

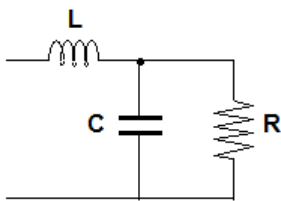
Άσκηση 4

Ηλεκτρικό ανάλογο αρτηριακής κυκλοφορίας - Μοντέλο Windkessel

Σας δίνεται αρχείο csv με τα δεδομένα της αρτηρικής πίεσης (mmHg) (2^n στήλη) κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου (χρόνος σε sec, 1^n στήλη).

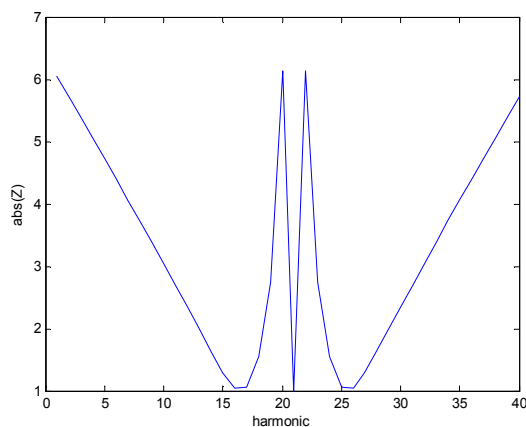
A. Υπολογίστε τον DFT της πίεσης και ανακατασκευάστε την κυματομορφή της πίεσης για όλες τις αρμονικές και περιορισμένο πλήθος αρμονικών.

Θεωρείστε το μοντέλο Windkessel με 3 στοιχεία (ηλεκτρικό ανάλογο του αρτηριακού δέντρου), όπως στο σχήμα:



Για διάφορους συνδυασμούς των R, L, C, επαναλάβετε τα ακόλουθα:

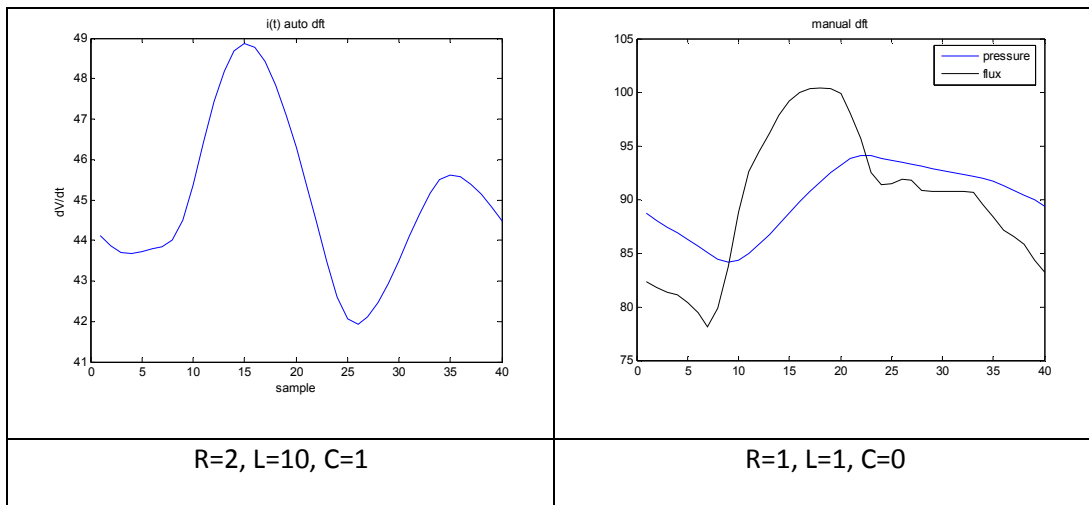
1. Υπολογίστε και σχεδιάστε την μιγαδική εμπέδηση $Z(\omega)$. Θεωρείστε ως θεμελιώδη συχνότητα την $\omega_0=2\pi/N$, με ω στο διάστημα $[-\pi, \pi]$. Η μιγαδική εμπέδηση θα πρέπει να είναι διάνυσμα μιγαδικών αριθμών με μήκος N και συζυγή συμμετρία. Για να είναι απευθείας διαιρέσιμη με τον DFT της πίεσης, θα πρέπει το DC σημείο να βρίσκεται στο πρώτο στοιχείο του διανύσματος.



Το μέτρο της εμπέδησης για $R=1$, $L=2$, $C=1$.

2. Υπολογίστε και σχεδιάστε την ροή (συναρτήση του χρόνου).
 - a. Υπολογίστε το DFT της πίεσης και διαιρέστε (στοιχείο προς στοιχείο) με την εμπέδηση (fft).

- b. Εφαρμόστε τον αντίστροφο DFT και λάβετε το πραγματικό μέρος του για να υπολογίσετε την ροή (επιβεβαιώστε ότι το φανταστικό μέρος είναι πολύ μικρό). (ifftm, real, imag).



B. Σας δίνεται αρχείο csv `pressure-flow.csv` με τα δεδομένα της πίεσης (mmHg) (1^η στήλη) και της ροής (2^η στήλη) κατά τη διάρκεια ενός καρδιακού κύκλου. Χρησιμοποιώντας το μοντέλο Windkessel με 3 στοιχεία που δίνεται παραπάνω υπολογίστε τις βέλτιστες τιμές των R, L, C του ηλεκτρικού ανάλογου.

Οδηγίες

Υπολογίστε τον DFT του κύματος πίεσης και της ροής $P(k)=DFT(p(t))$, $Q(k)=DFT(q(t))$. Επιβεβαιώστε την συζητή συμμετρία τους. Υπολογίστε την μιγαδική εμπέδηση $Z(k\omega_0)$ χρησιμοποιώντας το πηλίκο τους, για όλα τα k.

Η ωμική αντίσταση R υπολογίζεται απευθείας από την εμπέδηση (εξηγήστε πώς).

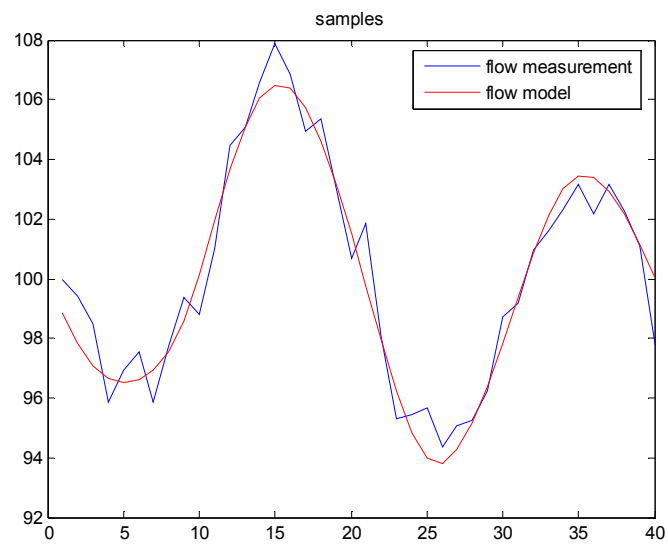
Η αυτεπαγωγή και χωρητικότητα L, C υπολογίζονται με χρήση της συνάρτησης `fminsearch`. Πιο συγκεκριμένα:

- Κατασκευάστε μία συνάρτηση η οποία δέχεται ως είσοδο διάνυσμα με τα L, C και επιστρέφει το σφάλμα τους σε σχέση με τις μετρήσεις.

$$err = \sum_{k=1}^{N/2} k \left| Z(L(k\omega_0), C(k\omega_0)) - \frac{DFT(P(k))}{DFT(Q(k))} \right| \cdot \eta$$

- Χρησιμοποιήστε την `fminsearch` ώστε υπολογίσετε τα L, C που βελτιστοποιούν το σφάλμα.

Πανεπιστήμιο Στερεάς Ελλάδας
Τμ Πληροφορικής με Εφαρμογές στη Βιοϊατρική
Μάθημα: Προσομοίωση Βιολογικών Συστημάτων, Εξάμηνο: Η
Διδάσκων: Κ. Δελημπασής



Ενδεικτικά αποτελέσματα μοντελοποίησης της ροής.