

REDUCEREA EMISIILOR NOCIVE ALE MOTOARELOR CU ARDERE INTERNĂ PRIN UTILIZAREA OZONULUI ÎN FORMAREA AMESTECULUI DE ARDERE

Alexandru CRACIUN, Vladimir ENE, Vasile PLĂMĂDEALĂ**, Ilie BEIU***

Universitatea de Stat din Moldova

**Academia de Transporturi, Informatică și Comunicații*

***Universitatea Tehnică a Moldovei*

The paper studies the influence of ozone enriched air, obtained through electro-synthesis, on the reduction of harmful emissions in the exhaust gases generated from burning of working mixtures in an engine with internal combustion.

Introducere

Pe parcursul ultimilor douăzeci de ani domeniile de utilizare a ozonului au devenit tot mai vaste datorită implementării noilor elaborări, care poartă un caracter continuu. Dezvoltarea pe larg a tehnologiilor cu utilizarea ozonului este determinată de puritatea ecologică a acestuia. În reacțiile chimice ozonul se descompune în oxigen molecular și în oxigen atomic – produși care nu poluează mediul și nu contribuie la formarea substanțelor cancerigene, spre deosebire de oxidarea cu clor sau cu fluor.

Una dintre metodele de diminuare a emisiilor nocive cu gazele de eșapament ale motoarelor cu ardere internă (MAI) se bazează pe utilizarea aerului îmbogățit cu ozon pentru crearea amestecului aer-benzină în motorul cu benzină și a încărcăturii aeriene în motorul Diesel, precum și pe introducerea unui astfel de amestec în canalul de evacuare pentru oxidarea parțială a componentelor nocive din gazele de eșapament (GE).

La obținerea ozonului o parte din oxigenul atomic, care nu a interacționat cu oxigenul molecular, la fel va contribui la plenitudinea arderii carburanților pentru motoare.

Motorul cu ardere internă este un generator ecologic de energie mecanică doar în cazul funcționării lui în regim de putere maximă (nominală), când se respectă cu strictețe raportul stoechiometric între cantitățile de aer și combustibil la formarea amestecului combustibil-aer.

Pentru diminuarea emisiilor nocive (CO și C_nH_m) este necesar de a spori eficiența (plenitudinea) arderii amestecului benzină-aer în motorul cu benzină și a amestecului aer-motorină în motorul Diesel, ceea ce se poate realiza prin menținerea coeficientului necesar de exces de aer sau prin sporirea conținutului de oxidanți efectivi în aerul alimentat în galeria de admisie a MAI. Oxidanți eficienți sunt ozonul, hidrogenul atomic și oxigenul, peroxidul de hidrogen, radicalii HO_2 și hidroxilul OH .

Ozonul poate spori substanțial plenitudinea arderii amestecului aer-benzină, ceea ce va duce la diminuarea cantității de emisii nocive, cum ar fi CO , C_nH_m și NO_x , contribuind esențial la diminuarea cantității de emisii nocive ce revin conversiei în neutralizatorul catalitic, sporind durata de exploatare a acestuia și reducând cantitatea de emisii nocive în atmosferă. Plus la aceasta, o parte din ozonul format poate fi introdus în galeria de eșapament a gazelor, după neutralizatorul catalitic, iar cantitatea de emisii nocive se va reduce și mai mult.

Influența aerului îmbogățit cu ozon asupra diminuării emisiilor nocive ale MAI am demonstrat-o în [1]. Ozonul se formează din oxigen, inclusiv din oxigenul aerului. Sinteza acestuia poate fi realizată prin diferite metode, cea mai eficientă fiind sinteză electrică cu utilizarea descărcării de tip corona [2].

Partea experimentală

Pentru obținerea aerului îmbogățit cu ozon, utilizat la arderea amestecurilor aer-carburant în MAI, mai acceptabilă este descărcarea prin efectul corona de barieră, care permite realizarea mai compactă a ozonizorului, pentru amplasarea lui sub capota automobilului (compartimentul motorului), precum și o construcție mai simplă a acestuia. În acest caz este de dorit ca și sursa de tensiune înaltă să fie de dimensiuni mici, pentru a putea fi amplasată în compartimentul motorului. Noi am elaborat și am confecționat două modificări ale ozonizoarelor cu utilizarea descărcării prin efect corona al stratului de baraj (Fig.1,2) și sursă de curent de înaltă tensiune și de înaltă frecvență.

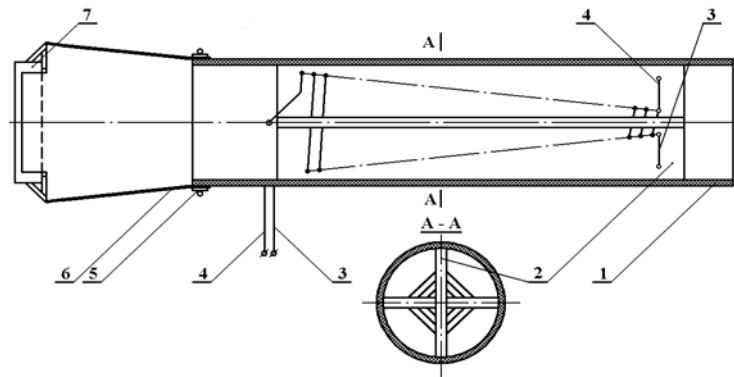


Fig.1. Ozonizorul (modificarea-1):

1 – tub; 2 – suport în formă de cruce; 3 și 4 – electrozi din fire;
5 – brațară; 6 – confuzor; 7 – ventilator.

Ozonizorul (modificarea-1) este prezentat în Figura 1 în secțiune longitudinală și reprezintă o construcție în formă de tub (1) din material dielectric, în interiorul căruia se află o cruce piramidală (2), din material electroizolant, pe care sunt înfășurați electrozii din sârmă (3) și (4). La ieșire electrozii se cuplează la sursa de tensiune. Pe tubul (1), cu ajutorul unei bride (brațări, scoabe) (5), se fixează confuzorul (6), prin care cu ajutorul ventilatorului (7), alimentat de la o sursă de curent continuu de 12 V, aerul intră prin tubul (1) și trece printr-un câmp electric, creat la descărcarea prin efect corona cu ajutorul electrozilor (3) și (4), alimentați cu tensiune înaltă, aerul devenind saturat cu ozon. La ieșire din ozonizor, aerul, îmbogățit cu ozon, intră în galeria de admisie a MAI. O parte din acest aer poate fi adusă la sistemul de evacuare a GE, pentru a intensifica oxidarea componentelor nocivi ai acestora. Ozonizorul propus este cu echicurent.

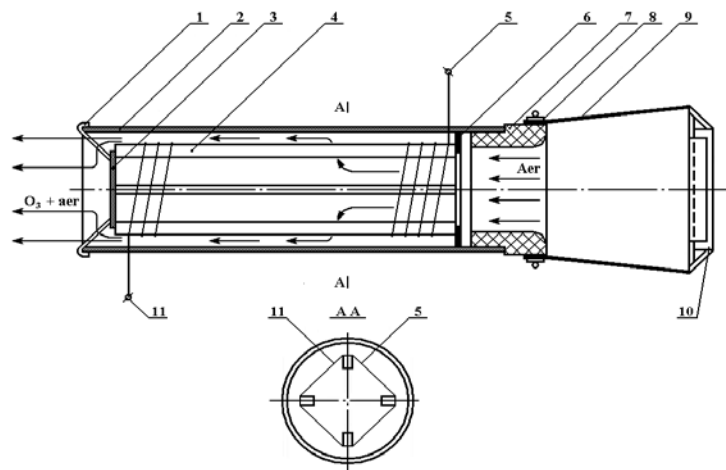


Fig.2. Ozonizorul (modificarea-2):

1 – suport din fire; 2 – țevă; 3 – capac (orb); 4 – tijă; 5 – borna firului electric; 6 – șaibă;
7 – îndrumar pentru aer; 8 – brațară; 9 – confuzor; 10 – ventilator; 11 – borna firului electric.

Modificarea a doua a ozonizorului (secțiunea lui longitudinală) este prezentată în Figura 2 în formă de tub și este executată prin analogie cu modificarea-1.

Ozonizorul (modificarea-2, Fig.2) prezintă următoarea construcție: țeva (2) din material dielectric care conține în interiorul său o carcasă unică, care constă din capacul (3), patru tije (4) și o șaibă (6) cu orificiu pentru trecerea aerului. Carcasa unică este fixată de țeva (2) cu ajutorul unui suport din fire (1). Exterior carcasa, pe tijele (4), este înfășurată cu două fire de tensiune înaltă și joasă unite la bornele (5) și (11). Curentul

de aer, format de ventilatorul (10), trece prin confuzorul (9), prin conducta (7) și prin orificiul din șaiba (6) în zona de acțiune a descărcării prin efect corona, unde are loc formarea ozonului.

Spre deosebire de modificarea-1, în ozonizorul modificarea-2 curentul de aer se îmbogățește cu ozon, în timpul trecerii forțate prin zona descărcării cu efect corona, creat de doi electrozi de sârmă, înfășurați pe tijele (4), datorată capacului (3), care împiedică cursa directă a aerului.

Ozonizorul modificarea-2 este alimentat de o sursă de curent alternativ de tensiune înaltă, alimentată, la rândul ei, de o sursă de bord de curent continuu cu tensiunea de 12 V.

Pentru intensificarea procesului de obținere a ozonului la descărcare prin efect corona cea mai eficientă este utilizarea tensiunii alternative de înaltă frecvență.

În acest context, noi am elaborat și am executat o sursă de curent de înaltă frecvență de tensiune alternativă, care permite a avea o tensiune la ieșire de cca 3 kV, iar intensitatea curentului, consumat în rețeaua de bord, constituie 2 A, puterea consumată fiind de 24 W.

Au fost măsurăți parametrii electrici ai ozonizorului. Schema măsurării curentului și a tensiunii ozonizorului este prezentată în Figura 3. Tensiunea înaltă se măsoară cu ajutorul redresorului de vârf de înaltă tensiune (diodă de înaltă tensiune Д1 tip 2CL72, condensatorul C1 și rezistorul de încărcare R₁ tip КЭВ-0,5); curentul ozonizorului se măsoară cu ajutorul punții de joasă tensiune pe diode КД 521 și rezistorul de încărcare R2 tip MJT-O.

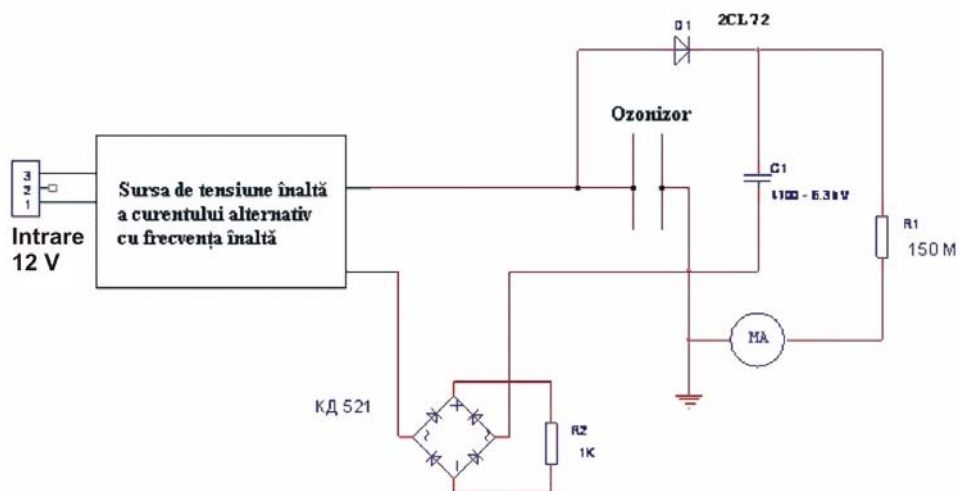


Fig.3. Schema măsurării tensiunii și a curentului ozonizorului.

Pentru a determina valorile de lucru ale tensiunii și curentului, este necesar a lua în considerare forma impulsurilor acestora, durata și perioada lor. Oscilograma tensiunii pe rezistorul de încărcare R₂, care corespunde curentului ozonizorului, este prezentată în Figura 4.

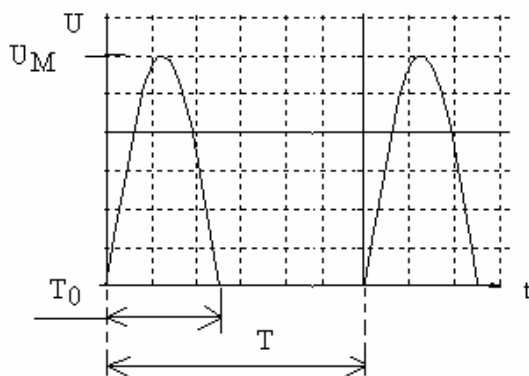


Fig.4. Oscilograma tensiunii.

Durata impulsului $T_0 = 0,2 \mu s$, perioada $T = 0,6 \mu s$. Amplitudinea tensiunii $U_M = 10 V$, ceea ce pentru R2 corespunde amplitudinii curentului $10 \mu A$.

Valoarea de lucru a curentului se determină cu relația:

$$I = I_M \sqrt{\frac{T_0}{2T}} = \frac{I_M}{2,45} = 4 \mu A.$$

Intensitatea curentului prin rezistorul R1 este de $44 \mu A$, ceea ce corespunde amplitudinii de înaltă tensiune:

$$U_i = 44 \cdot 150 = 6,6 kV.$$

În acest caz, valoarea de lucru a tensiunii se determină în mod similar:

$$U = U_i / 2,45 = 2,74 kV.$$

Obținerea ozonului a fost realizată prin electrosinteză cu utilizarea descărcărilor prin efect corona la ozonizoarele de o construcție originală (Fig.1,2), alimentată de o sursă de înaltă tensiune (de ordinul $3,0 kV$) de înaltă frecvență ($3000 \dots 4000 Hz$).

Ozonizoarele au fost instalate direct pe carburator, fără folosirea ventilatoarelor.

Încercările ozonizoarelor au avut loc pe motorul cu carburator cu patru cilindri pentru automobilul BA3 21011 în conformitate cu prevederile GOST-ului 17.2.2.03-8 „Concentrația limită admisibilă a substanțelor toxice în gazele de eșapament”, folosind standul de încercări pentru motoarele de automobile.

Pregătirea motorului și regimul lui de încercare au fost determinate de metoda încercărilor pe stand, aplicată în laboratorul Catedrei „Transportul auto”, UTM, la regimul mersului în gol al motorului, la două valori ale turațiilor arborelui cotit: $n_{\min} = 900 \text{ rot/min}$ și $n_{\max} = 4500 \text{ rot/min}$ ($0,8 n_e$).

Controlul emisiilor nocive (CO și C_nH_m) în țeava de eșapament a fost realizat cu ajutorul analizorului de gaze ABTOTECT-01.03M în absența ozonului și în prezența acestuia în canalul de admisie a motorului.

Rezultatele testărilor sunt prezentate în Tabel.

Tabel

Emisiile nocive ale motorului

Frecvența de rotație a arborelui de cotit, rot/min.	Oxid de carbon – CO, vol. %	Hydrocarburi – C_nH_m , mln^{-1} (ppm)
În absența ozonului		
$n_{\min} = 900$	3,6 (3,5)	1300 (1200)
$n_{\max} = 4500$	1,8 (2,0)	700 (600)
În prezența ozonului (modificarea-1)		
$n_{\min} = 900$	3,1 (3,5)	1100 (1200)
$n_{\max} = 4500$	1,6 (2,0)	600 (600)
În prezența ozonului (modificarea-2)		
$n_{\min} = 900$	2,0 (3,5)	1000 (600)
$n_{\max} = 4500$	1,3 (2,0)	500 (600)

Notă: în paranteze sunt indicate cantitățile admisibile (GOST 17.2.2.03-8) pentru un motor cu patru cilindri.

Concluzii

1. Testarea motorului alimentat cu aer îmbogățit cu ozon a indicat că concentrația CO în gazele de eșapament se reduce de 1,12-1,18 ori, iar cea a C_nH_m – de 1,16-1,4 ori.

2. Reducerea concentrației emisiilor nocive în GE permite a spori durabilitatea straturilor catalitice ale neutralizatorului GE.

3. Până la atingerea temperaturii de lucru în straturile catalitice ale neutralizatorului, motorul va produce o cantitate mai mică de emisii nocive, prin alimentarea lui cu aer îmbogățit cu ozon.

Referințe:

1. Craciun Al., Ene V., Plămădeală V., Beiu I. Cercetări cu privire la utilizarea ozonului în motoarele cu ardere internă în scopul reducerii emisiilor nocive // Studia Universitatis, 2010, nr.6(36), p.143-146.
2. http://www.waterline.ru/content_217. ООО «Триотехника» - инженерно-технический центр 2008.

Prezentat la 09.02.2012