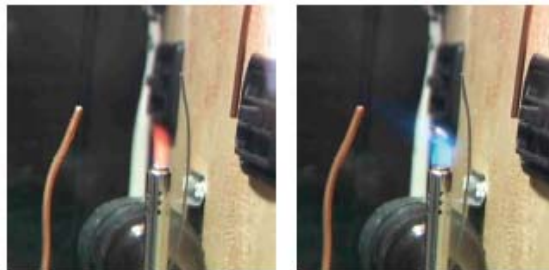


Figura 7. Test cu un aprinzător pe gaz în urma unei scurgeri de freon cauzată de coroziune

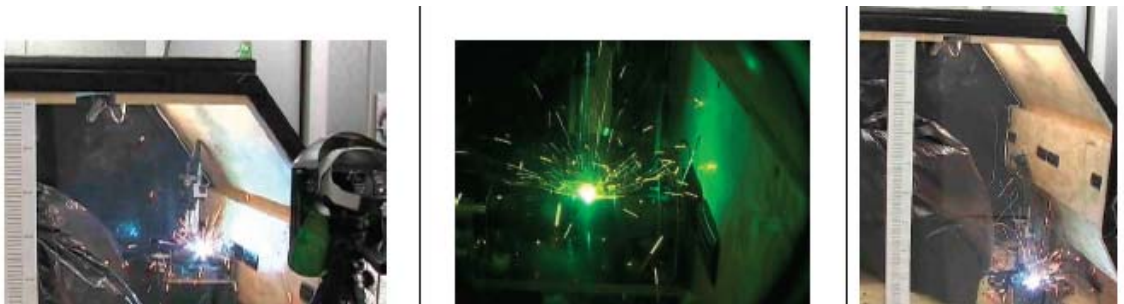


Figura 8. Test cu aparat de sudură cu arc electric, amplasat în zona grilelor de evacuare, [5].

5. Concluzii

În urma studiului efectuat și a cercetărilor teoretice s-au tras următoarele concluzii:

- diferența din punct de vedere a toxicității dintre cei doi agenți nu este mare, nivelul acesteia fiind mai mică sau egal cu 400 ppm într-un volum dat.

- clasa 1 de inflamabilitate a agentului R134a, indică agenți frigorifici care nu prezintă flacără de propagare, comparativ cu noul agent HFO-1234yf care are clasa de inflamabilitate 2L, fiind un agent frigorific dificil de aprins, având o propagare lentă a flăcării (1.5 cm/s).

- coeficientul de încălzire globală corespunzător agentului HFO-1234yf are valoarea 4, fiind un care respectă noile normative impuse de Uniunea Europeană, comparativ cu freonul utilizat în instalațiile auto actuale, R134a, cu un GWP de 1430.

- în urma trasării ciclului termodinamic și a efectuării calculelor rezultă că proprietățile termodinamice ale celor doi agenți folosiți sunt apropiate ca valoare.

Concluzia generală este că se poate înlocui vechiul agent R134a în instalațiile auto, cu noul agent HFO-1234yf, acesta din urmă fiind mai puțin poluant, fără a interveni modificări majore asupra echipamentelor componente ale instalației de climatizare auto.

6. Bibliografie

- [1] Hera D., Drughean L., Girip A. (2009) - *Scheme și cicluri frigorifice pentru instalații cu comprimare mecanică, Îndrumător de proiect*, Editura V, Matrix Rom.
- [2] Hera D. (2009) - *Instalații frigorifice. Volumul III. Echipamente frigorifice*. București, Ed. Matrix Rom.
- [3] Robert V. Anderson (1956) - Air conditioning system for automobiles, patent US2286961 A.
- [4] Barbara Minor, Mark Spatz (2008) - HFO-1234yf Low GWP Refrigerant Update, The International Refrigeration and Air Conditioning Conference.
- [5] Coolpack software
- [6] www2.dupont.com/ISCEON
- [7] <http://www.eurospecialists.co.uk/portals/0/Images/AirCon%20Diagram.jpg>
- [8] http://switchboard.nrdc.org/blogs/ddoniger/european_commission_holds_firm.html
- [9] <http://fridgehub.com/News/335/european-commission-launch-legal-proceedings-against-germany-over-banned-refrigerant/>