

Γενικές πληροφορίες και απαιτήσεις :

♦ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ :

- 1) Ι.Κ. Χατζηλάου : «Μέθοδοι Επίλυσης Ηλεκτρικών Δικτύων» Σ.Ν.Δ. 1988.
- 2) Ι.Κ. Χατζηλάου, Π. Λαϊμός : «Ανάλυση Fourier σε ομοιόμορφη δειγματοληψία - Μία Συνοπτική Θεώρηση» Σ.Ν.Δ. 1997.
- 3) Ι.Κ. Χατζηλάου, Κ. Φωστιέρης : «Επίλυση Ηλεκτρικού Κυκλώματος με τη Βοήθεια Ανάλυσης Fourier και H/Y», Σ.Ν.Δ. 1997.
- 4) <http://www.matworks.com/>

Επικοινωνική Βιβλιογραφία :

5) από το STANAG 1008, Edition 9, ότι αφορά στην «αρμονική παραμόρφωση».

6) σελ. 52-55, Ι.Κ. Χατζηλάου, Σ. Πέρρος : «Μετατροπείς Ενέργειας και Σ.Α.Ε. Ηλ. Συστήματος με Ηλεκτρονικά Ισχύος – Συνοπτική Θεώρηση με Εφαρμογές στα Πλοία του Π.Ν.» Σ.Ν.Δ. 1999.

- ♦ Τα δεδομένα της άσκησης διαφοροποιούνται για κάθε Ν.Δ. με βάση τον α/α του στον κατάλογο του τμήματος.
- ♦ Το «Άριστα» της βαθμολογίας θα κυμανθεί μεταξύ των **30 ως 50 μονάδων** ανάλογα με το πλήθος των διαγωνισμάτων και των άλλων εργασιών και εργαστηρίων που θα κάνετε κατά το εξάμηνο.
- ♦ **Η εργασία είναι ανυποχρεώτως ατομική.**
- ♦ Η εργασία απαιτεί τη χρησιμοποίηση Η/Υ με το πακέτο MATLAB. Διαθέσιμοι υπολογιστές βρίσκονται τόσο στα εργαστήρια Η/Υ (Δευτέρα έως Παρασκευή, 18:15-21:30), όσο και στο εργαστήριο Η/Τ (ημέρες και ώρες κατόπιν συνεννόησης με τους επιβλέποντες).
- ♦ **Παράδοση μέχρι Τετάρτη 18 Νοεμβρίου 2009, ώρα 11.00 π.μ.** σε ψηφιακή μορφή (αρχείο *.doc) είτε με αποστολή στο email: ht@snd.edu.gr, είτε με αποθήκευση σε USB-stick που θα δοθεί στον αρχηγό.
- ♦ Δομή Εργασίας: Εξώφυλλο, Σύντομη Περίληψη (1/2 σελίδα), Περιεχόμενα, Βιβλιογραφία

ΚΕΦ. 1

1.1

1.1.1 .. κλπ

ΚΕΦ. 2 κλπ

Συμπεράσματα

Η κάθε εργασία αποτελείται βασικά από τέσσερα μέρη :

- την εκφώνηση (ανάλυση αντικειμένου κλπ) και τη θεωρητική ανάλυση του σήματος, **τα οποία δίνονται έτοιμα και θα συμπεριληφθούν στην εργασία με «copy-paste».**
- τους υπολογισμούς με βάση τη θεωρητική ανάλυση,
- την ανάλυση μέσω MATLAB και
- την εξαγωγή συμπερασμάτων.

- ♦ Η μορφοποίηση του κειμένου είναι η ακόλουθη :

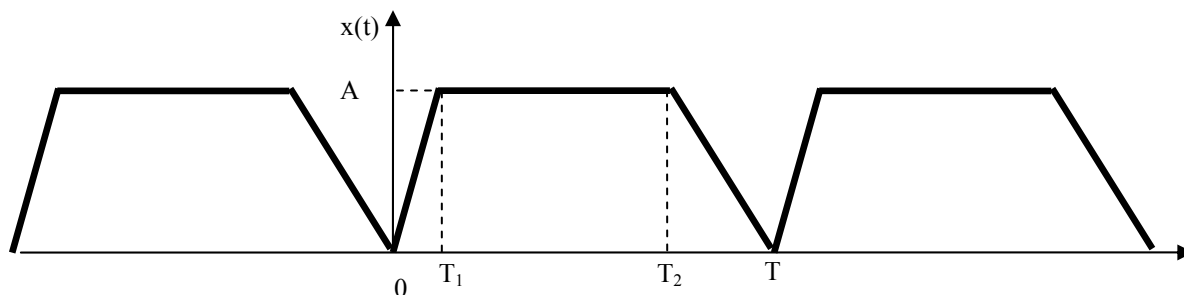
page set-up: Εξώφυλλο Top 3 cm, Bottom 3 cm, Left 3.5 cm, Right 3 cm

page set-up: Κείμενο Top 2.5 cm, Bottom 2.5 cm, Left 2.5 cm, Right 2.5 cm, tab 0.5 cm, Times New Roman, 11pt, single space

Ανάλυση αντικειμένου :

Δίνεται το τραπεζοειδές περιοδικό μη συμμετρικό σήμα $x(t)$ του σχήματος 1.

Με βάση τα αριθμητικά δεδομένα του πίνακα 1 (σύμφωνα με τον αύξοντα αριθμό του Ναυτικού Δόκιμου) πραγματοποιείτε τα ακόλουθα βήματα :



Σχήμα 1: Τραπεζοειδές περιοδικό μη εναλλασσόμενο σήμα

Θεωρητική ανάλυση :

Με βάση τη θεωρητική ανάλυση του σήματος, που σας δίνεται, να υπολογίσετε τα ακόλουθα στοιχεία για τα δεδομένα του πίνακα 1 στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται 128 σημεία δειγματοληψίας (δηλαδή το μέγιστο 64 διακριτές φυσικές συχνότητες) :

- ♦ Τους συντελεστές (όρους) Fourier C_0 , A_n , B_n , $|F_n|$, φ_n , $|\bar{F}_D(\omega_n)|$, $\angle \bar{F}_D(\omega_n)$.
- ♦ Την ενεργό τιμή του σήματος $V_{rms} = \bar{x}$.
- ♦ Το συντελεστή ύψους (μέγιστης τιμής) η_1 .
- ♦ Το συντελεστή σχήματος η_2 .
- ♦ Τα υπόλοιπα R_k .
- ♦ Το συντελεστή αρμονικής παραμόρφωσης (Individual Harmonic Distortion) κάθε επιμέρους αρμονικής τάξης n (IHD_n) (ως $n=5$).
- ♦ Το συντελεστή ολικής αρμονικής παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion – THD) λαμβάνοντας υπόψη μέχρι και την 5^η αρμονική.

Ανάλυση FFT σε περιβάλλον MATLAB :

Με βάση το πρόγραμμα `fft_ergasia004.m` σε MATLAB (που είναι τοποθετημένο σε folder : [\Blue\I\hлектroteхnia\Matlab_Excercises\B_ETOS\B_09_10](#)) προσδιορίστε τα εξής με χρήση των δεδομένων του πίνακα 1 για τις περιπτώσεις 16, 64 και 128 σημείων δειγματοληψίας (κάνοντας τις κατάλληλες γραφικές παραστάσεις με προσθήκη των αντίστοιχων επεξηγηματικών υπότιτλων) :

(I) – Για το σήμα $x(t)$ χωρίς θόρυβο

- ♦ Τα φάσματα του σήματος (φασματικό διάγραμμα) (μέτρο $|F_n|$ και γωνία φ_n).
- ♦ Το φασματικό διάγραμμα των συντελεστών A_n , B_n , C_n .
- ♦ Την ενεργό τιμή του σήματος $V_{rms} = \bar{x}$.
- ♦ Το συντελεστή ύψους (μέγιστης τιμής) η_1 .
- ♦ Το συντελεστή σχήματος η_2 .
- ♦ Τα υπόλοιπα R_k .
- ♦ Το συντελεστή αρμονικής παραμόρφωσης (Individual Harmonic Distortion) κάθε επιμέρους αρμονικής τάξης n (IHD_n).
- ♦ Το συντελεστή ολικής αρμονικής παραμόρφωσης (Total Harmonic Distortion – THD).
- ♦ Την ισοδύναμη ημιτονοειδή της περιοδικής συνάρτησης χωρίς το συνεχή όρο.
- ♦ Το συντελεστή παρέκκλισης (deviation factor) η_3 .
- ♦ Γραφική παράσταση του σήματος $x(t)$, όπως αυτό αναπαράγεται χρησιμοποιώντας α) τρεις πρώτες αρμονικές Fourier και το συνεχή όρο και β) πέντε πρώτες αρμονικές Fourier και το συνεχή όρο.

(II) – Για το σήμα $x(t)$ με θόρυβο

- ♦ Υπολογίστε πάλι, κάνοντας και τις αντίστοιχες γραφικές παραστάσεις, τα φάσματα, τα υπόλοιπα R_k και τους συντελεστές IHD_n και THD , θεωρώντας, ότι το αρχικό σήμα $x(t)$ περιέχει και λευκό θόρυβο (με τιμή παραμέτρου θορύβου ως ποσοστού επί το πλάτος του σήματος ίση με π_1), πάλι για τις περιπτώσεις 16, 64 και 128 σημείων δειγματοληψίας.

Εξαγωγή συμπερασμάτων :

Διατυπώστε σχόλια και παρατηρήσεις πάνω στα διάφορα αποτελέσματα με τον FFT και την αναπαραγωγή του σήματος από τις αρμονικές του καθώς και πάνω στις αριθμητικές διαφορές μεταξύ της θεωρητικής ανάλυσης και της ανάλυσης με τον FFT (“πακέτο” MATLAB).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ :

Η μαθηματική συνάρτηση είναι η εξής :

$$x(t) = \begin{cases} A \cdot \frac{t}{T_1}, & 0 \leq t < T_1 \\ A, & T_1 \leq t < T_2 \\ A \cdot \frac{T-t}{T-T_2}, & T_2 \leq t \leq T \end{cases} \quad (1)$$

Οι συντελεστές Fourier είναι οι ακόλουθοι :

$$C_0 = \frac{1}{T} \cdot \int_0^T x(t) \cdot dt = \frac{1}{T} \cdot \left[\int_0^{T_1} \left(A \cdot \frac{t}{T_1} \right) \cdot dt + \int_{T_1}^{T_2} A \cdot dt + \int_{T_2}^T \left(A \cdot \frac{T-t}{T-T_2} \right) \cdot dt \right] = \frac{A}{T} \cdot \left[\frac{t^2}{2 \cdot T_1} \Big|_0^{T_1} + t \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{(T \cdot t - 0.5 \cdot t^2) \Big|_{T_2}^T}{(T-T_2)} \right] \Rightarrow$$

$$C_0 = \frac{A}{T} \cdot \left[\frac{T_1^2 - 0^2}{2 \cdot T_1} + T_2 - T_1 + \frac{(T \cdot T - 0.5 \cdot T^2) - (T \cdot T_2 - 0.5 \cdot T_2^2)}{(T-T_2)} \right] \Rightarrow$$

$$x_{mean} = C_0 = \frac{A}{T} \cdot \left[\frac{T_1}{2} + T_2 - T_1 + \frac{(T-T_2)^2}{2 \cdot (T-T_2)} \right] = \frac{A}{T} \cdot \frac{T+T_2-T_1}{2} \Rightarrow x_{mean} = C_0 = \frac{A}{2} \cdot \frac{T+T_2-T_1}{T} \quad (2)$$

$$A_n = \frac{2}{T} \cdot \int_0^T x(t) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt \Rightarrow$$

$$A_n = \frac{2}{T} \cdot \left[\int_0^{T_1} \left(A \cdot \frac{t}{T_1} \right) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt + \int_{T_1}^{T_2} A \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt + \int_{T_2}^T \left(A \cdot \frac{T-t}{T-T_2} \right) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt \right] \Rightarrow$$

$$A_n = \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \frac{t \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_0^{T_1}}{-n \cdot \omega} - \left(\frac{\int_0^{T_1} \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt}{-n \cdot \omega} \right) \right] + A \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_{T_1}^{T_2}}{-n \cdot \omega} \right\} \Rightarrow$$

$$A_n = \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \frac{T_1 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{-n \cdot \omega} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_0^{T_1}}{(n \cdot \omega)^2} \right] + A \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{(-n \cdot \omega)} \right\} \Rightarrow$$
$$+ A \cdot \left[\frac{-(T-T_2) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T-T_2) \cdot (-n \cdot \omega)} - \left(\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_{T_2}^T}{(T-T_2) \cdot (n \cdot \omega)^2} \right) \right]$$

$$\begin{aligned}
A_n &= \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \left[\frac{T_1 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{-n \cdot \omega} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{(n \cdot \omega)^2} \right] + A \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{(-n \cdot \omega)} \right] \right. \\
&\quad \left. + A \cdot \left[\frac{-(T - T_2) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot (-n \cdot \omega)} - \left(\frac{\overbrace{\sin(n \cdot \omega \cdot T)}^0 - \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)^2} \right) \right] \right\} \Rightarrow \\
A_n &= \frac{2}{T} \cdot A \cdot \left\{ -\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{(n \cdot \omega)^2 \cdot T_1} - \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{n \cdot \omega} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{n \cdot \omega} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)^2} \right\} \Rightarrow \\
A_n &= \frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)} \right] \quad (3) \\
B_n &= \frac{2}{T} \cdot \int_0^T x(t) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt \Rightarrow \\
B_n &= \frac{2}{T} \cdot \left[\int_0^{T_1} \left(A \cdot \frac{t}{T_1} \right) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt + \int_{T_1}^{T_2} A \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt + \int_{T_2}^T \left(A \cdot \frac{T - t}{T - T_2} \right) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt \right] \Rightarrow \\
B_n &= \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \frac{t \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t)}{n \cdot \omega} \Big|_0^{T_1} - \left[\frac{\int_0^{T_1} \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt}{n \cdot \omega} \right] + A \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot t)}{n \cdot \omega} \Big|_{T_1}^{T_2} \right] \right. \\
&\quad \left. + A \cdot \left[\frac{[(T - t) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t)] \Big|_{T_2}^T}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)} - \left(\frac{\int_{T_2}^T (-1) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot t) \cdot dt}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)} \right) \right] \right\} \Rightarrow \\
B_n &= \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \left[\frac{T_1 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_0^{T_1}}{(n \cdot \omega)^2} \right] + A \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2) - \sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} \right] \right. \\
&\quad \left. + A \cdot \left[\frac{-(T - T_2) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot n \cdot \omega} - \left(\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot t) \Big|_{T_2}^T}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)^2} \right) \right] \right\} \Rightarrow \\
B_n &= \frac{2}{T} \cdot \left\{ \left[\frac{A}{T_1} \cdot \left[\frac{T_1 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{-n \cdot \omega} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \overbrace{\cos(0)}^1}{(n \cdot \omega)^2} \right] + A \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2) - \sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} \right] \right. \\
&\quad \left. + A \cdot \left[\frac{-(T - T_2) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot n \cdot \omega} - \left(\frac{\overbrace{\cos(n \cdot \omega \cdot T)}^1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot (n \cdot \omega)^2} \right) \right] \right\} \Rightarrow
\end{aligned}$$

$$B_n = \frac{2}{T} \cdot A \cdot \left\{ -\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{(n \cdot \omega)^2 \cdot T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{n \cdot \omega} - \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{n \cdot \omega} \right\} \Rightarrow$$

$$B_n = \frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)} \right] \quad (4)$$

$$|F_0| = C_0 = \frac{A}{2} \cdot \frac{T + T_2 - T_1}{T} \quad (5)$$

$$|F_n| = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{A_n^2 + B_n^2} \Rightarrow$$

$$|F_n| = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left(\frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)} \right] \right)^2 + \left(\frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)} \right] \right)^2} \Rightarrow$$

$$|F_n| = \frac{1}{2} \cdot \frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\left(\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)} \right)^2 + \left(\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)} \right)^2} \Rightarrow$$

$$|F_n| = \frac{A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{\sin^2(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + 2 \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)} + \left(\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} \right)^2 + \left(\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)} \right)^2 + 2 \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)}} \Rightarrow$$

$$|F_n| = \frac{A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{\sin^2(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + 2 \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} \cdot \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)} + \frac{\cos^2(n \cdot \omega \cdot T_1) + 1 - 2 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{\cos^2(n \cdot \omega \cdot T_2) + 1 - 2 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + 2 \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2) + 1}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow$$

$$|F_n| = \frac{A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\overbrace{\cos^2(n \cdot \omega \cdot T_1) + \sin^2(n \cdot \omega \cdot T_1) + 1 - 2 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}^1}{T_1^2} + \frac{\overbrace{\cos^2(n \cdot \omega \cdot T_2) + \sin^2(n \cdot \omega \cdot T_2) + 1 - 2 \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}^1}{(T - T_2)^2} + 2 \cdot \frac{\overbrace{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \cos(n \cdot \omega \cdot T_2) + \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}^{\cos(n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1))}}{T_1 \cdot (T - T_2)} + 2 \cdot \frac{1 + -\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow$$

$$\begin{aligned}
|F_n| &= \frac{A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{2 \cdot \frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + 2 \cdot \frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + 2 \cdot \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2) + 1}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow \\
|F_n| &= \frac{A \cdot \sqrt{2}}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + \frac{1 + \cos(n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \quad (6) \\
|F_n| &= \frac{A \cdot \sqrt{2}}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_1}{2}\right)}{T_1^2} + \frac{2 \cdot \sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_2}{2}\right)}{(T - T_2)^2} + \frac{2 \cdot \cos^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right) - 2 \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 + T_1)}{2}\right)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow \\
|F_n| &= \frac{A \cdot 2}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_1}{2}\right)}{T_1^2} + \frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_2}{2}\right)}{(T - T_2)^2} + \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right) \cdot \frac{\cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right) - \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 + T_1)}{2}\right)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow \\
|F_n| &= \frac{A \cdot 2}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_1}{2}\right)}{T_1^2} + \frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_2}{2}\right)}{(T - T_2)^2} + \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right) \cdot \frac{2 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \Rightarrow \\
|F_n| &= \frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_1}{2}\right)}{T_1^2} + \frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_2}{2}\right)}{(T - T_2)^2} + \frac{2 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \quad (6') \\
C_n = 2 \cdot |F_n| &= \frac{A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_1}{2}\right)}{T_1^2} + \frac{\sin^2\left(\frac{n \cdot \omega \cdot T_2}{2}\right)}{(T - T_2)^2} + \frac{2 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2) \cdot \cos\left(\frac{n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)}{2}\right)}{T_1 \cdot (T - T_2)}} \quad (7) \\
\varphi_n = \arctan\left(-\frac{A_n}{B_n}\right) &= \arctan\left(-\frac{\frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)}\right]}{\frac{2 \cdot A}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \left[\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)}\right]}\right) \Rightarrow
\end{aligned}$$

$$\varphi_n = \arctan \left(- \frac{\frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1} + \frac{\sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)}}{\left[\frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1}{T_1} + \frac{\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1}{(T - T_2)} \right]} \right) \Rightarrow$$

$$\varphi_n = \arctan \left(- \frac{(T - T_2) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) + T_1 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot [\cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - 1] + T_1 \cdot [\cos(n \cdot \omega \cdot T_2) - 1]} \right) \quad (8)$$

$$\varphi_n = \arctan \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{(T - T_2) \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_1) + T_1 \cdot \sin(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2) \cdot \sin^2\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_1}{2}\right) + T_1 \cdot \sin^2\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_2}{2}\right)} \right) \quad (8')$$

$$\varphi_n = \arctan \left(\frac{(T - T_2) \cdot \sin\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_1}{2}\right) \cdot \cos\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_1}{2}\right) + T_1 \cdot \sin\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_2}{2}\right) \cdot \cos\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_2}{2}\right)}{(T - T_2) \cdot \sin^2\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_1}{2}\right) + T_1 \cdot \sin^2\left(n \cdot \omega \cdot \frac{T_2}{2}\right)} \right) \quad (8'')$$

Οι διακριτοί όροι του διακριτού μετασχηματισμού Fourier :

$$|\bar{F}_D(\omega_n)| = (N - 1) \cdot |F_n| \quad (9\alpha)$$

$$\angle \bar{F}_D(\omega_n) = \varphi_n \quad (9\beta)$$

$$\text{με } \omega_n = n \cdot \Omega \quad (9\gamma) \quad \text{και} \quad \Omega = \frac{2 \cdot \pi}{T} \quad (9\delta)$$

Η ενεργός τιμή του σήματος δίνεται από τη σχέση :

$$\tilde{x} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \int_0^T x^2(t) \cdot dt} \Rightarrow \tilde{x} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left[\int_0^{T_1} \left(A \cdot \frac{t}{T_1} \right)^2 \cdot dt + \int_{T_1}^{T_2} A^2 \cdot dt + \int_{T_2}^T \left(A \cdot \frac{T-t}{T-T_2} \right)^2 \cdot dt \right]} \Rightarrow$$

$$\tilde{x} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left[\frac{A^2}{T_1^2} \cdot \frac{t^3}{3} \Big|_0^{T_1} + A^2 \cdot t \Big|_{T_1}^{T_2} + \frac{A^2}{(T-T_2)^2} \cdot \frac{(T-t)^3}{(-3)} \Big|_{T_2}^T \right]} \Rightarrow$$

$$\tilde{x} = \sqrt{\frac{1}{T} \cdot \left[\frac{A^2}{T_1^2} \cdot \frac{T_1^3}{3} + A^2 \cdot (T_2 - T_1) + \frac{A^2}{(T-T_2)^2} \cdot \frac{[0^3 - (T-T_2)^3]}{(-3)} \right]} = \sqrt{\frac{A^2}{T} \cdot \left[\frac{T_1}{3} + (T_2 - T_1) + \frac{(T-T_2)}{3} \right]} \Rightarrow$$

$$\tilde{x} = \sqrt{\frac{A^2}{T} \cdot \frac{T + 2 \cdot (T_2 - T_1)}{3}} = A \cdot \sqrt{\frac{T + 2 \cdot (T_2 - T_1)}{3 \cdot T}} = A \cdot \sqrt{\frac{1}{3} + \frac{2 \cdot (T_2 - T_1)}{3 \cdot T}} \quad (10)$$

Ο συντελεστής ύψους (μέγιστης τιμής) είναι :

$$\eta_1 = \frac{\max_{\forall t \in [0, T]} (x(t))}{x_{mean}} \Rightarrow \eta_1 = \frac{A}{\frac{A}{2} \cdot \frac{T + T_2 - T_1}{T}} = \frac{2 \cdot T}{T + T_2 - T_1} \quad (11\alpha)$$

$$\eta'_1 = \frac{\max_{\forall t \in [0, T]} (x(t))}{\tilde{x}} \Rightarrow \eta_1 = \frac{A}{A \cdot \sqrt{\frac{T+2 \cdot (T_2-T_1)}{3 \cdot T}}} = \sqrt{\frac{3 \cdot T}{T+2 \cdot (T_2-T_1)}} \quad (11\beta)$$

Ο συντελεστής σχήματος είναι :

$$\eta_2 = \frac{\tilde{x}}{x_{mean}} \Rightarrow \eta_2 = \frac{A \cdot \sqrt{\frac{T+2 \cdot (T_2-T_1)}{3 \cdot T}}}{\frac{A}{2} \cdot \frac{T+T_2-T_1}{T}} = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{(T+2 \cdot (T_2-T_1))} \cdot T}{T+T_2-T_1} \quad (12)$$

Το υπόλοιπο R_k δίνεται από τη σχέση :

$$R_k = \sqrt{\sum_{n=k}^{\infty} \frac{C_n^2}{2}} = \sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \sum_{n=1}^{k-1} \frac{C_n^2}{2}} \quad (13)$$

$$R_2 = \sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \frac{C_1^2}{2}} \quad (14\alpha) \quad R_3 = \sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \frac{C_1^2}{2} - \frac{C_2^2}{2}} \quad (14\beta) \quad R_4 = \sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \frac{C_1^2}{2} - \frac{C_2^2}{2} - \frac{C_3^2}{2}} \quad (14\gamma)$$

$$R_5 = \sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \frac{C_1^2}{2} - \frac{C_2^2}{2} - \frac{C_3^2}{2} - \frac{C_4^2}{2}} \quad (14\delta)$$

Ο συντελεστής αρμονικής παραμόρφωσης κάθε επιμέρους αρμονικής τάξης n (IHD_n) δίνεται από τη σχέση :

$$IHD_n = \frac{C_n}{C_1} \cdot 100\% \Rightarrow$$

$$IHD_n = \frac{\frac{2 \cdot A \cdot \sqrt{2}}{T \cdot (n \cdot \omega)^2} \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + \frac{1 + \cos(n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}}}{\frac{2 \cdot A \cdot \sqrt{2}}{T \cdot \omega^2} \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos(\omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{1 - \cos(\omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + \frac{1 + \cos(\omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(\omega \cdot T_1) - \cos(\omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}}} \cdot 100\% \Rightarrow$$

$$IHD_n = \frac{\sqrt{\frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{1 - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + \frac{1 + \cos(n \cdot \omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_1) - \cos(n \cdot \omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}}}{n^2 \cdot \sqrt{\frac{1 - \cos(\omega \cdot T_1)}{T_1^2} + \frac{1 - \cos(\omega \cdot T_2)}{(T - T_2)^2} + \frac{1 + \cos(\omega \cdot (T_2 - T_1)) - \cos(\omega \cdot T_1) - \cos(\omega \cdot T_2)}{T_1 \cdot (T - T_2)}}} \cdot 100\% \quad (15)$$

Ο συντελεστής ολικής αρμονικής παραμόρφωσης (THD) δίνεται από τη σχέση :

$$THD = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} C_n^2}}{C_1} \cdot 100\% \Rightarrow THD = \frac{\sqrt{\tilde{x}^2 - C_0^2 - \frac{C_1^2}{2}}}{\frac{C_1}{\sqrt{2}}} \cdot 100\% \quad (16)$$

Εναλλακτικά για την παρούσα περίπτωση ισχύει ότι :

$$THD = \sqrt{IHD_2^2 + IHD_3^2 + \dots + IHD_5^2} \quad (17)$$

Πίνακας 1 : Αριθμητικά δεδομένα ανάλογα τον α/α κάθε Ν.Δ. στον κατάλογο του τμήματος.

B Μηχανικών												
α/α	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T (msec)	250	250	250	250	250	250	500	500	500	500	500	500
T ₁ (msec)	25	50	75	100	125	150	25	50	75	100	125	150
T ₂ (msec)	160	170	180	190	200	210	225	250	275	300	325	350
A (V)	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
π ₁ (%)	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%
α/α	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
T (msec)	250	250	250	250	250	250	500	500	500	500	500	500
T ₁ (msec)	25	50	75	100	110	120	25	50	75	100	125	175
T ₂ (msec)	225	200	175	150	140	130	475	450	425	400	375	325
A (V)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
π ₁ (%)	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%	10%	5%

Πρόγραμμα («Κώδικας») σε MATLAB – Οι Ν.Δ. μεταβάλλουν για τα ερωτήματα (I) και (I I) μόνο τις τιμές του τμήματος με μαντισμένα γράμματα.

```
% \\Blue\I\hлектротехния\Matlab_Excercises\B_ETOS\B_09_10\fft_ergasia004.m
% ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ fft_ergasia004.m ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΟΥΣ ΠΕΡΙΟΔΙΚΟΥ ΣΗΜΑΤΟΣ
% εκκαθάριση παλαιών τιμών, σχημάτων κτλ.
clear;
clf;
clc;
% βασικές σταθερές
pi=3.14159265359;

%---Αρχή περιοχής αλλαγής μεταβλητών από Ναυτικούς Δοκίμους
% μεταβλητές προβλήματος
time=0.200; % βασική περίοδος [sec]
T1 =0.020; % χρονικό σημείο αλλαγής κλίσης T1 [sec]
T2 =0.150; % χρονικό σημείο αλλαγής κλίσης T2 [sec]
platos=10; % πλάτος A [V]
N_plithos_orwn=64; % σημεία δειγματοληψίας - πρέπει να είναι δύναμης 2
pososto_thoribou = 0.00; % ποσοστό θορύβου (π1) επί του πλάτους σήματος με
% ομοιομορφή κατανομή (λευκός θόρυβος)

%---Τέλος περιοχής αλλαγής μεταβλητών από Ναυτικούς Δοκίμους

% υπολογισμός άλλων μεταβλητών
fb=1/time; % βασική συχνότητα σήματος [Hz] (1/T)
Fs=N_plithos_orwn*fb;
Ts=1/Fs;
t=(0:Ts:(time-Ts));
% κατασκευή σήματος με χρήση της ρουτίνας trapezi (όχι έτοιμη)
for i_met=1:N_plithos_orwn
    x(i_met)=trapezi(t(i_met),time,T1,T2,platos);
end
% προσθήκη θορύβου με ομοιόμορφη τυχαία κατανομή
x=x+0.5*platos*pososto_thoribou*(-1+2*rand(1,length(t)));
% κατασκευή σήματος για γραφική παράσταση
t1=(0:Ts:(4*time-Ts)); % 4 περίοδοι
x1=[x x x x]; % 4 τραπέζια προς εκτύπωση
plot(t1,x1,'-k');
ylabel('x [-]');
grid on;
xlabel('time [sec]');
axis([0 (4*time) 0 platos]);
title(['Figure 1: Trapezoidal signal Parameters: Period(sec)=',num2str(time),'
T1(sec)=',num2str(T1),' T2(sec)=',num2str(T2),' Amplitude:',num2str(platos),' Sampling
population:',num2str(N_plithos_orwn),' White Noise:',num2str(pososto_thoribou)]);

% Ανάλυση σήματος
% Υπολογισμός FFT
Fx=fft(x,N_plithos_orwn); % Αυτή είναι η υπορουτίνα του MATLAB για τον FFT.
% ΠΡΟΣΟΧΗ : Ο αριθμός των σημείων N πρέπει να είναι δύναμη του 2,ειδ αλλιως
% το σήμα που τελικά θα αναλυθεί θα είναι λιγότερο ή περισσότερο αλλοιωμένο
% σε σχέση με το αρχικό [ βλ. και σελ. 36 στη Βιβλιογραφία (2)]
Fx=fftshift(Fx);
Nx=length(x)
% εύρεση όρων σειράς όπου υπολογίζεται πλήθος συντελεστών Fourier ίσο με το μισο πληθος
% σημείων δειγματοληψίας -
```

```

% H fix χρησιμοποιείται για την περίπτωση που δοθεί περιττός πλήθος σημείων δειγματοληψίας
N_oroi=fix(length(Fx)/2)
% Διαγράμματα πλάτους & φάσης
figure
% Αξονας συχνότητας
freq=[0:fb:(Nx-1)*fb]-Nx*fb/2;
subplot(2,1,1);
% Διάγραμμα πλάτους
plot(freq,abs(Fx)/Nx);
ylabel('Abs. Magnitude'), grid on
p = unwrap(angle(Fx));
title(['Figure 2: Fourier Fn - Phase Parameters: Period(sec)=',num2str(time),'
T1(sec)=',num2str(T1),' T2(sec)=',num2str(T2),' Amplitude:',num2str(platos),' Sampling
population:',num2str(N_plithos_orwn),' White Noise:',num2str(pososto_thoribou)]);
subplot(2,1,2);
% Διάγραμμα φάσης
plot(freq, angle(Fx)*180/pi);
ylabel('Phase [Degrees]'), grid on
xlabel('Frequency [Hertz]')
% υπολογισμός rms τιμής
Arms=sqrt(Fx*Fx'/(Nx*Nx))
% υπολογισμός μέσης τιμής - ισχύει μόνο για σήματα μη αρνητικών τιμών
x_gia_mean=abs(x);
Fx_mean=fft(x_gia_mean,N_plithos_orwn);
x_mean=Fx_mean(1)/Nx
% υπολογισμός συντελεστή ύψους
x_max=max(x);
httal_me_x_mean=x_max/x_mean
httal_me_x_energo=x_max/Arms
% υπολογισμός συντελεστή σχήματος
htta2=Arms/x_mean

% Υπολογισμός An Bn Cn
Fx((N_plithos_orwn+1))=conj(Fx(1));
for k_1=1:N_oroi
    platos_An(k_1)=abs(i*(Fx(N_oroi+1+k_1)-Fx(N_oroi+1-k_1))/Nx);
    platos_Bn(k_1)=abs(i*(Fx(N_oroi+1+k_1)+Fx(N_oroi+1-k_1))/Nx);
    platos_Cn(k_1)=sqrt(platos_An(k_1)*platos_An(k_1)+platos_Bn(k_1)*platos_Bn(k_1));
    gwnia_thita(k_1)=angle(Fx(N_oroi+1+k_1))+pi/2;
end
figure
n_oroi_axis=[0:1:N_oroi];
n_oroi_An_Bn=[1:1:N_oroi];
plot(0,abs(Fx(N_oroi+1)/Nx),'kd'); % πράσινο διαμάντι για C0
hold on;
plot(n_oroi_An_Bn,platos_An,'ro'); % κόκκινο κύκλος για An
plot(n_oroi_An_Bn,platos_Bn,'kh'); % μαύρο αστέρι για Bn
hold off;
grid;
ylabel('Magnitude An, Bn, C0');
xlabel('Terms');
title(['Figure 3: Fourier An & Bn (C0->green diamond, An->red circle, Bn-> black star) Parameters:
Period(sec)=',num2str(time),' T1(sec)=',num2str(T1),' T2(sec)=',num2str(T2),'
Amplitude:',num2str(platos),' Sampling population:',num2str(N_plithos_orwn),' White
Noise:',num2str(pososto_thoribou)]);

% Αναπαράγωγή σήματος
% υπολογισμός inverse fft με 5 ορους
% οι ακόλουθες σχέσεις βγάζουν ορθά αποτελέσματα με την προϋπόθεση ότι C0 είναι θετικός η μηδέν
x_ekt1=0*t+abs(Fx(N_oroi+1)/Nx);
for k_1=1:5
    x_ekt1=x_ekt1+platos_Cn(k_1)*sin(k_1*2*pi*fb*t+gwnia_thita(k_1));
end
% υπολογισμός inverse fft με 3 ορους -ισχύουν οι προαναφερθέντες περιορισμοί
x_ekt2=0*t+abs(Fx(N_oroi+1)/Nx);
for k_1=1:3
    x_ekt2=x_ekt2+platos_Cn(k_1)*sin(k_1*2*pi*fb*t+gwnia_thita(k_1));
end
% γραφική παράσταση αναπαράγωγής σήματος
figure
plot(t,x,'--k');
hold on;
plot(t,x_ekt1,'-r');
plot(t,x_ekt2,'-xg');
hold off;
grid;
ylabel('x [-]');
xlabel('time [sec]');
title(['Figure 4: Estimation of x(t) (real x(t) -> black, estimated with 3 terms -> green, estimated
with 5 terms -> red) Parameters: Period(sec)=',num2str(time),' T1(sec)=',num2str(T1),'
T2(sec)=',num2str(T2),' Amplitude:',num2str(platos),' Sampling population:',num2str(N_plithos_orwn),'
White Noise:',num2str(pososto_thoribou)]);

% Υπολογισμός υπόλοιπων - IHD -THD

```

<pre> R_ypoloipo(N_oroi)=platos_Cn(N_oroi)/sqrt(2); IHD(N_oroi)=platos_Cn(N_oroi)/platos_Cn(1)*100; THD=platos_Cn(N_oroi)*platos_Cn(N_oroi); for k_1=(N_oroi-1):-1:2 R_ypoloipo(k_1)=sqrt(R_ypoloipo(k_1+1)*R_ypoloipo(k_1+1)+platos_Cn(k_1)*platos_Cn(k_1)/2); IHD(k_1)=platos_Cn(k_1)/platos_Cn(1)*100; THD=THD+platos_Cn(k_1)*platos_Cn(k_1); end R_ypoloipo IHD THD=sqrt(THD)*100/platos_Cn(1) figure n_oroi_axis=[1:1:N_oroi]; subplot(2,1,1); % Διάγραμμα R_ypoloipo plot(n_oroi_axis,R_ypoloipo,'--h'); grid on; ylabel('Rypoloipo'); title(['Figure 5: Rk & IHDn (Ignore terms 0 and 1) Parameters: Period(sec)=',num2str(time),' T1(sec)=',num2str(T1),' T2(sec)=',num2str(T2),' Amplitude:',num2str(platos),' Sampling population:',num2str(N_plithos_orwn),' White Noise:',num2str(pososto_thoribou)]); subplot(2,1,2); % Διάγραμμα IHD plot(n_oroi_axis,IHD,'--h'); grid on; ylabel('IHD(%)'); xlabel('Terms'); % Υπολογισμός συντελεστή παρέκκλισης x_neo=x-Fx(N_oroi+1)/Nx; % υπολογισμός σηματος x(t) χωρίς συνεχή συνιστώσα Fx_neo=fft(x_neo); Arms=sqrt(Fx_neo*Fx_neo'/(Nx*Nx)) min_max=10*max(x_neo); for k_1=1:360 gwnia=2*pi*(k_1-1)/360; % κατασκευή ημιτονου x_hmitono=sqrt(2)*Arms*sin(2*pi*fb*t+gwnia); diafora=abs(x_hmitono-x_neo); max_diafora=max(diafora); max_diafora_1(k_1)=max_diafora; if (min_max>=max_diafora) gwnia_final=gwnia; min_max=max_diafora; end end gwnia_final htta3=min_max/(sqrt(2)*Arms)*100 x_hmitono=sqrt(2)*Arms*sin(2*pi*fb*t+gwnia_final); figure plot(t,x_neo,'--k'); hold on; plot(t,x_hmitono,'-r'); hold off; grid; ylabel('x [-]'); xlabel('time [sec]'); title('deviation factor'); title(['Figure 6: Deviation factor Parameters: Period(sec)=',num2str(time),' T1(sec)=',num2str(T1),' T2(sec)=',num2str(T2),' Amplitude:',num2str(platos),' Sampling population:',num2str(N_plithos_orwn),' White Noise:',num2str(pososto_thoribou)]); </pre>	
<pre> function y=trapezi(time,T,T1,T2,platos) if (time<=T1)&(time>=0) y=platos*time/T1; elseif (time>T1)&(time<=T2) y=platos; elseif (time>T2)&(time<=T) y=platos*(T-time)/(T-T2); else y=0; end </pre>	

Διαδικασία Εκτέλεσης Προγράμματος :

1. Κάντε διπλό δεξί κλικ στο εικονίδιο εκτέλεσης του MATLAB
2. Πηγαίνετε στο Current Directory και είτε γράψετε \\Blue\I\hлектroteхnіa\Matlab_Excercises\B_ETOS\B_09_10, είτε το διαμορφώνεται μέσω του εικονιδίου με , ή, αν ήδη έχει γραφτεί κάποτε, το επιλέγετε από εικονίδιο με ☐.
3. Πηγαίνετε σε File→Open και ανοίγετε το αρχείο fft_ergasia004.m .
4. Το αρχείο αυτό **το σώζετε με το ίδιο όνομα πάνω στο desktop ή αλλού (π.χ. USB stick)** μέσω της εντολής File→Save as, διότι το δίκτυο δεν σας αφήνει να το σώσετε στο ίδιο σημείο.
5. Πηγαίνετε στο Current Directory και γράφετε το νέο directory στο οποίο βρίσκεται το αρχείο σας, είτε το διαμορφώνεται μέσω του εικονιδίου με , ή, αν ήδη έχει γραφτεί κάποτε, το επιλέγετε από εικονίδιο με ☐.
6. Μεταβάλλετε τις μεταβλητές στην «Περιοχή αλλαγής μεταβλητών από Ναυτικό Δόκιμο». Σημειώνεται, ότι στην περίπτωση εκτέλεσης του προγράμματος με σήμα χωρίς θόρυβο η μεταβλητή pososto_thoribou είναι 0.
7. Πηγαίνετε σε Debug→Save and Run προς εκτέλεση του αρχείου. Εναλλακτικά πατήστε F5.
8. Παράγονται 6 γραφικές παραστάσεις από το πρόγραμμα. Για την κάθε εικόνα, ρυθμίζετε το μέγεθός της με τη βοήθεια του ποντικιού και του αριστερού πλήκτρου πατημένου. Αν θέλετε να επεξεργαστείτε τον τίτλο της εικόνας για να γίνει καλύτερα αναγνώσιμος, πηγαίνετε στο Insert→Title, κάντε κλικ και έπειτα κάνετε την επεξεργασία ως κειμενογράφο, π.χ. πατάτε enter για προσθήκη γραμμής. Για να σώσετε την εικόνα, πηγαίνετε σε File→Export και σώστε την ως *.emf με κάποιο όνομα της επιλογής σας π.χ. graph_0106 για την 6^η γραφική παράσταση της 1^{ης} εκτέλεσης σας. Ακολουθώς πατήστε ☐ για να κλείσετε την εικόνα. Την ίδια διαδικασία κάντε την, για όσες εικόνες θέλετε.
9. Για να δείτε τα διάφορα αποτελέσματα, όπως το συντελεστή σχήματος κτλ., κάνετε σμίκρυνση του προγράμματος με το εικονίδιο ☐ και όντας στο κυρίως περιβάλλον του MATLAB, πηγαίνετε στο παράθυρο Command Window και μέσω του Roll bar βλέπετε τις τιμές των αντίστοιχων μεταβλητών. Εναλλακτικά πηγαίνετε στο Workspace και πατάτε με αριστερό διπλό κλικ την αντίστοιχη μεταβλητή, δίνοντας σας την αντίστοιχη τιμή. Σε περίπτωση διανύσματος σας δίνει τις τιμές υπό μορφή πίνακα, τις οποίες αποθηκεύεται στο Excel, στο Word ή αλλού με Copy-Paste.
10. Αν θέλετε να εκτελέσετε ξανά, πηγαίνετε στο βήμα (4), αλλιώς στο βήμα (9).
11. Κλείνετε το αρχείο εκτέλεσης πατώντας το εικονίδιο ☐.
12. Κλείνετε το πρόγραμμα MATLAB πατώντας το εικονίδιο ☐.
13. Λαμβάνετε με τη βοήθεια ενός USB ή μίας δισκέτας τα αρχεία σας.
14. Στο τέλος σβήνετε τα αρχεία σας, πριν κλείσετε τον Η/Υ.