



PRIMENA PIEZOELEKTRIČNOG EFEKTA U DOSTIZANJU
STEHIOMETRIJSKOG ODNOSA SMEŠE GORIVA I VAZDUHA

PIEZOELECTRIC EFFECT FOR APROPOSE OF STEHIOMETRIC MIXTURE
OF FUEL AND AIR

Dejan Krstić¹⁾

Rezime: Uvođenje ekoloških normi Euro 4 je iniciralo težnju poboljšanja performansi motora, tako da se u cilju postizanja optimalnih parametara ubrizgavanja i sagorevanja goriva, i dostizanja stehiometrijskog odnosa gorivo-vazduh, danas napustio koncept brizgaljki sa solenoidima, a razvio i primenio koncept piezoelektričnih brizgaljki. Time se znatno poboljšao kvalitet sagorevanja goriva, sa istovremenim poboljšanjem performansi motora i smanjenom količinom štetnih čestica u izduvnim gasovima.

Ključnereči: Euro 4, razvedeno intermitentno ubrizgavanje, smeša goriva i vazduha, stehiometrijski odnos smeše goriva i vazduha, piezoelektrični efekat, piezoelektrične brizgaljke.

Abstract: Adopting of Euro 4 environmental standards initiated the tendency of improving engine performance, therefore to the end of reaching the optimum parameters of fuel injection and combustion, and establishing the stehiometric relation between air and fuel, we gave up the concept of injectors with solenoids and developed and applied the concept of piezo-electric injectors. This improved the quality of fuel combustion significantly together with improvement of engine performance and reduction in presence of hazardous particles in exhaust emissions.

Key Words: Euro 4, Multipoint Fuel Injection, fuel and air mixture, stehiometric apropose of fuel and air mixture, piezoelectronic effect, piezoelectronic injectors.

1. UVOD

Od svog nastanka i primene, benzinski (otto) motori bili su opremljeni karburatorima, a od kraja osamdesetih masovno su počeli da se koriste uređaji za ubrizgavanje goriva. Njihova je osnovna prednost što bolje raspršuju gorivo u vazduhu i time daju bolju smešu uz istovremeno olakšavanje punjenja cilindra. Time se ostvaruju preduslovi za bolje sagorevanje goriva, odnosno povećanje snage uz smanjenje potrošnje goriva i emisiju štetnih gasova.

Prvi benzinski motori s ubrizgavanjem goriva proizvedeni su oko 1910. godine za avionske motore. Već tada su uočene bitne prednosti ubrizgavanja u odnosu na karburatorsku verziju, i to: napajanje gorivom postaje nezavisno od položaja motora i znatno se olakšava regulacija rada motora i prilagođavanje promenljivom opterećenju. Zbog toga je ubrizgavanje goriva našlo masovnu primenu, dvadesetih u sportskim, a osamdesetih u serijskim automobilima.

Ubrizgavanje goriva je isprva bilo središnje (centralno), a kasnije se razvio koncept pojedinačnog (razvedenog) ubrizgavanja.

Središnje ubrizgavanje goriva na jednom mestu (single-point), ostvaruje se preko zajedničke brizgaljke, smeštene ispred zaklona za regulaciju protoka vazduha. Gorivo se ubrizgava u zajednički usisni kolektor te se (mešajući se sa vazduhom) posebnim usisnim cevima razvodi do svakog cilindra. Prednost ovog koncepta je jednostavno konstruktivno rešenje i niska cena. Mana je u nejednakim uslovima ubrizgavanja za svaki cilindar, čime se otežava regulacija i postizanje optimalnih parametara.

2. OPTIMIZACIJA SMEŠE GORIVO – VAZDUH

Pravilan rad benzinskih (otto) motora moguć je jedino uz kvalitetno napajanje gorivom i vazduhom. Neophodno je ostvariti njihov pravilan

odnos i potpuno mešanje, kako bi se dobila homogena smeša.

Problem sagorevanja u motoru nastaje zbog neadekvatne smeše goriva i vazduha. U eksploataciji vozila dolazi do nepravilnog odnosa smeše iz dva razloga.

Prvi, zato što sve čestice goriva ne uspevaju pronaći slobodan molekul kiseonika, usprkos višku vazduha u smeši. Zato je neophodno da raspršenje bude što finije, jer male kapljice goriva lakše dolaze u kontakt s kiseonikom i pravilno sagorevaju. Važna je i čistoća goriva, sa što manjim sadržajem primesa, koje su inhibitor stvaranja čestica ugljenika.

Drugi razlog nesavršenog sagorevanja je taj, što na mestima povišenog sadržaja kiseonika i temperatura nastaju azotni oksidi (Nox), koji se iz izduvnih gasova otklanjaju katalizatorima.

Rešavanje jednog problema po pravilu pogoršava drugi. Više vazduha znači manje čađe, ali više oksida NOx, i obratno. Još je veći problem nehomogenost smeše goriva i vazduha. Bez obzira što količina vazduha može biti prosečno dvostruko veća od potrebne, na pojedinim mestima vazduha može nedostajati. Na lokalitetima bogate smeše stvaraju se čestice čađe.

Za kvalitetno i potpuno sagorevanje benzina, potrebno je ostvariti pravilan odnos smeše goriva i vazduha. Takav se odnos naziva stehiometrijskim. Odnos između stvarno usisane količine vazduha i teoretske (prema stehiometrijskom odnosu) naziva se faktorom λ (lambda). Smeša je pravilna (idealna) kad je $\lambda=1$. Kad je $\lambda>1$ smeša je siromašna, a kod $\lambda<1$ smeša je bogata (prezasićena). Benzinski motor radi u području lambda od 0,5 do 1,3, a najveći i najčistiji efekat (što ukazuje na kvalitetno sagorevanje) ostvaruju kod $\lambda=1$.

Uvođenje ekoloških normi Euro 4 je dodatno iniciralo težnju ka poboljšanju performansi motora, tako da se u cilju postizanja optimalnih parametara ubrizgavanja i sagorevanja goriva, danas napustio koncept središnjeg ubrizgavanja goriva na jednom mestu (single-point), i razvio i usvojio koncept pojedinačnog (razvedenog) intermitentnog ubrizgavanja goriva. Pored promene koncepta ubrizgavanja, primenjene brizgaljke se solenoidima su ustupile mesto piezoelektričnim brizgaljkama, čime se znatno poboljšao kvalitet sagorevanja i performanse motora.

3. RAZVEDENO INTERMITENTNO UBRIZGAVANJE (MULTIPOINT FUEL INJECTION)

Multipoint Fuel Injection (engl. u više tačaka)
je oznaka pojedinačnog (razvedenog) ubrizgavanja

goriva u benzinski motor, s posebnim brizgaljkama za svaki cilindar, koje omogućuju optimalni rad i dobre performanse, uz istovremenu nisku potrošnju goriva i čist izdov. Zbog povoljne cene to je trenutno najbolja koncepcija benzinskog napajanja.

Gorivo se ubrizgava u svaku usisnu cev cilindra ispred usisnog ventila. Ubrizgavanje može biti kontinuirano (stalno) i intermitentno (isprekidano, odnosno periodično).

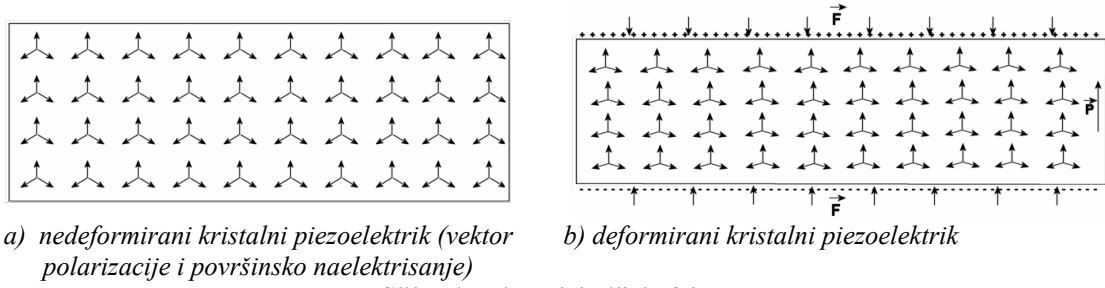
Većina modernih motora ima pojedinačno intermitentno ubrizgavanje, zbog mogućnosti ubrizgavanja goriva uz istovremenu preciznu regulaciju količine ubrizganog goriva, što je posebno važno kod motora s katalizatorom. Tako se postiže ujednačen kvalitet smeše, veća snaga uz bolje dinamičke karakteristike motora, niža potrošnja goriva u odnosu na klasično ubrizgavanje bez regulacije količine ubrizganog goriva, kao i ekološki efekat.

Intermitentnost ubrizgavanja goriva dobija na značaju primenom piezo-efekta i piezokristalnih brizgaljki, zbog mnogo bolje osetljivosti i regulacije ubrizgavanja goriva. Piezoeftom se postiže intermitentnost ubrizgavanja goriva reda veličine desetihiljadite sekunde, odnosno po ciklusu je moguće čak pet ubrizgavanja.

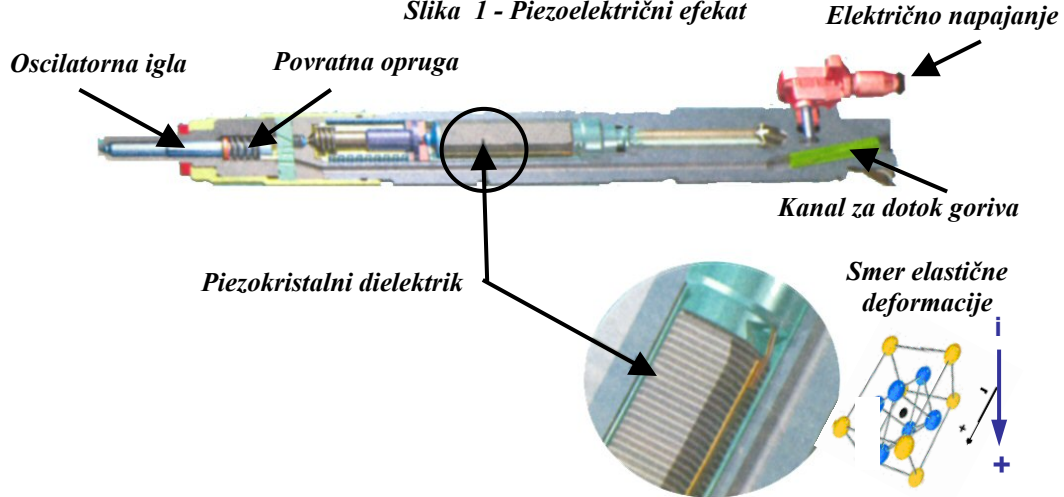
4. PIEZOELEKTRIČNE BRIZGALJKE

Piezoelektrični efekat je pojava stvaranja vezanih električnih naelektrisanja na površini čvrstog tela prilikom njegove deformacije i obratno.

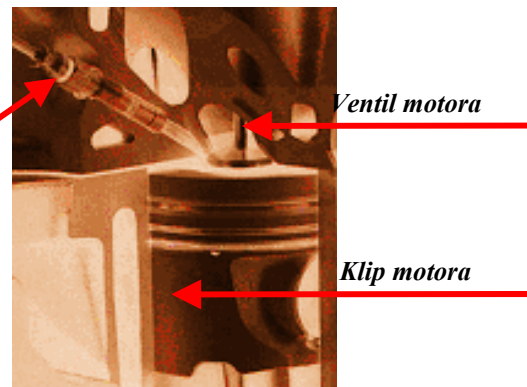
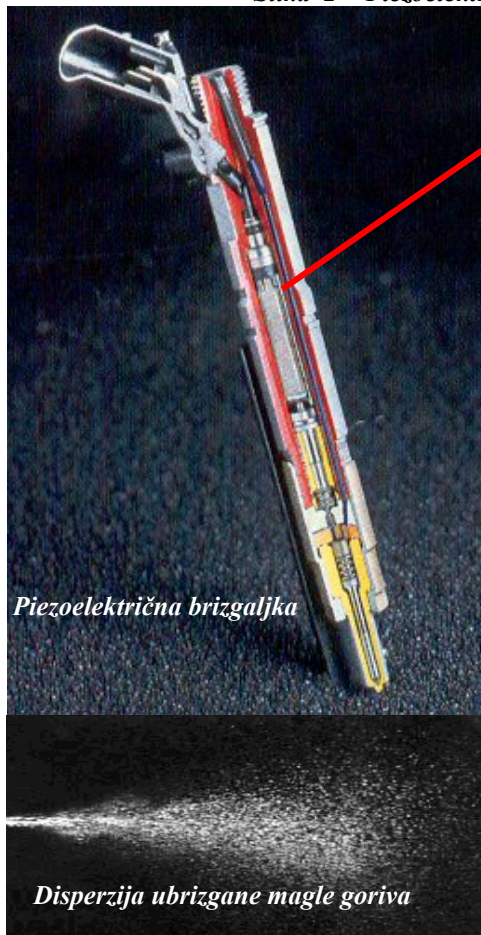
Za opažanje piezoelektričnog efekta neophodno je da se piezoelektrični materijal ponaša kao dielektrik, tj. izolator. Iako se u takvom dielektriku u odsutstvu spoljašnjeg električnog polja ne opaža nikakav ukupan dipolni moment, tj. ne pojavljuje se nikakvo spoljne električno polje, u prisutstvu električnog polja opaža se neki ukupan dipolni moment. Ova pojava govori da se u prisutstvu električnog polja u dielektriku indukuju dipoli (orijentirani suprotno smeru sila električnog polja). Svi pojedinačni indukovani dipolni momenti u dielektriku su usmereni u istom smeru, pa se može posmatrati ukupan vektor polarizacije dielektrika. Može se pokazati da su električno polje i potencijal unutar i izvan takvog dielektrika ekvivalentni onima koji bi bili izazvani postojanjem samo površinskog naelektrisanja na dielektriku. Takavo površinsko naelektrisanje naziva se "vezano naelektrisanje". Ukratko, indukovani dipoli u dielektriku manifestiraju se kao površinsko naelektrisanje.



Slika 1 - Piezoelektrični efekat



Slika 2 - Piezoelektrična brizgaljka



Slika 3 - Poprečni presek piezoelektrične brizgaljke sa lokacijom ugradnje u kućište motora

Ove karakteristike piezoelektrika su primenjene u automobilske industriji u rešavanju problema elektronskog ubrizgavanja goriva. Naime, klasično elektronsko napajanje se ostvaruje preko elektromagnetnog ventila, koji svoje mesto polako ustupa preciznijoj i efikasnijoj piezoelektričnoj brizgaljki, prikazanoj na slici br. 2.

Piezo metod ima više prednosti. Novorazvijene piezo brizgaljke rade mnogo brže i preciznije nego prethodno korišćeni ventili sa solenoidima (elektromagnetima) i omogućavaju veoma precizno doziranje goriva koje se ubrizgava u cilindre. Naime, Piezo-kristali se upravljaju strujom, pri čemu se igla ventila pokreće unutar desetihiljadite sekunde. Po ciklusu je moguće pet ubrizgavanja.

Ovaj proces dopušta i veću kontrolu nad veličinom istisnute kapljice goriva. Sićušne oscilacije unutar kristala dopuštaju da dimenzije kapljica goriva budu manje, a samim tim gustina brizganja veća.

Zbog svih ovih dobrih karakteristika, piezo kristali u automobilske industriji (slika br. 3.) definitivno potiskuju ventile sa solenoidima,

5. ZAKLJUČAK

Piezoelektrični efekt (*grč.* piezo - gurati) je pojava stvaranja vezanih električnih naelektrisanja na površini nekih čvrstih tela prilikom njihove mehaničke deformacije, i obratno. Teorijsku osnovu za razumevanje piezoelektričnog efekta postavio je Kelvin (1893.), a tenzorske jednačine koje opisuju (linearnu) vezu između deformacije i električnog polja kod piezoelektričnih kristala dao je Voight 1894.

Do prvih praktičnih primena piezoelektričnog efekta došlo je za vreme I. svetskog rata, kada su

proizvedeni prvi sonarni uređaji za otkrivanje podmornica.

Danas je pažnja usmerena na nove tehnološke primene i otkrivanje novih piezoelektričnih materijala (posebno korisne su se pokazale piezoelektrične keramike i sintetički polimeri). Ovim otkrićima otvorena su vrata velikom napretku u razumevanju fizike čvrstog stanja, a njihove tehnološke primene i civilizacijska važnost su velike.

Ove karakteristike piezoelektrika su danas primenjene i u automobilske industriji, i to za poboljšanje elektronskog ubrizgavanja goriva, u cilju preciznog regulisanja i doziranja istog, zbog znatne naponske osetljivosti i opsega radnog režima u milisekundama. Takvo direktno ubrizgavanje goriva doprinosi ujednačenom kvalitetu smeše goriva i vazduha, obezbeđuje veću snagu uz bolje dinamičke karakteristike motora, smanjuje potrošnju goriva, a ujedno doprinosi i smanjenju količine štetnih čestica u izduvnim gasovima.

LITERATURA

- [1] Ballato, A., "Piezoelectricity: History and New Thrusts", IEEE Ultrasonics Symposium, Vol. 1 (1996), str. 575-583.
- [2] Purcell, E., "Elektricitet i magnetizam", Udžbenik sveučilišta u Berkeleyu, Svezak 2, Tehnička Knjiga, Zagreb
- [3] „Piezoelektrični efekt“, Seminar iz opće fizike III, Fakultet fizičkih nauka, Zagrebačko sveučilište, Vedran Đerek, 2002.
- [4] „Primena novih materijala u automobilske industriji“, Seminarski rad, Centar za interdisciplinarnu i multidisciplinarnu studije i istraživanja, posle diplomске studije, Univerzitet u Kragujevcu, Krstić Dejan, 2006.