

Όνοματεπώνυμο:	
Αριθμός Μητρώου:	Υπογραφή
Εξάμηνο:	

Εργαστήριο Ηλεκτρικών Κυκλωμάτων και Συστημάτων

2η Εργαστηριακή Άσκηση: Διαγράμματα Bode και εφαρμογή θεωρήματος Thevenin

Απόκριση στο πεδίο της συχνότητας

2.1 Σκοπός του πειράματος

Οι στόχοι της εργαστηριακής άσκησης είναι:

- ✓ Η μελέτη της απόκρισης κυκλώματος, στο πεδίο της συχνότητας, με τη βοήθεια των διαγραμμάτων Bode.
- ✓ Η εφαρμογή του θεωρήματος Thevenin για την κατασκευή ισοδύναμων κυκλωμάτων.

2.2 Διαγράμματα Bode

Τα διαγράμματα Bode είναι μια μέθοδος οπτικοποίησης της απόκρισης ενός κυκλώματος στην ΗΜΚ. Εάν το κύκλωμα διεγείρεται με ένα σήμα $v_s = V_s \sin(\omega t)$ και η απόκριση του είναι $v_o = V_o \sin(\omega t + \varphi)$ τότε,

- Το **διάγραμμα κέρδους** είναι η γραφική παράσταση της ποσότητας $A = 20 \log_{10}(V_o/V_s)$, ως συνάρτηση της συχνότητας σε λογαριθμική κλίμακα. Η ποσότητα A ονομάζεται λογαριθμικό κέρδος και μετράται σε decibel (dB).
- Το **διάγραμμα φάσης** είναι η γραφική παράσταση της διαφοράς φάσης φ , ως συνάρτηση της συχνότητας σε λογαριθμική κλίμακα.

2.3 Θεώρημα Thevenin

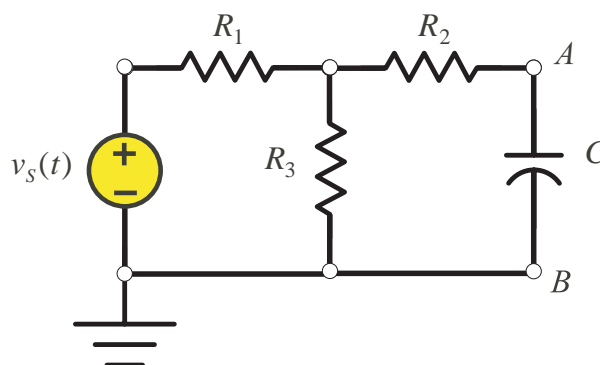
Πολλές φορές, είναι χρήσιμο κατά την ανάλυση ενός **γραμμικού** κυκλώματος να αντικαταστήσουμε τμήμα του κυκλώματος με ένα πιο απλό αλλά ισοδύναμο κύκλωμα. Το προς αντικατάσταση τμήμα συνήθως περιέχει πολλές αντιστάσεις και πολλές πηγές. Το ισοδύναμο κύκλωμα θέλουμε να περιέχει μία ισοδύναμη πηγή και μια ισοδύναμη αντίσταση.

Το θεώρημα του Thevenin εξασφαλίζει πως για κάθε γραμμικό κύκλωμα με δύο ακροδέκτες μπορεί να κατασκευαστεί ένα ισοδύναμο. Δηλώνει πως κάθε κύκλωμα με πηγές και αντιστάσεις με ένα διακριτό ζεύγος ακροδεκτών, μπορεί να αντικατασταθεί με μια αντίσταση R_T και μια ιδανική πηγή v_T σε σύνδεση σε σειρά, όπου

- v_T η τάση ανοικτοκυκλώματος μεταξύ των δυο ακροδεκτών.
- R_T ο λόγος της τάσης ανοικτοκυκλώματος προς το ρεύμα βραχυκυκλώματος του προς αντικατάσταση τμήματος.
- Στην περίπτωση που το προς αντικατάσταση τμήμα περιέχει μόνο ανεξάρτητες πηγές η R_T προκύπτει εάν μετρηθεί (ή υπολογιστεί) η αντίσταση μεταξύ των ακροδεκτών του προς αντικατάσταση τμήματος αφού πρώτα,
 1. Μηδενιστούν όλες οι πηγές τάσης και αντικατασταθούν με βραχυκύκλωμα.
 2. Μηδενιστούν όλες οι πηγές ρεύματος και αντικατασταθούν με ανοικτοκύκλωμα.

2.4 Πειραματικές Μετρήσεις

1. Κατασκευάστε το κύκλωμα του Σχ. 2-1, για $R_1 = 10K\Omega$, $R_2 = 10K\Omega$, $R_3 = 10K\Omega$ και $C = 4,7nF$. Ρυθμίστε την πηγή (γεννήτρια) σε αρμονική διέγερση με peak-to-peak τάση 8V (Ampl 8V_{pp}, offset 0V_{DC}).



Σχήμα 2-1. Η πειραματική διάταξη του τρίτου πειράματος.

2. Να συμπληρωθεί ο Πιν. 2-1, καταγράφοντας τις τάσεις του πυκνωτή και της γεννήτριας για εύρος συχνοτήτων σήματος διέγερσης, 50Hz – 10KHz (για την καταγραφή ρυθμίζεται ο παλμογράφος ως εξής: measure/ CH1/ Voltage/ Vpp, measure/ CH2/ Voltage/ Vpp και measure/ Time/ Freq – σε κάθε ρύθμιση: Menu ON/ OFF για αποθήκευση των ρυθμίσεων).

Πίνακας 2-1. Καταγραφή μετρήσεων τάσεων πυκνωτή και σήματος γεννήτριας για διάφορες συχνότητες.

$f[Hz]$	50	80	100	200	300	400	600	800	10^3	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	10^4
$v_c[V]$														
$v_s[V]$														

3. Με βάση την καταγραφή των μετρήσεων στον Πιν. 2-1 ποιές παρατηρήσεις έχετε να κάνετε σχετικά με την τάση του πυκνωτή; Αν η συχνότητα διέγερσης του κυκλώματος πάρει θεωρητικά άπειρη τιμή ($f \rightarrow \infty$), τι θα συμβεί στον κλάδο AB του κυκλώματος του Σχ. 2-1; Αιτιολογήστε.

4. Προσδιορίστε την ισοδύναμη πηγή, v_T , και την ισοδύναμη αντίσταση, R_T , κατά Thevenin, για το κύκλωμα του Σχ. 2-1, ως προς τους ακροδέκτες, A και B . Δίπλα σε κάθε σχέση εξηγήστε συνοπτικά πώς βρέθηκε η σχέση αυτή.

$$v_T =$$

$$R_T =$$

5. Υπολογίστε πειραματικά την ισοδύναμη πηγή v_T , για συχνότητα πηγής $f = 50Hz$, και την ισοδύναμη αντίσταση R_T , κατά Thevenin, του κυκλώματος του Σχ. 2-1. Καταγράψτε στον Πιν. 2-2 τις θεωρητικές και πειραματικές τιμές της ισοδύναμης πηγής και της ισοδύναμης αντίστασης κατά Thevenin.

Πίνακας 2-2. Υπολογισμός των v_T και R_T του κυκλώματος του Σχ. 2-1.

	Θεωρητική τιμή	Μέτρηση
v_T		
R_T		

6. Σχεδιάστε το ισοδύναμο Thevenin του υποκυκλώματος αριστερά των ακροδεκτών A , B (βλ. Σχ. 2-1).

Σχήμα 2-2. Ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin.

7. Υλοποιήστε το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin. Στη συνέχεια, συμπληρώστε τον Πιν. 2-3, για εύρος συχνοτήτων σήματος διέγερσης, $50\text{Hz} - 10\text{KHz}$.

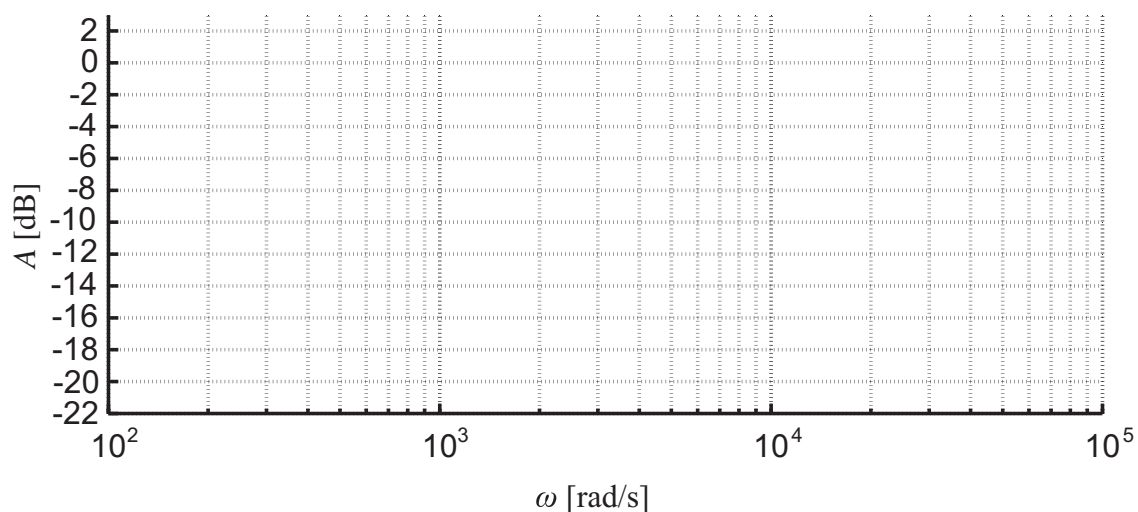
Πίνακας 2-3. Καταγραφή μετρήσεων τάσεων πυκνωτή και σήματος γεννήτριας, στο ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin, για διάφορες συχνότητες.

$f[\text{Hz}]$	50	80	100	200	300	400	600	800	10^3	$2 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^3$	$8 \cdot 10^3$	10^4
$v_c[\text{V}]$														
$v_s[\text{V}]$														

8. Υπολογίστε την κυκλική συχνότητα θλάσης στο ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin (θεωρητική τιμή).

$$\omega_\theta =$$

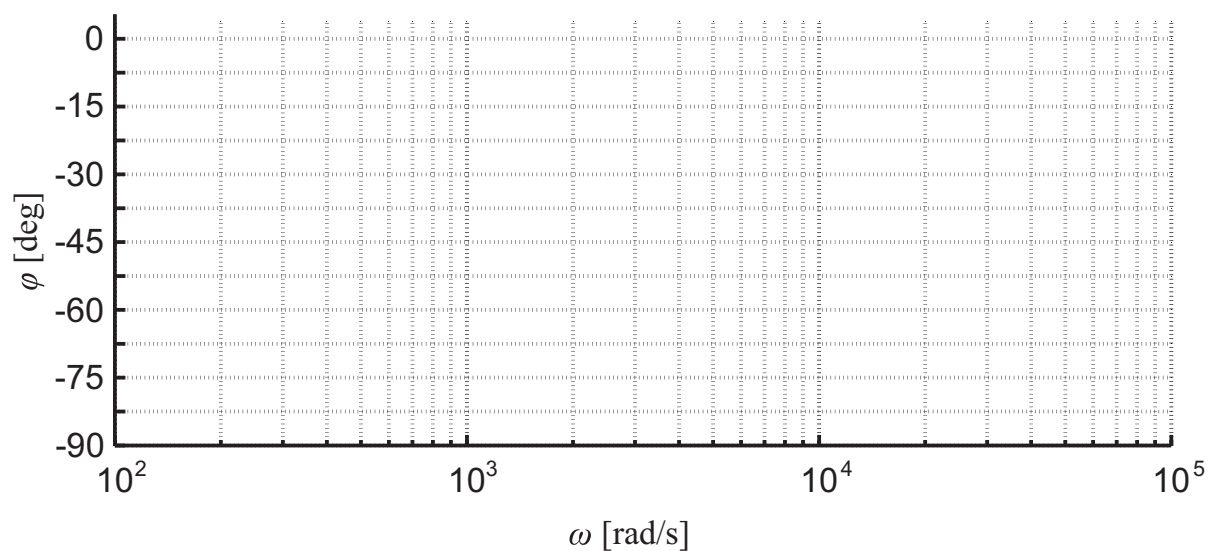
9. Χαράξτε σε κοινό διάγραμμα, τα διαγράμματα κέρδους Bode του αρχικού και του ισοδύναμου κατά Thevenin κυκλώματος, με διαφορετικό χρώμα, όπου $A = 20 \log_{10}(v_c/v_s)$, βλ. Σχ. 2-3 (για ευκολία συμπληρώστε τους Πιν. 2-4α και 2-4β).



Σχήμα 2-3. Διαγράμματα κέρδους.

10. Υπολογίστε τη συνάρτηση μεταφοράς $H(s)$, τη συνάρτηση μεταφοράς υπολογισμένη στην τιμή $j\omega$, $H(j\omega)$, και τη φάση φ στο ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin. Ποιά είναι η τάξη του κυκλώματος αυτού; Θεωρήστε ως είσοδο την τάση της πηγής και ως έξοδο την τάση στα άκρα του πυκνωτή.

11. Χαράξτε στο διάγραμμα του Σχ. 2-4 το διάγραμμα φάσης Bode του ισοδύναμου κυκλώματος Thevenin (για ευκολία συμπληρώστε τον Πιν. 2-5).



Σχήμα 2-4. Διάγραμμα φάσης του ισοδύναμου κυκλώματος Thevenin.

Πίνακας 2-5. Καταγραφή των φ [deg] και ω [rad / s] για το ισοδύναμο κύκλωμα Thevenin.

φ [deg]	$\omega =$ _____ [rad / s]

12. Με βάση το Σχ. 2-3 προσδιορίστε την πειραματική τιμή της συχνότητας θάλασης. Στη συνέχεια συμπληρώστε τον Πιν. 2-6.

Πίνακας 2-6. Συχνότητα θάλασης ω_θ του κυκλώματος του Σχ. 2-1.

	Θεωρητική τιμή (βλ. Ερώτημα 8)	Μέτρηση (αρχικό κύκλωμα)	Μέτρηση (κύκλωμα Thevenin)
ω_θ			

13. Με βάση το Σχ. 2-3 προσδιορίστε με τι ρυθμό φθίνει η απόκριση του κυκλώματος για συχνότητες μεγαλύτερες της συχνότητας θάλασης.