

Ασκήσεις και Εργαστήριο 5: Απόκριση RLC: Αποσβενήμενες Ταλαντώσεις

19 - 22 Μαρτίου 2012 (βδομάδα 6)

Διαβάστε επιλεγμένα θέματα σχετικά με τη μεταβατική απόκριση κυκλωμάτων δεύτερης τάξης, δηλαδή που περιέχουν δύο ανεξάρτητα στοιχεία αποθήκευσης ενέργειας (συνήθως: πυκνωτή και πηνίο). Διαβάστε για τα θέματα αυτά:

Είτε από το βιβλίο του μαθήματος (Rizzoni), από το δεύτερο μέρος του κεφαλαίου 4, δηλαδή §4.5 (σελ. 312-345), ως εξής:

- (Ξεφύλλισμα σελίδων 312-314).
- Γενική μορφή απόκρισης κυκλωμάτων δεύτερης τάξης: σελ. 315-319· μηχανικό ανάλογο: σελ. 319-320.
- (Ξεφύλλισμα σελίδων 320-322).
- Η μορφή της απόκρισης για τους τρεις διαφορετικούς βαθμούς απόσβεσης: σελ. 322-325.
- (Ξεφύλλισμα σελίδων 325-327).
- Μηχανικό ανάλογο ανάρτησης αυτοκινήτου: σελ. 327-328.
- Κύκλωμα RLC σειράς - παράδειγμα 4.14, βήματα 1-4: σελ. 328-330
- (Ξεφύλλισμα σελίδων 331-345).

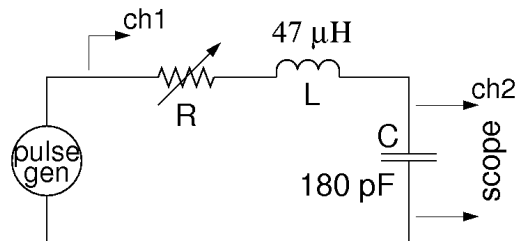
Είτε από το βιβλίο Agarwal-Lang, §12.1 και §12.2 (σελ. 627-651), ως εξής:

- Κύκλωμα LC χωρίς απόσβεση: σελ. 627-630· (ξεφύλλισμα σελίδων 631-635)· παραδείγματα 12.1 - 12.3 (σελ. 635-637), κι ένα γρήγορο κοίταγμα του παραδείγματος 12.4 (σελ. 637-639).
- Κύκλωμα RLC, με διάφορους βαθμούς απόσβεσης: σελ. 640-641· (ξεφύλλισμα σελίδων 642-643). Υποκρίσιμη απόσβεση - §12.2.1: σελ. 644, πάνω μισό σελ. 645, σελ. 646-647· παρατηρήστε ότι ο συντελεστής Q της σελίδας 647 είναι το $(1/2\zeta)$ των σελίδων 318-319 του βιβλίου Rizzoni. Ισχυρή απόσβεση - §12.2.2: σελ. 648-649. Κρίσιμη απόσβεση - §12.2.3: σελ. 650-651.

• Λύστε τις εξής **Ασκήσεις** από το βιβλίο (σελίδα 355), και παραδώστε τις λύσεις σας την **Τετάρτη 21 Μαρτίου στο μάθημα: 4.63 και 4.64 (α και β)**.

5.1 Κύκλωμα RLC υπό Τετραγωνική Διέγερση

Κατασκευάστε στο εργαστήριο το κύκλωμα που φαίνεται στο σχήμα δεξιά. Χρησιμοποιήστε την παλμογεννήτρια σαν πηγή τετραγωνικών παλμών, στα αριστερά του κυκλώματος. Σαν μεταβλητή αντίσταση, R , χρησιμοποιήστε την μία πλευρά του ποτενσιόμετρου 2.2 k Ω του εργαστηρίου [2.1](#). Συνδέστε εν σειρά ένα πηνίο $L = 47 \mu\text{H}$ και έναν πυκνωτή $C = 180 \text{ pF}$. (Ο κατασκευαστής των πηνίων των $47 \mu\text{H}$ που έχουμε στο εργαστήριο δίνει μέγιστη εσωτερική ωμική αντίσταση του πηνίου 5.8Ω). Συνδέστε τον παλμογράφο για να παρακολουθείτε ταυτόχρονα την τάση της πηγής (κανάλι 1) και την τάση του πυκνωτή (κανάλι 2).



(α) **Υπολογίστε:** (i) την φυσική ιδιοσυχνότητα (γωνιακή ταχύτητα) ταλάντωσης του πηνίου και πυκνωτή όταν δεν υπάρχει απόσβεση:

- Φυσική Ιδιοσυχνότητα $\omega_0 = 1 / [\rho\acute{\iota}\zeta\alpha(LC)]$, σε rad/s

(ii) την αντίστοιχη ιδιοσυχνότητα $f_0 = \omega_0 / 2\pi$ και

(iii) την τιμή της αντίστασης που δίνει κρίσιμη απόσβεση, δηλαδή αποτελεί το όριο μεταξύ ταλαντώσεων (υποκρίσιμη απόσβεση) και ισχυρής απόσβεσης· υπένθυμίζεται ότι κρίσιμη απόσβεση εμφανίζεται:

όταν $\alpha = \omega_0$, όπου $\alpha = R / (2L)$ --κατά Agarwal-Lang, σελ. 641-- ή:

όταν $\zeta = 1$, όπου $\zeta = (R/2)*\rho\acute{\iota}\zeta\alpha(C/L)$ --κατά Rizzoni, σελ. 315-319 και 330-- επομένως:

- Κρίσιμη Απόσβεση όταν $R = 2*\rho\acute{\iota}\zeta\alpha(L/C)$

(β) Μηδενίστε την αντίσταση R (είτε γυρίζοντας το ποτενσιόμετρο ως την άκρη, είτε αποσυνδέοντάς το), και τροφοδοτήστε το κύκλωμα με τετραγωνικούς παλμούς συχνότητας μεταξύ 10 και 100 kHz. Παρατηρήστε την τάση του πυκνωτή σε σχέση με την τάση της πηγής. Υπάρχουν ταλαντώσεις σε κάθε αλλαγή τάσης της πηγής; Περίπου πόση είναι η περίοδος (και η συχνότητα) αυτών των ταλαντώσεων; Πώς συγκρίνεται με αυτήν που υπολογίσατε στο (α)(ii) και γιατί;

Θα περίμενε κανείς η τάση στην έξοδο της γεννήτριας (ch1 στο σχήμα) να ήταν μία "καθαρή" τετραγωνική συνάρτηση του χρόνου. Αντ' αυτού, στο πείραμα αυτό θα δείτε να υπάρχει και μία ταλάντωση πάνω σε αυτή την τετραγωνική κυματομορφή. Αυτό δεν οφείλεται σε δυσλειτουργία της γεννήτριας, αλλά στο γεγονός ότι η εσωτερική αντίσταση της πηγής (50Ω) είναι αρκετά μεγάλη σε σχέση με τις υπόλοιπες αντιστάσεις του κυκλώματος, και επομένως η πτώση τάσης πάνω σ' αυτή την εσωτερική αντίσταση δεν μπορεί πλέον να αγνοηθεί. Επειδή το ρεύμα της πηγής ταλαντώνεται, έχει ταλάντωση και η πτώση τάσης πάνω σε αυτή την εσωτερική αντίσταση. Η τάση που βλέπουμε λοιπόν στην έξοδο της γεννήτριας, δηλαδή στο ch1 του παλμογράφου, είναι η τετραγωνική τάση της "ιδανικής" εσωτερικής πηγής μείον την πτώση τάσης στην εσωτερική της αντίσταση.

Οι ταλαντώσεις αποσβένονται αργά ή γρήγορα; Εάν η ολική αντίσταση του κυκλώματος ήταν πραγματικά μηδέν, οι ταλαντώσεις θα έπρεπε να μην αποσβένονται καθόλου· όμως, και το πηνίο έχει εσωτερική αντίσταση, και η πηγή! Προσπαθήστε να **μετρήσετε** το άθροισμα αυτών των ισοδύναμων αντιστάσεων απωλειών: Όπως εξηγεί το βιβλίο Agarwal-Lang (σελ. 647), ο Συντελεστής Ποιότητας Q (Quality Factor) ενός κυκλώματος δείχνει πόσο καλός ταλαντωτής είναι αυτό το κύκλωμα, δηλαδή πόσο χαμηλές αποσβέσεις έχει το κύκλωμα όταν ο Q είναι πολύ μεγαλύτερος της μονάδας:

- Συντελεστής Ποιότητας (Quality Factor) $Q = \omega_0 / 2\alpha = (1/R)*\rho\acute{\iota}\zeta\alpha(L/C)$

Σε αυτές τις περιπτώσεις, όπου ο Q είναι αρκετά μεγαλύτερος της μονάδας, το κύκλωμα θα κάνει περίπου Q το πλήθος κύκλους (περιόδους) ταλάντωσης πριν το πλάτος των ταλαντώσεων αποσβεστεί στο περίπου 4% του αρχικού του πλάτους (ή εναλλακτικά περίπου Q/2 ταλαντώσεις πριν αποσβεστεί στο 20% του αρχικού πλάτους). Εάν λοιπόν δείτε αρκετές ταλαντώσεις, μετρήστε το πλήθος τους, και από αυτό εκτιμήστε τον συντελεστή ποιότητας Q, και από αυτόν εκτιμήστε χοντρικά το R ισοδύναμων απωλειών.

(γ) Μέσω του ποτενσιόμετρου, προσθέστε R στο κύκλωμα, και παρατηρήστε πώς αλλάζει η απόκριση του κυκλώματος, από υποκρίσιμη σε κρίσιμη και στη συνέχεια σε ισχυρή απόσβεση, καθώς αυξάνει η R. Προσπαθήστε να **μετρήσετε** ξανά το άθροισμα των ισοδύναμων αντιστάσεων απωλειών του κυκλώματος ως εξής: Όταν πετύχετε μέσω του ποτενσιόμετρου την απόκριση που μοιάζει για κρίσιμη, βγάλτε από το κύκλωμα το ποτενσιόμετρο και μετρήστε την αντίστασή του με το Ωμόμετρο. Στη συνέχεια, αφαιρέστε την από την ολική κρίσιμη αντίσταση που βρήκατε στο (α)(iii): η διαφορά που μένει θα πρέπει να είναι οι ισοδύναμες εσωτερικές αντιστάσεις απωλειών της πηγής και του πηνίου.