

Laborator CEM

LUCRAREA 1: ANALIZA FORMEI TENSIUNII REȚELEI DE ALIMENTARE ȘI A SPECTRULUI LA SUPRAPUNEREA UNOR IMPULSURI PARAZITE ȘI LA VARIAȚIA AMPLITUDINII TENSIUNII

Anul 4 Telecomunicații

1. Simularea în MATHCAD a unor evenimente perturbatoare

Analiza unui anumit tip de perturbație se face în mai multe etape:

1. Simularea tipului de perturbație pe calculator
2. Generarea perturbației cu un aparat de test
3. Măsurarea efectelor perturbației
4. Determinarea unor măsuri de creștere a imunității sistemului la acest tip de perturbație.

Perturbațiile conduse prin rețeaua de curent alternativ ocupă unul dintre primele locuri în ceea ce privește efectele negative asupra sistemelor electronice, de aceea s-a ales simularea acestor perturbații. Mediul MATHCAD este un mediu simplu de utilizat și rezultatele obținute sunt foarte sugestive.

În principiu simulările în MATHCAD s-au realizat pentru a pune în evidență efectul anumitor perturbații asupra tensiunii de alimentare a rețelei prin armonicile generate, dar aceste simulări pot fi aplicate și în cazul altor semnale utile.

1.1. Semnal sinusoidal peste care se suprapun impulsuri parazite

Se definește un index: $i := 1..63$

Cu ajutorul acestui index se definește o sinusoidă:

$$u_i := \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \sin\left(\frac{i}{64} \cdot 10 \cdot \pi\right)$$

Peste sinusoidă se aplică un impuls Dirac prin însumare:

$n_i := u_i + 500 \cdot \delta(20, i)$ unde parametrii funcției impuls sunt amplitudinea (500) și poziția față de index (20). Graficul sinusoidelor obținute și a sinusoidelor cu impuls suprapus sunt date în figura 1:

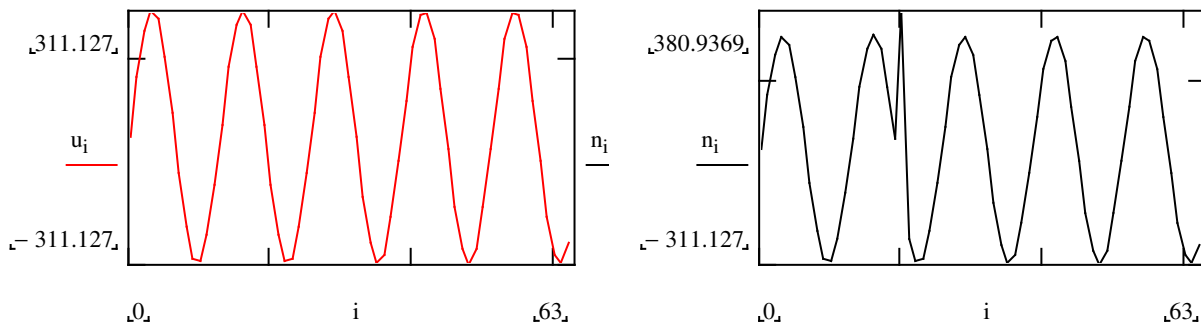


Figura 1 : sinusoida rețelei și sinusoida rețelei cu un impuls Dirac suprapus

Transformata Fourier rapidă în complex arată forma armonicilor care apar în acest caz. În figura următoare sunt arătate graficele armonicilor pentru cazul sinusoidelor (stânga) $v := cfft(u)$ și a sinusoidelor cu un impuls suprapus $m := cfft(n)$:

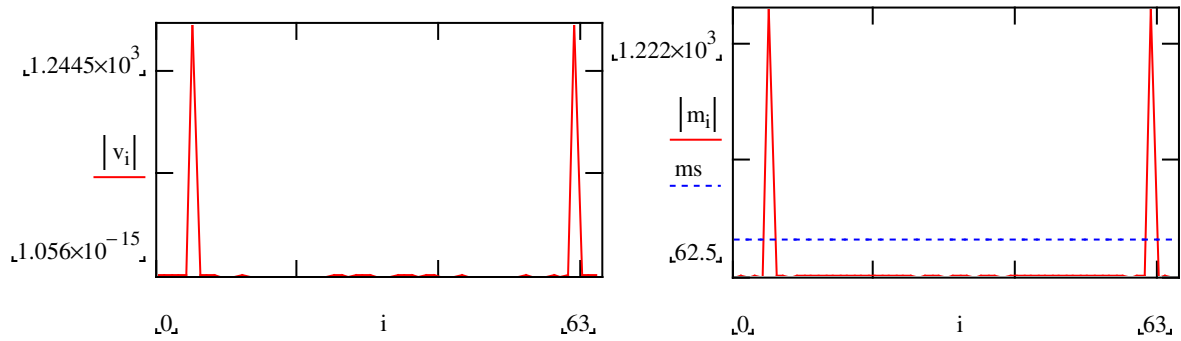


Figura 2: spectrul de frecvențe al semnalului sinusoidal și al semnalului sinusoidal cu impuls suprapus

Armonicile superioare care apar în cazul impulsului suprapus sunt mici față de fundamentală și nu apar pe diagramă. Faptul că fundamentală are valoare mai mică conduce la concluzia că refacerea semnalului din armonici nu va duce la un semnal identic cu cel neperturbat.

Refacerea semnalului din armonici se face cu funcția `icfft`:

$h := icfft(u)$ pentru semnalul sinusoidal și $h := icfft(n)$ pentru semnalul perturbat.

Prin refacerea semnalului din eșantioane se obține forma semnalului inițial așa încât această refacere nu mai are sens. Dacă pentru semnalul perturbat se selectează doar o parte din armonici atunci prin refacerea semnalului perturbat se poate obține un semnal neperturbat. Se calculează deviația standard:

$ms = stdev(m)$ care s-a reprezentat în figura anterioară.

Se formează un nou spectru prin scăderea din spectrul m a deviației standard prin folosirea funcției Φ care este 1 pentru argument pozitiv și 0 pentru argument negativ:

$$p_i = m_i \cdot \phi(|m_i| - ms)$$

Se reprezintă grafic noul spectru p și semnalul refăcut din spectru:

$h := icfft(p)$

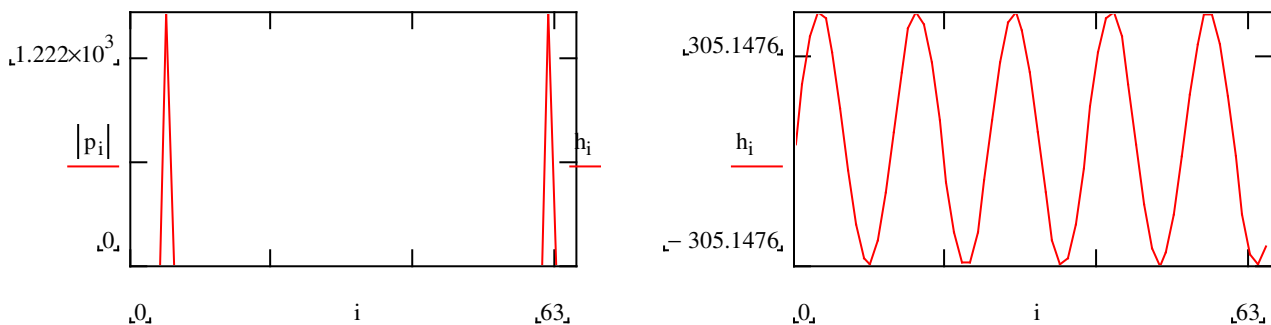


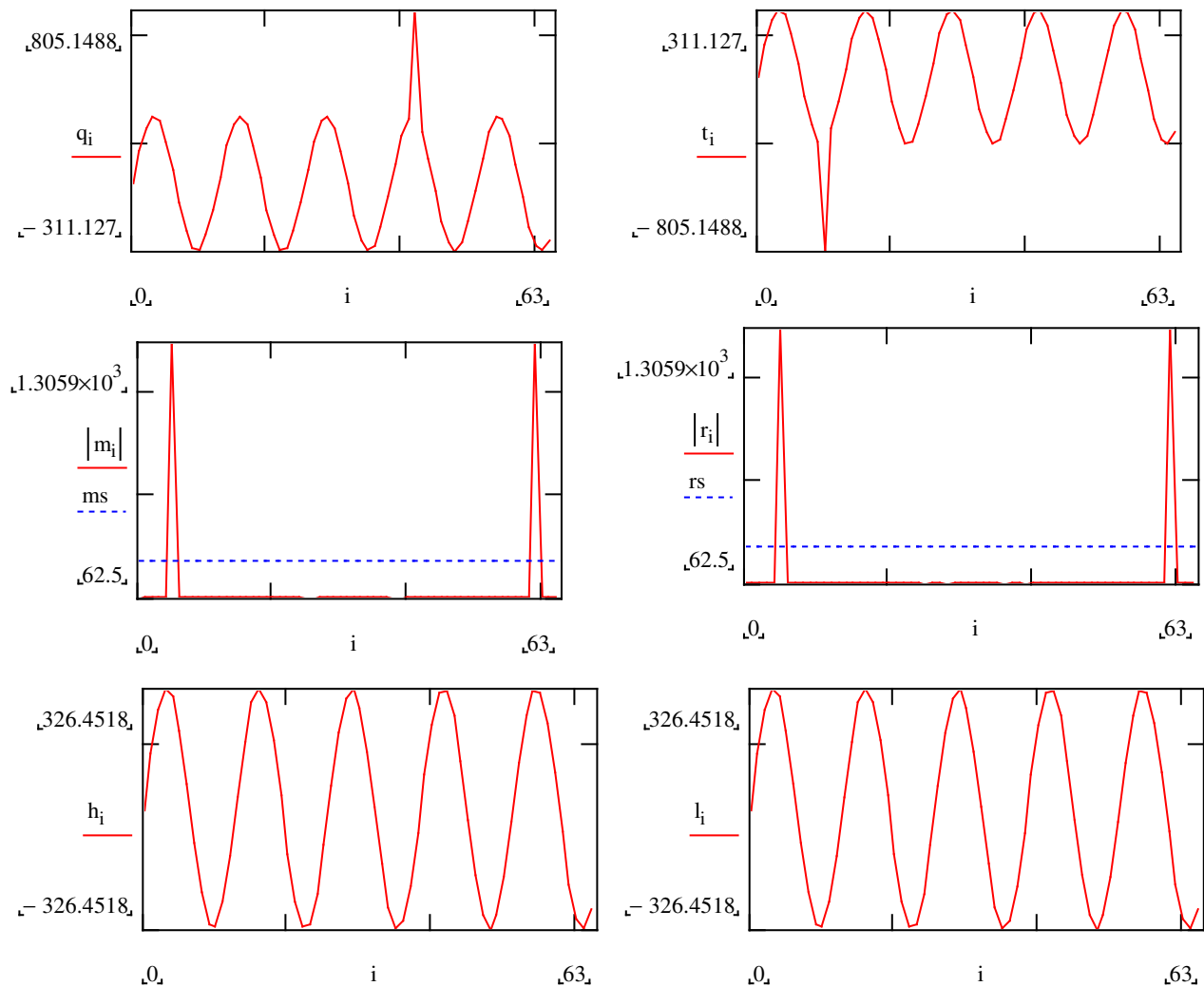
Figura 3: spectrul cu armonici eliminate și semnalul refăcut din armonici

Se poate observa că semnalul refăcut este perfect sinusoidal și nu se mai vede impulsul perturbator dar amplitudinea semnalului este mai mică decât a semnalului inițial. Prin eliminarea unor armonici energia semnalului s-a diminuat.

Se pune problema dacă poziția impulsului are vreo importanță în spectrul generat de perturbație. Pentru a răspunde la această întrebare se generează două semnale sinusoidale:

$$q_i := u_i + 500 \cdot \delta(42, i) \qquad t_i := u_i + 1000 \cdot \delta(20, i)$$

Se ridică spectrul de frecvențe, se calculează deviația *ms*, se separă componentele spectrului și se reface semnalul din spectru:



$$\begin{aligned}
 m &:= \text{cfft}(q) & ms &:= \text{stdev}(m) & p_i &= m_i \cdot \phi(|m_i| - .5 \cdot ms) & h &:= \text{icfft}(p) \\
 r &:= \text{cfft}(t) & rs &:= \text{stdev}(r) & x_i &= m_i \cdot \phi(|r_i| - .5 \cdot rs) & l &:= \text{icfft}(x)
 \end{aligned}$$

Figura 4: semnale cu impulsuri centrate pe maxim /minim, spectre și semnale refăcute din spectru

S-au reprezentat grafic semnalul perturbat q și t , spectrele acestor semnale și semnalele refăcute din spectru.

Se observă că nu există diferențe între situația în care impulsul este centrat pe maximum sinusoidelor și atunci când este situat pe minimum sinusoidelor. Față de primul caz se observă că amplitudinea semnalului după refacere este chiar mai mare, deci pare că în pozițiile de maxim și minim impulsul este mai puțin perturbator. Dacă luăm în considerare faptul că în primul caz amplitudinea semnalului este 381V iar în celelalte două cazuri 805V respectiv -805V și circuitele unei surse sunt proiectate la o anumită tensiune maximă de intrare se poate considera că impulsurile suprapuse pe minimum sau maximum sinusoidelor sunt mai periculoase.

Influența amplitudinii impulsului se poate analiza dacă în primul caz se dublează amplitudinea impulsului și se calculează spectrul, deviația, spectrul cu armonici eliminate și se reface semnalul:

$$t_i := u_i + 1000 \cdot \delta(20, i) \quad r := \text{cfft}(t) \quad rs := \text{stdev}(r)$$

$$x_i = r_i \cdot \phi(|r_i| - .7 \cdot rs) \quad l := \text{icfft}(x)$$

Semnalul inițial și cel refăcut sunt reprezentate grafic:

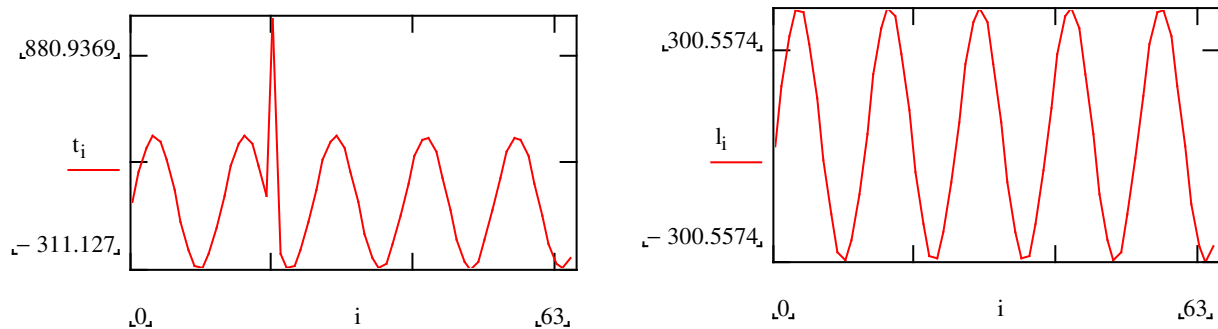


Figura 5: semnal sinusoidal cu impuls de amplitudine 1000 și semnalul refăcut din spectru

Se observă că amplitudinea semnalului refăcut este mai mică decât în cazul unui impuls suprapus de 500V (300V față de 305V).

Semnalele reale sunt perturbate de regulă cu salve de impulsuri parazite cu amplitudini diferite. Un semnal mai apropiat de realitate este generat astfel:

$$n_i := u_i + 1000 \cdot \delta(20, i) - 500 \cdot \delta(30, i) + 300 \cdot \delta(58, i) - 600 \cdot \delta(48, i)$$

Spectrul de frecvențe este $q := \text{cfft}(n)$, deviația standard este $qs := \text{stdev}(q)$, spectrul cu armonici eliminate este $t_i = q_i \cdot \phi(|q_i| - .7 \cdot qs)$ iar semnalul refăcut din armonici este $l := \text{icfft}(t)$.

În figura 6 sunt reprezentate n , spectrul q și semnalul l refăcut din armonici:

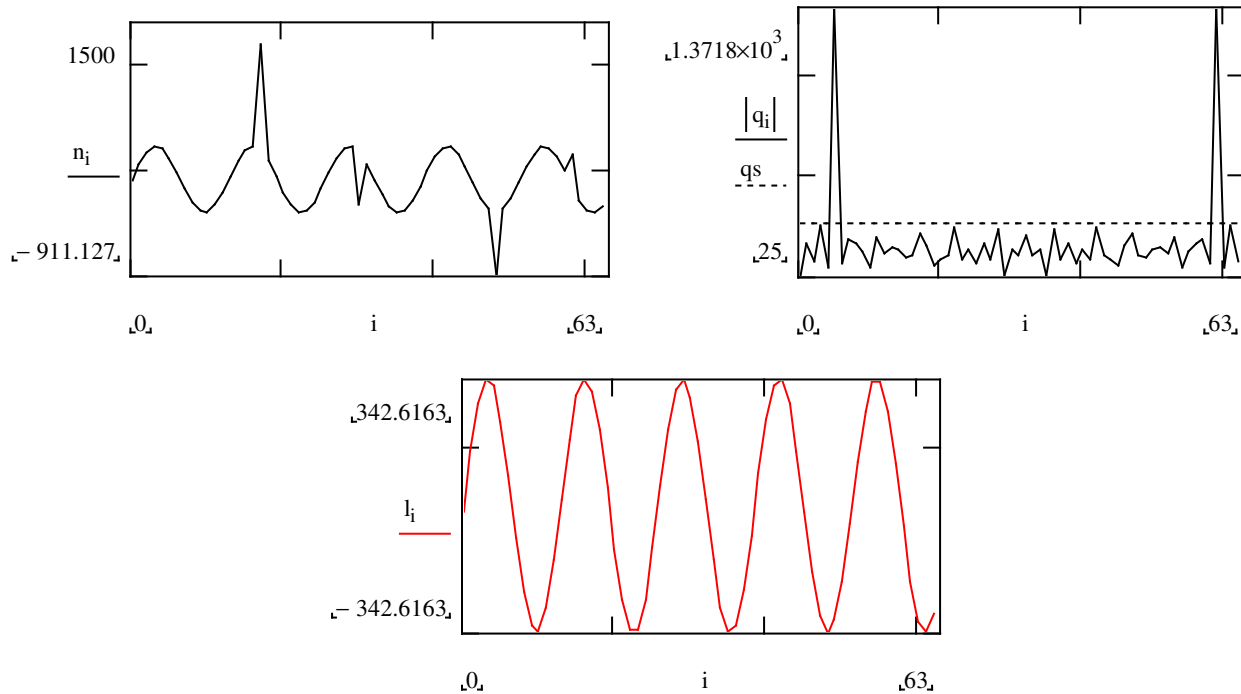


Figura 6: semnal cu mai multe impulsuri suprapuse, spectrul de frecvențe și semnalul refăcut

Se observă din figură că spectrul semnalului conține mult mai multe armonici decât în cazul perturbării cu un impuls singular. Totuși refacerea semnalului din spectru se poate face cu obținerea unui semnal sinusoidal cu forma perfectă și amplitudine corectă.

1.2.Semnal sinusoidal cu variația amplitudinii

Se definesc: $i:=1..63$ $j:=0..127$ $k:=64..127$

Cu ajutorul acestor indecși se definesc sinusoide:

$$q_i := \sqrt{2} \cdot 210 \cdot \sin\left(\frac{i}{64} \cdot \pi\right)$$

$$t_j := \sqrt{2} \cdot 230 \cdot \sin\left(\frac{j}{64} \cdot \pi\right) \cdot \phi(j - 64)$$

$$q_k := 0$$

Sinusoida rezultată $w:=q+t$ are valoarea efectivă 210V de la 0 până la trecerea prin 0, deci prima alternanță și valoarea efectivă 230V în a doua alternanță. Practic variațiile de amplitudine se desfășoară încet, dar este totuși posibil ca o astfel de formă de undă să fie generată când un tiristor comandă o sarcină importantă. Tiristorul conduce doar în una dintre alternanțe și este posibil ca să se producă o inegalitate a amplitudinilor în cele două alternanțe. Spectrul este $f:=cfft(w)$

În figură s-au reprezentat sinusoida, spectrul complet și spectrul cu o porțiune mărită pentru a se putea vedea armonicile apărute ca urmare a variației de amplitudine. În paralel s-au reprezentat aceleași forme pentru un semnal sinusoidal neperturbat.

$$s_j := \sqrt{2} \cdot 220 \cdot \sin\left(\frac{j}{64} \cdot \pi\right) \quad r:=cfft(s)$$

Pentru refacerea semnalului din spectru se scad armonicile mai mici decât y astfel:

$$f_j = f_j \cdot \phi(|f_j| - y)$$

Semnalul este refăcut din spectru cu relația $w:=icfft(f)$ respectiv $w1:=icfft(r)$

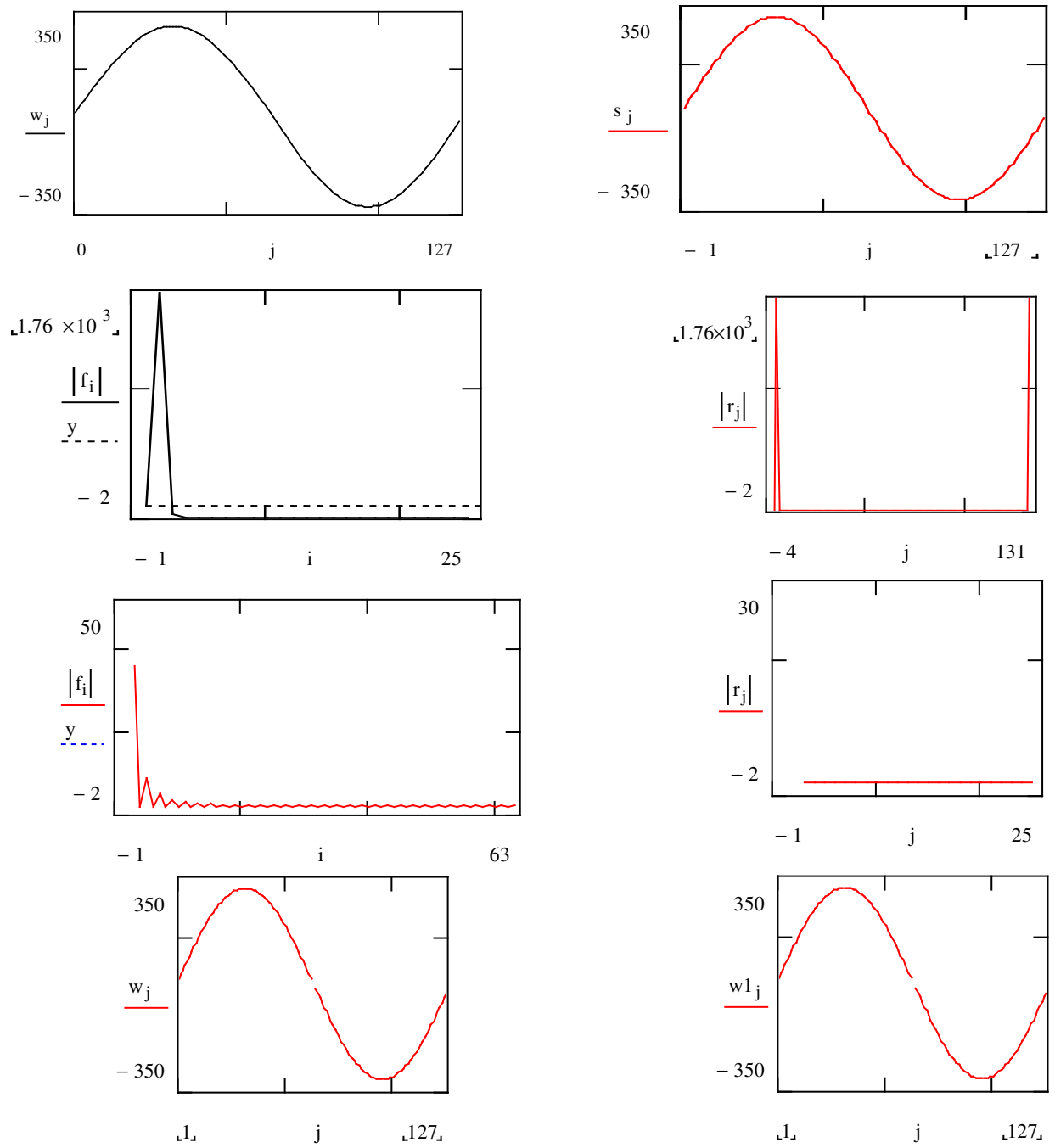


Figura 7: pe coloana din stânga sunt reprezentate sus semnalul perturbat în timp, spectrul, un detaliu al spectrului și semnalul refăcut iar pe coloana din dreapta semnalul neperturbat, spectrul, un detaliu și semnalul refăcut

Se observă din figura 7 că refacerea semnalului din spectru se face fără pierderi.

Se simulează o variație mai mare de amplitudine de la 176V la 264V. Este reprezentat semnalul în timp, spectrul și un detaliu al spectrului:

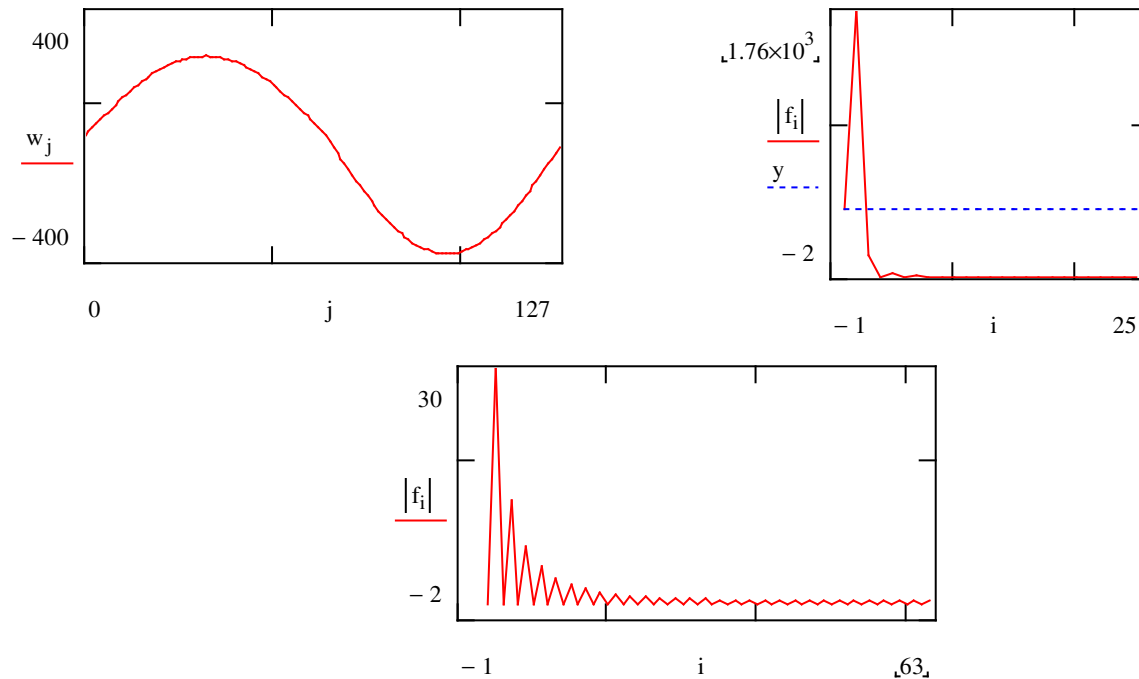


Figura 8: semnal cu o variație de 88V de la o alternanță la alta, spectrul și un detaliu al spectrului

După cum se poate vedea armonicile superioare au amplitudini mai mari, ceea ce confirmă rezolvarea analitică a acestui exemplu și care a demonstrat că armonicile sunt proporționale cu variația de amplitudine.

Mersul lucrării

1. Se studiază suportul teoretic de simulare;
2. Se repetă cunoștințele simple de utilizare MATHCAD;
3. Se refac simulările propuse în lucrare și se modifică anumiți parametrii, de exemplu amplitudinea impulsurilor, poziția lor, diferența de amplitudine între cele două alternanțe etc. și se observă modificările în spectru;
4. Se provoacă discuții despre spectre, pentru semnalul sinusoidal și impulsuri;
5. Se discută despre refacerea semnalului din spectru.