



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

Ασύρματες Ζεύξεις και Διάδοση

1^η Εργαστηριακή Άσκηση ομάδα Α:

**Μέτρηση Της Σύνθετης Αντίστασης Εισόδου Διπόλου Με Την Βοήθεια
Network Analyzer**

Παναγιώτης Βλάχος 03120891

Παναγιώτης Δημήτρης Ηλιόπουλος 03121034

Βασίλης Καλαϊτζόγλου 03119940

Παναγιώτης Λαμπούσης 03121443

Φιλοθέη Λιναρδάτου 03121016

Ευαγγελία Μουρούτη 03119873

Μελίνα Χαραλαμπάκη 03119951

Σκοπός

Στο πείραμα που διεξήχθη, σκοπός μας ήταν να μελετήσουμε την σύνθετη αντίσταση εισόδου μιας κεραίας συναρτήσει της συχνότητας και έπειτα της απόστασης της από ένα ανακλαστικό επίπεδο, το οποίο προστίθεται στην διάταξη. Με την πειραματική πορεία που ακολουθείται γίνεται επίσης εξοικείωση με τον χειρισμό του Network Analyzer.

Θεωρητικό Υπόβαθρο

Οι αναγκαίοι υπολογισμοί αποτελούνται, αρχικά, από αυτόν της ίδιας αντίστασης της κεραίας, και στην συνέχεια, παρουσία του ανακλαστικού επιπέδου, της αμοιβαίας αντίστασής της. Προτού περάσουμε σε μια ανάλυση της πειραματικής διάταξης και των αποτελεσμάτων, θα αναφερθούμε συνοπτικά στα μεγέθη τα οποία μελετάμε.

Η σύνθετη αντίσταση εισόδου μιας κεραίας ορίζεται ως:

$$Z_{\alpha} = R_{\alpha} + jX_{\alpha} = Z_{11} - Z_{12}$$

Αποτελείται από την ίδια αντίσταση Z_{11} και την αμοιβαία αντίσταση Z_{12} ως προς το περιβάλλον. Την ίδια αντίσταση την μετράμε στα άκρα τροφοδότησης της κεραίας, όταν αυτή ακτινοβολεί στον ελεύθερο χώρο, ενώ η αμοιβαία αντίσταση αφορά την επίδραση της ζεύξης της κεραίας μας με κάθε άλλη πηγή ή σκεδαστή στον περιβάλλοντα χώρο.

Ο συντελεστής ανάκλασης στα άκρα τροφοδότησης μιας κεραίας δίνεται από την σχέση:

$$\rho = \frac{Z_{\alpha} - Z_0}{Z_{\alpha} + Z_0}$$

όπου Z_{α} η αντίσταση εισόδου της κεραίας και Z_0 η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής μεταφοράς, μέσω της οποίας τροφοδοτείται η κεραία.

Ο λόγος του στάσιμου κύματος στην γραμμή μεταφοράς ισούται με:

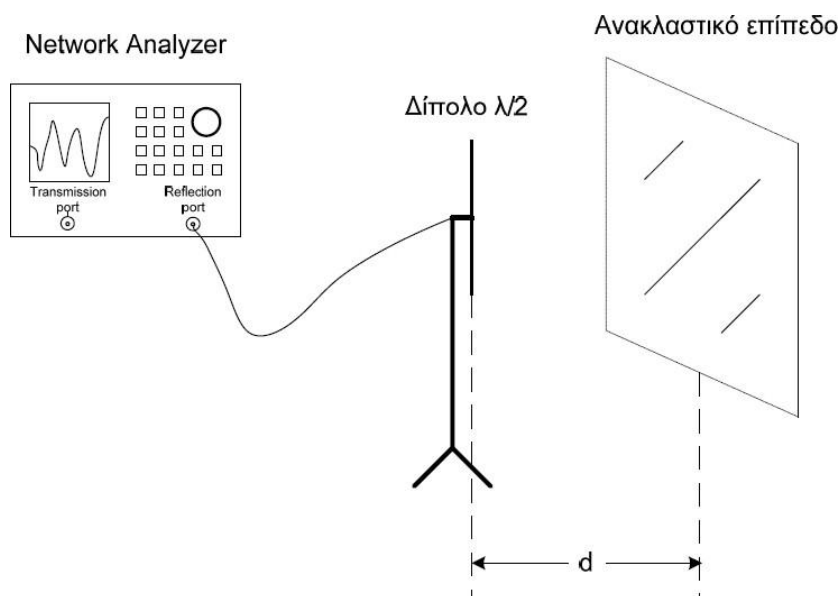
$$SWR = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|}$$

Πειραματικό Μέρος

Το Network Analyser είναι συνδεδεμένο, μέσω της θύρας ανάκλασης, με το σημείο τροφοδότησης του διπόλου $\lambda/2$. Έτσι, έχουμε την δυνατότητα να μετρήσουμε την σύνθετη αντίσταση εισόδου της κεραίας Z_{in} , τον λόγο των στάσιμων κυμάτων SWR και τον συντελεστή ανάκλασης ρ .

Πρώτο Εργαστηριακό Μέρος

Στο πρώτο εργαστηριακό μέρος τοποθετούμε το δίπολο $\lambda/2$ αρκετά μακριά από το ανακλαστικό επίπεδο, ώστε να βρίσκεται στον ελεύθερο χώρο. Έτσι υπολογίζουμε την σύνθετη αντίσταση Z_{11} . Σκανάρουμε την πειραματική διάταξη για εύρος συχνοτήτων $300\text{ MHz} - 2.1\text{ GHz}$ και παίρνουμε τις μετρήσεις της σύνθετης αντίστασης, του συντελεστή ανάκλασης ρ και του SWR .



Σχήμα 1. Πειραματική Διάταξη

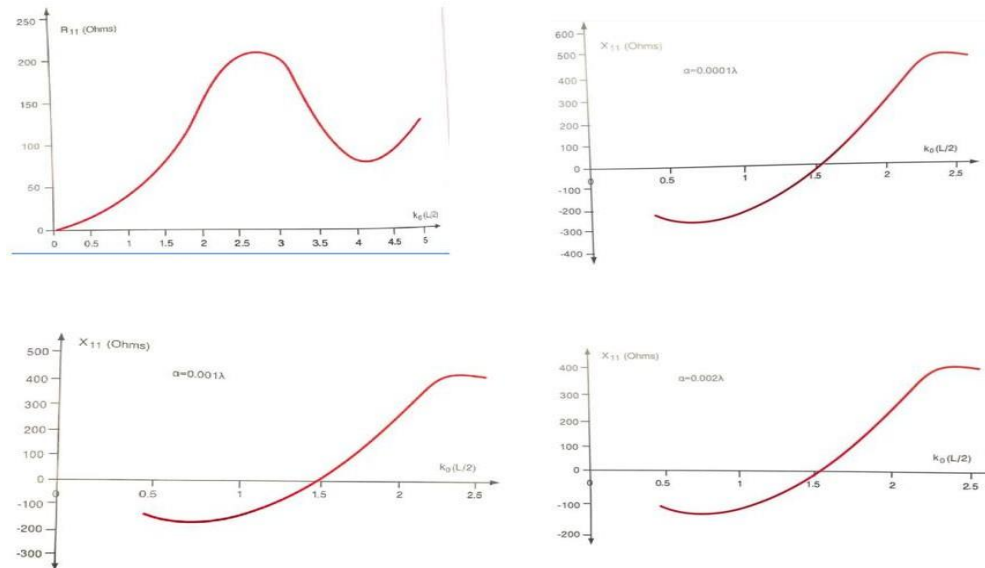
Παραθέτουμε τις μετρήσεις.

Πίνακας 1. Πειραματικές Μετρήσεις

Συχνότητα f (GHz)	ρ (dB)	R_{11} (Ω)	X_{11} (Ω)	SWR
0,3	-0.9	211	-400	19.8
0,6	-1.5	145	-150	11.4
0,9	-2.9	87.5	-98	5.9
1,2	-2	24	-86	8.6
1,5	-8.9	82	-25.5	2.1
1,8	-29.3	46.9	0,18	1.08
2,1	-7.7	119	13.5	2.4

Ο συντονισμός συμβαίνει στα 1,813 GHz με τιμή συντελεστή ανάκλασης -34.5dB.

Για να μπορέσουμε να εξετάσουμε τα πειραματικά αποτελέσματα, παραθέτουμε επίσης τις αντίστοιχες θεωρητικές γραφικές παραστάσεις (Σχήματα 5.12-5.15 του βιβλίου).



Σχήμα 2. Θεωρητικές Γραφικές Παραστάσεις Ιδίας Σύνθετης Αντίστασης

Αρχικά, παρατηρούμε την εξάρτηση των τιμών των μετρήσεων από το μήκος κύματος όπως αναμένουμε και από την θεωρητική ανάλυση, καθώς οι διαφορετικές γραφικές παραστάσεις, που διακρίνονται στο Σχήμα 2, αντιστοιχούν σε δίπολα με ακτίνες ίσες με διαφορετικά πολλαπλάσια του μήκους κύματος, για διάφορες τιμές του κυματαριθμού k_0 .

Οι τιμές της αντίστασης εισόδου, η οποία ταυτίζεται με την ίδια αντίσταση, εμφανίζουν αρχικά μείωση, ύστερα αύξηση και τέλος ξανά μείωση. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχει κάποια απόκλιση ανάμεσα στα θεωρητικά και στα πειραματικά αποτελέσματα, κάτι λογικό μιας και το πείραμα διεξήχθη σε ένα συμβατό χώρο όπου υπάρχουν πολλαπλές ανακλάσεις και παρεμβολές. Πιο συγκεκριμένα, οι πειραματικές τιμές δεν ακολουθούν πιστά τις θεωρητικές τιμές που εξήχθησαν από την ηλεκτρομαγνητική μελέτη και επίλυση των εξισώσεων που διέπουν το σύστημα.

Δεύτερο Εργαστηριακό Μέρος

Στο δεύτερο πειραματικό κομμάτι, έχοντας σταθερή την συχνότητα που επιβάλλεται στο κύκλωμα και ίση σε τιμή με την συχνότητα συντονισμού, μετακινούμε το δίπολο $\lambda/2$, πλησιάζοντας το ανακλαστικό επίπεδο και υπολογίζουμε την σύνθετη αντίσταση εισόδου Z_{in} , μέσω του τύπου:

$$\begin{aligned} Z_{in} &= Z_{11} - Z_{12} \Rightarrow \\ Z_{in} &= 46.9 - Z_{12} \end{aligned}$$

όπου 46.9Ω η αντίσταση η οποία καταμετρήθηκε, κατά το πρώτο εργαστηριακό μέρος, σε συχνότητα κοντά στην συχνότητα συντονισμού, όπως φαίνεται στον πίνακα 1.

Όσο το δίπολο $\lambda/2$ πλησιάζει το ανακλαστικό επίπεδο αναμένουμε η Z_{in} να μειώνεται, καθώς αυξάνει η Z_{12} . Από τις διάφορες τιμές που μετρήσαμε παραθέτουμε τις πέντε που διακρίνονται στον Πίνακα 4 για $f=1.8 \text{ GHz}$.

Πίνακας 2. Μετρήσεις αντίστασης εισόδου συναρτήσει της απόστασης από το ανακλαστικό επίπεδο

$d \text{ (cm)}$	$R_{11}(\Omega)$	$X_{11}(\Omega)$	$\rho \text{ (dB)}$	SWR	$Z_{12}(\Omega)$
33	45.9	-1.8	-25.7	1.1	1
27	45.9	1.6	-24	1.125	1
18	44	0.9	-22	1.165	2.9
12	49.8	5.3	-23	1.145	-2.9
9	39.8	-1.8	-17.5	1.3	7.1

Παρατηρούμε πως όσο πλησιάζουμε στην ανακλαστική επιφάνεια και μεγαλώνει η αμοιβαία αντίσταση, μειώνεται η αντίσταση εισόδου, ο συντελεστής ανάκλασης και η παράμετρος S_{11} αυξάνεται. Φανερώνεται έτσι η χειροτέρευση στη συμπεριφορά της ζεύξης, όπως αναμέναμε. Σημαντική παρατήρηση είναι πως παρότι στην μέτρηση σε απόσταση 12 εκατοστών από την ανακλαστική επιφάνεια ήρθαμε πιο κοντά, ο συντελεστής ανάκλασης μειώθηκε. Τέτοια φαινόμενα συμβαίνουν για δύο λόγους:

- Όταν δεν είμαστε σε τέλειο ανηχοϊκό θάλαμο για να μην υπάρχουν άλλες παρεμβολές από το περιβάλλον.

- Όλα αυτά τα μεγέθη είναι συναρτήσεις του μήκους κύματος. Στα 1.8 GHz το μήκος κύματος είναι 16.7 cm. Άρα, ανάλογα την απόσταση που τοποθετούμε την κεραία η συμπεριφορά μπορεί να αλλάξει δραματικά.

Σύνοψη

Σε αυτή την εργαστηριακή άσκηση εξοικειωθήκαμε με την χρήση Network Analyzer για την μέτρηση χαρακτηριστικών μεγεθών των RF συστημάτων, τον συντελεστή ανάκλασης, στο λόγο στασίμου κύματος αλλά και την αντίσταση εισόδου. Βρέθηκε το σημείο συντονισμού ενός δίπολου μέσω εύρεσης της ελάχιστης τιμής του συντελεστή ανάκλασης αλλά παρουσιάστηκε και η αλλοίωση της συμπεριφοράς της κεραίας εξαιτίας της ανακλαστικής επιφάνειας, μεταβάλλοντας την αμοιβαία αντίσταση. Γενικό συμπέρασμα επί των μετρήσεων είναι πως δεν μπορούμε να μιλάμε για ακριβείς μετρήσεις εκτός ανηχοϊκού θαλάμου.