



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

EFICIENȚA DE COLECTARE A ELECTROFILTREROR INDUSTRIALE ÎN FUNCȚIE DE STRATURILE DE PRAF DE PE SUPRAFĂȚELE COLECTOARE **partea I-a**

Gabriel Nicolae POPA, Iosif POPA, Corina Maria DINIȘ, Angela IAGĂR

COLLECTION EFFICIENCY OF INDUSTRIAL PRECIPITATORS DEPENDING ON POWDER LAYERS ON COLLECTING SURFACES – Part I

When treating large gas flows, industrial precipitators are the most common in the industry. For a precipitator with three sections (from a thermal power plant), the article presents, through simulation (based on real electrical and technological parameters of a precipitator) collection efficiency, penetration of dust particles and migration's velocity depending on thickness of powder layers on collecting surface.

Keywords: electrostatic precipitators, dust, speed migration, collection efficiency

Cuvinte cheie: electrofiltre, particule de praf, viteza de migrație, eficiența de colectare

1. Introducere

Electrofiltrele de praf au o largă utilizare, în diferite industrii, pentru controlul poluării. Deși sunt necesare investiții mari în comparație cu alte metode de curățare a gazelor, costul operațiilor de întreținere, eficiența mare de colectare și capacitatea de a funcționa în condiții severe, fac din electrofiltre cea mai bună soluție de desprăfuire a gazelor în termocentrale, în industria cimentului, în siderurgie și în

industria sticlei. Performanțele electrofiltrelor depind de proprietățile particulelor de praf, în special de rezistivitate și de dimensiunea particulelor [1-3].

2. Construcția electrofiltrelor

Carcasa electrofiltrului este o construcție metalică sudată care este etanșă la gaze și este rigidizată corespunzător pentru a face față presiunii ce apare în cursul exploatării. În partea inferioară, carcasa are buncărele de colectare, de obicei de formă piramidală, unde se colectează praful. Carcasa electrofiltrului este izolată termic. Pentru a micșora reantrenarea prafului pe durata scuturării, electrozii de depunere sunt formați din profile, pentru a crește zona de stagnare (figura 1). Suprafețele colectoare se fixează prin șuruburi la partea de sus în suportii plăcilor de grinzi de susținere, iar la partea de jos se fixează de barele nicovalelor [4]. Pentru a curăța periodic electrozii de depunere de praful separat se utilizează scuturătoarele care au următoarea componență: sistem de acționare cu electromotor și reductor, arbore, ciocane de lovire (montate decalat în spațiu după o curbă spirală pe arborele port-ciocane, pentru a nu lovi toate în același timp), nicovalele (care leagă toți electrozii de depunere ai unui rând). Atunci când se realizează punerea în funcțiune a dispozitivelor de scuturare (figura 2) se vor scutura și ramele electrozilor de emisie (figura 3). De obicei, scuturarea electrozilor are o funcționare ciclică: perioade de scuturare, urmate de perioade de oprire a scuturării. În funcție de poziția câmpului în electrofiltru, intervalul între două scuturări se poate modifica în limite largi. Uneori, în practică, se utilizează și scuturarea permanentă a electrozilor [5].

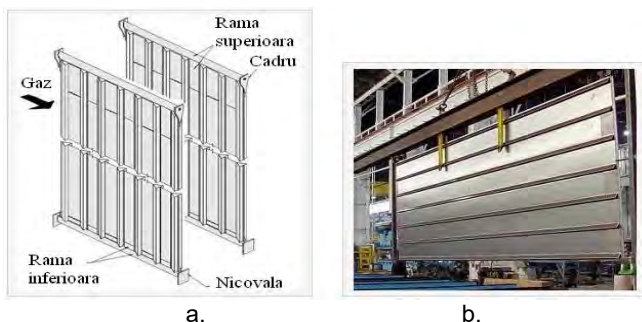


Fig. 1 Suprafețele colectoare: a. părți componente; b. montarea unei suprafețe colectoare

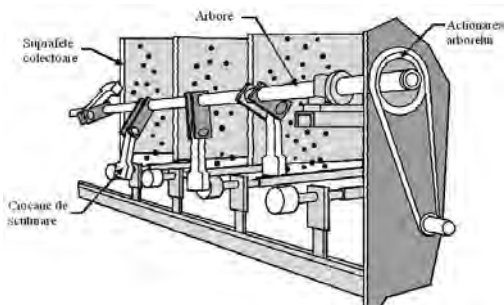
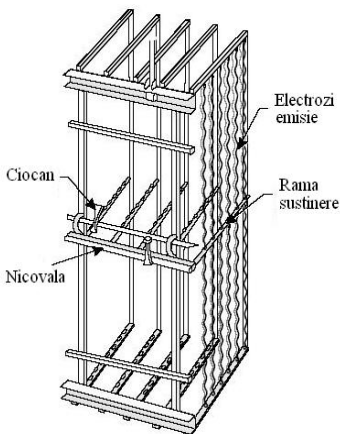


Fig. 2 Scuturarea electrozilor de depunere din câmpuri

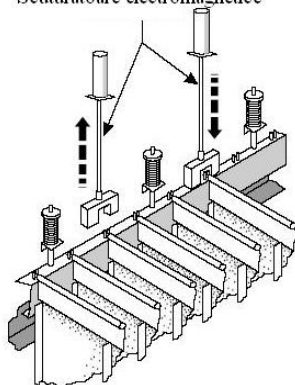
Mecanismul de scuturare a electrozilor de emisie este format din mecanismul bielă-manivelă, dispozitivul cu clichet, arborele port-ciocane, ciocanele de lovire, nicovale fixate pe ramele de emisie. Dispozitivul cu clichet asigură ridicarea ciocanelor de lovire de pe arbore în timpul cursei ascendente. Înainte de a atinge punctul superior, dispozitivul cu clichet eliberează tija, astfel încât ciocanele cad liber pe nicovale și electrozii vor fi scuturați. Scuturătoarele pot fi acționate mecanic, electric sau pneumatic [5]:

Fig. 3 Scuturarea ramelor cu electrozii de emisie din câmpuri



- vibratoare electrice;
- bobine electrice cu piston de lovire (armătura mobilă a electromagnetului) (figura 4);
- scuturătoare pneumatice;
- ciocane de lovire mecanice;

Scuturătoare electromagnetice



- scuturătoare sonice care nu au nevoie de medii de transmisie.

Fig.4. Scuturarea electromagnetica a electrozilor

3. Simularea funcționării electrofiltrelor

Unul dintre programele de simulare utilizate pentru stabilirea performanțelor unui electrofiltru uscat cu plăci este programul ESPVI 4.0. (Electrostatic Precipitators V-I Curves and Performance

Model). Meniul programului conține: File Options, Data Entry, Calculate V-I, Performance, View Results, Output results, Graph Results, Utilities, Exit, fiecare dintre ele având alte submeniuri [6]. S-a simulat funcționarea unui electrofiltru uscat cu plăci, cu trei câmpuri în diverse regimuri de funcționare la presiunea de 1 atm și temperatura gazului 157 °C [7-10].

Tabelul 1 prezintă principalele caracteristici ale electrofiltrului analizat. Tabelul 2 - principalele componente ale gazului, iar tabelul 3 factori de corecție utilizați la simulare.

Tabelul 1

Câmp	Suprafața de colectare specifică [m ² /(m ³ /s)]	Tensiunea pe câmpuri [kV]	Curentul din câmpuri [A]	Densitatea de curent [mA/m ²]	Tensiunea de vârf/ Tensiunea medie[-]	Forma tensiunii
1	13,6	42,5	0,21	9,9·10 ⁻²	1,2	Redresare bialternanță
2	13,6	41,3	0,29	1,38·10 ⁻¹	1,23	Redresare bialternanță
3	13,6	40,1	0,31	1,45·10 ⁻¹	1,23	Redresare bialternanță

Câmp	Lungime câmp [m]	Înălțime câmp [m]	Distanța electrozi [cm]	Tipul electrozilor de emisie	Viteza gazului [m/s]	Viscozitatea [kg/(m·s)]
1	2,743	9,14	140	rotund	1,448	2,6·10 ⁻⁵
2	2,743	9,14	140	rotund	1,448	2,6·10 ⁻⁵
3	2,743	9,14	140	rotund	1,448	2,6·10 ⁻⁵

Tabelul 2

N ₂ [%]	O ₂ [%]	CO ₂ [%]	H ₂ O [%]	SO ₂ [ppm]	SO ₃ [ppm]
73,5	3,3	14,9	8,3	795,9	3,2

La simulare sunt utilizați factori de corecție pentru infiltrarea aerului (datorată construcției imperfecte a electrofiltrului și a coroziunii), de devierea standard a vitezei gazului (față de valoarea medie a vitezei gazului), factorul de scuturare (o mărime relativă care indică cât timp este scuturat câmpul), valoarea medie a diametrului particulelor de praf care sunt reantrenate în fluxul de gaze și factorul de turbulență (o mărime relativă care indică cât de turbulentă este curgerea) [4].

Tabelul 3

Câmp	Intrare aer în câmpuri [-]	Devierea standard a vitezei gazului [-]	Factor de scuturare [-]	Valoarea medie a diametrului prafului reantrenat [μm]	Factor de turbulență [-]
1	0,05	0,15	0,12	6	1
2	0,05	0,15	0,12	6	1
3	0,05	0,15	0,12	6	1

Alți parametrii de la intrarea electrofiltrului:

- densitatea prafului: 2400 kg/m^3 ;
- concentrația de praf la intrare: $24,61 \text{ g/m}^3$;
- diametrul mediu al particulelor de praf: $16 \mu\text{m}$.

4. Simulări cu straturi de prafuri de aceeași grosime pe câmpuri

În tabelele 4 (Performanțele electrofiltrului când grosimea straturilor de praf este aceeași pe câmpuri și câmpurile sunt scuturate permanent – simulări) și 5 (Performanțele electrofiltrului când grosimea straturilor de praf este aceeași pe câmpuri și câmpurile nu sunt scuturate – simulări), PM 10 reprezintă particulele de praf cu diametre mai mici de $10 \mu\text{m}$, particule de praf care sunt greu de colectat.

Comisia Europeană a stabilit pentru acest tip de particule ca emisia de praf medie zilnică să fie mai mică decât $50 \mu\text{g/m}^3$.

Această concentrație nu trebuie depășită de 7 ori pe an.

Tabelul 4

Nr.crt.	Grosime strat praf [mm]	Eficiența de colectare [%]	Penetrarea prafului spre coș [%]	Densitatea emisiilor de praf [kg/m^3]	Densitatea emisiilor de praf PM 10 [kg/m^3]	Opacitatea [%]
1	0	98,21	1,79	$1 \cdot 10^{-4}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	21,1
2	1	98,24	1,76	$1 \cdot 10^{-4}$	$6,8 \cdot 10^{-5}$	20,8
3	2	98,28	1,72	$9,9 \cdot 10^{-5}$	$6,6 \cdot 10^{-5}$	20,4
4	3	98,31	1,69	$9,7 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$	20,0
5	4	98,35	1,65	$9,5 \cdot 10^{-5}$	$6,3 \cdot 10^{-5}$	19,6
6	5	98,38	1,62	$9,3 \cdot 10^{-5}$	$6,2 \cdot 10^{-5}$	19,3

Tabelul 5

Nr.crt.	Grosime strat praf [mm]	Eficiența de colectare [%]	Penetrarea prafului spre coș [%]	Densitatea emisiilor de praf [kg/m ³]	Densitatea emisiilor de praf PM 10 [kg/m ³]	Opacitatea [%]
1	0	99,35	0,65	$3,7 \cdot 10^{-5}$	$3 \cdot 10^{-5}$	15,0
2	1	99,37	0,63	$3,6 \cdot 10^{-5}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	14,7
3	2	99,39	0,61	$3,5 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	14,4
4	3	99,41	0,59	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$2,8 \cdot 10^{-5}$	14,1
5	4	99,42	0,58	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$	13,8
6	5	99,44	0,56	$3,2 \cdot 10^{-5}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$	13,5

Straturile de praf de pe suprafețele colectoare, se consideră că au aceiași valoare pe fiecare câmp în parte.

Un strat de praf mai gros pe suprafețele colectoare evidențiază colectarea din ce în ce mai bună a electrofiltrului, eficiența de colectare având o ușoară creștere.

La scuturarea permanentă a electrozilor eficiența de colectare este mai mică cu aproximativ 1 % față de cazul în care câmpurile nu sunt scuturate. Aparent, 1 % pare destul de puțin, dar pentru electrofiltrele care tratează sute de mii de m³/h de gaze, concentrația de praf de la ieșire este mare.

Densitatea emisiilor de praf scade odată cu creșterea straturilor de praf. Densitate scăzută a emisiilor de praf indică particule de praf cu diametre din ce în ce mai mici.

Când electrozii nu sunt scuturați, densitatea emisiilor de praf este mai mică decât în cazul scuturării permanente a electrozilor.

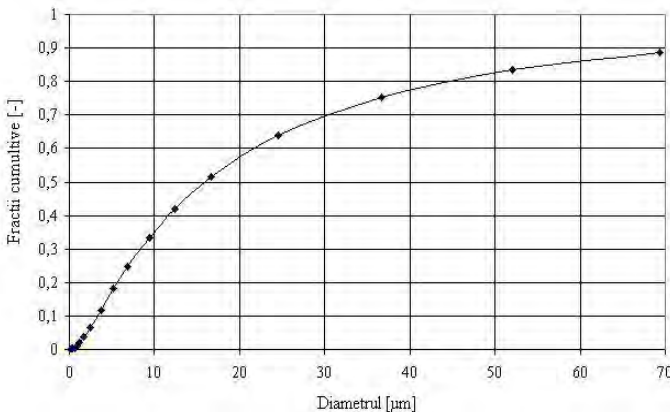


Fig. 5
Distribuția
maselor
particulelor
de praf, pe
clase de
diametre ale
particulelor
de praf

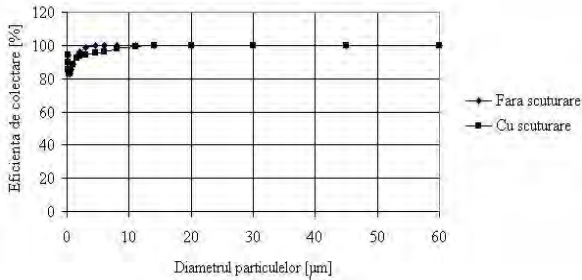


Fig. 6 Eficiența de colectare în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 0 în câmpuri

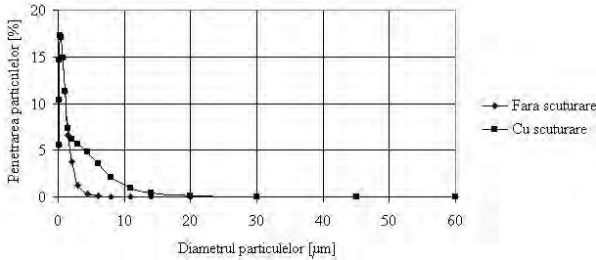


Fig. 7 Penetrarea particulelor de praf înspre coș în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 0 în câmpuri

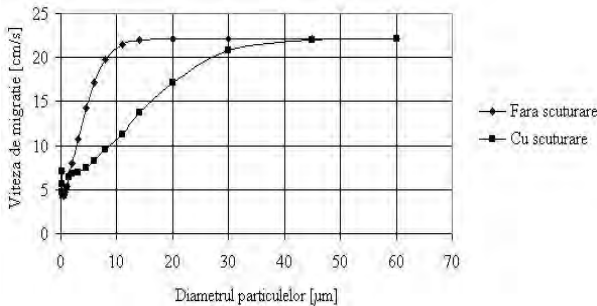


Fig. 8 Viteza de migrație a particulelor de praf în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 0 în câmpuri

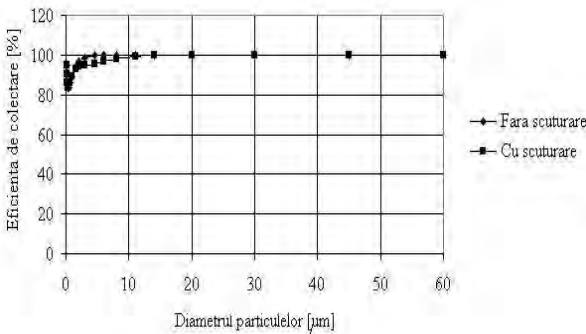


Fig. 9 Eficiența de colectare în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 3 mm în câmpuri

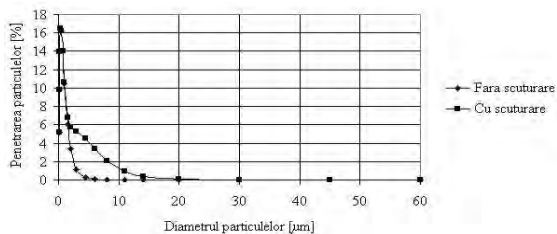


Fig. 10 Penetrarea particulelor de praf înspre coș în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 3 mm în câmpuri

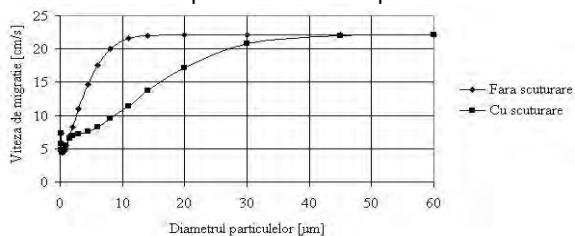


Fig. 11 Viteza de migrație a particulelor de praf în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 3 mm în câmpuri

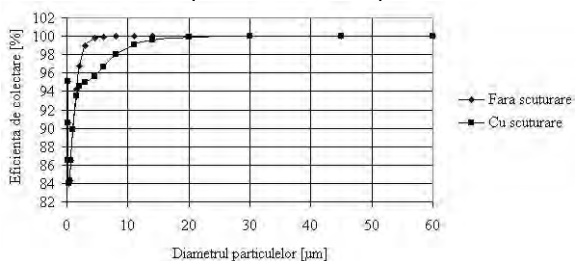


Fig. 12 Eficiența de colectare în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 5 mm în câmpuri

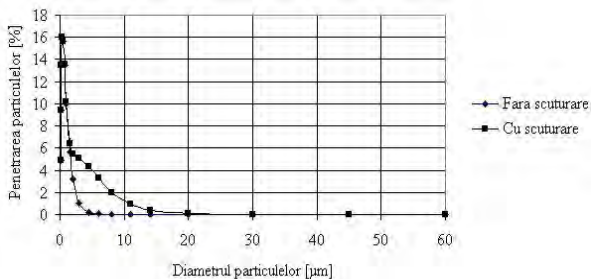


Fig. 13 Penetrarea particulelor de praf înspre coș în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 5 mm în câmpuri

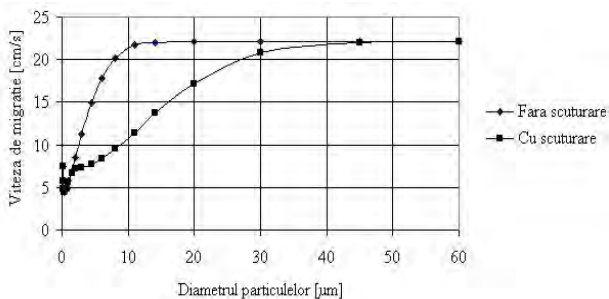


Fig. 14 Viteza de migrație a particulelor de praf în funcție de diametrul particulelor de praf, fără și cu scuturare, grosimea stratului de praf 5 mm în câmpuri

În figurile 6-14 rezistivitatea prafului este $1,7 \cdot 10^8$ [$\Omega \cdot m$]. În figurile 6, 9 și 12 este prezentată eficiența de colectare, pe clase de particule de praf când grosimea stratului de praf este constantă în câmpuri, iar în figurile 7, 10 și 13 este reprezentată penetrarea particulelor de praf înspre coș în aceleași condiții de funcționare.

5. Discuții referitoare la simulări

- Viteza de migrație, reprezentată în figurile 8, 11 și 14, este strâns legată de eficiența de colectare a particulelor de praf. Din simulările din figurile 6-14, se observă că, prin scuturare se colectează mai greu particulele de praf cu diametre mai mici de 15 μm , vitezele de migrație fiind mai mici pentru particulele de praf cu diametre mai mici de 30 μm .

- Când nu se utilizează scuturarea câmpurilor, eficiența de colectare scade foarte mult pentru particulele de praf cu diametre mai mici de 5 μm , iar viteza de migrație scade pentru particulele cu diametre mai mici de 10 μm .

- Practic, câmpurile trebuie scuturate (periodic sau permanent) pentru a elimina straturile de praf de pe câmpuri, astfel încât să nu apară o cădere de tensiune pe straturile de praf, și implicit o intensitate mai mică a câmpului electric, pentru o perioadă de timp prea lungă.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Drbal, L.F., Boston, P.G., Westra, K.L., Erickson, R.B., *Power Plant Engineering*, Black and Veatch, Springer Science, U.S.A., 1996.
- [2] Navarrete, B., Cañadas, L., Cortes, D., Salvador, L., Galindo, J., *Influence of Plate Spacing and Ash Resistivity on the Efficiency of Electrostatic Precipitators*, Journal of Electrostatics, nr.39, pag. 65-81, 1997.

- [3] Nibeleanu, Șt., Artino, A., Napu, S., *Instalații de separare a prafului cu electrofiltre*, Editura Tehnică, București, 1984.
- [4] Parker, K.R., *Applied Electrostatic Precipitators*, Chapman and Hall, London, Anglia, 1997, pag.192-229.
- [5] Cañadas, L., Navarrete, B., Lupión, M., Salvador, L. *Improvement of Fine Particles Collection Efficiency in Large Pulverized Coal Power Plants. ESPs Retrofitting to Hybrid Collectors*, the IXth International Conference on Electrostatic Precipitation (ICESP), Mpumalanga, Africa de Sud, nr. A03, 17-21 mai, 2004, 14 pag.
- [6] * * * *ESPVI 4.0*, manualul utilizatorului, U.S.A., 2007.
- [7] Popa, G.N., Vaida, V., Abrudean, C., Deaconu, S.I., Popa, I., *A Case Study of ESP Electrical Characteristics from a Thermal Power Station*, IEEE 44th IAS Annual Meeting, Houston, Texas, U.S.A., oct. 4-8, 2009, nr. IAS 17p2, 6 pag.
- [8] Popa, G.N., Vaida, V., Deaconu, S.I., Șora, I., *An Analysis on the Optimal Fields Number of the Plate-Type Electrostatic Precipitators Used in a Thermoelectric Power Plant*, 12th International Conference on Optimization of Electrical and Electronic Equipment OPTIM 2010, Brașov, pag. 232-239, 8 pag.
- [9] * * * *Comportarea electrofiltrelor de la Termocentrala Electrică Mintia-Deva*, nr. 3271/86, ICEMENERG, București, 1986.
- [10] * * * *Măsurători de performanță pentru stabilirea gradului de epurare la instalația de desprăfuire electrică de la grupul nr.5*, nr. 2161-CPPM, S.C. ICPET S.A., București, 1996.

Conf.Dr.Ing. Gabriel Nicolae POPA

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara,
Senior Member IEEE, membru AGIR,
e-mail: gabriel.popa@fih.upt.ro

Conf.Dr.Ing. Iosif POPA

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara,
membru AGIR,
e-mail: iosif.popa@fih.upt.ro

Șef lucr.Dr.Ing. Corina Maria DINIȘ

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara,
membru IEEE, membru AGIR,
e-mail: corina.dinis@fih.upt.ro

Șef lucr.Dr.Ing. Angela IAGĂR

Facultatea de Inginerie Hunedoara, Universitatea „Politehnica” Timișoara,
membru IEEE, membru AGIR,
e-mail: angela.iagar@fih.upt.ro