

LUCRARE DE LABORATOR 2

ANALIZA REGIMULUI ARMONIC DEFORMANT AL REȚELELOR DE DISTRIBUȚIE (1)

1. Obiectivele lucrării

Lucrarea are ca scop furnizarea de informații referitoare la modelarea surselor de armonici, propagarea armonicilor în rețelele de distribuție și calculul indicatorilor de regim deformant, precum și familiarizarea studenților cu modul de utilizare a unor aplicații software specializate pentru determinarea indicatorilor de calitate a energiei electrice în rețelele electrice de distribuție.

2. Considerații teoretice

Regimurile nesinusoidale sau deformante de funcționare ale SEE reprezintă acele regimuri pentru care curbele de tensiune și curent sunt periodice, dar cel puțin una dintre ele nu variază în timp după o lege de tip sinusoidal.

Armonică (de tensiune/de curent) = tensiune/curent sinusoidal cu frecvența egală cu un multiplu întreg al frecvenței fundamentale a tensiunii de alimentare.

Surse de armonici în SEE

- instalații electrice și electronice industriale, cu caracter neliniar: mutatoare, instalații de electroliză, cuptoare cu arc;
- generatoare și elemente de rețea care prin construcția lor determină la ieșire mărimi cu formă nesinusoidală (mașini sincrone, transformatoare de putere);
- elemente de rețea în regimuri perturbate (mașini electrice și transformatoare supraîncărcate, linii electrice supratensionate prin efect Corona);
- aparate electrice și electronice pentru utilizări casnice și birotică;
- aparate de înaltă tensiune și ultrafrecvență (ex. cuptoare cu microunde);
- sarcini monofazate:
 - surse de putere în comutație (*Switched mode power supplies* - SMPS);
 - balasturi electronice pentru lămpile fluorescente;
 - unități mici de alimentare neîntreruptibilă (*Uninterruptible power supplies* - UPS).
- sarcini trifazate:
 - acționări cu viteză variabilă;
 - unități mari UPS.

Efecte ale circulației de armonici

Probleme determinate de curenții armonici:

- supraîncărcarea conductorului de nul de lucru;
- supraîncălzirea transformatoarelor;
- acționarea intempestivă a întreruptoarelor;
- suprasolicitarea condensatoarelor pentru corecția factorului de putere;

- efect pelicular în conductoare.
Probleme determinate de tensiunile armonice:
- perturbații la trecerea prin zero a curbelor.

Indicatori de regim deformant

- Valoarea efectivă

$$Y = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} Y_k^2} \quad (1)$$

- Nivelul armonicilor

$$\gamma_k = \frac{Y}{Y_1} \quad (2)$$

- Reziduul deformant

$$Y_d = \sqrt{Y^2 - Y_1^2} \cong \sqrt{Y_0^2 + \sum_{k=2}^{\infty} Y_k^2} \quad (3)$$

- Factorul de putere

$$PF^{def} = \frac{P_{tot}}{U_{ef} I_{ef}} \quad (4)$$

- Factor de putere de deplasare (de defazaj (DF)):

$$DF = \cos \theta_1 = \frac{P_1}{U_1 I_1} \quad (5)$$

Pentru un regim apropiat de cel sinusoidal se poate scrie:

$$PF = \frac{DF}{\sqrt{1 + THD^2}} \quad (6)$$

Tab.1. Nivelul admis al armonicilor de tensiune (EN 50160)

Armonici impare				Armonici pare	
Nemultiplu de 3		Multiplu de 3			
Ordin n	Amplitudine [%]	Ordin n	Amplitudine [%]	Ordin n	Amplitudine [%]
5	6	3	5,0	2	2,0
7	5	9	1.5	4	1,0
11	3,5	15	0,5	6...24	0,5
13	3.0	21	0,5		
17	2.0				
19	1,5				
23	1.5				
25	1.5				

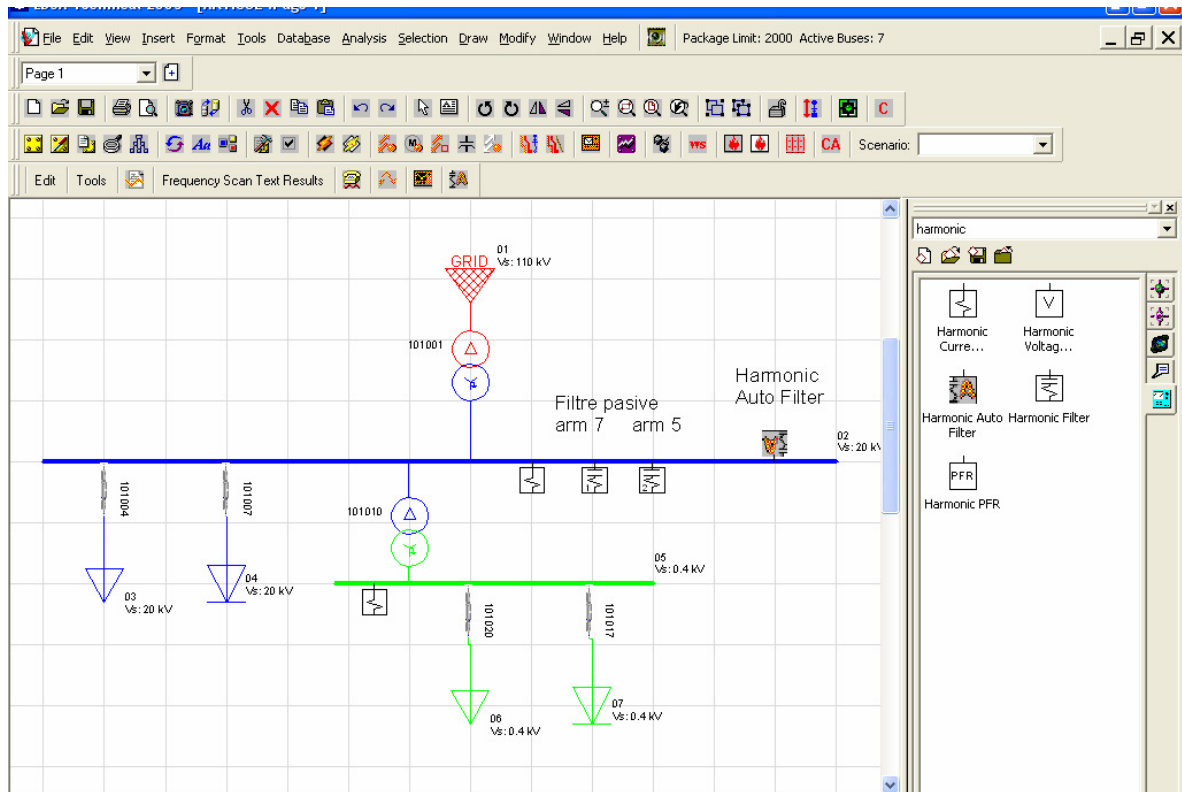
NOTA: Nu au fost indicate valorile corespunzătoare armonicilor de ordin mai mare de 25, de valori în general reduse, dar cu efect imprevizibil la rezonanță. THD < 8% (j.t. și m.t.)

3. Instrument de analiză

Pentru realizarea obiectivelor lucrării se va utiliza pachetul de programe specializate de proiectare și analiză a sistemelor electroenergetice EDSA TECHINCAL 200*.

4. Obiectul analizei

Se va analiza funcționarea rețelei de distribuție a cărei configurație este dată în Fig.1, cu datele precizate în Tabelul 2.



Tabelul 2- Caracteristicile rețelei studiate

Transformatoare				
Un1/Un2 [kV]	Sn [MVA]	Tip	Conexiune	
110/20	10	10000-3-L	Y0d	
20/0.4	1.5	1500-3-D	Dy0	
Linii				
ID	Tip/Catalog	Lungime [km]		
101004	LEC_XMK300D/1	0.2		
101007	LEC_XMK300D/1	0.1		
101020	LEC_AMCMK 70 1	0.05		
101017	LEC_AMCMK 95 9	0.05		
Consumatori				
ID	Un[kV]	Sn [MVA]	FP [%]	Tip
03	20	2.5	90	liniar
04	20	2	100	redresor
SA1 (nod #02)	20	2.5	90	VD/6 Pulse (2)
06	0.4	0.5	85	liniar
07	0.4	0.25	100	redresor
SA2 (nod #05)	0.4	0.80	90	VD/6 Pulse (1)

5. Mod de lucru

5.1. Se deschide o aplicație în EDSA:

File > New drawing file > EDSA > Electrical one line ac AC and DC IEC. Axt > OK > nume

5.2. Din biblioteca iecbus se translatează pe foaia de lucru elementele de tip nod.

5.3. Din biblioteca iecbra se translatează pe foaia de lucru elementele de tip laturi.

5.4. Se introduc întâi sarcinile liniare.

5.5. Se asociază datele de proiect simbolurilor componentelor de rețea.

5.6. În nodurile SA1 și SA2 se introduc inițial consumatori liniari (metodologia precedentă) cu datele precizate în tabel.

5.7. Se verifică corectitudinea configurației :Error cheking



5.8. Se lansează programul de calcul al circulației de puteri :Advanced Power Flow



5.9. Se activează raportul subrutinei: Report Manager

6. Rezultate

6.1. Se notează datele pentru regimul sinusoidal – tabelul 3.

Tabelul 3 – Rezultatele calculului circulației de puteri

Puteri generate		Puteri consumate		FP	Pierderi Δ	
P [MW]	Q [MVar]	P [MW]	Q [MVar]		P [kW]	Q [kVar]
Scenariul 1 – consumatori liniari						
Scenariul 2 – regim deformant						

Se vor compara ulterior cu cele obținute pentru Scenariul 2.

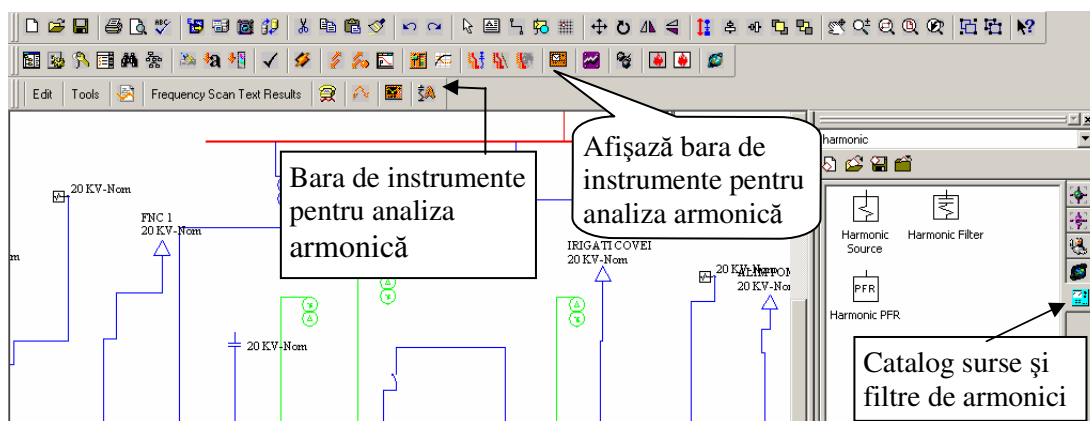
LUCRARE DE LABORATOR 3

ANALIZA REGIMULUI ARMONIC DEFORMANT AL REȚELELOR DE DISTRIBUȚIE (2)

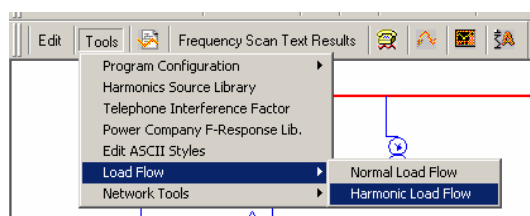
7. Mod de lucru

7.1. Se deschide aplicația EDSA de la ședința **LUCRARE DE LABORATOR 2**:
File > Open file > nume

7.2. Se activează bara de meniuri pentru analiza armonică.



7.3. În nodurile SA1 și SA2 se înlocuiesc consumatorii liniari (metodologia precedentă) cu sursele de armonici precizate în Tabelul 2.

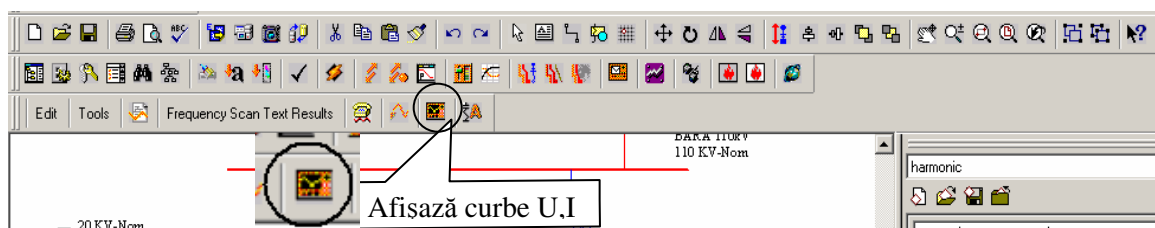


7.4. Se selectează de pe bara instrumentelor de analiză armonică comanda **Tools** cu subcomanda **Load Flow > Harmonic Load Flow**.

7.5. Se notează datele pentru regimul nesinusoidal – tabelul 3 (Scenariul 2).

7.6. Se vizualizează curbele de curent și tensiune și se determină indicatorii de regim nesinusoidal

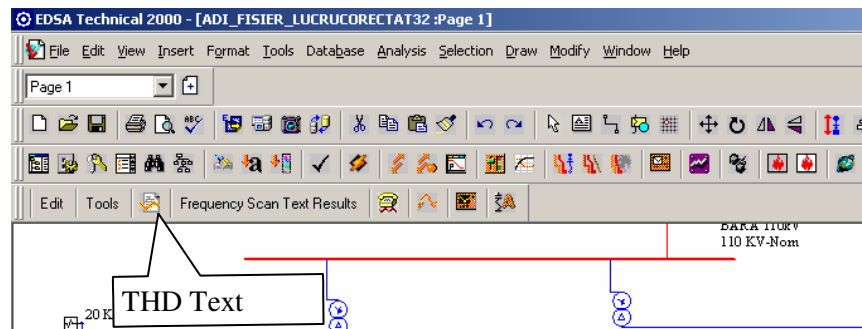
Vizualizarea curbelor de curent și tensiune pe elementele rețelei se face prin selectarea laturii/nodului urmărit și apelarea comenzii **View Curves** de pe bara de meniu pentru analiza armonică.



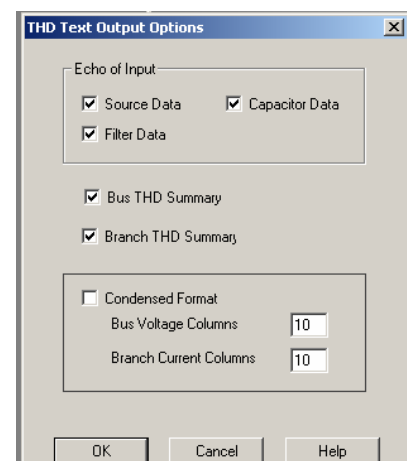
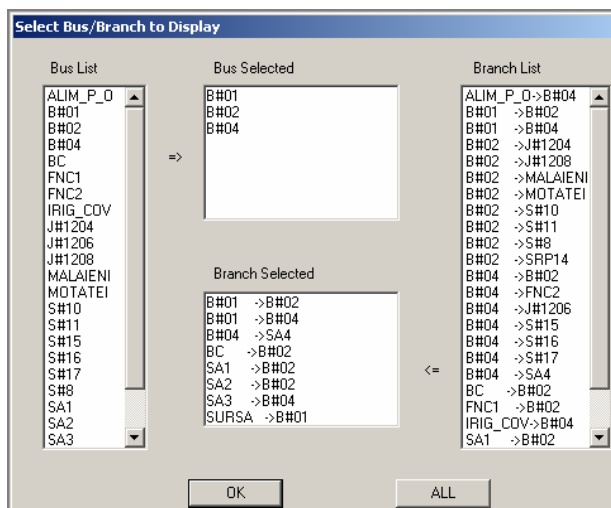
Din interfețele activate se copiază curbele caracteristice pentru nodurile/laturile indicate la secțiunea Rezultate și valorile mărimilor de interes pentru caracterizarea regimului nesinusoidal – vezi Tabelul 4.

Pentru determinarea indicatorilor de regim (THD) și vizualizarea lor sub forma fișierelor text se parcurg următoarele etape:

Se apelează comanda **THD Text Results** corespunzătoare raportului indicatorilor sub forma unui fișier text.



În fereastra de dialog rezultată se pot selecta nodurile și laturile pentru care se dorește determinarea indicatorilor de regim (THD) și ulterior, tipul de informații de interes:

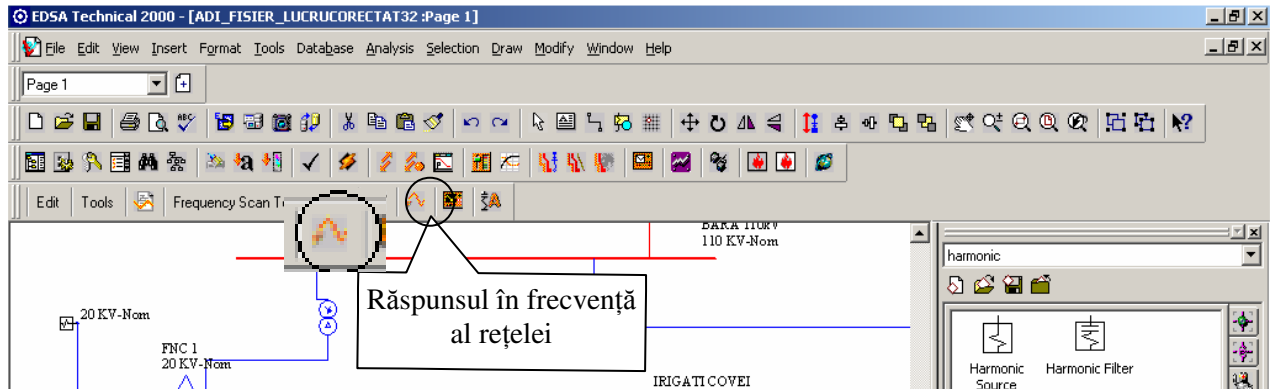


După selectare se activează raportul text care conține:

- THD pentru tensiune pe noduri și bare/THD pentru curent pe laturi și transformatoare
- Armonicile de tensiune și cele de curent, specifice surselor de armonici prezente în rețea pe laturile sau nodurile unde acestea există.

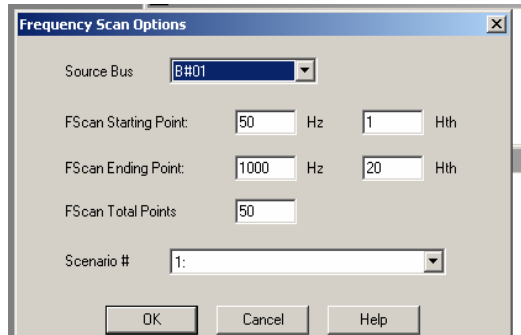
7.7. Se determină impedanțele armonice în nodurile de interes ale rețelei studiate (răspunsul în frecvență al rețelei).

Vizualizarea răspunsului în frecvență al rețelei se face prin selectarea nodului urmărit și apelarea comenzii **Frequency Scan Graphic Results** de pe bara de meniu pentru analiza armonică.



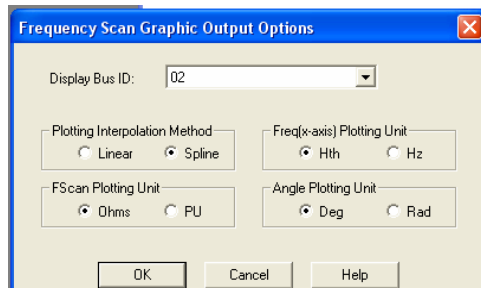
În interfața de dialog care apare ulterior se pot selecta:

- Bara (nodul) sursă de armonici
- Gama de frecvență pe care se face analiza
- Scenariul analizat

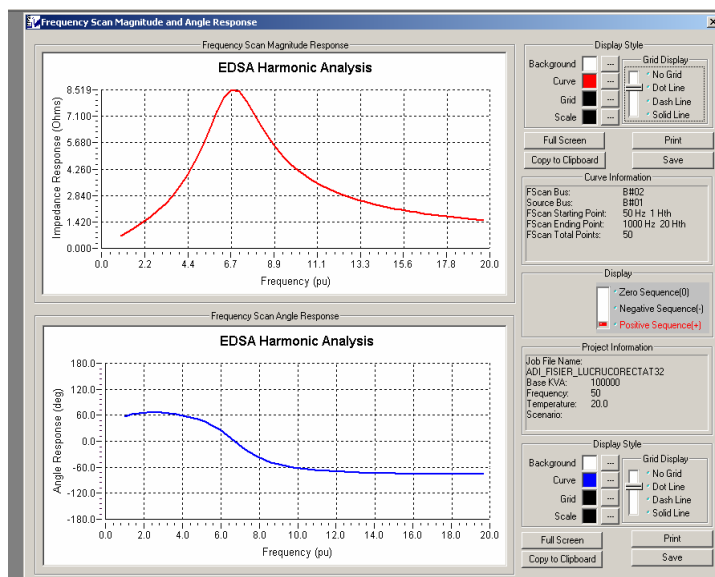


Comanda click **OK** activează o altă fereastră de dialog în care se selectează elementul care se dorește analizat.

Se precizează domeniul de frecvență scanat - rangul armonicii minime și maxime reprezentate, precum și opțiunile de ieșire ale raportului - metoda de interpolare, unitățile de măsură ale parametrilor impedanțelor armonice.



Click **OK** este urmat de apariția rezultatelor sub formă grafică.

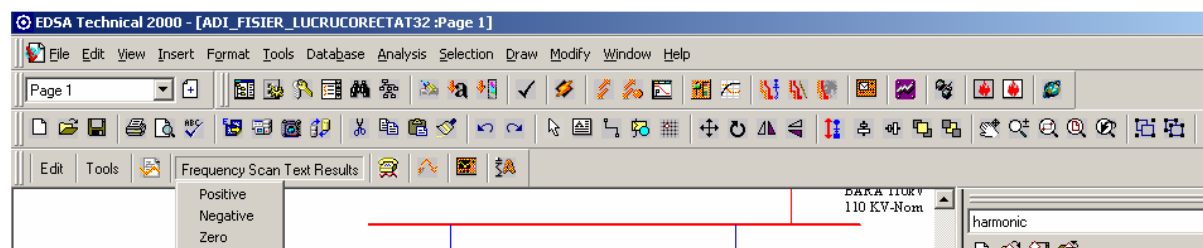


Din interfețele activate se copiază curbele modului și argumentului fazuroului impedanței armonice (Frequency Scan Magnitude Respond & Frequency Scan Angle Respond) pentru nodurile indicate la secțiunea Impedanțele armonice - vezi Tabelul 5.

Pentru vizualizarea impedanțelor armonice (Impedance response) sub forma fișierelor text se parcurg următoarele etape:

Se apelează comanda **Frequency Scan Text Results** corespunzătoare raportului indicatorilor sub forma unui fișier text.

Pentru generarea raportului text al răspunsului în frecvență al rețelei corespunzător uneia din cele trei secvențe se apelează comanda **Frequency Scan Text Results** cu subcomenzile: **Positive**, **Negative** și **Zero**. Rezultatele vor fi afișate sub forma unor fișiere text, etapele analizei fiind identice cu cele pentru afișarea rezultatelor grafice.



8. Rezultate

8.1. Se compară valorile obținute pentru factorul de putere și pierderile de putere obținute în cele două scenarii notate în tabelul 3 (Lucrarea de laborator nr.2). Se analizează diferențele între valorile obținute.

8.2. Se notează datele pentru regimul nesinusoidal – tabelul 4.

Tabelul 4 – Indicatori de regim nesinusoidal

#Nod	Un [kV]	VTHD [%]	Umax [kV]	Uef [kV]	Fig.
01					
02					
03					
04					
05					
06					
07					
#Latură	Un [kV]	ITHD [%]	Imax [A]	Ief [A]	Fig.
101004					
101007					
101010					
101020					
101017					
101001					
SA1					
SA2					

Se fac observații asupra repartției distorsiunilor pe secțiunile de rețea.
 Se compară valorile indicatorilor cu limitele recomandate de standarde.
 Se fac recomandări.

8.3. Se studiază caracteristicile curbelor impedanțelor armonice ale rețelei în nodurile indicate – tabelul 5.

Tabelul 5 – Impedanțele armonice

#Nod	Un [kV]	Rang frecvențe de rezonanță	Fig.
01	110		
02	20		
05	0.4		

Se fac observații asupra punctelor de inflexiunile ale caracteristicilor – frecvențele de rezonanță – cauze și efecte posibile.