

1. Raportul stiintific si tehnic

Raportul de cercetare in extenso (11 pagini)

Cuprins :

1. Obiective generale (p. 1)
2. Obiectivele fazei de executie (p. 1)
3. Rezumatul fazei (p. 2)
4. Descrierea stiintifica si tehnica cu punerea in evidenta a rezultatelor fazei si gradul de realizare a obiectivelor (cu rezultate) (p. 3)
5. Anexe (documentatie, executie, teme de proiectare, atestari) (p.10)
6. Concluzii (punctual) (p.10)
7. Bibliografie (p.11)

1. Obiective generale

Punctual acestea se refera la implementarea unui sistem de aprindere (format dintr-un nou tip de bujie dubla si un sistem de aprindere electronica ce furnizeaza diferite forme de unda ale impulsurilor de alimentare) pe un stand motor monocilindru de tip EX1000 si diagnosticarea spectroscopica in aer a descarcarii de tip "spark" – scanteie produse cu ajutorul sistemului de aprindere propus.

La modul general obiectivele proiectului sunt inlocuirea plamei produse de scanteia unei bujii obisnuite cu una produsa intr-un volum mai mare, avand o mai buna omogenitate si caracteristicile unei plame reci din punct de vedere al speciilor active produse, care sa asigure o ameliorare a combustiei unui motor termic.

2. Obiectivele fazei de executie

- a) Optimizarea functionarii sistemului de aprindere. Aprecierea oportunitatii cuplarii sistemului de aprindere cu o descarcare electrica de tip GlidArc – supersonic
- b) Implementarea sistemului de aprindere propus pe un bloc motor
- c) Testarea unui minireactor cu GlidArc supersonic conectat la evacuarea din motorul monocilindru si studiul influentei parametrilor electrici asupra reducerii emisiilor de noxe
- d) Realizarea unei incinte (in quartz sau metalice) destinate studiului combustiei.

3. Rezumatul fazei

Activitatile partenerului roman corespunzatoare la a 2-a etapa au fost urmatoarele:

1. Definitivarea proiectarii si echiparii incintei metalice la inalta presiune care urmeaza a fi folosita pentru studiul combustiei produse de sistemul de aprindere propus in laborator. Intr-o ultima etapa de proiectare s-a decis utilizarea unei sonde de presiune piezoelectrice incluse in corpul bujiei cu dubla scanteie si renuntarea la utilizarea unui cilindru de preluare a socului exploziei din momentul aprinderii. Ideea initiala de analiza in timp real a plamei produse de scanteia electrica (cu ajutorul unor fibre optice sau prin metode spectroscopice) a ramas valabila prin utilizarea unui hublou dintr-un quartz special. Realizarea practica a acestei incinte a revenit in exclusivitate partenerului francez, dar conceptia si schitele de realizare au fost elaborate in colaborare.

2. Optimizarea functionarii sistemului de aprindere

Sistemul de aprindere se refera la doua componente: bujia cu dubla scanteie si sursa de alimentare. Realizarea bujiei cu dubla scanteie a fost imbunatatita prin practicarea in materialul izolant a unei cavitati care sa ajute la fixarea mecanica a electrozudului la potential flotant. Sursa de alimentare bazata pe microcontrollerul AT89S52 a fost optimizata prin implementarea mai multor programe care sa furnizeze diferite forme de unda ale impulsurilor aplicate in primarul bobinei de inductie, capabile sa influenteze calitatea combustiei. Cele 3 variante realizate cu limitele de variatie ale parametrilor sunt prezentate in descrierea stiintifica si tehnica de mai jos.

3. Implementarea sistemului de aprindere propus pe un bloc motor

Standul motor avut in vedere pentru partea experimentală, de tip EX1000, a fost pus la dispozitie de partenerul francez din acest proiect fara insa ca sa fie proprietatea acestuia. Prin urmare interventiile asupra lui s-au limitat doar la inlocuirea unei bujii clasice cu una cu scanteie dubla, la compararea caracteristicilor motorului, precum si a gazelor arse rezultate in cele 2 cazuri de functionare. Luand in considerare rezultatele obtinute care nu demonstau diferente notabile s-a luat decizia aprofundarii / definitivarii studiului spectroscopic comparativ pentru bujia simpla / bujia dubla, alimentate de la diverse tipuri de impulsuri. S-a observat insa o functionare mai „lina” a motorului in cazul utilizarii bujiei cu dubla scanteie. S-a renuntat astfel la implementarea sursei de alimentare realizate pe standul motor, ceea ce ar fi presupus modificarea substantiala a functionarii acestuia. Se aminteste din raportul pe prima etapa ca standul motor comunica cu calculatorul pe portul serial, de unde incarca la fiecare pornire caracteristicile mecanice durata de injectie si unghi de avans la aprindere (realizate sub forma unor tabele de date) ce se folosesc in timpul functionarii, si prin care transmite caracteristicile mecanice cu ajutorul unei interfete grafice, iar alimentarea cu combustibil a motorului se face printr-un injector monopunct avand ceva probleme tehnologice de fabricatie (necesita desfacere si curatare frecventa), care este comandat tot de placa de comanda si control a standului.

4. Studiul oportunitatii cuplarii sistemului de aprindere cu un GlidArc supersonic in vederea reducerii emisiilor de noxe

Masurarea concentratiei gazelor arse rezultate prin folosirea bujiei clasice si respectiv a bujiei cu scanteie dubla nu a evidentiat diferente majore in cele 2 cazuri. In plus, datorita puterii foarte mici a motorului monocilindru cu care este echipat standul s-a concluzionat ca nu este oportuna folosirea unui GlidArc supersonic pentru ca va fi probabil imposibil de demonstrat influenta acestuia pentru o concentratie ca cea masurata de gaze evacuate. Acest lucru este in legatura si cu faptul ca la functionarea

in regim de motor, atunci cand sarcina impusa are o anumita valoare, exista o schema electrica care compenseaza / completeaza puterea relativ mica a motorului termic, deci evolutia gazelor de esapament nu poate fi pusa direct in concordanta cu gradul de incarcare al motorului. Prin urmare s-a decis ca directie principala a cercetarii analiza spectroscopica comparativa a plasmei produse de cele doua tipuri de bujii pentru diferite forme de unda ale impulsurilor furnizate de sursa de alimentare realizata.

4. Descrierea stiintifica si tehnica cu punerea in evidenta a rezultatelor fazei si gradul de realizare a obiectivelor (cu rezultate)

In ceea ce priveste testele efectuate pe standul de incercari de tip EX1000, echipat cu un motor termic de tip Honda GX31, avand o injectie electronica si o functionare globala controlata in intregime de o schema electronica bazata pe un microcontroller de tip 68HC11, s-a urmarit influenta diversilor parametri de functionare asupra caracteristicilor mecanice si asupra compozitiei gazelor de evacuare. Pe durata experientelor s-a folosit atat bujia originala cu care era prevazut motorul monocilindru, cat si o bujie modificata in sensul obtinerii a doua scantei produse practic simultan. Rezultatele obtinute au fost publicate intr-un articol inclus in baza de date internationala IEEE Xplore, [1]. Pentru motivele amintite in paragraful anterior s-a renuntat la implementarea sursei de alimentare realizate in locul celei initiale cu care era prevazut standul motor. Un prim studiu s-a referit la evolutia parametrilor considerati de iesire din standul motor (consum de combustibil si compozitie a gazelor evacuate – masurata cu ajutorul unei sonde analizoare de gaze de tip Testo 330-2LL) in functie de cei de intrare (viteza motorului, pozitia regulatorului de aer si sarcina motorului).

In Figura 1 se poate observa reprezentarea schematica cu fluxul informational si principiul de functionare al motorului pe unul din cei 4 timpi.

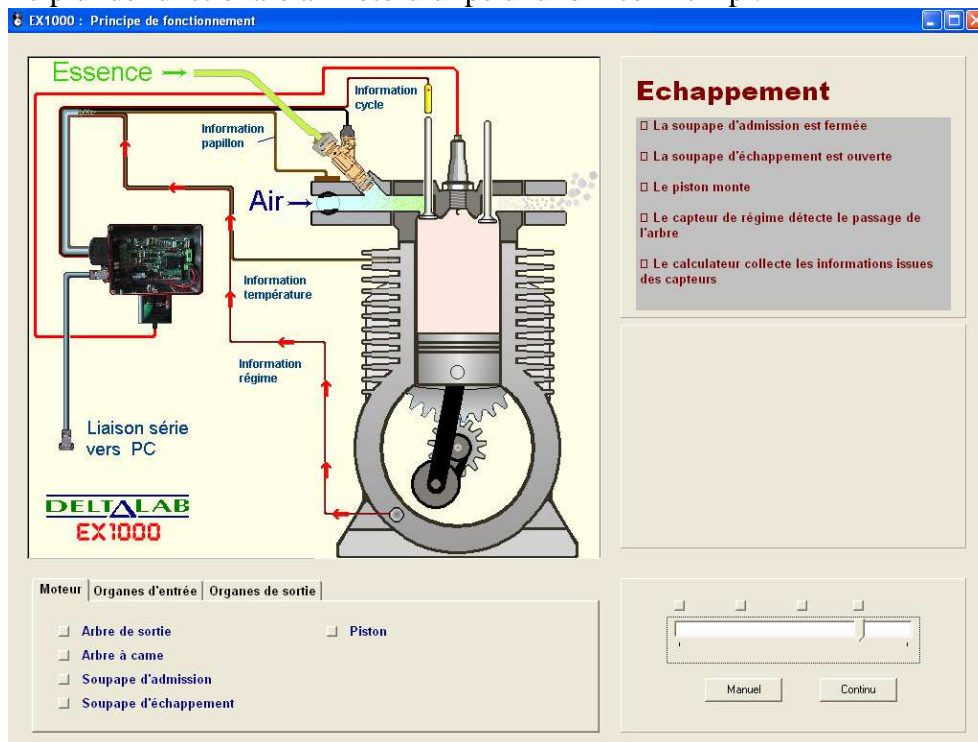
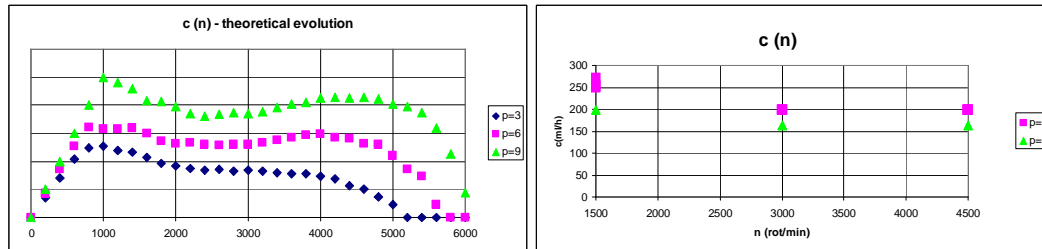


Figura 1 – Reprezentarea schematica a standului EX1000

In Figura 2a este prezentata curba teoretica a consumului de combustibil in functie de viteza motorului, pentru diferite pozitii ale regulatorului de aer, iar in Figura 2b curba experimentalata. Pozitia regulatorului de aer impune compozitia amestecului aer-combustibil.



2a – caracteristica teoretica

2b – caracteristica experimentalata

Figura 2 – Evolutia consumului de combustibil in functie de viteza motorului

In Figura 3 sunt comparate consumurile de combustibil pentru cele 2 tipuri utilizate de bujii (cu scanteie simpla si respectiv cu scanteie dubla).

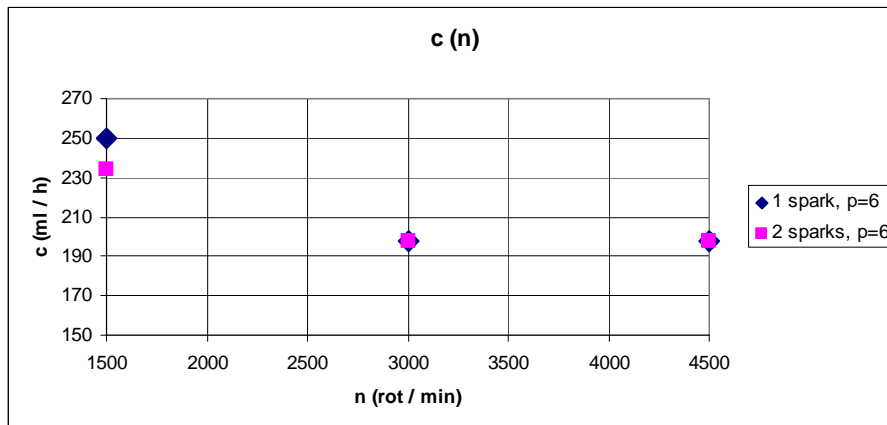


Figura 3 – Consumurile de combustibil pentru cele 2 tipuri de bujii utilizate

In Figura 4 este prezentata evolutia consumului de combustibil in functie de gradul de incarcare al motorului pentru 2 pozitii diferite ale regulatorului de aer.

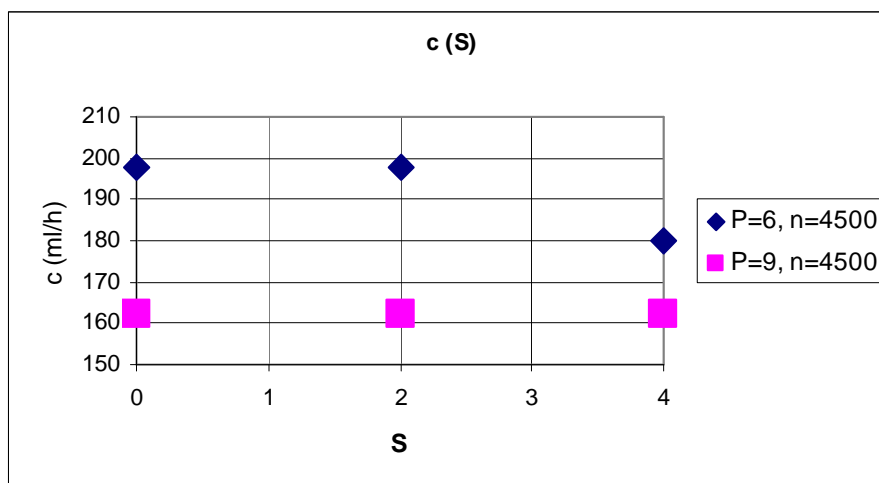


Figura 4 – Evolutia consumului de combustibil in functie de gradul de incarcare

Trasarea graficelor anterioare a fost posibila prin prelevarea datelor experimentale de pe caracteristicile mecanice ale motorului ca cea prezentata in Figura 5 cu incarcarea motorului pe valori relative ale sarcinii pana la 4.



Figura 5 – Modificarea pantei consumului si a vitezei pentru diferite grade de incarcare a motorului

Din graficele anterioare se poate concluziona ca la cresterea pozitiei regulatorului de presiune (deci a cantitatii de aer) consumul de combustibil va scade, precum si cuplul mecanic dezvoltat de motor. Acelasi consum de combustibil variaza putin in raport cu gradul de incarcare al motorului, lucru explicabil in principal prin schema electronica de compensatie a puterii existenta pe standul motor sau echivalent prin analiza caracteristicilor teoretice incarcate pe stand la pornirea motorului. In cazul standului motor studiat utilizarea bujiei cu dubla scanteie nu creste consumul de combustibil in raport cu utilizarea bujiei clasice.

Desi standul motor era prevazut cu un injector monopunct pentru benzina fara plumb, in ceea ce priveste sistemul de evacuare acesta nu avea nici un catalizator sau alt sistem de reducere a emisiilor de gaze arse. Sonda de gaze a efectuat masuratorile in timp real si pentru fiecare esantion s-a asteptat stabilizarea valorilor indicate.

In Figura 6 se prezinta evolutia concentratiei de oxigen din aer functie de pozitia regulatorului de presiune pentru 3 valori diferite ale vitezei motorului.

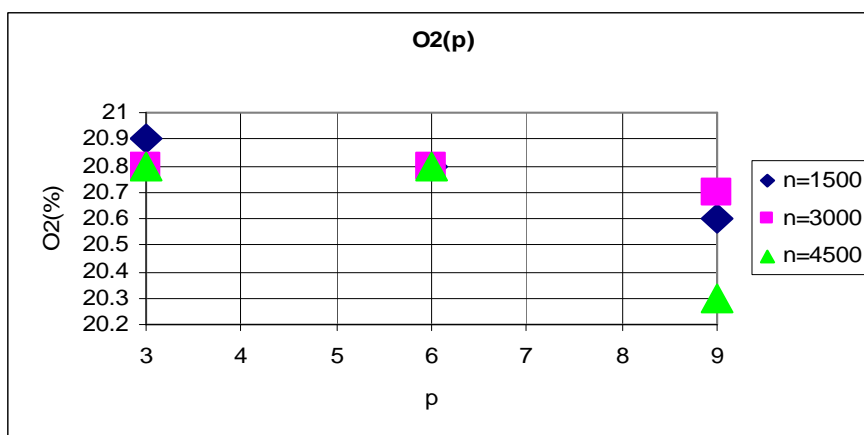


Figura 6 – Variatia concentratiei de oxigen de la iesirea din motor in functie de pozitia regulatorului de presiune

Din datele experimentale s-a observat, o scadere a concentratiei de oxigen corespunzatoare unei cresteri a sarcinii motorului, a vitezei acestuia sau a pozitiei regulatorului de aer.

Referitor la implementarea bujiei cu scanteie dubla pe standul motor, aceasta a fost dificila datorita dimensiunilor bujiei folosite pentru motor, mai mici decat o bujie obisnuita, Figura 7. Pregatirea bujiei cu dubla scanteie a necesitat, intr-o prima etapa, taierea contraelectrodului de impamantare. In vederea fixarii electrodului auxiliar la potential flotant s-a realizat pe un ministrung o cavitate pe tot diametrul de material izolant al bujiei. Saiba care constituie electrodul la potential flotant a fost taiata la un capat, introdusa in cavitatea facuta, stransa pe diametru si sudata inapoi in final folosind o lampa cu flacara cu oxiacetilena.

In Figura 8 este reprezentata schema optica folosita pentru analiza spectroscopica comparativa intre cele 2 tipuri de bujii, realizata in aer la presiunea atmosferica.

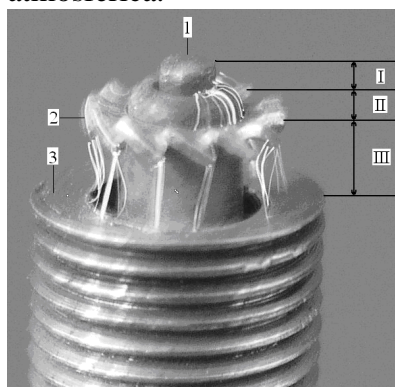


Figura 7 – Bujie cu dubla scanteie

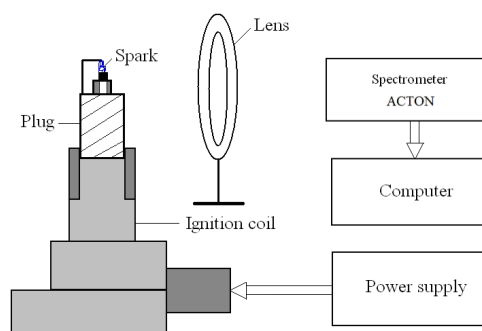


Figura 8 – Schema pentru analiza spectroscopica

Intr-o prima etapa s-a efectuat analiza spectroscopica prin impartirea zonei de producere a celor 2 scantei in trei regiuni (Figura 7) si utilizarea cate unui singur impuls de durata reglabila pentru amorsarea acestora, [2]. Imaginea plamei este proiectata prin intermediul unei lentile de quartz direct pe fanta spectrometrului de tip ACTON 750i echipat cu o camera CCD. Timpul de expunere a fost setat la 10 ms iar spectrele au fost acumulate pe 100 de achizitii fiecare. Bujia a fost positionata pe un dispozitiv de deplasare pas cu pas iar lumina rezultata a plamei a fost integrata spatial pe fiecare dintre cele 3 regiuni, vezi Figura 9.

Se poate observa ca scanteile se amorseaza aproape tot timpul in aceeasi pozitie si astfel se poate considera ca pe durata unei inregistrari complete (100 de acumulari), o zona similara de plasma a fost studiata. In vederea determinarii temperaturii rotationale a plamei s-a utilizat o prima metoda bazata pe comparatia intre structura teoretica si cea experimentală a spectrului de emisie moleculara al benzii de OH de la 306.357 nm, [3].

In urma extragerii zgomotului de fond si a aplicarii metodei amintite mai sus, Figura 10, s-au obtinut rezultatele prezentate in tabelul 1.

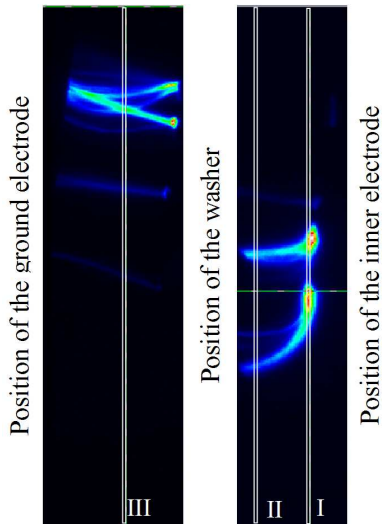


Figura 9 – Zonele observate ($t_{exp} = 10$ ms)

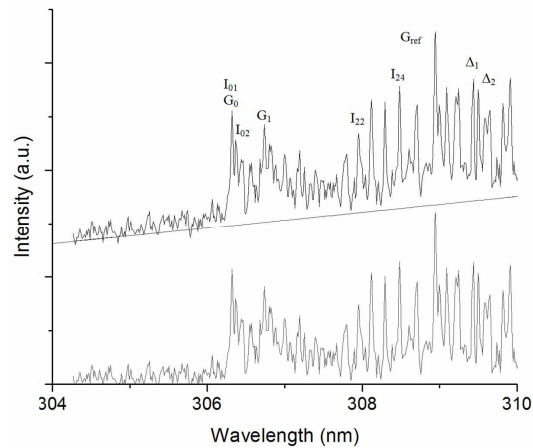


Figura 10 – Spectru înregistrat cu extragerea offsetului

Tabelul 1. Valorile medii ale temperaturii rotationale pentru fiecare arie in parte (Metoda I)

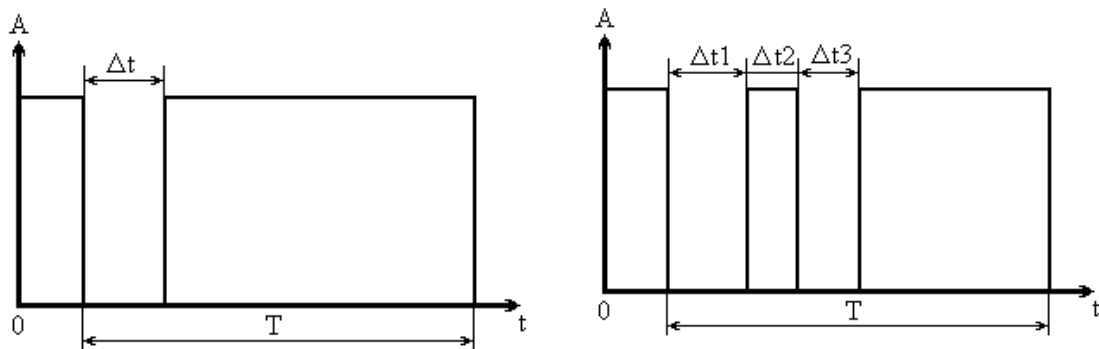
Spectrul	R	Temperatura (K)	Valoarea medie a temperaturii (K)
I – in vecinatatea electrodului central la inalta tensiune	$R_{12}=1,53$	2700	2800
	$R_{14}=1,08$	2700	
	$R_{22}=1,07$	3000	
II – in apropierea saibei /electrodul la potential flotant	$R_{12}=1,44$	2500	2500
	$R_{14}=1,07$	2700	
	$R_{22}=0,82$	2300	
III – între saiba si corpul bujiei	$R_{12}=1,05$	1700	1967
	$R_{14}=0,99$	2200	
	$R_{22}=0,79$	2000	

Rezultatele obtinute cu ajutorul primei metode au fost comparate cu cele obtinute printr-o alta metoda similara, [4], Tabelul 2. In acest ultim caz temperatura rotatională a fost calculata pornind de la o interpolare care considera valorile varfurilor G_i si ale functiei optice de aparat (in cazul nostru $\Delta = 0,031$ nm).

Tabelul 2. Valorile medii ale temperaturii rotationale pentru fiecare arie in parte (Metoda II)

Spectrul	G (a.u.)	Temperatura (K)	Valoarea medie a temperaturii (K)
I - in vecinatatea electrodului central la inalta tensiune	$G_0 / G_{ref} = 0,57$	2700	2750

Se poate observa ca valorile obtinute prin cele 2 metode dau diferite infime. Rezultatele obtinute au fost considerate la realizarea practica a bujiei cu dubla scanteie implementata pe standul de test. Pe de alta parte studiul realizat pare a fi unul inedit si edificator, motiv pentru care s-a decis extinderea sa prin compararea plasmelor obtinute de la cele 2 tipuri de bujii (cea clasica impartita pe 3 regiuni de analiza si cea cu dubla scanteie impartita pe 5 regiuni de analiza), pentru 3 forme de unda diferite ale impulsurilor de alimentare, vezi Figura 11a si 11b.



a) Forma de unda cu un singur impuls pe perioada b) Forma de unda cu 2 impulsuri pe perioada
 Figura 11. Forme de unda cu impulsuri de durata reglabila

Sursa de alimentare conceputa, bazata pe microcontrollerul AT89S52, permite pe de o parte comanda unor dispozitive exterioare in acelasi timp cu producerea oricarui impuls (de exemplu comanda declansarii camerei spectrometrului), si pe de alta parte reglarea duratei impulsurilor aplicate, sau a pauzei dintre acestea. Desi perioada semnalului utilizat curent a fost de 10 msec, sursa poate genera impulsuri de perioada variabila impusa de la un senzor extern (de exemplu un senzor inductiv de pozitie al motorului). S-au conceput 3 softuri diferite de functionare avand urmatoarele caracteristici:

- varianta a: un singur impuls pe perioada de durata reglabila intre 0 si 3.8 msec (Figura 11a);
- varianta b: doua impulsuri pe perioada avand reglabila pauza dintre ele ($\Delta t_1 = \Delta t_3 = 1.6$ msec, $\Delta t_2 = (0, 6.5)$ msec, vezi Figura 11b);
- varianta c: doua impulsuri pe perioada, primul impuls de durata fixa (0.9 msec), pauza dintre ele fixa (1 msec) si al doilea impuls de durata reglabila $\Delta t_3 = (0, 6.5)$ msec, vezi Figura 11b.

Referitor la impartirea zonei de plasma corespunzatoare bujiei cu dubla scanteie in 5 regiuni de studiu acestea au fost urmatoarele: I – la partea inferioara a electrodului de inalta tensiune, II – la partea superioara a electrodului la potential flotant constituit dintr-o saiba, III – la partea inferioara a electrodului la potential flotant, IV – la mijlocul distantei dintre electrodul la potential flotant si electrodul de masa si V – la partea superioara a electrodului de masa. Adaugand la aceste 5 regiuni si cele 3 tipuri de forme de unda ale impulsurilor de alimentare, care au avut durate reglabile, rezulta un numar foarte mare de spectre care trebuie in continuare analizate pentru definitivarea rezultatelor. Pe baza acestora se vor elabora inca (minim) doua articole stiintifice.

Prelucrarea datelor in momentul de fata se refera pe de o parte la identificarea speciilor existente in plasma (raze spectre moleculare, respectiv raze elemente atomice), Figura 12, in vederea compararii lor functie de regiunea de analiza si forma de unda a impulsurilor folosite, cat si la diagnosticarea plamei. In Figura 12 s-au reprezentat 3 spectre corespunzatoare zonei I si microcontrollerului *a*, pentru 3 durate de impuls de 1.5, 3 si 3.4 msec si s-au identificat elementele Fe I si W I pornind de la razele atomice ale spectrelor.

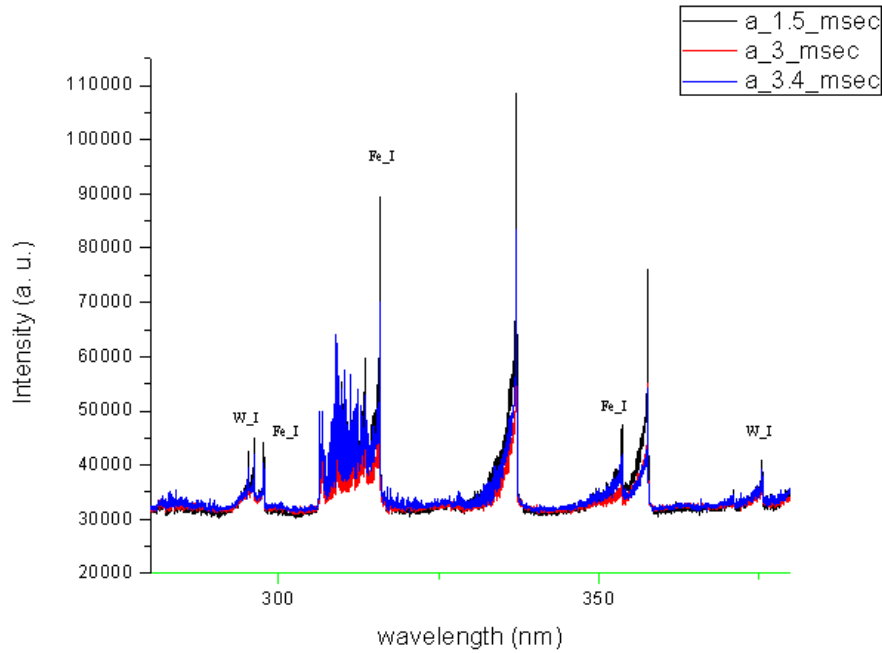


Figura 12 – Identificare elemente existente pornind de la spectrele inregistrate

Partea de diagnostic a plasmei cuprinde, pe de o parte, metoda de calcul preliminară a temperaturii rotazionale pornind de la banda de OH de la 306.357 nm, [3, 4], cât și benzile moleculare de N_2^+ (cap de banda la 391.4 nm) și N_2 (cap de banda la 337.1 nm), Figura 13, pentru determinarea prin altă metodă a temperaturii rotazionale, a celei vibraționale și a densității speciilor, [5]. Se vor folosi capetele de bandă ale celui de-al doilea sistem pozitiv N_2 corespunzătoare la P1 : $\Delta v = 0$ la 337.1 nm, P2 : $\Delta v = -1$ la 357.5 nm, P3 : $\Delta v = -2$ la 380.4 nm, P4 : $\Delta v = -3$ la 405.94 nm și P5 : $\Delta v = -4$ la 434.36 nm, vezi Figura 13. De asemenea se are în vedere și trasarea diagramei lui Boltzmann cu privire la benzile rotazionale și respectiv vibraționale pentru obținerea temperaturii rotazionale și respectiv vibraționale a speciilor.

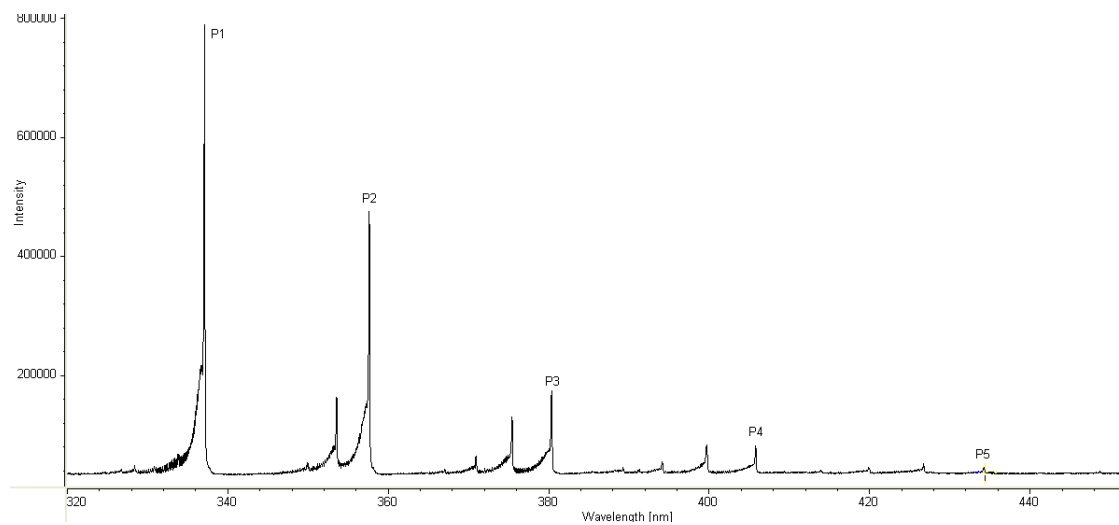


Figura 13 – Identificare spectre moleculare de N_2

5. Anexa 1

În vederea continuării activităților proiectului, partenerul francez a realizat o incintă metalică închisă după schitele prezentate în Figura 14.

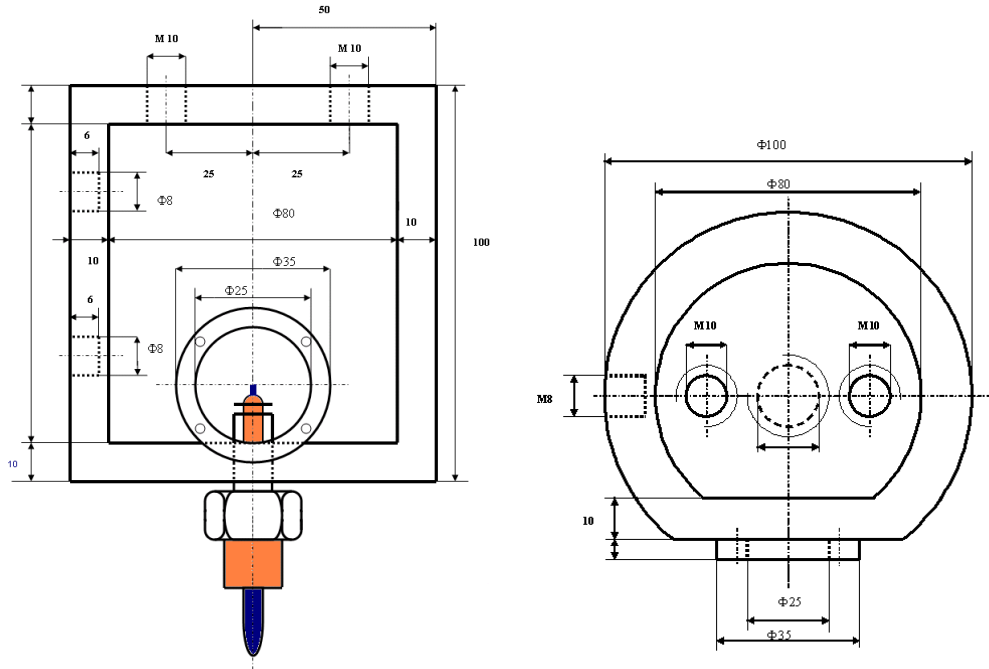


Figura 14 – Schita incintei de înalte presiune realizată pentru studiul aprinderii

Cu ajutorul acestei incinte se dorește pe de o parte efectuarea unui studiu spectroscopic într-un amestec combustibil și pe de altă parte a analizei cromatografice calitative a gazelor rezultate în urma arderii.

6. Concluzii

Proiectul de cercetare a introdus elemente de noutate atât prin soluțiile tehnice propuse (bujia cu dubla scanteie), cât și prin diagnosticul spectroscopic pe regiuni ale plamei care a fost efectuat. Testele realizate pe standul experimental ce conține un motor monocilindru au demonstrat aplicabilitatea în condiții reale a bujiei cu dubla scanteie. Acest tip de bujie asigură o lungime și un volum mai mari ale plamei produse în raport cu bujia clasică, ceea ce trebuie să semnifice implicit și o calitate superioară a combustiei. Investigatiile fizico-chimice prevăzute în continuare între partenerii implicați în acest proiect, pe incinta la înaltă presiune realizată, trebuie să confirme acest lucru în principal printr-o analiză chimică bazată pe metoda cromatografică a gazelor arse rezultate în urma combustiei. În momentul de față s-a demonstrat însă că funcționarea unui motor monocilindru presupune același consum de combustibil pentru cele 2 tipuri de bujii folosite și că emisiile de gaze de evacuare sunt de asemenea comparabile. Din punctul de vedere al analizei spectroscopice efectuate, s-au pus în evidență atât diferențe cu privire la componenta speciilor active existente în plasmă (identificare pe lungimi de undă a elementelor atomice și benzilor moleculare), cât și la energia acestora (prin comparația amplitudinilor elementelor și calibrarea în energie efectuată).

Pe baza rezultatelor experimentale obtinute, in urma definitivarii prelucrarii datelor, se vor propune inca doua lucrari stiintifice de diagnostic al plasmii produse de scanteie. Acest diagnostic se refera la determinarea temperaturii rotationale si vibrationale a particulelor, dar si a densitatii acestora existente in plasma. Prima lucrare va urmari influenta zonei de analiza spectroscopica asupra diagnosticului, iar cea de a doua influenta formei de unda si duratei impulsurilor aplicate de sursa de alimentare conceputa asupra aceluasi diagnostic.

Pe de alta parte cei doi parteneri implicati in acest proiect au stabilit un program de continuare a activitatilor in care vor fi implicati 2 studenti francezi, in cadrul studiilor lor de licenta si un masterand roman, implicat deja in proiect, care va incepe o teza de doctorat in cotutela intre Universitatea din Orleans (Franta) si Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" Iasi din anul 2011. In cadrul vizitei pe care directorul roman de proiect o va efectua in ianuarie - februarie 2011 ca profesor invitat in laboratorul partenerului francez, acesta va stabili si supraveghea programul de lucru pentru analiza fizica si chimica a combustiei realizata intr-o incinta metalica prevazuta cu toate sistemele de masura necesare in acest sens. Viitorul doctorand va beneficia in perioada februarie - mai a anului viitor de o actiune ERASMUS in cadrul Laboratorului GREMI - Site de Bourges corespunzatoare practicii efectuate in cadrul Masterului pe care il urmeaza in acest moment la Universitatea Tehnica "Gh. Asachi" Iasi. Rezultatele obtinute in urma acestui stagiu vor constitui lucrarea sa de dizertatie pentru Master.

In acelasi timp conducatorii celor doua echipe de cercetare doresc depunerea unui proiect european de tip FP7 in care sa mai fie implicate, in afara lor, inca 2 parteneri: primul de la o universitate din Polonia, iar cel de-al doilea de la o universitate din Republica Ceha. Discutiile pe aceasta tema se vor finaliza pana la sfarsitul anului.

7. Bibliografie

1. "The study of an electric spark for igniting a fuel mixture", Hnatiuc B.; Pellerin S.; Hnatiuc E.; Burlica R.; 12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment (OPTIM), 2010, Issue Date: 20-22 May 2010, page(s): 1361 - 1366, ISSN: 1842-0133, Print ISBN: 978-1-4244-7019-8, INSPEC Accession Number: 11431585, Digital Object Identifier: 10.1109/OPTIM.2010.5510347, Date of Current Version: 15 July 2010 (articol BDI – baza de date IEEE XPLORE)
2. "Spectroscopic diagnostic of transient plasma produced by a spark plug", Hnatiuc B., Pelerin S., Hnatiuc E., Burlica R., Astanei D., Cerqueira N., Romanian Journal of Physics (articol in revista ISI acceptat spre publicare)
3. "A spectroscopic diagnostic method using UV OH band spectrum", S.Pellerin, J.-M.Cormier, F.Richard, K.Musiol, J.Chappelle, , *J.Phys.D* **29**, pp.726–739 (1996).
4. "UV OH spectrum used as a molecular pyrometer", C. de Izzara, *J. Phys. D.: Appl. Phys.* 33, p. 1679 – 1704 (2000).
5. " N_2^+/N_2 ratio and temperature measurements based on the first negative N_2^+ and second positive N_2 overlapped molecular emission spectra", H. Nassar, S. Pellerin, K. Musiol, O. Martinie, N. Pelerin, J. –M. Cormier, *J. Phys. D.: Applied Phys.* 37, p. 1904 – 1916 (2004)