

# RAPORT DE CERCETARE

## 2.1.Cuprins

- obiectivul general
- obiectivele fazei
- rezumatul fazei
- descrierea științifică și tehnică
- caiet de sarcini pentru achiziții
- contract pentru achiziție
- concluzii
- bibliografie

## 2.2.Obiectivul general

- Promovarea unei tehnici noi de măsurare a descărcărilor parțiale.

## 2.3.Obiectivele fazei:

- Dezvoltarea tehnicii de măsurare a descărcărilor parțiale prin metoda acustică.
- Achiziția de la firma Omnicron – Austria a unui sistem de măsurare a descărcărilor parțiale pe cale electrică.
- Studiu tehnic pentru interfațarea celor două sisteme de măsurare a descărcărilor parțiale.

## 2.4.Rezumatul fazei II:

Realizarea circuitului de măsurare a descărcărilor parțiale.

Transformatoarele de putere și măsură reprezintă cea mai importantă componentă a investiției de capital din stațiile de transmisie și distribuție a energiei electrice. Importanța lor tehnică și economică a impus evaluarea stării funcționale a transformatorului printr-un sistem complex de monitorizare a mărimilor electrice (descărcări parțiale, pierderi dielectrice, curenți de sarcină) și neelectrice (conținut de gaze dizolvate în ulei, temperatura uleiului, a înfășurării și miezului în diferite puncte, nivelul de ulei din transformator și din comutatorul de reglaj sub sarcină) accesibile. Un indicator important asupra stării izolației îl reprezintă evoluția nivelului de descărcări parțiale (DP) deoarece creșterea acestuia indică de obicei dezvoltarea unui defect care afectează calitatea izolației.

Informații despre nivelul DP și despre alte mărimi obținute prin prelucrări statistice sunt oferite de măsurarea DP convențională – pe cale electrică. În laboratoare specializate aceste măsurări au o bună sensibilitate dar în condiții on-site ele sunt afectate de interferențe electromagnetice. Detectarea DP prin metoda electrică în condiții on-site se poate rezolva prin tehnici on-line sau off-line de filtrare, dar localizarea defectului este o problemă pe care acest tip de măsurare nu o poate rezolva.

În acest context s-a impus metoda emisiei acustice (EA) a descărcărilor parțiale pentru localizarea sursei acestora. Teoretic, descărcarea parțială se constituie ca sursă de unde ultraacustice care se propagă sub forma unui front sferic în sistemul izolant complex al transformatorului. În afara fenomenelor de atenuare și dispersie, multitudinea de tipuri de undă complică analiza semnalelor acustice ale DP în structuri izolante din materiale cu

caracteristici fizice diferite. Totuși, astfel de unde de presiune (mecanică) pot fi detectate folosind senzori piezoelectrice de contact capabili să transforme presiunea acustică în semnal electric. Un senzor acustic plasat pe peretele cuvei transformatorului va detecta atât undele care se propagă direct prin ulei cât și cele care se propagă prin peretele cuvei, cele două având viteze diferite de propagare (mai mari prin peretele cuvei). Numai pe modele simplificate cu control asupra poziției sursei și a senzorului acustic se poate considera calea directă ca fiind calea cea mai rapidă de propagare a semnalului acustic. Altfel, calea de propagare cea mai rapidă nu este cea directă ci aceea cu un anumit unghi de incidență /1/.

Localizarea surselor de DP prin analizarea diferențelor de timp între semnalul de DP cules pe cale electrică și semnalele DP culese pe cale acustică a impus combinarea celor două metode.

ICMET Craiova a dezvoltat o metodă de măsurare on-site a DP pe cale electrică. Această metodă presupune prelucrarea off-line a semnalelor achiziționate pentru discriminarea semnalelor utile (DP) de cele perturbatoare. Tehnica folosită este cea a filtrării software pentru identificarea și eliminarea semnalelor de frecvență fixă (radio, televiziune, etc.) și de analiză și comparare a imaginilor pentru eliminarea semnalelor perturbatoare de bandă largă (efectul Corona).

Ideea de bază a proiectului a fost de a îmbina tehnica de măsurare pe cale acustică cu cea de măsurare pe cale electrică pentru a obține maximum de informații utile. Acest lucru nu a fost posibil fără achiziționarea unui sistem de măsurare pe cale electrică care are proprietatea de a asigura măsurarea sincronă de pe toate înfășurările transformatorului ceea ce reduce substanțial timpul pentru identificarea și eliminarea semnalelor perturbatoare produse de efectul Corona.

Firma Mtronix, producătoare a sistemului de măsurare a DP este la rândul ei interesată de creșterea capacității sistemului realizat prin integrarea măsurării acustice. Partea română dorește să realizeze prin cercetare proprie atașarea hardware și software la echipamentul achiziționat de la firma Mtronix – Germania (Grupul Omnicron – Austria). Achiziția a fost realizată în proporție de 73% din banii ICMET Craiova și 27 % din banii de la bugetul proiectului.

## **2.5. Descrierea științifică și tehnică**

### **2.5.1. Introducere**

Sectorul distribuției energiei electrice se confruntă cu o importantă schimbare de strategie cauzată de competiția de pe piața internă și externă. Piața energiei electrice cere prețuri mici și asigurarea siguranței livrării fără întreruperi. Aceste cerințe generează măsuri pentru asigurarea unui management optimizat al echipamentelor care fac parte din sistemul de transmitere și distribuție a energiei electrice. Managementul echipamentelor conceput pe principiul reviziilor și reparațiilor tuturor echipamentelor la intervale prestabilite de timp este extrem de costisitor și în bună parte ineficient. Pe plan european se practică managementul bazat pe determinarea duratei de viață /2/. Acest tip de management se bazează pe metode moderne de investigare a stării izolației cum sunt: analiza gazelor dizolvate în ulei (DGA), măsurarea descărcărilor parțiale (DP) și măsurarea răspunsului dielectricului (DR).

Măsurarea gazelor dizolvate în ulei este descrisă ca o metodă on-line pentru diagnosticare deoarece prelevarea uleiului și efectuarea analizelor au loc în timpul funcționării normale a transformatorului de putere, fără deconectare temporară. Rezultatele acestei măsurări indică dacă starea funcțională a transformatorului s-a schimbat, semnalizând astfel apariția unui defect. În ceea ce privește natura defectului, aceasta este imprecis descrisă de rezultatele DGA. Prin măsurări periodice a DGA se pot selecta transformatoarele cu probleme

de cele care nu necesită cheltuieli pentru investigații. În funcție de evoluția rapoartelor cheie ale gazelor se poate evalua dinamica de dezvoltare a defectului /3, 4, 5, 6/ și pentru o diagnosticare precisă se execută măsurarea descărcărilor parțiale.

Măsurarea pe cale electrică a descărcărilor parțiale permite determinarea naturii defectului și a poziționării lui globale /7/.

Pentru a se determina poziția defectului în volumul interior al transformatorului este aplicată detecția acustică a descărcărilor parțiale /8/. Rezultatele măsurărilor de DP pe cale electrică și acustică aduc informații utile despre natura și locul defectului atunci când sunt executate într-un laborator ecranat electromagnetic.

Măsurările on-site presupun tehnici specializate de achiziție și de prelucrare off-line a datelor. Implementarea tehnologiei de măsurare on-site a descărcărilor parțiale este în obiectivul mai multor firme din Europa și America /9, 10, 11, 12/ pentru că permite o diagnosticare corectă a transformatoarelor și aplicarea celei mai eficiente proceduri de eliminare a defectelor.

Dacă evaluarea stării funcționale a izolației unui transformator se poate executa în condiții de laborator cu o bună precizie, în condiții de perturbații mari specifice stațiilor de distribuție a energiei electrice o diagnosticare sigură nu este posibilă cu tehnica actuală.

Partea tehnică a proiectului are ca obiectiv dezvoltarea prin parteneriat internațional a unei tehnici noi de măsurare a DP în condiții puternic poluate electromagnetic.

### **2.5.2. Tehnica dezvoltată de ICMET Craiova pentru măsurarea pe cale acustică a DP**

Configurația sistemului de măsurare a DP din sistemul izolant al transformatoarelor de putere constă din: senzori de emisie acustică (EA), filtre, preamplificatoare, sistem de achiziție a datelor, calculator pentru păstrarea și prelucrarea datelor.

Senzorii EA sunt senzori piezoelectrice de contact cu preamplificator integrat având banda de frecvență 20-80 kHz și factorul de amplificare al preamplificatorului de 46 dB. Alegerea benzii de frecvență a avut la bază considerente de natura transmisiei undelor acustice pe distanțe scurte sau lungi. Astfel s-a ținut seama că semnalele de frecvență mare se atenuază mai rapid, deci au o distanță mai mică de detecție, pe când semnalele acustice de frecvență mai mică sunt mai puțin atenuate, deci au o distanță de detecție mai mare.

S-a ales soluția constructivă de alimentare a preamplificatorului cu tensiune continuă (28 V<sub>cc</sub>) prin același cablu prin care se transmit semnalele de înaltă frecvență de la senzorul acustic.

Dispozitivul magnetic de fixare a senzorilor pe cuva transformatorului are doi magneți cu o forță totală de 2 x 200 N. Materialul din care este realizat dispozitivul este polioximetilen care oferă atât izolarea electrică corespunzătoare cât și o atenuare acustică mare, care să nu influențeze recepția semnalelor acustice de către senzorul EA montat în acest dispozitiv.

De remarcat că stratul subțire de cuplant acustic care se aplică între senzorii EA și peretele cuvei transformatorului trebuie considerat ca o parte componentă a sistemului din cauza influenței mari asupra caracteristicilor acestui sistem.

Un traductor de curent de înaltă frecvență (HFCT) este folosit pentru trigerarea semnalelor EA. El este montat pe conductorul de pământare al transformatorului și are factorul de transfer 2,4 V/ A în domeniul de frecvență 50 kHz – 20 MHz și impedanța de sarcină de 50 Ohmi. HFCT este ecranat protejând astfel semnalul util de perturbațiile de înaltă frecvență.

Partea inteligentă a sistemului de măsurare este un modul digital de achiziție cu patru canale având următoarele caracteristici tehnice:

- frecvența de eșantionare: 50 MS/ s pe fiecare canal;
- banda de frecvență (- 3 dB): Dc – 50 MHz;

- rezoluția: 12 biți;
- memoria: 128 k pe fiecare canal;
- sensibilitatea de intrare:  $\pm 200 \text{ mV} \div \pm 40 \text{ V}$

Semnalele achiziționate sunt transferate în memoria unui laptop.

Software-ul de aplicație dezvoltat determină coordonatele punctului de descărcare în raport cu sistemul de referință ales prin aplicarea metodei triangulației.

Datele de intrare pentru software-ul aplicației sunt:

- dimensiunile cuvei transformatorului;
- viteza de propagare a undelor acustice.

Sistemul realizat pune într-o legătură directă evidențierea pe cale electrică a descărcărilor interne, în special cele de tip descărcări parțiale, cu evidențierea pe cale acustică a acelorași tipuri de descărcări prin măsurarea timpilor de întârziere ai semnalelor acustice receptate de senzorii EA, măsurare inițiată (triggerată) de semnalul electric cules de traductorul de curent de înaltă frecvență montat pe conductorul de pământare al transformatorului.

Procesarea semnalelor de la traductorul de curent de înaltă frecvență și de la senzorii EA se realizează cu un sistem de achiziție sincronă cu patru canale.

Metoda propusă pentru stabilirea coordonatelor sursei de descărcare internă (localizare) este **metoda triangulației**.

Această metodă are la bază timpii de întârziere ai semnalelor EA, triggerate de semnalul electric, cu ajutorul cărora se pot calcula aproximativ distanțele la care sunt plasați senzorii EA față de defect, folosind viteza de propagare longitudinală a EA în uleiul de transformator ( $v_l \approx 1400 \text{ m/s}$ ) /8/.

Amplasarea senzorilor EA pe cuva transformatorului se realizează astfel încât să formeze un triunghi dreptunghic, respectându-se anumite criterii legate de precizia de măsurare și de ușurința amplasării.

Această amplasare a senzorilor EA în vârfurile unui triunghi dreptunghic are mai multe avantaje:

- Catetele triunghiului formează axele  $x$ ,  $y$  ale sistemului de coordonate aflat în planul (vertical) al cuvei transformatorului;
- Variabilitatea laturilor unui triunghi dreptunghic se adaptează mai bine pereților cuvei transformatorului.

Această amplasare este prezentată în fig.1, unde pozițiile celor trei senzori ( $S1$ ,  $S2$ ,  $S3$ ) formează împreună cu sursa de descărcări  $D$  un tetraedru oarecare, iar coordonatele punctului  $D$  ( $x_d$ ,  $y_d$ ,  $z_d$ ) se pot calcula în funcție de mărimile accesibile:

- Distanțele  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  de la locul defectului, calculate pe baza timpilor de întârziere ai semnalelor EA culese de la senzorii EA;
- Catetele  $a$ ,  $b$  ale triunghiului dreptunghic care definește poziția senzorilor pe cuva transformatorului.

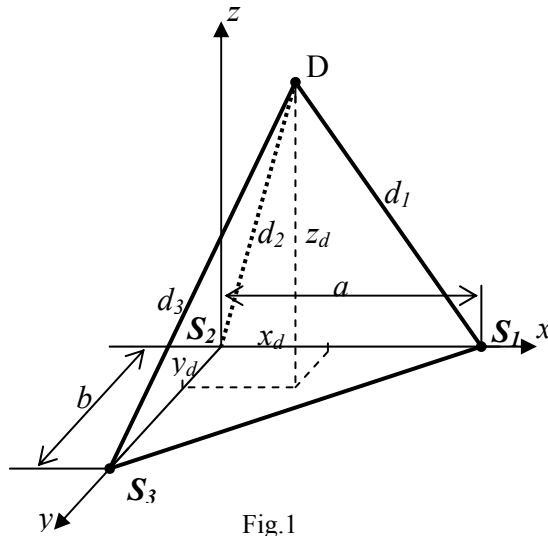


Fig.1

Coordonatele punctului  $D$  se calculează folosind formulele:

$$x_d = \frac{d_2^2 - d_1^2 + a^2}{2a} \quad (1)$$

$$y_d = \frac{d_2^2 - d_3^2 + b^2}{2b} \quad (2)$$

$$z_d = \sqrt{d_2^2 - x_d^2 - y_d^2} \quad (3)$$

Pentru a evita influența undei elastice secundare care se propagă prin peretele cuvei transformatorului și care poate ajunge la senzorul EA mai repede decât unda elastică longitudinală transmisă direct prin ulei se aplică următoarea procedură:

- Se face o evaluare inițială de orientare, cu senzorii EA montați pe cuva transformatorului, în vârfurile unui triunghi dreptunghic, obținându-se valori oarecare pentru distanțele  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ , proporționale cu timpii de întârziere corespunzători;
- Se schimbă poziția ansamblului de senzori  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , astfel încât timpii de întârziere să fie cât se poate de apropiați; astfel localizarea punctului de descărcare este mult mai precisă, deoarece influența undei transversale este aceeași.

În condițiile procedurii prezentate, formulele generale pentru coordonatele punctului de descărcare (1),(2),(3), devin, pentru  $d_1=d_2=d_3=d$  :

$$x_d = a/2; y_d = b/2; z_d = \sqrt{d^2 - (a^2 + b^2)/4} \quad (4)$$

## EXPERIMENTĂRI

S-au efectuat două tipuri de experimentări pentru validarea atât a metodei utilizate pentru localizarea defectului cât și a software-ului implementat: pe un sistem care folosește metoda emisiei acustice controlată electric /14/ pentru simularea sursei de descărcare și pe transformatoare de putere. Pentru primul tip de experimentări s-a folosit o cuvă metalică umplută cu ulei de transformator, confecționată din tablă cu grosimea de 10mm pentru a simula cuva propriu-zisă a transformatorului. Dimensiunile cuvei metalice sunt, conform

modului de introducere a datelor și al sistemului de coordonate de referință ales pentru reprezentarea tridimensională a transformatorului : Lungime cuvă DimX(mm):1100mm; Înălțime cuvă DimY(mm):855mm; Lățime cuvă Dim Y (mm):750mm.

În interiorul cuvei s-a amplasat un emițător acustic având caracteristici stabile și controlabile, alimentat de la un generator de semnale Agilent 33120A. Schema utilizată este prezentată în fig.2:

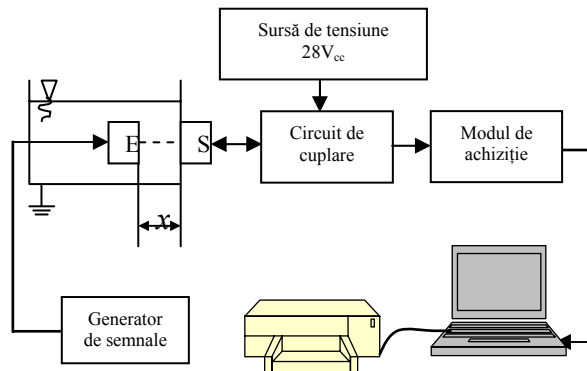


Fig.2

Impulsul format pentru experimentări simulează o descărcare parțială ce are loc în transformator cu o durată caracteristică de ordinul microsecundelor (aproximativ  $10\mu s$ ).

Emițătorul a fost amplasat la distanțe variabile față de peretele cuvei pentru a simula apariția unor descărcări de suprafață între înfășurările de 220kV, 110kV și cuva transformatoarelor de putere. Distanțele pentru care s-au efectuat experimentările sunt: 100mm și 170mm.

Amplasarea senzorilor de emisie acustică pe cuva transformatorului s-a făcut, conform metodei prezentate anterior, în vârfurile unui triunghi dreptunghic astfel încât catetele triunghiului să fie paralele cu axele x, y ale sistemului de coordonate de referință, considerat în planul vertical al cuvei transformatorului.

Între datele de intrare considerate esențiale pentru determinarea locului descărcării sunt: coordonatele senzorului așezat în vârful triunghiului dreptunghic ( $O_x, O_y, O_z$ ) față de originea sistemului de referință, dimensiunile catetelor triunghiului dreptunghic format de senzorii de emisie acustică (a-cateta paralelă cu axa OX și b-cateta paralelă cu axa OY).

Rezultatele obținute la amplasarea emițătorului la distanța de 100mm față de peretele cuvei și modificarea catetelor triunghiului dreptunghic în vârfurile căruia sunt amplasați senzorii de emisie acustică sunt prezentate în tabelul 1, iar forma tipică a semnalelor achiziționate, care au permis determinarea coordonatelor punctului de descărcare este prezentată în fig.3.

Tabel 1

Dimensiuni catete		Coordonate punct de descărcare		
a (mm)	b (mm)	$X_{d \text{ med}}$ (mm)	$Y_{d \text{ med}}$ (mm)	$Z_{d \text{ med}}$ (mm)
228	195	109,56	62,951	94,024
130	100	73,106	27,48	103,103
185	165	67,05	58,08	97,49
272	281	119,31	94,83	39,16
228	281	94,65	98,35	49,88
200	260	76,23	81,055	111,66

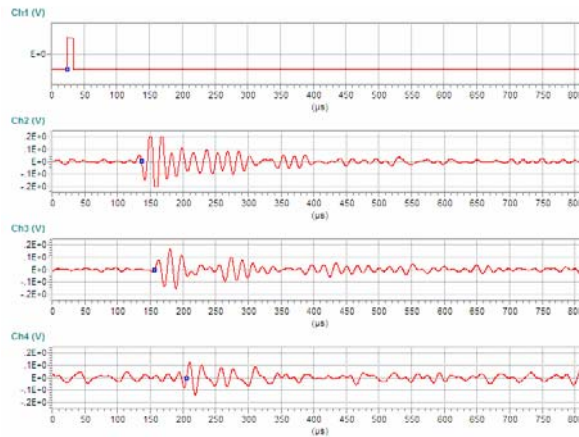


Fig.3

Deoarece pentru aceste experimentări poziția emițătorului este bine cunoscută s-a putut evalua atât influența dimensiunilor triunghiului dreptunghic în vârfurile căruia se amplasează senzorii acustici, cât și poziționarea excentrică a acestui triunghi față de sursa de descărcare.

Rezultatele obținute evidențiază că pot ele fi afectate de erori mai mari, dacă dimensiunile catetelor a,b sunt mai mari de 250mm. Revenirea la dimensiuni mai mici pentru catetele a,b îmbunătățește precizia localizării.

Rezultatele obținute (Tabel 2) la amplasarea emițătorului la distanța de 170mm față de peretele cuvei și modificarea catetelor triunghiului dreptunghic în vârfurile căruia sunt amplasați senzorii de emisie acustică, astfel încât să nu depășească lungimea de 250mm, au condus la incertitudini mici de măsurare.

Tabel 2

Dimensiuni catete		Coordonate punct de descărcare		
a (mm)	b (mm)	X <sub>d med</sub> (mm)	Y <sub>d med</sub> (mm)	Z <sub>d med</sub> (mm)
130	100	45,59	31,73	179,24
185	165	71,9	22,44	171,74
150	150	68,24	22,56	173,14
228	195	128,99	49,1	177,48

Pentru al doilea tip de experimentări s-au utilizat transformatoare de putere, care au fost supuse unui program de încercări care au vizat localizarea defectelor în izolație.

Programul de încercări stabilit pentru transformatoare a inclus atât încercări standardizate cuprinse în standardul de referință pentru transformatoare de putere, IEC 60076-3:2000, care include și evaluarea activității DP, cât și experimentarea sistemului de măsurare a DP pe cale acustică.

În fig. 4 și 5 sunt prezentate detalii ale poziționării senzorilor acustici pe cuva unui transformator. În fig.6 este prezentat transformatorul de curent de înaltă frecvență montat pe legătura de pământare a transformatorului de putere.



Fig.4



Fig.5



Fig.6

O sinteză a rezultatelor obținute la evaluarea izolației transformatoarelor de putere atât prin metoda electrică de măsurare a nivelului DP, cât și prin metoda acustică, este prezentată în tabelul următor:

Tabel 3

Tip transformator	Modul de încercare	Nivel DP (pC)	Rezultate	Concluzii la inspectarea transformatorului
TTUS-ONAF 16/10/16MVA; 110/22/6,6kV	Încercare mono-fazată	Faza B- 300pC	Faza B Coordonate față de poziția loc., în mm: (220,572,806)	Urme carbonizate pe suprafața unei porțiuni metalice din zona indicată de măsurări.
ATUS ONAN/ ONAF/OFAF 90/120/150MVA; 230/138/13,8kV	Încercare mono-fazată	Max. 1920pC Media 500pC	Faza H3 Coordonate față de poziția loc., în mm: (250,375,755)	Nu s-au observat defecte vizibile în zona indicată de măsurări.
TTUS-ONAN/	Încercare	Media	Faza H1	Sistemul de presare al



ONAF 40/50MVA 150/15,75kV	trifazată	1430pC	Coordonate față de poziția loc., în mm: (140,232,603)	Înfășurării corespunzătoare fazei H1 nu era potențializat, legătura sa fiind slab executată în procesul de montaj al transformatorului.
TTUS-ONAN/ ONAF 40/50MVA 150/15,75kV	Încercare trifazată	Max. 1130pC Media 500pC	Faza H3 Coordonate față de poziția loc., în mm: (22,259,349)	Nu au fost observate urme carbonizate sau pete în izolația hârtie-ulei în zona indicată de măsurări.
TTUS-ONAN/ ONAF 40/50MVA 150/15,75kV	Încercare trifazată	Max. 2130pC Media 800pC	Faza H2 Coordonate față de poziția loc., în mm: (186,206,1100)	Defectul s-a datorat montării incorecte a ecranului, acesta nefiind potențializat la potențialul ieșirii de înalta tensiune.

Rezultatele obținute la utilizarea sistemului de măsurare a DP pentru evidențierea zonelor cu potențial de risc ale izolației au evidențiat faptul că:

- pentru transformatoare cu nivele mari de descărcări parțiale (mai mari de 1000pC) de tipul unor descărcări de suprafață, al elementelor cu potențial flotant sau al descărcărilor interne de mare energie, sistemul și-a dovedit eficiența reușind să stabilească coordonatele zonei de defect, fapt confirmat la inspectarea transformatorului;
- pentru transformatoare cu nivele mici de descărcări parțiale (sub 500pC), descărcări de mică energie datorate tratării necorespunzătoare a izolației hârtie-ulei, sistemul nu a putut fi utilizat eficient, sursele de descărcare indicate de el nu au fost confirmate la inspectarea transformatorului.

### 2.5.3 Problemele sensibile ale metodei acustice

Experimentările în laborator pe modele de izolație introduse într-o cuvă metalică și transformatoare au dat rezultate încurajatoare.

Problema care apare la o măsurare on-site este aceea că semnalul de trigerare nu va mai fi la fel de „curat” el fiind „infestat” de semnale parazite induse în principal de efectul Corona. În aceste condiții trebuie ca sistemul să fie trigerat în alt mod. Pentru aceasta se propun două soluții:

- a) Semnalul de sincronizare să fie dat de echipamentul care măsoară pe cale electrică DP.

Acest echipament care permite măsurarea sincronă a DP din mai multe puncte a fost dezvoltat de firma Mtronix – Germania și a fost achiziționat de către ICMET Craiova (numai 3 puncte de măsurare sincronă).

În fazele următoare ale proiectului se va executa interfațarea celor două sisteme de măsurare și se vor adapta software-urile de prelucrare a datelor experimentale.

- b) Aproximarea pseudo-timpului

Această soluție este propusă atât pentru funcționarea individuală a sistemului de detecție acustică cât și în cuplaj cu sistemul de măsurare pe cale electrică a DP.

Pseudo-timpul este compus din timpii de deplasarea a undelor acustice și un timp constant adițional (offset). Formulele de calcul sunt specifice modului GPS (Global Positioning System).

Dacă timpii finali de recepție a semnalelor acustice de către senzorii EA sunt cunoscuți singura necunoscută este  $\Delta t$  (offset).

În fig. 7 este arătat cum pseudo-timpii a patru semnale acustice sunt conectați la timpul de apariție a unui semnal de DP necunoscut.

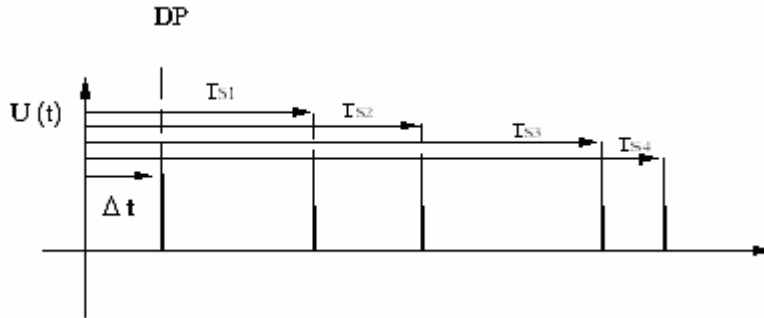


Fig.7. Vizualizarea pseudo-timpilor de propagare acustică cu momentul apariției descărcărilor parțiale (DP)

Măsurarea acustică cu patru sau mai mulți senzori imită o problemă de poziționare „inversă” satelitului-receiver a căror formule matematice sunt cunoscute.

O cale destul de familiară de manevrare a pseudo-timpurilor este utilizată la măsurările cu pre-triggerare.

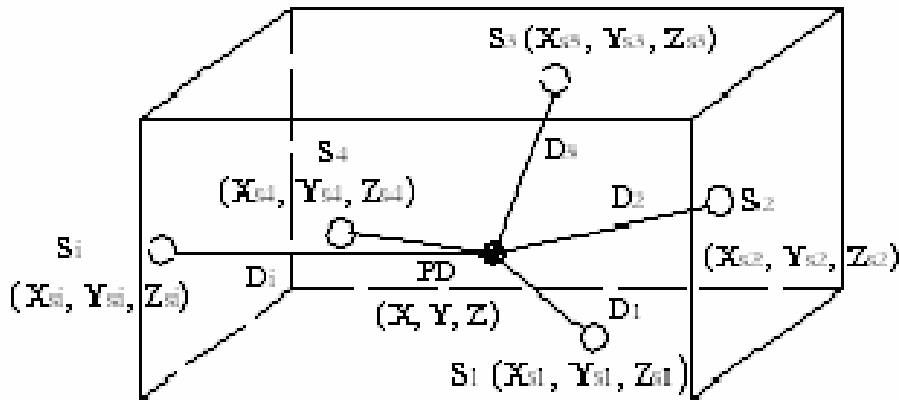


Fig. 8. Senzorii acustici (cu coordonate cartesiene) cu sursa de DP în interior

Pe baza funcțiilor sferice se pot scrie ecuațiile:

$$(x - x_{s1})^2 + (y - y_{s1})^2 + (z - z_{s1})^2 = V_s^2 (T_{s1} - \Delta t)^2$$

$$(x - x_{s2})^2 + (y - y_{s2})^2 + (z - z_{s2})^2 = V_s^2 (T_{s2} - \Delta t)^2$$

$$(x - x_{s3})^2 + (y - y_{s3})^2 + (z - z_{s3})^2 = V_s^2 (T_{s3} - \Delta t)^2$$

$$(x - x_{s4})^2 + (y - y_{s4})^2 + (z - z_{s4})^2 = V_s^2 (T_{s4} - \Delta t)^2$$

Ecuțiile sunt simetrice pentru că offsetul  $\Delta t$  este conținut în toate pseudotimpurile  $T_{si}$ . Cu relația  $T_{s1} - \Delta t = T$  se poate obține mărimea  $\Delta t$  prin rezolvarea în 2 pași a sistemului de ecuații /13/.

## 2.6. Concluzii

- ICMET Craiova a dezvoltat o tehnică de măsurare pe cale acustică a descărcărilor parțiale care a dat rezultate bune în condiții de laborator.
- ICMET Craiova a dezvoltat o tehnică de măsurare on-site a descărcărilor parțiale pe cale electrică care necesită timp îndelungat pentru prelucrarea off-line a datelor experimentale.
- S-a achiziționat un sistem de măsurare a descărcărilor parțiale care permite achiziția sincronă a DP transmise pe cale electrică.
- Se dorește cuplarea sistemului achiziționat cu sistemul de măsurare pe cale acustică și adaptarea software-ului dezvoltat pentru sistemul propriu de achiziție pe cale electrică la hardware-ul sistemului de achiziționat.

## 2.7. Bibliografie

1. Phung, B., T., - Signal characteristics of partial discharge acoustic emission. In: Proc. ISH 01, Bangalore, Vol. IV, paper 6-59
2. Boss, P., Lorin, P., Harley, J.W., Isecke, J., - Economical aspects and practical experiences of power transformer on-line monitoring. In: Proc. CIGRE Session 2000, paper 12-202, Paris
3. IEC 60567 - Guide for the sampling of gases and oil from oil-filled electrical equipment and for the analysis of free and dissolved gases, 1992
4. IEC 60599 - Interpretation of the analysis of gases in transformers and other oil-filled electrical equipment in service, 1999
5. Andreja, Val., - On-line Diagnostics of oil-Filled Transformers. In: Proc. of 14-th International Conference on Dielectric Liquids, Graz (Austria), July 7-12, 2002
6. Maja, Gradnik, - Physical-Chemical oil tests, Monitoring and Diagnostics of Oil-Filled Transformers. In: Proc. of 14-th International Conference on Dielectric Liquids, Graz (Austria), July 7-12, 2002
7. Popa, Dorin., - Transformer Diagnosis Correlating DGA with PD Measurement Results. In: Proc. of 8-th International Conference of Applied and Theoretical Electrcitz, Baile Herculane, October 26-28, 2006.
8. Marinescu, A., Nicoara, T., Popa, D., Dumbrava, I., - Un echipament nou pentru localizarea descărcărilor parțiale din izolația transformatoarelor de putere prin metoda emisiei acustice. In: „International Multidisciplinary Symposion” organizat de Universitatea din Petrosani in perioda 13-14 oct. 2006.

9. Markalous, S., - New robust non-iterative algorithmus for acoustic PD-localization in oil / paper-insulated transformers. In: Proc. of XIVth International Symposium on High Voltage Engineering, Beijin, China, August 25-29, 2005
10. Rajani, M., Kolambekar, S., - Correlation of Acoustic Emission Method and Electrical Method for Detection of Partial Discharges in Transformers. In: 7-th International Conference on Solid Dielectrics – ICSD'01, 25-29 June 2001, Eindhover
11. Rogier, J.A., Meijer, S., Agoris, P., - Location of Partial Discharges in Power Transformers. In: Proc. of International Symposium on Electrical Insulating Materials. Vol.3, pp. 698-701, 2005
12. Sikorski, W., Siodla, K., - Identification of Partial Discharge Sources in High Voltage Insulating Systems using Acoustic Emission Method. In: Proc. 14-th International Symposium on High Voltage Engineering Beijin, August 25-29, 2005
13. Kurz, J.H., Makalous, S., - New approaches for the three dimensional source location. In: European Geosciences Union – General Assembly, Vienna, Austria 2005
14. Marinescu,A., - Progresses in PD AE localization at power transformers, SIMC-EE 2004, Băile Herculane, 14-15 oct. 2004, articol I.25.