



Πανεπιστήμιο Κύπρου
Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών
Υπολογιστών

Εργαστήριο Κυκλωμάτων και Μετρήσεων

Εργαστήριο 9
Ανάλυση και σχεδιασμός εναλλασσόμενων κυκλωμάτων
Εξάσκηση στην Κασσιτεροκόλληση

Εργαστήριο 9
Ανάλυση και σχεδιασμός εναλλασσόμενων κυκλωμάτων
Εξάσκηση στη Κασσιτεροκόλληση

Σκοπός:

Σκοπός του εργαστηρίου αυτού είναι

- Μέτρηση μέτρου και φάσης τάσεων και ρευμάτων σε εναλλασσόμενα κυκλώματα.
- Καθορισμός του συντελεστή ισχύος (power factor) ενός δεδομένου φορτίου.
- Καθορισμός της κατάλληλης τιμής ενός πυκνωτή για τη μετατροπή του συντελεστή ισχύος σε μια προκαθορισμένη τιμή.
- Σχεδιασμός κυκλωμάτων για μέγιστη μεταφορά ισχύος.
- Να εξασκηθούν οι φοιτητές στη κασσιτεροκόλληση έτσι ώστε να είναι σε θέση να φέρουν σε πέρας την κατασκευή του εργαστηρίου 10.

Εργαστηριακός Εξοπλισμός

- Παλμογράφος (Oscilloscope)
- Πολύμετρο (DMM Multimeter)
- Γεννήτρια Συναρτήσεων (Function Generator)
- Μετρητής LRC
- Πλακέτα Κατασκευής Κυκλωμάτων (Breadboard)
- Σετ καλωδίων
- Αντιστάσεις: 1x1kΩ, 2x4.7kΩ
- Πηνία: 1x10mH, 1x47 mH
- Υλικά Κασσιτεροκόλλησης

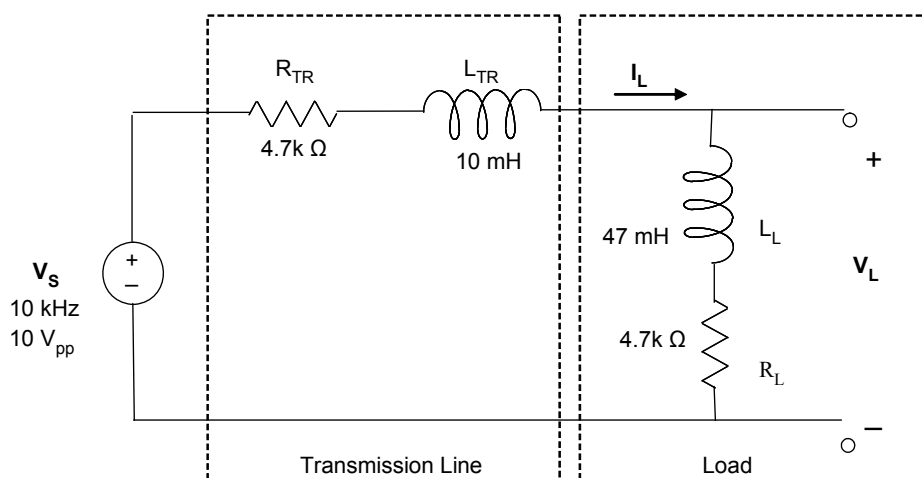
Προπαρασκευαστική Μελέτη

Πριν την παρακολούθηση του εργαστηρίου απαιτείται η μελέτη των

- Εργαστήριο 9 - Ανάλυση και σχεδιασμός εναλλασσόμενων κυκλωμάτων
- Θεωρία των εναλλασσόμενων κυκλωμάτων του μαθήματος HMY102.
- Βασικές Οδηγίες Κασσιτεροκόλλησης

Πρόβλημα 9.1 (Θεωρητική Άσκηση)

Το κύκλωμα του σχήματος P1 παρουσιάζει το μοντέλο ενός συστήματος υψηλής ισχύος (power system). Χρησιμοποιήστε μιγαδική ανάλυση (φάσορες) για να υπολογίσετε την V_L και I_L . Βρείτε, επίσης, τη συνολική σύνθετη ισχύ S_{tot} που παρέχεται από την πηγή V_S , τη σύνθετη ισχύ που απορροφάτε από τη "γραμμή τροφοδοσίας (transmission line)" S_{TR} και το "φορτίο (load)" S_L . Χρησιμοποιήστε τιμές rms για τους υπολογισμούς. Χρησιμοποιήστε ως σημείο αναφοράς της φάσης τη φάση της V_S .



Σχήμα P1: Μοντέλο συστήματος υψηλής ισχύος.

Πρόβλημα 9.2 (SPICE)

Υλοποιήστε το πιο πάνω κύκλωμα (Σχήμα P1) σε SPICE και δημιουργήστε γραφικές παραστάσεις των $|S_{tot}|$, $|S_{TR}|$ και $|S_L|$ ως συνάρτηση της συχνότητας από 1kHz ως 100MHz. Προσθέστε ένα πυκνωτή σε σειρά και βρείτε, με τη βοήθεια του SPICE, την τιμή που θα οδηγήσει στη μέγιστη μεταφορά ισχύος για συχνότητα 10 kHz. Δείξτε ότι αυτό ισχύει με γραφικές παραστάσεις Lissajous της τάσης εισόδου και της τάσης της R_L .

Σημείωση: Για να φτιάξετε σχήμα Lissajous στο PSPICE πρέπει να τρέξετε ανάλυση ως προς τον χρόνο, με χρόνο αρκετά μεγάλο ώστε το κύκλωμα να φτάσει σε σταθερή κατάσταση. Κατόπιν, πρέπει να αλλάξετε τους άξονες σε V_S και V_L αντί για V και t .

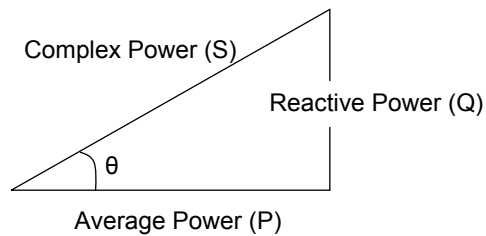
Θεωρία

Μιγαδική Ισχύς- Complex Power

Η μιγαδική ισχύς επιτρέπει τον υπολογισμό της μέσης (average) και άεργης ισχύος (reactive power) στα ημιτονοειδή σήματα σταθερής κατάστασης (steady state signals). Η μιγαδική ισχύς είναι το μιγαδικό σύνολο της μέσης ισχύος (average power) και της άεργης ισχύος (reactive power)

$$S = P + jQ$$

<u>Μονάδες</u>	<u>Ορισμός</u>	<u>Σύμβολο</u>
Volt-Amps (VA)	Complex Power	S
Watts (W)	Real Power	P
VARS (VAR)	Reactive Power	Q



Το θ είναι η γωνία του συντελεστή ισχύος $\theta_v - \theta_i$

Η απαιτούμενη μιγαδική ισχύς μιας συσκευής που έχει σκοπό να μετατρέψει την ηλεκτρική ενέργεια σε μη-ηλεκτρική μορφή είναι σημαντικότερη από την απαιτούμενη μέση ισχύ. Αν και η μέση ισχύ αντιπροσωπεύει τη χρήσιμη ενέργεια που παράγει η συσκευή, η μιγαδική ισχύς αντιπροσωπεύει τα Volt-Amps που απαιτούνται για να παραχθεί η μέση ισχύ. Όπως μπορείτε να δείτε από το τρίγωνο, εκτός αν η γωνία του συντελεστή ισχύος είναι 0° (η συσκευή είναι καθαρώς ωμική $Pf = 1$ και $Q = 0$) τα απαιτούμενα volt-amp που χρειάζεται η συσκευή είναι μεγαλύτερα της μέσης ισχύος που χρησιμοποιείται από τη συσκευή. Επίσης θα ήταν λογικό να λειτουργά η συσκευή σε συντελεστή ισχύος κοντά στη μονάδα. Πολλές συσκευές (ψυγεία, air-conditioners) λειτουργούν σε καθυστερούν συντελεστή ισχύος (lagging power factor) και αυτό διορθώνεται με την προσθήκη ενός πυκνωτή στα τερματικά τους.

Υπολογισμοί Ισχύος - Power Calculations

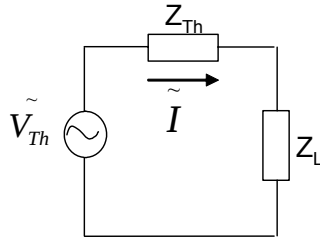
Η σύνθετη ισχύς μπορεί να υπολογιστεί ως:

$$S = \frac{V_m I_m}{2} \cos(\theta_v - \theta_i) + j \frac{V_m I_m}{2} \sin(\theta_v - \theta_i)$$

ή

$$S = \frac{1}{2} \tilde{V} \tilde{I}^* \quad \text{ή} \quad \begin{aligned} P &= |\tilde{I}|^2 R \\ Q &= |\tilde{I}|^2 X \end{aligned} \quad \text{ή} \quad \begin{aligned} P &= \frac{|\tilde{V}|^2}{R} \\ Q &= \frac{|\tilde{V}|^2}{X} \end{aligned}$$

Μέγιστη μεταφορά ισχύος - Maximum Power Transfer



Σχήμα 1

Για μέγιστη μεταφορά ισχύος σε ένα κύκλωμα όπως αυτό που παρουσιάζεται στο σχήμα 1, πρέπει:

$$\tilde{Z}_L = \tilde{Z}_{TH}^*$$

(Σημείωση: Το * σημαίνει “μιγαδικό συζυγές.”)

Αν το κύκλωμα δεν είναι στην πιο πάνω μορφή, τότε βρίσκετε το ισοδύναμο Thevenin και με βάση αυτό υπολογίζετε το Z_L .

Η ισχύς σε αυτή την περίπτωση είναι:

$$P_{\max} = \frac{|\tilde{V}_{th}|^2 R_L}{4R_L^2} = \frac{1}{4} \frac{|\tilde{V}_{th}|^2}{R_L} \quad (\text{τιμές rms}) \quad \text{ή} \quad P_{\max} = \frac{1}{8} \frac{V_{rms}^2}{R_L}$$

Πειραματική Εργασία

Εργαστηριακή Άσκηση 9.1 – Ανάλυση εναλλασσόμενων κυκλωμάτων

Στόχοι

- Μέτρηση μέτρου και φάσης τάσεων και ρευμάτων σε εναλλασσόμενα κυκλώματα.
- Καθορισμός του συντελεστή ισχύος (power factor) ενός δεδομένου φορτίου.
- Καθορισμός της κατάλληλης τιμής ενός πυκνωτή για τη μετατροπή του συντελεστή ισχύος σε μια προκαθορισμένη τιμή.

Διαδικασία

1. Μετρήστε και καταγράψτε τις ακριβείς τιμές της αυτεπαγωγής των πηνίων με το μετρητή LRC και τις τιμές των αντιστάσεων με το πολύμετρο.

$$L_{TR} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$R_{TR} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

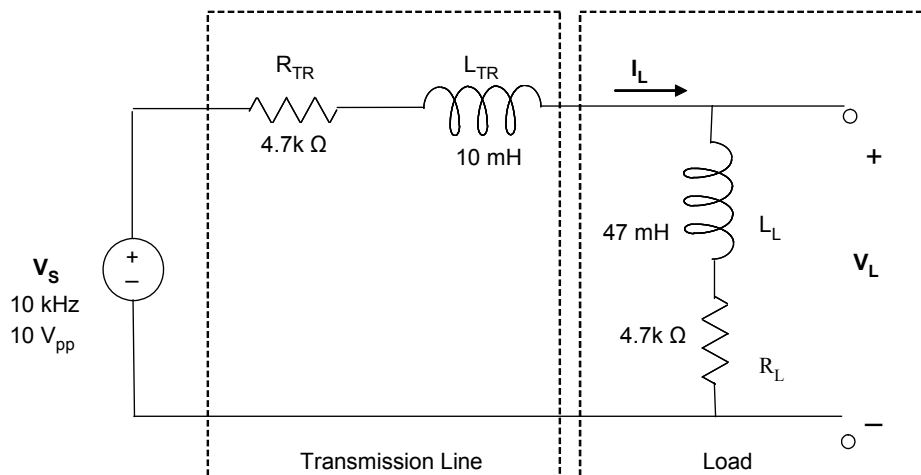
$$R_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

2. Υπολογίστε ξανά τη μιγαδική σύνθετη ισχύ και την V_L χρησιμοποιώντας τις πραγματικές τιμές.

$$S_{TOT} = \underline{\hspace{2cm}} \angle \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_L = \underline{\hspace{2cm}} \angle \underline{\hspace{2cm}}$$

3. Κατασκευάστε το κύκλωμα του σχήματος 1.1.



Σχήμα 1.1

4. Ρυθμίστε τη γεννήτρια συναρτήσεων για ένα ημιτονοειδές σήμα με συχνότητα 10 kHz και πλάτος (amplitude) $V_S = 5\text{ V}$ ($V_{pp} = 10\text{ V}$).

Ανάλυση εναλλασσόμενων κυκλωμάτων

5. Μετρήστε το πλάτος της V_S και V_L με τον παλμογράφο. Προτού προχωρήσετε ελέγξτε ότι η τάση που μετρήσατε συμφωνεί με τον υπολογισμό που κάνατε προηγουμένως. Αν όχι ξαναελέγξτε τις μετρήσεις και τους υπολογισμούς.

$$|V_S| = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$|V_L| = \underline{\hspace{2cm}}$$

6. Μετρήστε τη γωνία φάσης της V_L . Αυτή η μετρημένη γωνία φάσης πρέπει να συμφωνεί με την υπολογισμένη γωνία φάσης. Βεβαιωθείτε ότι συγκρίνετε αυτά τα μετρημένα αποτελέσματα με τις θεωρητικές τιμές που υπολογίσατε με τις πραγματικές τιμές των στοιχείων.

$$\angle V_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

7. Γιατί η γωνία του V_L δεν είναι 0;

8. Εκτελέστε τις ίδιες μετρήσεις (το πλάτος και τη φάση), στα άκρα της αντίστασης $R_L = 4.7 \text{ k}\Omega$ του φορτίου. Από αυτές τις μετρήσεις, υπολογίστε το πλάτος και τη γωνία φάσης του ρεύματος I_L σε αυτό το κύκλωμα σειράς.

$$R_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$V_{RL} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\angle V_{RL} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$I_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$\angle I_L = \underline{\hspace{2cm}}$$

9. Τι παρατηρείτε για τη γωνία του I_L ;

Διόρθωση του συντελεστή ισχύος - Power factor correction

10. Βρείτε τον πυκνωτή (σε σειρά), μεταξύ των L_L και R_L , που χρειάζεται για μέγιστη μεταφορά ισχύος.

$C_L =$ _____

11. Προσθέστε τον πυκνωτή στο κύκλωμα του σχήματος 1.1.

12. Βρείτε το νέο μέτρο και φάση της V_L , μετρώντας την τάση στα άκρα του φορτίου και τη γωνία φάσης σε σχέση με τη V_S .

$|V_L| =$ _____

$\angle V_L =$ _____

13. Μετρήστε το πλάτος και τη φάση στα άκρα της αντίστασης R_L του φορτίου. Από αυτές τις μετρήσεις, υπολογίστε το πλάτος και τη γωνία φάσης του ρεύματος I_L σε αυτό το κύκλωμα σειράς.

$R_L =$ _____

$V_{RL} =$ _____

$\angle V_{RL} =$ _____

$I_L =$ _____

$\angle I_L =$ _____

14. Τι παρατηρείτε σχετικά με την τιμή του πυκνωτή και τη σχέση της με τα πηνία; Πως συγκρίνονται τα πειραματικά αποτελέσματα με τους υπολογισμούς σας;

15. Τι παρατηρείτε για τη γωνία του I_L ;

Μετα-Εργαστηριακή Εργασία

1. Χρησιμοποιήστε τις τιμές της V_L και I_L που μετρήσατε στο κύκλωμα του σχήματος 1 για να υπολογίσετε τη σύνθετη ισχύ S_{TOT} και S_L . Συγκρίνετε αυτές τις τιμές με τις τιμές που υπολογίσατε. Από τις μετρήσεις, καθορίστε τη μέση ισχύ P και την άεργη ισχύ Q που παραδίδεται στο φορτίο. Χρησιμοποιήστε τις υπολογισμένες τιμές της P και Q για να υπολογίσετε τον συντελεστή ισχύος $P_f = P/|S|$. Καθορίστε κατά πόσον ο συντελεστής ισχύος είναι οδηγούν ή καθυστερούν.
2. Από τα βήματα 8-10, επαληθεύστε ότι η διόρθωση του συντελεστή ισχύος έχει επιτευχθεί. Χρησιμοποιήστε τη μέτρηση για την V_L για να υπολογίσετε την S_L και το νέο συντελεστή ισχύος P_f .
3. Υπολογίστε την αποταμίευση ισχύος η οποία έχει επιτευχθεί με τη διόρθωση από τα βήματα 8-10. Η αποτελεσματικότητα του συστήματος μπορεί να αξιολογηθεί συγκρίνοντας τη μέση ισχύ που απορροφάτε από το φορτίο P_L , με τη μέση ισχύ που παράγεται από την πηγή P_S . Υπολογίστε την αποτελεσματικότητα του κυκλώματος πριν και μετά τη διόρθωση του συντελεστή ισχύος.

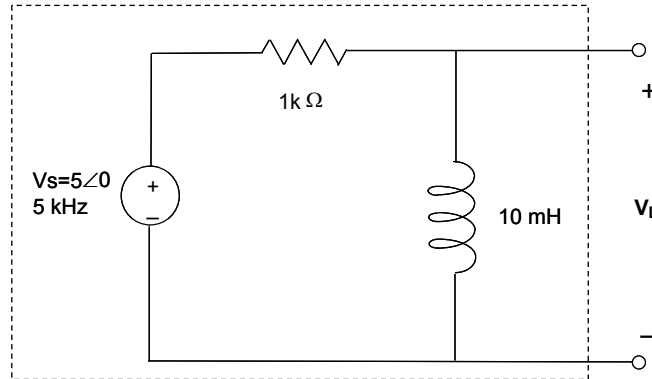
Εργαστηριακή Άσκηση 9.2 – Σχεδιασμός εναλλασσόμενων κυκλωμάτων

Στόχοι

- Σχεδιασμός κυκλωμάτων για μέγιστη μεταφορά ισχύος.

Διαδικασία

- Στο κύκλωμα του σχήματος 2.2, προσθέστε το φορτίο στο κύκλωμα το οποίο θα αποσπάσει τη μέγιστη ισχύ P από την πηγή. Χρησιμοποιήστε τον ελάχιστο αριθμό στοιχείων. Το κύκλωμά σας πρέπει να είναι μεταξύ 5-10% της μέγιστης ισχύος στο φορτίο.



Σχήμα 2.2

- Κατασκευάστε το κύκλωμα και κάνετε τις κατάλληλες μετρήσεις για να ελέγξετε ότι το κύκλωμα μεγιστοποιεί τη μεταφορά ισχύος. Παρουσιάστε τα αποτελέσματά σας στο βοηθό εργαστηρίου για να ελέγξει ότι οι μετρήσεις είναι οι κατάλληλες αλλά και σωστές και ότι το κύκλωμα είναι μέσα στα κριτήρια σχεδιασμού.

3. Κάνετε τις κατάλληλες μετρήσεις ώστε να μετρήσετε τη σύνθετη ισχύ που παραδίδεται στο προστιθέμενο φορτίο. Παρουσιάστε τα αποτελέσματά σας στο βοηθό εργαστηρίου για να ελέγξει ότι οι μετρήσεις είναι οι κατάλληλες αλλά και σωστές.

4. Πως συγκρίνονται οι πειραματικές μετρήσεις με τους υπολογισμούς σας;

Μετα-Εργαστηριακή Εργασία

1. Εξηγήστε το κύκλωμα που χρησιμοποιήσατε για να συνδέσετε στην πηγή του σχήματος 2. Επίσης εξηγήστε πώς ελέγξατε ότι το κύκλωμα ικανοποίησε τα κριτήρια σχεδιασμού.

Εργαστηριακή Άσκηση 9.3 – Εξάσκηση στη Κασσιτεροκόλληση

Στόχοι

- Εξάσκηση στη κασσιτεροκόλληση.

Διαδικασία

1. Διαβάστε προσεκτικά τις οδηγίες κασσιτεροκόλλησης
2. Πηγαίνετε σε ένα από τους σταθμούς κασσιτεροκόλλησης και εξασκηθείτε με τα υλικά που βρίσκονται εκεί.

ΠΡΟΣΟΧΗ!

Αν δεν έχετε ξαναχρησιμοποιήσει κασσιτεροκόλληση στο παρελθόν, είναι πολύ σημαντικό να εξασκηθείτε τώρα ώστε να είσαστε σε θέση να φέρετε σε πέρας την κατασκευή του επόμενου εργαστηρίου.

Αν δεν εξασκηθείτε έστω και λίγο θα αποτύχετε ΠΑΤΑΓΩΔΩΣ!