



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Σχεδίαση και Κατασκευή
Λογαριθμικής – Περιοδικής Κεραίας 30 – 600 MHz**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Δ. Υψηλάντης

Ιωάννης Γ. Βέργος

Επιβλέπων : Νικόλαος Ουζούνογλου

Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Αθήνα, Οκτώβριος 2015



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ
ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

**Σχεδίαση και Κατασκευή
Λογαριθμικής – Περιοδικής Κεραίας 30 – 600 MHz**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ηλίας Δ. Υψηλάντης
Ιωάννης Γ. Βέργος

Επιβλέπων : Νικόλαος Ουζούνογλου
Καθηγητής Ε.Μ.Π.

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή την 2^α Οκτωβρίου 2015.

.....
Ν. Ουζούνογλου
Καθηγητής, ΕΜΠ

.....
Γιώργος Ματσόπουλος
Καθηγητής, ΕΜΠ

.....
Δ. Κακλαμάνη
Καθηγήτρια, ΕΜΠ

Αθήνα, Οκτώβριος 2015

.....
Ηλίας Δ. Υψηλάντης
Ιωάννης Γ. Βέργος

Διπλωματούχοι Ηλεκτρολόγοι Μηχανικοί και Μηχανικοί Υπολογιστών Ε.Μ.Π.

Copyright © Ηλίας Δ. Υψηλάντης, 2015

Copyright © Ιωάννης Γ. Βέργος, 2015

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

Περίληψη :

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτελεί η σχεδίαση και κατασκευή μιας λογαριθμικής περιοδικής κεραίας, με επιθυμητό φάσμα λειτουργίας από τα 30 – 600MHz. Πρωταρχικός μας σκοπός είναι η υλοποίηση μιας διάταξης η οποία θα εξασφαλίζει την πλήρη αποδοτικότητα της στο καθορισμένο εύρος ζώνης ενώ παράλληλα θα δύναται να τοποθετηθεί επί κατάλληλα διαμορφωμένο όχηματος.

Στο Κεφάλαιο 1, γίνεται αναφορά στην Λογαριθμική Περιοδική Διπολική Κεραία (LPDA), η οποία ανήκει στην κατηγορία των κεραιών των οποίων η λειτουργία είναι ανεξάρτητη της συχνότητας. Παρουσιάζονται τα γεωμετρικά και ηλεκτρικά χαρακτηριστικά της, η συμπεριφορά της στο σχεδιαζόμενο εύρος, ο τρόπος τροφοδοσίας και κατασκευής της, ενώ στο τέλος του κεφαλαίου επιδεικνύεται μια συστηματική διαδικασία σχεδιασμού της.

Στο Κεφάλαιο 2, κάνοντας χρήση της μεθόδου των ειδώλων, επιχειρούμε να περιορίσουμε τις φυσικές διαστάσεις μιας LPDA, υιοθετώντας την κατασκευή της αντίστοιχης μονοπολικής. Συνεπώς, αναζητείται η εύρεση του βέλτιστου τρόπου σχεδίασης μιας μονοπολικής κεραίας. Για το σκοπό αυτό εξετάζεται, σε κλίμακα προσομοίωσης 10:1 η συμπεριφορά δύο σχετικών διατάξεων, της Shunt - Fed Log - Periodic Monopole Array Antenna και της Ground Plane Mounted Log Periodic Antenna, για διάφορες τιμές των λογαριθμοπεριοδικών παραμέτρων σ και τ .

Τέλος, στο Κεφάλαιο 3, έχοντας καταλήξει στην τελική δομή της υβριδικής διάταξης που θα υλοποιηθεί σε φυσικές διαστάσεις (συνδυασμός διπολικής για τις συχνότητες άνω των 150 MHz, με την τροποποιημένη Ground Plane Mounted για το κάτω όριο του εύρους του φάσματος), παρουσιάζεται λεπτομερώς η σχεδίαση της, η απεικόνιση της σε διάφορες κλίμακες και η κατασκευή της στην πράξη.

Λέξεις Κλειδιά :

Σχεδίαση Διπολικής Λογαριθμικής - Περιοδικής Κεραίας, Μονοπολικές Κεραίες, Λογαριθμική-Περιοδική Κεραία Τοποθετημένη Πάνω από το Επίπεδο Γείωσης, Λογαριθμική-Περιοδική Διάταξη Μονοπολικής Κεραίας Παράλληλης Τροφοδότησης, Παράμετροι α , τ , σ , Ράβδος Τροφοδότησης, Εσωτερική Αντίσταση Εισόδου, Ενεργός Περιοχή, Ανεξάρτητες από τη Συχνότητα.

Abstract :

Object of this thesis is to design and construct a Log - Periodic Antenna with desired operating range of 30 - 600MHz. Our primary goal is to realization an antenna which ensures the full effectiveness of the specific bandwidth, while can be placed on an appropriately configured vehicle.

In Chapter 1, a reference to the Log-Periodic Dipole Antenna (LPDA), which belongs to the class of antennas whose function is independent of their frequency, is made. Furthermore, its geometrical and electrical characteristics, its behavior of the planned range as well as feeding and construction procedure are presented, while at the end of the chapter a systematic design process is demonstrated.

In Chapter 2, using the method of images, we attempt to reduce the physical dimensions of an LPDA, adopting the structure of the respective unipolar. Therefore, we seek the best way to design a monopole antenna. For this purpose, at simulation scale 10:1, the behavior of two relevant antennas is examined (*of Shunt - Fed Log - Periodic Monopole Array Antenna and Ground Plane Mounted Log Periodic Antenna*) for various values of log - periodic parameters σ and τ .

Finally, in Chapter 3, having resulted to the final construction of the hybrid device which is going to be implemented in physical dimensions (combination bipolar for frequencies above 150 MHz, with the amended Ground Plane Mounted on the lower limit of the spectrum range), an illustrated detail design, imaging in various scales and construction in practice are presented.

Keywords:

Designing an Log – Periodic Dipole Arrays, Monopoles Antennas, Ground Plane Mounted Log – Periodic Antenna, Shunt - Fed Log - Periodic Monopole Array Antenna, variable α , τ , σ , Feed Rod, Input- Impedance, Active Region, Frequency – Independent

Ευχαριστίες :

Με την περάτωση της διπλωματικής μας εργασίας, θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στον επιβλέποντα καθηγητή μας κ. Ν. Ουζούνογλου για την καθοδήγηση, τις πολύτιμες υποδείξεις του και την άριστη συνεργασία μας.

Επίσης, θα θέλαμε να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στον κ. Γιδά Αθανάσιο για την ουσιαστική του βοήθεια, στο εργαστηριακό κομμάτι της εργασίας μας, αναγνωρίζοντας το αμέριστο ενδιαφέρον του και την καθοριστική του συμβολή στην υλοποίηση των προσομοιώσεων αλλά και της τελικής κατασκευής της διάταξης.

Πίνακας Περιεχομένων :

<u>1. Διπολική Λογαριθμική - Περιοδική Κεραία [Log Periodic Dipole Array – (LPDA)]</u>	19
1.1 Βασική Περιγραφή LPDA.	20
1.2. Συμπεριφορά LPDA στο Σχεδιαζόμενο Εύρος.	26
1.3 Τροφοδοσία και Κατασκευή της LPDA.	30
1.4 Σχεδιασμός μιας LPDA.	34
<u>2. Μονοπολική Λογαριθμική - Περιοδική Κεραία [Log Periodic Monopole Array – (LPMA)].</u>	37
2.1 Γραμμικές Κεραίες Υπεράνω Αγώγιμων Επίπεδων.	38
2.2 Κατακόρυφη Κεραία Υπεράνω Αγώγιμου Επιπέδου.	40
2.3 Μονοπολική Λογαριθμική-Περιοδική Κεραία Υπεράνω Αγώγιμου Επίπεδου.	42
2.3.1 Λογαριθμική-Περιοδική Διάταξη Μονοπολικής Κεραίας Παράλληλης Τροφοδότησης (Shunt-Fed Log-Periodic Monopole Array Antenna).	43
2.3.1.1 Γενική Περιγραφή Διάταξης.	43
2.3.1.2 Σχεδίαση και Κατασκευή Shunt-Fed LPMA (Πειραματική Διαδικασία)	46
2.3.2 Λογαριθμική-Περιοδική Κεραία Τοποθετημένη Πάνω από το Επίπεδο Γείωσης με Παρεμβολή Κατάλληλου Διηλεκτρικού Υλικού (Ground Plane Mounted Log-Periodic Ant.).	54
2.3.2.1 Γενική Περιγραφή Διάταξης.	54
2.3.2.2 Σχεδίαση και Κατασκευή της Ground Plane Mounted LPA (Πειραματική Διαδικασία).	56
<u>3. Σχεδίαση και Κατασκευή Λογαριθμοπεριοδικής Διάταξης επί Οχήματος, με Εύρος Ζώνης Λειτουργίας (30-600 MHz).</u>	65
3.1 Σχεδίαση της HLPMA.	66
3.1.1 Υπολογισμός Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.	70
3.1.2 Απεικόνιση Κεραίας – Οριζόντια και Κατακόρυφη Διαστασιολόγηση (σε Κλίμακες 1:1 και 1:100) –Τομές Ορθογωνικής Διατομής Ράβδων.	75

3.1.3 Συνοπτική Περιγραφή Αναγκαίων Υλικών, για την Κατασκευή της ΗΛΡΑ.	82
3.2 Κατασκευή της ΗΛΡΑ σε Φυσικές Διαστάσεις.	87
4. Βιβλιογραφικές Αναφορές	97

Κατάλογος Σχημάτων :

<u>Σχήμα 1.1 : Τα Βασικά Μέρη της LPDA. Η κατεύθυνση της Ακτινοβολίας είναι προς τα Αριστερά του Σχήματος.</u>	<u>20</u>
<u>Σχήμα 1.2 : Οι Βασικές Παράμετροι που Προσδιορίζουν μια LPDA.</u>	<u>21</u>
<u>Σχήμα 1.3 : Υπολογισμός Βέλτιστης Τιμής της Παραμέτρου σ για Διάφορες Τιμές της Σταθεράς τ.</u>	<u>23</u>
<u>Σχήμα 1.4 : Το Σχετικό Μέτρο Ρεύματος στα Στοιχεία μιας LPDA στην Χαμηλότερη και Υψηλότερη Συχνότητα Λειτουργίας.</u>	<u>25</u>
<u>Σχήμα 1.5 : Υποδείγματα Μέτρων Ρευμάτων στην Χαμηλότερη Συχνότητα Λειτουργίας για δύο διαφορετικές LPDAs με $\tau=0,89$ (A), και $\tau=0,93$ (B).</u>	<u>25</u>
<u>Σχήμα 1.6 : Τα Μοντελοποιημένα Κέρδη Ελευθέρου Χώρου Τριών Σχετικά Μικρών LPDAs Διαφορετικών Παραμέτρων τ και σ.</u>	<u>26</u>
<u>Σχήμα 1.7 : Το Σχετικό Μέτρο του Ρεύματος στα Στοιχεία του Μοντέλου "8504" στα 28 MHz Χωρίς (A) και με (B) Βραχυκυκλωμένο Στέλεχος</u>	<u>28</u>
<u>Σχήμα 1.8 : Διάγραμμα Κέρδους του Μοντέλου "8504" με και Χωρίς την Προσθήκη Stub στην Διάταξη.</u>	<u>29</u>
<u>Σχήμα 1.9 : Τέσσερις Πιθανές Κατασκευαστικές Τεχνικές μιας LPDA, όπως Φαίνονται από το Τέλος της Διάταξης.</u>	<u>31</u>
<u>Σχήμα 2.1 : Είδωλο Ηλεκτρικού Φορτίου ως προς Αγώγιμο Επίπεδο.</u>	<u>39</u>
<u>Σχήμα 2.2 : Κατακόρυφο Ηλεκτρικό Δίπολο Υπεράνω Αγώγιμου Επίπεδου και το Είδωλο του.</u>	<u>39</u>
<u>Σχήμα 2.3 : Κατακόρυφη Γραμμική Κεραία Πάνω από Αγώγιμο Επίπεδο.</u>	<u>40</u>
<u>Σχήμα 2.4 : Γεωμετρία της LPMA (Shunt - Fed) που Απαρτίζεται από Δύο Στοιχεία.</u>	<u>45</u>
<u>Σχήμα 2.5 : Σύνδεση Ράβδου Τροφοδοσίας με Ομοαξονική Γραμμή Τροφοδοσίας - Ανοιχτοκυκλωμένο Άκρο Ράβδου Τροφοδοσίας.</u>	<u>46</u>
<u>Σχήμα 2.6 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Shunt-Fed LPMA, με $\tau=0,85$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-815,21 MHz).</u>	<u>51</u>
<u>Σχήμα 2.7 : Κατασκευή των Πυκνωτών Σύζευξης.</u>	<u>52</u>
<u>Σχήμα 2.8 : Μέτρηση της Πειραματικής Shunt Fed LPMA, με $\tau=0,85$.</u>	<u>53</u>
<u>Σχήμα 2.9 : Μέτρηση της Πειραματικής Shunt Fed LPMA, με $\tau=0,9$.</u>	<u>53</u>

Σχήμα 2.10 : Γεωμετρική Απεικόνιση της Ground Plane Mounted LPA.	55
Σχήμα 2.11 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,85$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-800 MHz).	58
Σχήμα 2.12 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,85$.	59
Σχήμα 2.13 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,9$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-800 MHz).	61
Σχήμα 2.14 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,9$.	61
Σχήμα 2.15 : Τυπικό Σχεδιάγραμμα 4:1 Balun.	62
Σχήμα 2.16 : Τοροειδές 4:1 Balun.	63
Σχήμα 2.17 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA με Χρήση Τοροειδούς 4:1 Balun.	64
Σχήμα 3.1 : Πλάγια Όψη της HLPDA.	75
Σχήμα 3.2 : Εμπρόσθια Όψη της LPDA.	75
Σχήμα 3.3 : Πλάγια Όψη της LPDA.	76
Σχήμα 3.4 : Πλάγια Όψη των Ράβδων Καπό.	76
Σχήμα 3.5 : Πλάγια Όψη των Ράβδων Οροφής.	77
Σχήμα 3.6 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Ράβδων Ορθογωνικής. Διατομής.	77
Σχήμα 3.7 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Αποστάσεων μεταξύ Γειτονικών Μονοπόλ.	78
Σχήμα 3.8 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Μηκών Μονοπόλων	78
Σχήμα 3.9 : Κλίμακα 1:100. Διαστάσεις Αποστάσεων μεταξύ Γειτονικών Μονοπ.	79
Σχήμα 3.10 : Κλίμακα 1:100. Διαστάσεις Μηκών Στοιχείων.	79
Σχήμα 3.11α : Τομή Ράβδων Οροφής με Καπό.	80
Σχήμα 3.11β : Τομή Ράβδων Οροφής με Καπό.	80
Σχήμα 3.12α : Τομή Ράβδων Καπό με LPDA.	81
Σχήμα 3.12β : Τομή Ράβδων Καπό με LPDA.	81
Σχήμα 3.13 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Οροφής Διάστασης 40mm x 20mm x 2010mm.	82
Σχήμα 3.14 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Καπό Διάστασης 20mm x 10mm x 1640 mm.	83

<u>Σχήμα 3.15</u> : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι LPDA Διάστασης 20mm x 10mm x 675mm.	83
<u>Σχήμα 3.16</u> : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Σύνδεσης Οροφής με Καπό Διάστασης 40mm x 20mm x 200mm.	84
<u>Σχήμα 3.17</u> : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Σύνδεσης Καπό με LPDA Διάστασης 20mm x 10mm x 200mm.	84
<u>Σχήμα 3.18</u> : Κυλινδρικής Διατομής Ράβδοι Μονοπόλων Καπό και Οροφής Διαστάσεων 340mm x 8mm και 330mm x 8mm Αντίστοιχα.	85
<u>Σχήμα 3.19</u> : Κυλινδρικής Διατομής Ράβδοι Διπόλων της LPDA.	86
<u>Σχήμα 3.20</u> : Προσαρμογέας Σύνδεσης Ράβδων Καπό με Οροφής.	87
<u>Σχήμα 3.21</u> : Προσαρμογέας Σύνδεσης Ράβδων LPDA με Καπό.	88
<u>Σχήμα 3.22</u> : Οπές Τοποθέτησης Μονοπόλων Ράβδων Οροφής.	88
<u>Σχήμα 3.23</u> : Οπές Τοποθέτησης Μονοπόλων Ράβδων Καπό.	89
<u>Σχήμα 3.24</u> : Οπές Τοποθέτησης Διπόλων LPDA.	89
<u>Σχήμα 3.25</u> : Το Σταθερό Τμήμα (από Al) των Ράβδων Οροφής.	91
<u>Σχήμα 3.26</u> : Το Σταθερό Τμήμα (από Al) των Ράβδων Καπό.	91
<u>Σχήμα 3.27</u> : Η Τελική Μορφή της LPDA.	92
<u>Σχήμα 3.28</u> : Εμπρόσθια Όψη του Σταθερού Σκελετού της HLPDA.	92
<u>Σχήμα 3.29</u> : Πανοραμική Όψη του Σταθερού Σκελετού της HLPDA.	93
<u>Σχήμα 3.30</u> : Πλάγια Όψη του Σταθερού Σκελετού της HLPDA.	93
<u>Σχήμα 3.31</u> : Πίσω Όψη του Σταθερού Σκελετού της HLPDA.	93
<u>Σχήμα 3.32</u> : Τελική Μορφή HLPDA, Πλήρως Συμπτυγμένη.	94
<u>Σχήμα 3.33</u> : Τελική Μορφή Ground Plane Mounted LPA, Πλήρως Ανεπτυγμένη.	95

Κατάλογος Πινάκων :

<u>Πίνακας 2.1 : Λογαριθμοπεριοδικές Παράμετροι για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.</u>	<u>48</u>
<u>Πίνακας 2.2 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.</u>	<u>49</u>
<u>Πίνακας 2.3 : Λογαριθμοπεριοδικές Παράμετροι για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.</u>	<u>50</u>
<u>Πίνακας 2.4 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.</u>	<u>50</u>
<u>Πίνακας 2.5 : Μήκη Πυκνωτών Σύζευξης.</u>	<u>52</u>
<u>Πίνακας 2.6 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων του Ίδιου Υποσυστήματος (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.</u>	<u>57</u>
<u>Πίνακας 2.7 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων του Ίδιου Υποσυστήματος (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.</u>	<u>60</u>
<u>Πίνακας 3.1 : Υπολογισμός Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.</u>	<u>71</u>
<u>Πίνακας 3.2 : Υπολογισμός Αποστάσεων Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.</u>	<u>73</u>

1. : Διπολική Λογαριθμική - Περιοδική Κεραία [Log Periodic Dipole Array – (LPDA)]

Η LPDA, ανήκει στην οικογένεια των κεραιών που επιτρέπουν ανεξάρτητη της συχνότητας ακτινοβολία, σε ένα μεγάλο εύρος ζώνης. Πρόκειται για μια κατευθυντική κεραία, με σχετικά σταθερά χαρακτηριστικά μέσα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Αποτελείται από ένα σύστημα οδηγούμενων στοιχείων, χωρίς ωστόσο να είναι όλα τα στοιχεία ενεργά σε μια συγκεκριμένη συχνότητα λειτουργίας.

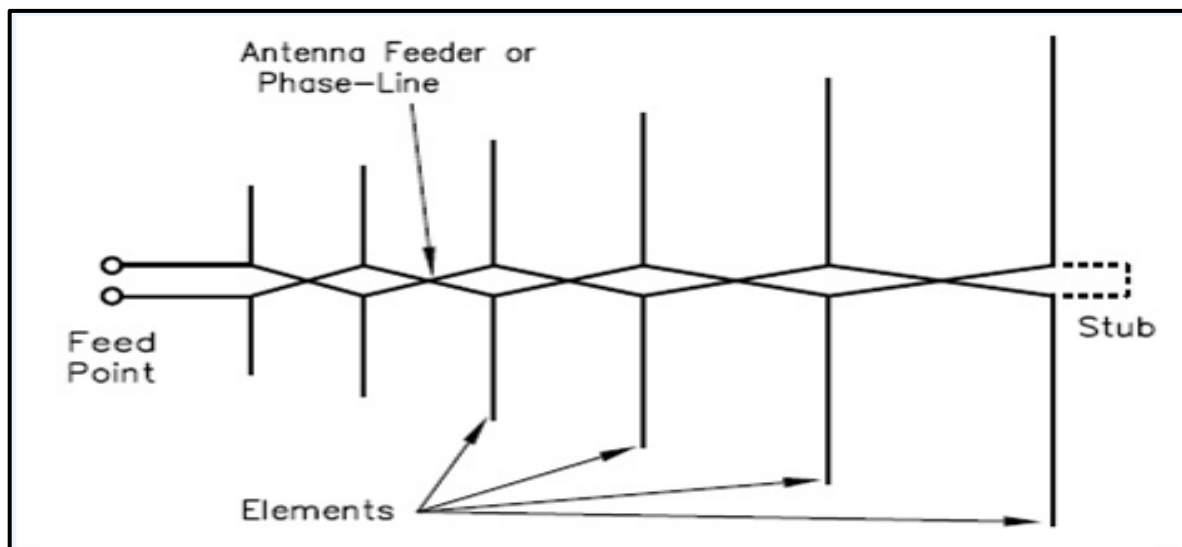
Βασική ιδέα μιας LPDA, είναι η χρησιμοποίηση στοιχείων μεταβλητού μήκους τα οποία θα συντονίζονται σε διαφορετικές συχνότητες (*τα μήκη των διπόλων ισούνται με $\lambda/2$ των καθορισμένων συχνοτήτων συντονισμού*). Για κάθε συχνότητα μέσα στο σχεδιαζόμενο εύρος ζώνης, στα στοιχεία με διαστάσεις περίπου μισού μήκους κύματος, εμφανίζονται ισχυρότερα ρεύματα σε σύγκριση με τα ρεύματα των υπολοίπων. Συνεπώς, τα στοιχεία με φυσικό μήκος περίπου ίσο με $\lambda/2$ της εκάστοτε συχνότητας συντονισμού, συνεισφέρουν περισσότερο στην ακτινοβολία της διάταξης, ενώ η περιοχή όπου βρίσκονται αυτά καλείται ενεργός περιοχή. Καθόσον η συχνότητα αλλάζει τιμές από f_{\max} σε f_{\min} , η ενεργός περιοχή μετατοπίζεται από το ένα “ενεργό” σύνολο στοιχείων στο άλλο. Δίπολα τα οποία βρίσκονται εκτός ενεργής περιοχής δρουν ως παρασιτικά στοιχεία (*δηλαδή δεν συνεισφέρουν σχεδόν καθόλου στην ακτινοβολία του συστήματος*).

Με βάση τις σχεδιαστικές της παραμέτρους, η LPDA μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα εύρος συχνοτήτων με λόγο 2:1 ή και υψηλότερο, ενώ μέσα σε αυτό το εύρος, τα ηλεκτρικά της χαρακτηριστικά [*όπως κέρδος, αντίσταση του σημείου τροφοδοσίας, λόγος front-to-back (F/B) κτλ*] παραμένουν σχεδόν σταθερά. Δεδομένου του ότι ο σχεδιασμός της κεραίας βασίζεται σε συντονισμένα στοιχεία, μία λειτουργία εκτός συντονισμού, εισάγει άεργη αντίσταση η οποία προκαλεί αύξηση του λόγου SWR στο σημείο τροφοδοσίας. Μια αποδοτική LPDA, μπορεί να σχεδιαστεί για οποιαδήποτε ζώνη συχνοτήτων, από HF μέχρι UHF, απατώντας ικανοποιητικά στις ελάχιστες δυνατές απαιτήσεις ενός υψηλού κέρδους, λόγου F/B και κατευθυντικότητας, εξασφαλίζοντας ταυτόχρονα ένα χαμηλό λόγο SWR.

1.1 Βασική Περιγραφή LPDA

Η LPDA είναι η πιο δημοφιλής μορφή της οικογενείας των λογαριθμοπεριοδικών κεραιών, τα όποια περιλαμβάνουν και άλλες μορφές διατάξεων όπως zigzag, επίπεδη, τραπεζοειδή και τύπου V. Κατασκευαστικά έχει πάρα πολλές ομοιότητες με την γραμμική κεραία παρασιτικών στοιχείων Yagi-Uda. (αυτό επιτρέπει την κατασκευή μιας κατευθυντικής κεραίας η όποια θα μπορεί να λειτουργεί αποδοτικά στο ανώτερο όριο των HF άλλα και σε μεγαλύτερα εύρη συχνοτήτων). Παρόλα αυτά, η LPDA έχει κατασκευαστικές όπως και σχεδιαστικές ιδιαιτερότητες οι οποίες την ξεχωρίζουν από την Yagi-Uda.

Η LPDA είναι μια στοιχειοκεραία που αποτελείται από αρκετά παράλληλα δίπολα, τα άκρα των οποίων βρίσκονται στην ίδια ευθεία. Το Σχήμα 1.1 δείχνει τα μέρη από τα όποια αποτελείται μια τυπική LPDA.



Σχήμα 1.1 : Τα Βασικά Μέρη της LPDA. Η κατεύθυνση της Ακτινοβολίας είναι προς τα Αριστερά του Σχήματος.

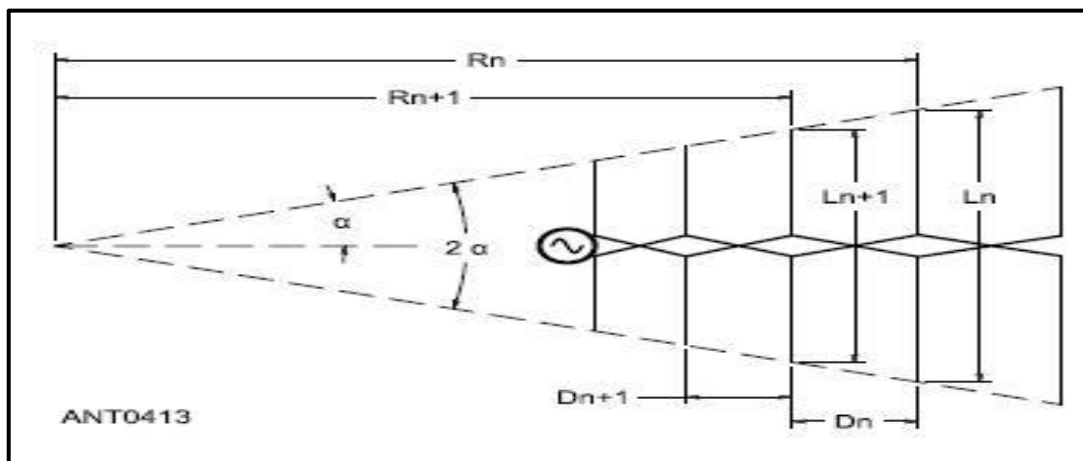
Η διάταξη αποτελείται από έναν αριθμό γραμμικών στοιχείων, όπου το μεγαλύτερο εξ'αυτών έχει μήκος ίσο με το μισό του μήκους κύματος της χαμηλότερης συχνότητας σχεδιασμού του συστήματος. Αντίστοιχα, το μικρότερο στοιχείο έχει μήκος ίσο με το μισό του μήκους κύματος της υψηλότερης συχνότητας του

επιθυμητού εύρους ζώνης (λεπτομέρειες ως προς την τροποποίηση των μηκών αυτών, κατά τις τυποποιημένες διαδικασίες σχεδιασμού, όπως σελ 18 §2).

Η γραμμή τροφοδοσίας της κεραίας, συνδέει τα κεντρικά σημεία κάθε στοιχείου στη σειρά, δημιουργώντας αντιστροφή φάσης μεταξύ διαδοχικών στοιχείων, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στο Σχήμα 1.1. Επιπρόσθετα, ένα επιπλέον στέλεχος, αποτελούμενο από μια τροφοδοτική γραμμή παράλληλων καλωδίων μικρού μήκους προστίθεται στο πίσω μέρος της LPDA. Η ρύθμιση των στοιχείων και η μέθοδος τροφοδότησης παράγουν μια συστοιχία με σχετικά σταθερό κέρδος και λόγο F/B σε όλο το φάσμα του σχεδιαζόμενου εύρους λειτουργίας της κεραίας. Τέλος, η LPDA χαρακτηρίζεται από μια σταθερή αντίσταση εισόδου στο σημείο τροφοδοσίας, απλοποιώντας έτσι την διαδικασία της προσαρμογής με την γραμμή μεταφοράς.

Για τον εκάστοτε σχεδιαστή, οι πιο θεμελιώδεις παράμετροι μιας LPDA που πρέπει να καθοριστούν, αφορούν τρεις εξαρτημένες μεταξύ τους μεταβλητές : α , τ και σ . Οποιαδήποτε από αυτές τις τρεις μεταβλητές δύναται να καθοριστεί μέσω των άλλων δυο, όπως θα εξηγηθεί στην συνέχεια.

Στο Σχήμα 1.2, παρουσιάζονται οι βασικές παράμετροι μιας LPDA. Η γωνία α , η διπλάσια της οποίας ορίζει το περίγραμμα μιας LPDA, σχηματίζεται από τη νοητή ευθεία που συνδέει τα άκρα των στοιχείων και τον άξονα που θεωρητικά διέρχεται από τα κέντρα των δίπολων. Οι βασικότερες δομικές διαστάσεις είναι τα μήκη των στοιχείων (L), η απόσταση (R) κάθε στοιχείου από την κορυφή της γωνιάς α και η μεταξύ γειτονικών στοιχείων απόσταση (D).



Σχήμα 1.2 : Οι Βασικές Παράμετροι που Προσδιορίζουν μια LPDA.

Όλα αυτά τα μεγέθη, προσδιορίζονται μέσω της λογαριθμοπεριοδικής παραμέτρου τ [σταθερά στενέματος (*taper*) ή γεωμετρικού λόγου (*scale constant*)], σύμφωνα με την Σχέση 1.1, η οποία παίρνει συνήθως τιμές από 0.8 – 0.98, :

$$\tau = \frac{R_{n+1}}{R_n} = \frac{D_{n+1}}{D_n} = \frac{L_{n+1}}{L_n}, \quad \text{Σχέση 1.1}$$

όπου τα στοιχεία n και $n+1$, είναι διαδοχικά στοιχεία στη διάταξη οδεύοντας από το μεγαλύτερο δίπολο προς την εικονική κορυφή της γωνίας α . Η τιμή του τ είναι πάντα μικρότερη της μονάδας, παρόλο που ένας αποτελεσματικός σχεδιασμός μιας LPDA απαιτεί τιμές όσο το δυνατόν κοντά σε αυτή.

Αν και η παράμετρος τ καθορίζει τη σχέση μεταξύ διαστημάτων διαδοχικών στοιχείων, Σχέση 1.1, δεν δύναται από μόνη της να καθορίσει το αρχικό διάστημα μεταξύ του μεγαλύτερου και του αμέσως μεγαλύτερου στοιχείων πάνω στο οποίο θα εφαρμοστεί διαδοχικά ο λόγος τ . Επίσης, μέσω αυτού του αρχικού διαστήματος ορίζεται η γωνία α της διάταξης. Ως εκ τούτου έχουμε δυο τρόπους για να καθορίσουμε την τιμή της παραμέτρου σ [σταθερά σχετικής απόστασης (*relative spacing*)] η οποία δίνεται από την Σχέση 1.2, :

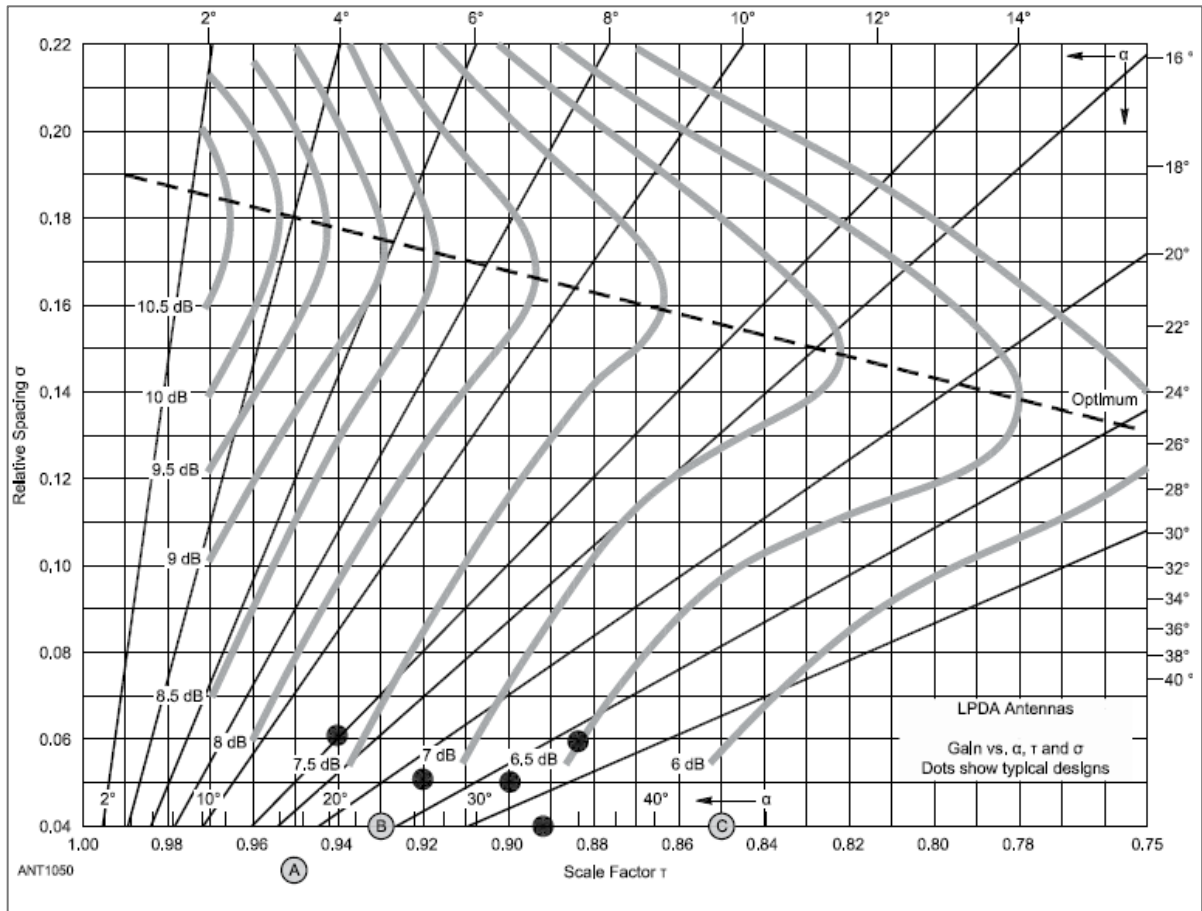
$$\sigma = \frac{1-\tau}{4 \tan \alpha} = \frac{D_n}{2L_n}, \quad \text{Σχέση 1.2}$$

όπου D_n είναι η απόσταση μεταξύ οποιονδήποτε δύο διαδοχικών στοιχείων της διάταξης και L_n είναι το μήκος του μεγαλύτερου από τα δύο αυτά στοιχεία. Όσο πιο μεγάλη είναι η τιμή της σταθεράς σ , τόσο πιο αραιά είναι τα δίπολα μεταξύ τους. Αν κάποιο δίπολο έχει μήκος μισού μήκους κύματος για δεδομένη συχνότητα, τότε η σταθερά σ είναι η απόσταση, σε μήκη κύματος, του συγκεκριμένου δίπολου από το κοντύτερο γειτονικό του. Από την πρώτη σχέση υπολογισμού του σ , μπορούμε επίσης να ορίσουμε ένα τρόπο εύρεσης της γωνίας α , εάν γνωρίζουμε της παραμέτρους τ και σ .

Για κάθε τιμή του τ μπορούμε ακολούθως να καθορίσουμε την βέλτιστη τιμή του σ :

$$\sigma_{opt} = 0,243\tau - 0.051, \quad \text{Σχέση 1.3}$$

Ο συνδυασμός μιας τιμής για το τ και της αντίστοιχης βέλτιστης τιμής του σ , όπως προκύπτει από την Σχέση 1.3, παράγει την υψηλότερη απόδοση ακτινοβολίας μιας LPDA. Για τιμές του τ από 0,80 μέχρι 0,98 η τιμή του βέλτιστου σ ποικίλλει από 0,143 έως 0,187, με αύξηση κατά 0,00243 για κάθε αλλαγή του τ κατά 0,01. Αυτό απεικονίζεται στο γράφημα του Σχήματος 1.3. Σύμφωνα με το γράφημα αυτό, για τις διαφορές τιμές του τ , η βέλτιστη τιμή για το σ προκύπτει από το σημείο τομής της ευθείας διακεκομμένης γραμμής με τις καμπύλες σταθερού κέρδους.



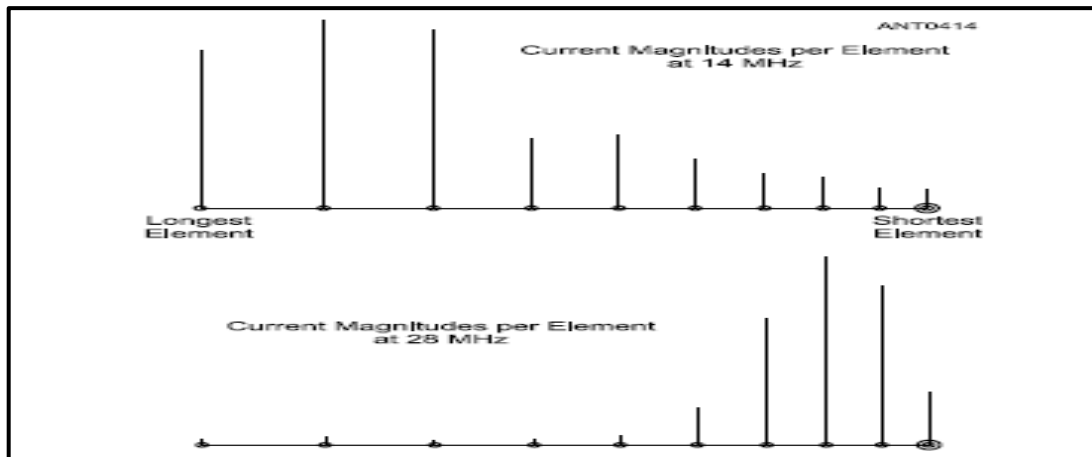
Σχήμα 1.3 : Υπολογισμός Βέλτιστης Τιμής της Παραμέτρου σ για Διάφορες Τιμές της Σταθεράς τ .

Εντούτοις, η χρησιμοποίηση της βέλτιστης τιμής του σ , παράγει ένα συνολικό μήκος συστοιχίας που είναι περά από τις δυνατότητες των συνηθισμένων κατασκευών. Επιπρόσθετα, καθίσταται ιδιαίτερα απαιτητική η στήριξη διαφόρων ιστών ή πύργων, που δρουν ως φορείς συγκράτησης τέτοιων διατάξεων.

Για ένα δοσμένο εύρος συχνοτήτων, αυξάνοντας την τιμή του τ αυξάνεται τόσο το κέρδος όσο και ο αριθμός των απαιτούμενων στοιχείων, ενώ αυξάνοντας την τιμή του σ αυξάνεται το κέρδος αλλά και το συνολικό μήκος της στοιχειοκεραίας. Μια τυπική διαδικασία σχεδιασμού, που θα οδηγήσει σε μια εύκολη προς υλοποίηση κατασκευή, είναι η μείωση του σ έως ότου αρχίσει να πέφτει σημαντικά το μέγιστο κέρδος. Συνεπώς, κατά την σχεδίαση μιας LPDA, συνήθως υιοθετούνται συμβιβαστικές τιμές ανάμεσα στις παραμέτρους τ και σ , σύμφωνα με τις εκάστοτε προδιαγραφές, που παράγουν μικρότερη αλλά πάντα αποδεκτή απόδοση. Μια αποδεκτή λύση είναι η χρησιμοποίηση τιμών για το τ από 0,88 μέχρι 0,95 και τιμών για το σ που κυμαίνονται από 0,03 μέχρι 0,06.

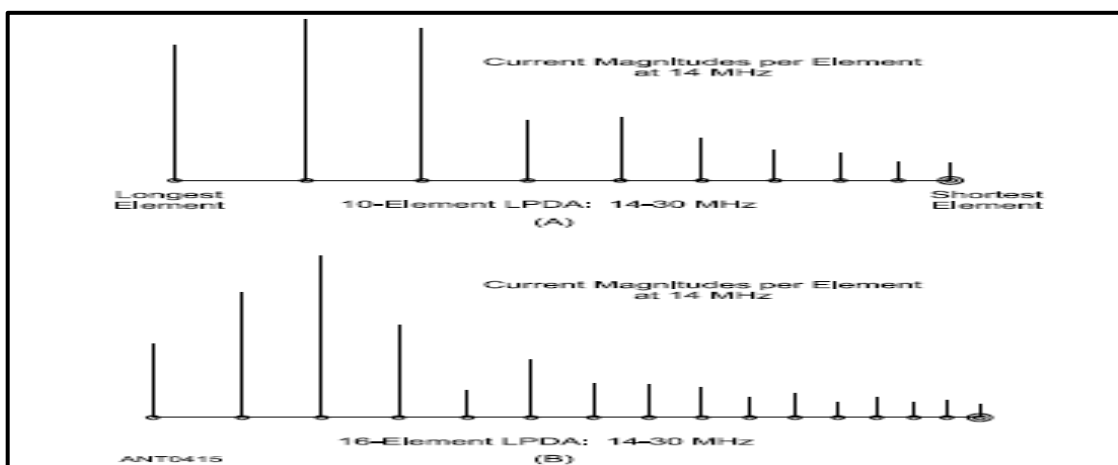
Οι τυποποιημένες διαδικασίες σχεδιασμού, ορίζουν το οπίσθιο στοιχείο να έχει ιδιοσυχνότητα περίπου 7% χαμηλότερη από το κάτω όριο του σχεδιαζόμενου εύρους συχνοτήτων της LPDA με ένα φυσικό μήκος 5% χαμηλότερο από το μισό μήκος κύματος που αντιστοιχεί σε αυτή την συχνότητα. Το ανώτερο όριο συχνότητας τίθεται συνήθως 1.3 φορές πάνω, από την υψηλότερη σχεδιασθείσα συχνότητα λειτουργίας μιας LPDA. Συνεπώς, αφού το τ και το σ καθορίζουν την αύξηση των διαστημάτων μεταξύ διαδοχικών στοιχείων, ο αριθμός των στοιχείων γίνεται συνάρτηση του πότε το κοντύτερο στοιχείο φτάνει εκείνο το μήκος που αντιστοιχεί στη ρυθμισμένη ανώτερη συχνότητα.

Το ρυθμισμένο ανώτερο όριο συχνότητας προκύπτει, από τη συμπεριφορά των LPDAs σε σχέση με τον αριθμό των ενεργών στοιχείων. Το Σχήμα 1.4, δείχνει τη πλάγια όψη μιας LPDA δέκα στοιχείων από 20 έως 10 μέτρα έκαστο. Οι κάθετες γραμμές αντιπροσωπεύουν τη μέγιστη τιμή του μέτρου του ρεύματος για κάθε στοιχείο στη συγκεκριμένη συχνότητα. Στα 14 MHz ουσιαστικά κάθε στοιχείο της διάταξης παρουσιάζει μια σημαντική τιμή ρεύματος. Ωστόσο, στα 28 MHz μόνο τα 5 εμπρόσθια στοιχεία φέρουν ένα σημαντικό ρεύμα. Γίνεται αντιληπτό ότι, χωρίς το εκτεταμένο εύρος συχνοτήτων που φτάνει σχεδόν τα 40 MHz ο αριθμός στοιχείων με σημαντικό μέτρο ρεύματος θα μειώνονταν δραστικά, μαζί με την απόδοση της κεραίας στις υψηλότερες συχνότητες.



Σχήμα 1.4 : Το Σχετικό Μέτρο Ρεύματος στα Στοιχεία μιας LPDA στην Χαμηλότερη και Υψηλότερη Συχνότητα Λειτουργίας.

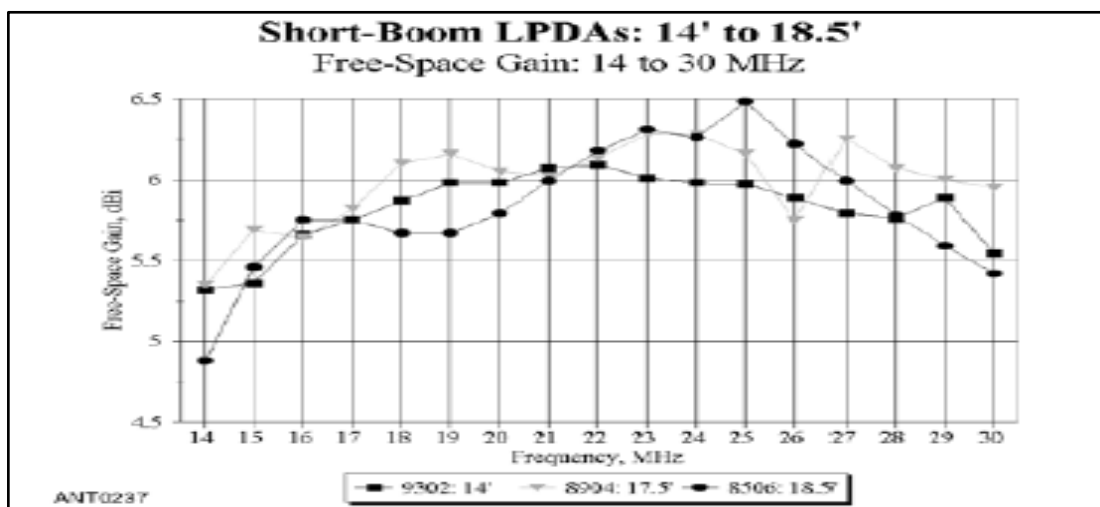
Η ανάγκη για επέκταση του κατωτέρου ορίου συχνοτήτων λειτουργίας σε χαμηλότερη συχνότητα ποικίλει, ανάλογα με την τιμή της παραμέτρου τ . Αυτό γίνεται εμφανές στο Σχήμα 1.5, όπου συγκρίνεται το ρεύμα των οπίσθιων στοιχείων δυο LPDAs με τιμή σ ίση με 0,04. Στο πάνω σχέδιο χρησιμοποιείται $\tau=0,89$ (10 στοιχεία) ενώ στο κάτω σχέδιο χρησιμοποιεί $\tau=0,93$ (16 στοιχεία). Όσο αυξάνεται η τιμή του τ , παρατηρούμε ότι τα στοιχεία που φέρουν σημαντικό μέτρο ρεύματος κινούνται προς τα μπροστά, μειώνοντας, αλλά όχι εξαλείφοντας, την ανάγκη για στοιχεία των οποίων τα μήκη είναι μακρύτερα από ένα δίπολο στην χαμηλότερη συχνότητα λειτουργίας.



Σχήμα 1.5 : Υποδείγματα Μέτρων Ρευμάτων στην Χαμηλότερη Συχνότητα Λειτουργίας για δύο διαφορετικές LPDAs με $\tau=0,89$ (A), και $\tau=0,93$ (B).

1.2. Συμπεριφορά LPDA στο Σχεδιαζόμενο Εύρος

Γενικά η συμπεριφορά της LPDA, συγκρινόμενη με κεραίες στενού εύρους ζώνης όπως οι διατάξεις Yagi-Uda, είναι αξιοσημείωτα ομοιόμορφη μέσα σε ένα ευρύ φάσμα συχνοτήτων. Παρόλα αυτά, επιδεικνύει σημαντικές διακυμάνσεις μέσα στο σχεδιαζόμενο εύρος. Στο Σχήμα 1.6, στο οποίο απεικονίζονται αυτές οι διακυμάνσεις στην συμπεριφορά των LPDA, παρουσιάζεται το κέρδος ελευθέρου χώρου σε ένα εύρος συχνοτήτων από 14 έως 30 MHz, για τρεις LPDAs στις οποίες χρησιμοποιούνται αλουμινένια στοιχεία με διάμετρο 13mm το καθένα. Ο αριθμητικός προσδιορισμός (XXYY) για κάθε στοιχείο περικλείει το ζευγάρι τιμών του τ (0.XX) και σ (0.YY) που χρησιμοποιήθηκαν για την σχεδίαση κάθε κεραίας. Για παράδειγμα για το μοντέλο “9302” χρησιμοποιήθηκε $\tau=0,93$ και $\sigma=0,02$. Κάθε κεραία στο σχήμα περιγράφεται από ένα διαφορετικό προσδιοριστικό σημάδι και τα μήκη τους κυμαίνονται από 4,3 έως 5,64 μέτρα. Ο συνολικός αριθμός στοιχείων ποικίλει από 16 για το μοντέλο “9302” σε 10 για το “8904” και σε 7 για το “8504”.



Σχήμα 1.6 : Τα Μοντελοποιημένα Κέρδη Ελευθέρου Χώρου Τριών Σχετικά Μικρών LPDAs Διαφορετικών Παραμέτρων τ και σ .

Καταρχήν, το κέρδος δεν είναι ποτέ ομοιόμορφο σε όλο το φάσμα συχνοτήτων λειτουργίας της κεραίας. Το κέρδος ελαττώνεται τόσο στο κατώτερο όσο και στο ανώτερο άκρο του σχεδιασμένου φάσματος. Επιπρόσθετα, το κέρδος εμφανίζει

κυμάτωση σε όλο το φάσμα με τον αριθμό των κορυφών να εξαρτάται από την επιλεγμένη τιμή του τ και κατ' επέκταση τον προκύπτοντα αριθμό στοιχείων. Ο F/B λόγος τείνει να ακολουθεί το επίπεδο του κέρδους. Γενικά, εκτείνεται από τα 10 dB περίπου, όταν το κέρδος στον ελεύθερο χώρο είναι κάτω από 5 dBi, σε περίπου 20 dB καθώς το κέρδος πλησιάζει τα 7 dBi. Ο λόγος αυτός φτάνει την υψηλότερη τιμή του, δηλαδή περίπου τα 30 dB, όταν η διάταξη επιτύχει κέρδος που υπερβαίνει τα 8,5 dBi.

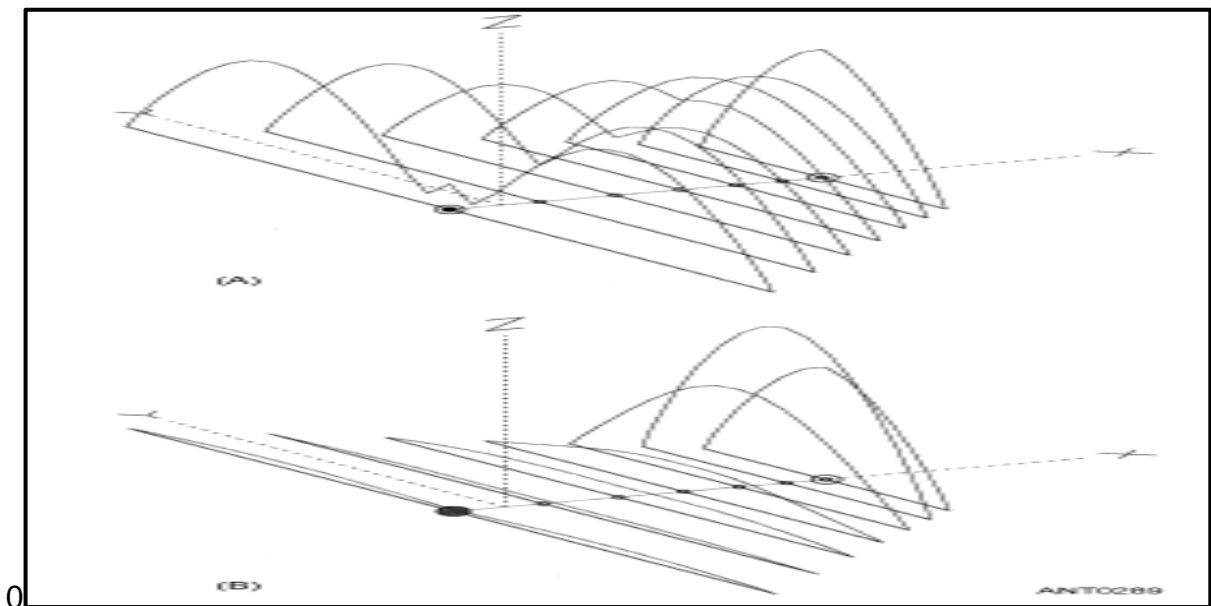
Δεδομένου ότι το κέρδος της κεραίας είναι συνάρτηση και των δύο λογαριθμοπεριοδικών παραμέτρων τ και σ , το μέσο κέρδος γίνεται συνάρτηση του μήκους της κεραίας για κάθε δοσμένο εύρος συχνοτήτων. Παρατηρώντας το Σχήμα 1.6, διαπιστώνεται ότι, σε όρους μέσου κέρδους, δεν υπάρχει μεγάλη διαφορά ως προς το ποια καμπύλη θα διαλέξει κανείς, για εύρος μηκών κεραίας από 4,3 μέχρι 5,6 μέτρα. Αποδεικνύεται στην πράξη ότι, καλά σχεδιασμένες διατάξεις με μήκος περίπου τα 9 μέτρα είναι ικανές να επιτύχουν ένα κέρδος ελευθέρου χώρου της τάξης των 7dBi, ενώ διατάξεις με μήκος 12 μέτρων, για το ίδιο εύρος συχνοτήτων λειτουργίας, μπορούν να επιτύχουν κέρδος μέχρι τα 8 dBi.

Η υπέρβαση του ορίου κέρδους των 8,5 dBi (όπου έχω την μέγιστη τιμή του λόγου F/B) απαιτεί το λιγότερο κεραία μήκους 15 μέτρων για το συγκεκριμένο φάσμα συχνοτήτων. Μεγάλες σε μήκος διατάξεις, με υψηλές τιμές τ και σ , τείνουν να παρουσιάζουν μικρότερες μεταβολές στην καμπύλη του κέρδους και στον λόγο F/B . Επιπρόσθετα, διατάξεις κεραιών με υψηλό τ τείνουν να εμφανίζουν υψηλότερο κέρδος στο κατώτερο άκρο του σχεδιασμένου εύρους συχνοτήτων.

Επανεξετάζοντας το Σχήμα 1.6, παρατηρούμε ότι ο άξονας συχνοτήτων είναι βαθμονομημένος σε διαστήματα του 1 MHz. Η ουσιαστική αξιολόγηση μιας διάταξης για το εύρος 14 έως 30 MHz, που εξετάζεται εδώ, απαιτεί την μείωση των διαστημάτων ανάμεσα στα σημεία ελέγχου, στα 0,25 MHz το μέγιστο, έτσι ώστε να ανιχνευτούν συχνότητες στις οποίες η διάταξη μπορεί να εμφανίσει "αδυναμίες" ως προς την απόδοση της (με τον όρο "αδυναμίες" ορίζονται οι περιοχές συχνοτήτων στο φάσμα σχεδιασμού της κεραίας, στις οποίες η διάταξη εμφανίζει απροσδόκητα χαμηλές τιμές κέρδους και λόγου F/B). Επομένως, στο Σχήμα 1.6, παρατηρείται μια απροσδόκητη πτώση του κέρδους του μοντέλου "8904" στα 26 MHz.

Σε μεγάλες διατάξεις, αυτές οι περιοχές συχνοτήτων μπορεί να είναι αρκετά μικρές και ενδέχεται να προκύπτουν περισσότερες από μια τέτοιες. Αυτές οι ανωμαλίες οφείλονται στην αρμονική λειτουργία των μεγαλύτερων στοιχείων στο οπίσθιο μέρος της διάταξης και ειδικότερα εκείνων, που αναμένεται να παρουσιάσουν τα υψηλότερα επίπεδα ρεύματος.

Στη συνέχεια εξετάζουμε μια LPDA 7 στοιχείων (μοντέλο "8504") με μήκος 3,7 μέτρα και λειτουργία στο εύρος από τα 14 έως τα 30 MHz, που χρησιμοποιεί αλουμινένια στοιχεία των 13 mm έκαστο. Στα 28 MHz, τα οπίσθια στοιχεία λειτουργούν με έναν αρμονικό τρόπο, όπως φαίνεται από τις καμπύλες του Σχήματος 1.7Α [δυσμενή λειτουργία ως προς την επιθυμητή κατεύθυνση (κατά μήκος του άξονα πρόσδεσης των στοιχείων) μέγιστης εκπομπής, απόρροια του οποίου είναι η εμφάνιση πλευρικών λοβών]. Το αποτέλεσμα είναι μια δραστική μείωση του κέρδους, όπως αποτυπώνεται στην καμπύλη "No Stub" του Σχήματος 1.8. Επίσης, ελαττώνεται και ο λόγος F/B λόγω της ισχυρής ακτινοβολίας από τα μεγαλύτερα στοιχεία που είναι τοποθετημένα στο πίσω μέρος της διάταξης.

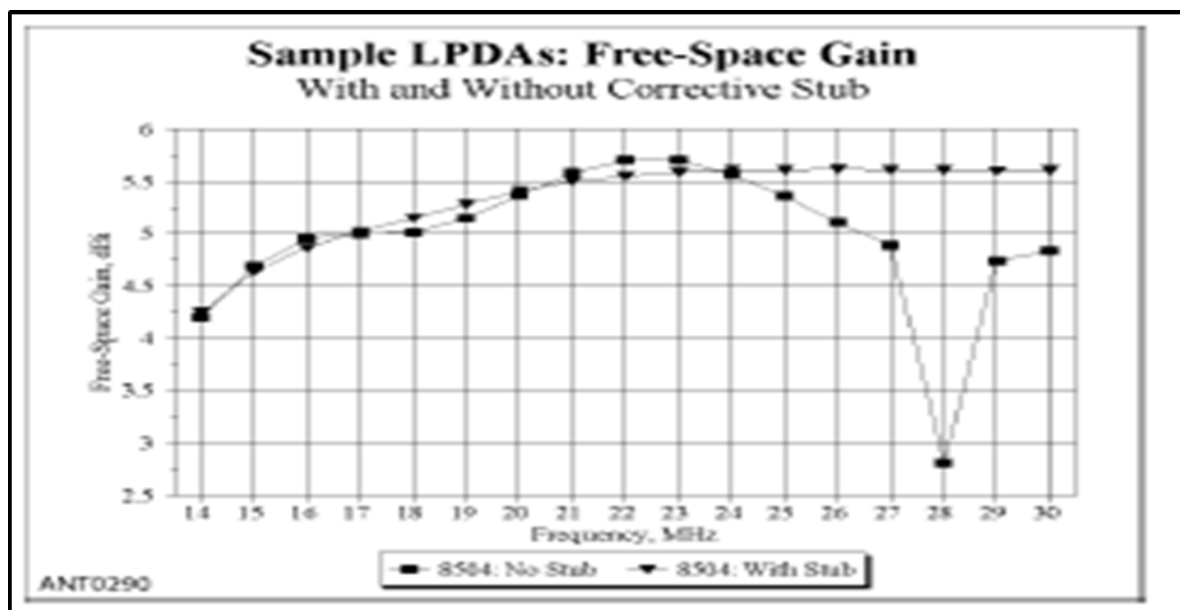


Σχήμα 1.7 : Το Σχετικό Μέτρο του Ρεύματος στα Στοιχεία του Μοντέλου "8504" στα 28 MHz Χωρίς (Α) και με (Β) Βραχυκυκλωμένο Στέλεχος.

Στις σύγχρονες διατάξεις LPDA, για την εξάλειψη τέτοιων "αδύναμων" σημείων στο φάσμα λειτουργίας τους, ακολουθείται η πρακτική του τερματισμού της κεραίας

μέσω της χρήσης βραχυκυκλωμένων στελεχών (stubs). Τα στελέχη αυτά χρησιμοποιούνται για την εξάλειψη ή την μετακίνηση των συχνοτήτων στις οποίες παρατηρείται μια αισθητά δυσμενής μείωση του κέρδους και του λόγου F/B.

Στη συνέχεια, εξοπλίζουμε το μοντέλο "8504" με ένα βραχυκυκλωμένο στέλεχος των 45.7 cm μέσω γραμμής μεταφοράς των 600 Ω. Όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.7B, η ανεπιθύμητη αρμονική λειτουργία των οπίσθιων στοιχείων έχει εξασθενήσει σημαντικά. Στο Σχήμα 1.8, παρατηρούμε ότι η προσθήκη του στελέχους ("With Stub") έχει σαν συνέπεια την εξομάλυνση της καμπύλης του κέρδους στην άνω περιοχή (μετά τα 24 MHz) του σχεδιασμένου εύρους συχνοτήτων.



Σχήμα 1.8 : Διάγραμμα Κέρδους του Μοντέλου "8504" με και Χωρίς την Προσθήκη Stub στην Διάταξη.

Σε μερικές διατάξεις, οι οποίες παρουσιάζουν πολλαπλές τέτοιες "αδυναμίες" ένα απλό stub δεν είναι αρκετό για να τις εξαλείψει όλες. Ωστόσο μπορεί να μετακινήσει τις "αδυναμίες" αυτές σε περιοχές συχνοτήτων, εντός του σχεδιαζόμενου φάσματος, που δεν χρησιμοποιούνται κατά την λειτουργία της διάταξη. Ωστόσο όταν επιδιώκεται η πλήρη αξιοποίηση του φάσματος από μια LPDA, θα χρειαστεί να τοποθετηθούν επιπρόσθετα "stubs" τα όποια θα εστιάζουν σε συγκεκριμένα στοιχεία.

Οι περισσότερες LPDA διατάξεις, λειτουργούν αποδοτικότερα (αναφορικά με το κέρδος και τον λόγο F/B) μέσω της χρήσης μεγαλύτερων σε διάμετρο στοιχείων.

Στοιχεία με μέση διάμετρο τουλάχιστον 13mm είναι επιθυμητά κυρίως στο φάσμα συχνοτήτων από 14 έως 30 MHz. Ωστόσο, οι πρότυπες διατάξεις απαιτούν έναν σταθερό λόγο μήκους στοιχείου προς διάμετρο. Για να πετύχει κανείς αυτό το λόγο, θα πρέπει αρχικά να ορίσει την διάμετρο του κοντούτερου στοιχείου της διάταξης κατασκευής και μετά να αυξήσει την διάμετρο του αμέσως γειτονικότερου μεγαλύτερου στοιχείου κατά την παράμετρο $1/\tau$, ακολουθώντας διαδοχικά την διαδικασία αυτή μέχρι το μακρύτερο στοιχείο. Αυτή η ενέργεια μπορεί συχνά να καταλήξει σε στοιχεία (για τα μακρύτερα κυρίως της διάταξης) με αδικαιολόγητα μεγάλες διαμέτρους.

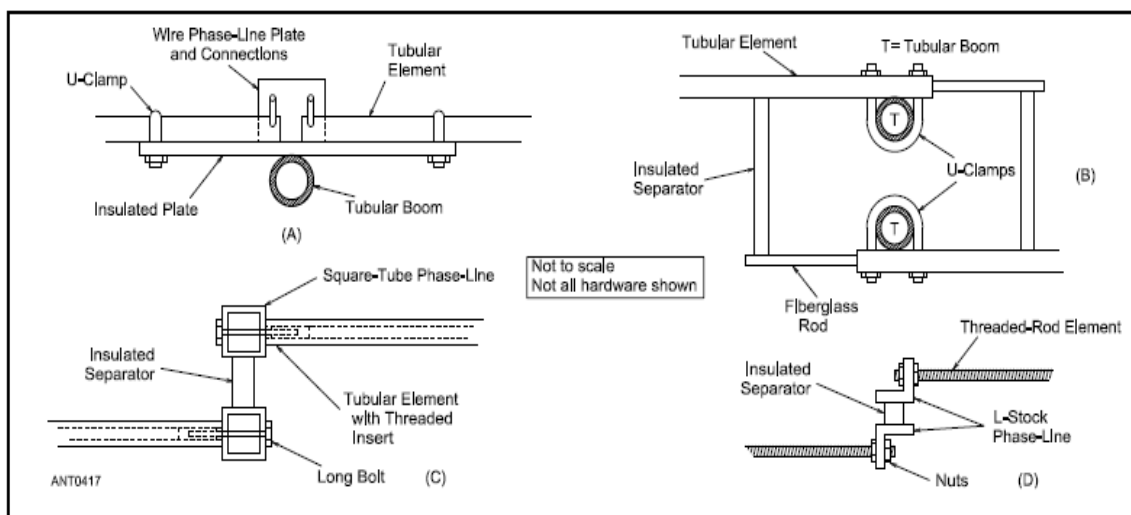
Στις περισσότερες των περιπτώσεων, οι σχεδιαστές των LPDA προτιμούν να χρησιμοποιούν ως στοιχεία της διάταξης μεταλλικούς κυλινδρικούς ράβδους βαθμιδωτής διαμέτρου. Ωστόσο δύναται κατά την σχεδίαση της LPDA να γίνει επιλογή στοιχείων με σχεδόν ομοιόμορφη διάμετρο (*πετυχαίνοντας αντίστοιχη αποδοτική λειτουργία*) εκτός και αν το μηχανολογικό σχέδιο της LPDA επιτάσσει την χρησιμοποίηση ελαφρύτερων εμπρόσθιων στοιχείων με στόχο να μειωθούν οι τάσεις που προκαλούνται από τον άνεμο. Εντούτοις μια τέτοια επιλογή καλό θα είναι να αποφεύγεται, καθόσον τα μεγαλύτερα σε διάμετρο στοιχεία (*αποδίδουν βελτιωμένη απόδοση σε σύγκριση με στοιχεία μικρότερης διαμέτρου*) στο μπροστινό άκρο της κεραίας συχνά εξουδετερώνουν, τουλάχιστον μερικώς, την φυσιολογική μείωση του κέρδους στις υψηλές συχνότητες.

1.3 Τροφοδοσία και Κατασκευή της LPDA

Κατά τον αρχικό σχεδιασμό των LPDA, οι σχεδιαστές χρησιμοποιούσαν μια σχετικά υψηλή χαρακτηριστική αντίσταση για το σύστημα τροφοδοσίας της κεραίας (*antenna feeder ή phase-line*). Με το πέρασμα των χρόνων, συνειδητοποίησαν ότι διαφορετικές τιμές χαρακτηριστικής αντίστασης της phase-line προσφέρουν περισσότερα πλεονεκτήματα τόσο στις μηχανικές ιδιότητες όσο και στην απόδοση μιας LPDA. Συνεπώς, για τον σύγχρονο σχεδιαστή, η επιλογή κατάλληλης phase-line και οι κατασκευαστικές τεχνικές είναι έννοιες σχεδόν άρρηκτα συνδεδεμένες μεταξύ τους.

Συστήματα τροφοδοσίας με υψηλή χαρακτηριστική αντίσταση (περίπου 200 Ω και πάνω), μπορούν να κατασκευαστούν από καλώδιο ίδιο με αυτό που χρησιμοποιείται στις συνηθισμένες γραμμές μεταφοράς παράλληλων αγωγών. Αυτά απαιτούν προσεκτική τοποθέτηση σε σχέση με μία μεταλλική μπάρα (boom) η οποία χρησιμοποιείται για την υποστήριξη των επιμέρους στοιχείων (τα οποία πρέπει να είναι μονωμένα σε σχέση με την μπάρα υποστήριξης). Οι συνδέσεις επίσης απαιτούν ιδιαίτερη φροντίδα. Το σύστημα τροφοδοσίας συστρέφεται μεταξύ κάθε στοιχείου ώστε να επιτευχθεί αλλαγή φάσης ρεύματος 180°, ενώ κατά την κατασκευή της γραμμής θα πρέπει να έχει εξασφαλιστεί μια επαρκή απόσταση ασφαλείας από τις μεταλλικές υποστηρίξεις. Έτσι διασφαλίζεται η διατήρηση μιας σταθερής χαρακτηριστική αντίστασης αποφεύγοντας ταυτοχρόνως ανεπιθύμητα βραχυκυκλώματα.

Μαζί με τις καθιερωμένες γραμμές τροφοδοσίας παράλληλων καλωδίων, όπως φαίνονται στο Σχήμα 1.9A, υπάρχει ένας αριθμός έτερων κατασκευών που χρησιμοποιούν μεταλλικές μπάρες οι οποίες χρησιμεύουν ως φορείς των στοιχείων και ως γραμμές τροφοδοσίας χαμηλής χαρακτηριστικής αντίστασης (κάτω των 200Ω). Το Σχήμα 7.9B δείχνει το βασικό σχέδιο μιας διάταξης με 2 σωληνοειδείς μπάρες κυκλικής διατομής πάνω στις οποίες τοποθετούνται εναλλάξ τα στοιχεία. Το Σχήμα 7.9C δείχνει την χρησιμοποίηση σωλήνωσης τετραγωνικής διατομής, ως γραμμή τροφοδοσίας, με τα στοιχεία να είναι βιδωμένα πάνω σε κάθε σωλήνα με μπουλόνια.



Σχήμα 1.9 : Τέσσερις Πιθανές Κατασκευαστικές Τεχνικές μιας LPDA, όπως φαίνονται από το Τέλος της Διάταξης.

Τέλος, το Σχήμα 1.9D, απεικονίζει την χρησιμοποίηση μιας μπάρας διατομής L η οποία μπορεί να είναι πρακτική στις VHF συχνότητες. Καθένα από αυτά τα σχέδια που αναφέρθηκαν παραπάνω δεν είναι ολοκληρωμένα, διότι έχουν παραληφθεί οι απαραίτητες αναλύσεις τάσεων οι οποίες καθορίζουν την μηχανολογική βιωσιμότητα μιας κατασκευής.

Η χρησιμοποίηση μπάρας τετραγωνικής διατομής απαιτεί ορισμένες ρυθμίσεις όταν υπολογίζεται η χαρακτηριστική αντίσταση της γραμμής τροφοδοσίας (*phase-line*).

Για αγωγούς με κυκλική διατομή ισχύει:

$$Z_0 = 120 \cosh^{-1} \frac{D}{d} \quad \text{Σχέση 1.4}$$

όπου D είναι η απόσταση μεταξύ των κέντρου δύο αγωγών και d είναι η εξωτερική διάμετρος κάθε αγωγού ενώ και τα δυο είναι εκφρασμένα στις ίδιες μονάδες μέτρησης. Εφόσον έχουμε να κάνουμε με αγωγούς τοποθετημένους πολύ κοντά μεταξύ τους σε σχέση με τη διάμετρο τους, συνίσταται, η χρησιμοποίηση αυτής της εκδοχής της εξίσωσης για τον υπολογισμό της χαρακτηριστικής αντίστασης Z_0 .

Για αγωγούς τετραγωνικής διατομής ισχύει :

$$d \approx 1.18 w \quad \text{Σχέση 1.5}$$

Όπου το d είναι η κατά προσέγγιση ισοδύναμη διάμετρος της τετραγωνικής διατομής και w είναι το πλάτος μιας οποιασδήποτε πλευράς. Γι αυτό, για ένα δοσμένο διάστημα μεταξύ των μεταλλικών μπαρών, μια τετραγωνική διατομή επιτρέπει την επίτευξη χαμηλότερης χαρακτηριστικής αντίστασης από ότι μια κυκλική διατομή. Ωστόσο η τετραγωνική διατομή απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή σε θέματα αντοχής σε σύγκριση με ισοδύναμες κυκλικές διατομές.

Ηλεκτρικά, η χαρακτηριστική αντίσταση (Z_0) της γραμμής τροφοδοσίας μιας LPDA τείνει να επηρεάζει άλλες παραμέτρους απόδοσης της διάταξης. Μειώνοντας την Z_0 της γραμμής τροφοδοσίας μειώνεται επίσης η σύνθετη αντίσταση του σημείου τροφοδοσίας της διάταξης. Για μικρές διατάξεις με λίγα στοιχεία, η μείωση αυτή δεν ισοδυναμεί πλήρως με αντίστοιχη μείωση στις μεταβολές της επαγωγικής ή της χωρητικής αντίδρασης. Συνεπώς, χρησιμοποιώντας μια γραμμή τροφοδοσίας

χαμηλής αντίστασης γίνεται περισσότερο δύσκολη η επίτευξη ενός λόγου SWR 2:1 ή και λιγότερο για το σύνολο του φάσματος λειτουργίας. Ωστόσο, γραμμές τροφοδοσίας με υψηλότερη Z_0 μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα μια τιμή αντίστασης στο σημείο τροφοδοσίας η οποία απαιτεί την χρήση ενός μετατροπέα αντίστασης ή αλλιώς “balun”.

Μειώνοντας την Z_0 τείνει να αυξηθεί το κέρδος και ο λόγος F/B της LPDA. Ωστόσο υπάρχει ένα τμήμα που πρέπει να πληρωθεί για την βελτίωση της απόδοσης. Αυτό έχει να κάνει με τις “αδυναμίες” σε συγκεκριμένες περιοχές συχνοτήτων (για τις οποίες αναφερθήκαμε στην παρ. 1.2), και οι οποίες γίνονται ακόμα πιο εμφανείς με την μείωση της Z_0 . Για μία συγκεκριμένη διάταξη, πρέπει να ζυγίσει κανείς προσεκτικά τα κέρδη και τις απώλειες καθώς εφαρμόζει ένα η περισσότερα στελέχη γραμμών μεταφοράς (stubs), ώστε να εξαλείψει τυχόν “αδυναμίες” σε συγκεκριμένες συχνότητες.

Ανάλογα με τις συγκεκριμένες τιμές του τ και σ που έχουν επιλεγεί στην σχεδιαζόμενη διάταξη, μπορούμε μερικές φορές να επιλέξουμε μια Z_0 η οποία παρέχει είτε μια αντίσταση σημείου τροφοδοσίας των 50 Ω είτε των 75 Ω , κρατώντας των λόγο SWR κάτω από 2:1 για ολόκληρο το εύρος συχνοτήτων λειτουργίας της LPDA. Όσο πιο ψηλές οι τιμές για το τ και σ , τόσο χαμηλότερες είναι οι διακυμάνσεις της αντίστασης και της αντίδρασης γύρω από μια κεντρική τιμή. Διατάξεις οι οποίες χρησιμοποιούν βέλτιστες τιμές για το σ μαζί με υψηλές τιμές και για το τ επιδεικνύουν μια ελαφριά χωρητική αντίδραση σε όλο το εύρος λειτουργίας.

Στην περιοχή των υψηλών συχνοτήτων του εύρους λειτουργίας, η τιμή της αντίστασης μειώνεται γρηγορότερα από οποιαδήποτε άλλη περιοχή εντός του σχεδιαζόμενου εύρους. Σε μεγαλύτερες διατάξεις, αυτό μπορεί να ξεπεραστεί χρησιμοποιώντας μια τροφοδοτική γραμμή μεταβλητής Z_0 στο πρώτο 20% του μήκους της διάταξης. Αυτή η τεχνική είναι ωστόσο δύσκολο να εφαρμοστεί και προτιμάται μόνο σε γραμμές υλοποιημένες με καλωδίωση.

Ο σχεδιασμός μιας LPDA απαιτεί τόσο πολύ προσοχή στον σχεδιασμό της τροφοδοτικής γραμμής όσο και στον σχεδιασμό κάθε στοιχείου ξεχωριστά. Είναι πάντα χρήσιμο να υλοποιούμε αρκετά μοντέλα των προτεινόμενων σχεδίων, τρέχοντας αρκετές επαναλήψεις όλων των πιθανών τιμών της Z_0 , προτού καταλήξουμε στην κατασκευή μιας συγκεκριμένης διάταξης.

1.4 Σχεδιασμός μιας LPDA

Στην Παράγραφο αυτή, θα παρουσιαστεί βήμα προς βήμα, μια συστηματική διαδικασία σχεδιασμού της LPDA. Η διαδικασία αυτή εφαρμόζεται στο επιθυμητό εύρος λειτουργίας της διάταξης, ενώ δύναται να επεκταθεί και να εφαρμοστεί και σε υβριδικές διατάξεις LPDA όπως θα δούμε στα επόμενα Κεφάλαια.

Βήμα 1 : Αρχικά επιλέγεται ένα εύρος συχνοτήτων λειτουργίας B μεταξύ της f_1 , χαμηλότερης συχνότητας και f_n , υψηλότερης συχνότητας, οπότε :

$$B = \frac{f_n}{f_1} \quad \text{Σχέση 1.6}$$

Βήμα 2 : Επιλέγονται οι επιθυμητές λογαριθμοπεριοδικές παράμετροι τ και σ , ώστε να επιτύχουμε την επιθυμητή εκτιμώμενη μέση τιμή κέρδους

$$0.8 \leq \tau \leq 0.98 \quad \text{και} \quad 0.03 \leq \sigma \leq \sigma_{\text{opt}} \quad \text{Σχέση 1.7}$$

Όπου σ_{opt} υπολογίζεται με τον τρόπο που επισημάνθηκε νωρίτερα (Σχέση 1.3) .

Βήμα 3 : Καθορίζουμε την τιμή της συνεφαπτομένης της γωνίας α :

$$\cot \alpha = \frac{4\sigma}{1-\tau} \quad \text{Σχέση 1.8}$$

Παρόλο που η γωνία α δεν χρησιμοποιείται άμεσα στους υπολογισμούς, η συνεφαπτομένη της γωνίας α χρησιμοποιείται εκτενώς.

Βήμα 4 : Υπολογίζεται το εύρος ζώνης της ενεργής περιοχής B_{ar} :

$$B_{\text{ar}} = 1,1 + 7,7 (1 - \tau)^2 \cot \alpha \quad \text{Σχέση 1.9}$$

Βήμα 5 : Καθορίζουμε το εύρος ζώνης λειτουργίας B_S της κατασκευής :

$$B_S = B * B_{\text{ar}} \quad \text{Σχέση 1.10}$$

Βήμα 6 : Υπολογίζουμε το μήκος της μπίγκας L (Boomlength), τον αριθμό των στοιχείων N και το μεγαλύτερο σε μήκος στοιχείο l_1 :

$$L_n = \left(1 - \frac{1}{B_S}\right) \cot \alpha * \frac{\lambda_{\text{max}}}{4} \quad \text{Σχέση 1.11}$$

$$\lambda_{\max} = \frac{984}{f_1} \quad \text{Σχέση 1.12}$$

$$N = 1 + \frac{\log_{10} B}{\log_{10} \frac{1}{\tau}} = 1 + \frac{\ln B_s}{\ln \frac{1}{\tau}} \quad \text{Σχέση 1.13}$$

$$l_{1ft} = \frac{492}{f_1} \quad \text{Σχέση 1.14}$$

Παρατήρηση : Συνήθως η υπολογισμένη τιμή του N δεν θα είναι ένας ακέραιος αριθμός στοιχείων. Εάν το δεκαδικό μέρος της τιμής είναι πάνω από 0.3, θα πρέπει να αυξήσουμε την τιμή του N στον αμέσως επόμενο ακέραιο. Αυξάνοντας την τιμή του N αυξάνεται επίσης και η πραγματική τιμή του L πάνω από αυτή που αποκτήθηκε από την αλληλουχία των υπολογισμών που έχουμε παρουσιάσει.

Εν συνεχεία, οφείλουμε να εξετάσουμε το L, N και l_1 για να εξακριβώσουμε εάν το μέγεθος της διάταξης είναι αποδεκτό για τις ανάγκες μας ή όχι. Εάν η διάταξη είναι πολύ μεγάλη, αρχικά εξετάζεται η δυνατότητα να αυξηθεί η f_1 αλλιώς μειώνουμε την τιμή του σ ή του τ και επαναλαμβάνουμε τα βήμα 2 μέχρι 6. Ουσιαστικά, αυξάνοντας την f_1 θα μειωθούν όλες οι διαστάσεις. Μειώνοντας το σ θα μειωθεί το Boomlength. Μειώνοντας το τ θα επιτύχουμε ταυτόχρονη μείωση του Boomlength και του αριθμού των στοιχείων.

Βήμα 7 : Καθορίζουμε το μήκος του τερματικού στελέχους (stub) Z_t για VHF και UHF διατάξεις :

$$Z_t = \frac{\lambda_{\max}}{8} \quad \text{Σχέση 1.15}$$

Βήμα 8 : Προσδιορίζουμε τα εναπομείναντα μήκη των στοιχείων:

$$l_n = \tau l_{n-1} \quad \text{Σχέση 1.16}$$

Βήμα 9 : Καθορίζουμε την απόσταση d_{1-2} :

$$d_{1-2} = \frac{(l_1 - l_2) \cdot \cot a}{2} \quad \text{Σχέση 1.17}$$

όπου l_1 και l_2 είναι τα μήκη των δύο πιο μακρύτερων στοιχείων (τα δύο τελευταία της διάταξης), και d_{1-2} είναι η μεταξύ τους απόσταση. Εν συνεχεία, προσδιορίζουμε τα εναπομείναντα διαστήματα μεταξύ των στοιχείων

$$d_{(n-1)-n} = \tau * d_{(n-2)-(n-1)} \quad \text{Σχέση 1.18}$$

Βήμα 10 : Επιλέγουμε την R_0 , δηλαδή την επιθυμητή αντίσταση του σημείου τροφοδοσίας, ώστε να επιτευχθεί η καλύτερη δυνατή προσαρμογή με την γραμμή μεταφοράς άρα και χαμηλότερος λόγος SWR, με την χρήση εάν απαιτηθεί κατάλληλου προσαρμογέα αντίστασης (balun). Η μέση αντίσταση ακτινοβολίας της σύνθετης αντίστασης εισόδου της LPDA, προσεγγίζεται από :

$$R_0 = \frac{Z_0}{\sqrt{1 + \frac{Z_0}{4\sigma'Z_{av}}}} \quad \text{Σχέση 1.19}$$

Από τις ακόλουθες εξισώσεις, καθορίζεται η απαραίτητη χαρακτηριστική αντίσταση Z_0 της γραμμής τροφοδοσίας (antenna feeder ή phase-line) :

$$Z_0 = \frac{R_0^2}{8\sigma'Z_{av}} + R_0 \sqrt{\left(\frac{R_0}{8\sigma'Z_{av}}\right)^2 + 1} \quad \text{Σχέση 1.20}$$

Όπου σ' είναι η μέση σταθερά χώρου και δίνεται από :

$$\sigma' = \frac{\sigma}{\sqrt{\tau}} \quad \text{Σχέση 1.21}$$

ενώ Z_{av} είναι η μέση αντίσταση ενός διπόλου και δίνεται από :

$$Z_{av} = 120 \left[\ln\left(\frac{l_n}{\text{diam}_n}\right) - 2.25 \right] \quad \text{Σχέση 1.22}$$

Με τον λόγο $\frac{l_n}{\text{diam}_n}$ είναι ο λόγος μήκους προς διάμετρο του στοιχείου n .

Βήμα 11 : Μόλις το Z_0 έχει καθοριστεί, επόμενο βήμα είναι ο καθορισμός των διαστάσεων των μπαρών που θα χρησιμοποιηθούν ως γραμμή τροφοδοσίας της κεραίας και ως φορέας υποστήριξης των στοιχείων. Δηλαδή πρέπει να καθοριστεί η διάμετρος τους d και η μεταξύ τους απόσταση (Σχέση 1.4)

Εάν η απόσταση D που θα προκύψει είναι πρακτικά μη εφαρμόσιμη, επιλέγουμε μια διαφορετική διάμετρο για τις αγώγιμες μπάρες και επαναλαμβάνουμε το Βήμα 11. Σε σοβαρές περιπτώσεις μπορεί να είναι απαραίτητο να επιλέξουμε μια διαφορετική τιμή R_0 επαναλαμβάνοντας τα βήματα 10 και 11. Μόλις βρεθεί η γραμμή τροφοδοσίας με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά και διαστάσεις, το σχέδιο της LPDA έχει ολοκληρωθεί.

2. Μονοπολική Λογαριθμική - Περιοδική Κεραία [Log Periodic Monopole Array – (LPMA)]

Ένας από τους κυριότερους παράγοντες που εξετάζεται λεπτομερώς κατά την σχεδίαση και κατασκευή κεραιών, αποτελεί το φυσικό μέγεθος και κατ' επέκταση το βάρος της προς υλοποίηση διάταξης. Συνεπώς, καλούμαστε να σχεδιάσουμε μια κεραία η οποία να συγκεντρώνει τα πλεονεκτήματα μιας πιο συμπαγούς διάταξης (*μικρότερο βάρος, λιγότερες ανάγκες υλικών για τα στοιχεία εκπομπής καθώς και λοιπών κατασκευών υποστήριξης και συγκράτησης - περιορισμός του κόστους*) χωρίς αυτό να οδηγήσει σε ελάττωση της επιθυμητής απόδοσης ή/και μεταβολή του προβλεπόμενου εύρους ζώνης λειτουργίας.

Το παραπάνω, μπορεί εύκολα να γίνει αντιληπτό στην περίπτωση μας, αρκεί να αναλογιστούμε το εξής : Το πρόβλημα του φυσικού μεγέθους μιας λογαριθμικής-περιοδικής κεραίας, εντοπίζεται κυρίως στο μήκος των διπόλων που απαιτούνται για την εκπομπή στην περιοχή των χαμηλών συχνοτήτων. Ως γνωστό το μήκος του μεγαλύτερου διπόλου ισούται με το μισό του μήκους κύματος της χαμηλότερης συχνότητας. Επομένως στην διάταξη μας, όπου το επιθυμητό εύρος ζώνης ορίζεται από 30 έως τα 600 MHz, η συχνότητα των 30 MHz είναι αυτή που θα μας καθορίσει και την μεγαλύτερη διάσταση της κεραίας (*λίγο περισσότερο από 5 m*), με τα λοιπά δίπολα να ελαττώνονται κατά ένα σταθερό παράγοντα όπως έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 1.

Η ηλεκτρομαγνητική θεωρία και πιο συγκεκριμένα η μέθοδος των ειδώλων μας επιτρέπει, να περιορίσουμε σχεδόν στο μισό την φυσική διάσταση των προς υλοποίηση κεραιών, όπως θα περιγραφεί στις Παραγράφους 2.1 και 2.2. Συνεπώς, είναι δυνατό η LPDA να αντικατασταθεί από μια LPMA, τοποθετώντας απλώς μονόπολα αντί για δίπολα πάνω από μια αγωγίμη επιφάνεια. Ως εκ τούτου, η μέγιστη διάσταση υποδιπλασιάζεται, καθιστώντας την διαδικασία τοποθέτησης και χειρισμού της εκάστοτε κεραίας πιο εύκολη.

Γενικά, όπως και στα περισσότερα συστήματα ισχύει, θα πρέπει κανείς να προχωρήσει σε ένα συμβιβασμό ανάμεσα στην εξοικονόμηση χώρου – υλικών και

στην απόδοση του συστήματος. Δεν θα πρέπει να αμελούμε ότι, η μεταλλική επιφάνεια του επιπέδου γείωσης, που “παίζει” το ρόλο του αγωγίμου επιπέδου, είναι ένα ενεργό κομμάτι του συστήματος ακτινοβολίας και ως επί το πλείστον επηρεάζει την συνολικά εκπεμπόμενη ακτινοβολία.

Επιπρόσθετα, απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά την τροφοδότηση, λόγω της δυσκολίας επίτευξης της επιθυμητής προσαρμογής (για την τροφοδοσία μιας LPDA χρησιμοποιείται μια διασταυρωμένη γραμμή μεταφοράς, όμως δεδομένου ότι η αντίσταση εισόδου του μονοπόλου είναι η μισή του αντίστοιχου διπόλου η ανάγκη να διατηρήσουμε τα επιθυμητά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά σε μια LPMA μας οδηγεί στο να υιοθετήσουμε πιο περίπλοκες διατάξεις όπως αυτές περιγράφονται στις παραγράφους 2.3.1 και 2.3.2). Τέλος, η LPMA υποστηρίζει μόνο την κάθετη πόλωση σε αντίθεση με την LPDA που υποστηρίζει και την οριζόντια. Αν η μεταλλική επιφάνεια τοποθετηθεί κάθετα ως προς το επίπεδο της γης, θα υποστηρίζεται η οριζόντια πόλωση.

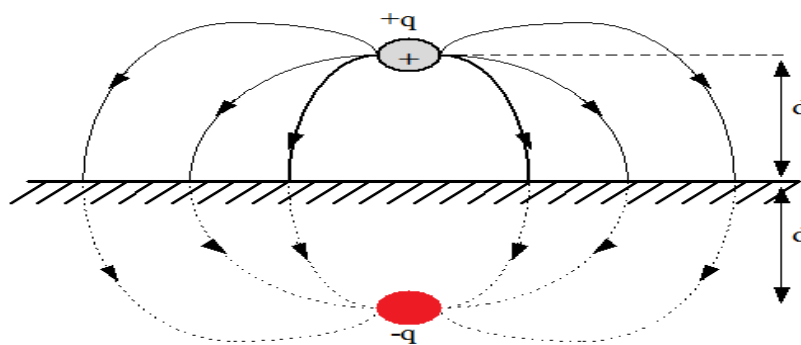
2.1 Γραμμικές Κεραίες Υπεράνω Αγωγίμων Επιπέδων.

Η παρουσία σκεδαστών στο περιβάλλον μιας κεραίας, ειδικά αν είναι κοντά στο στοιχείο ακτινοβολίας, μεταβάλλει σημαντικά τις ιδιότητες ακτινοβολίας της, κυρίως λόγω της ανάκλασης των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων επί των εμποδίων.

Για την μελέτη της συμπεριφοράς μιας κεραίας που είναι κοντά σε ένα αγωγίμο επίπεδο απείρων διαστάσεων, εισάγονται εικονικές πηγές (είδωλα) για τον συνυπολογισμό των ανακλάσεων. Συνεπώς ο υπολογισμός του ηλεκτροστατικού πεδίου που δημιουργείται από την διάταξη μπορεί να γίνει με αντικατάσταση του αγωγίμου επιπέδου από το είδωλο της πηγής (κατάλληλη επιλογή πηγής).

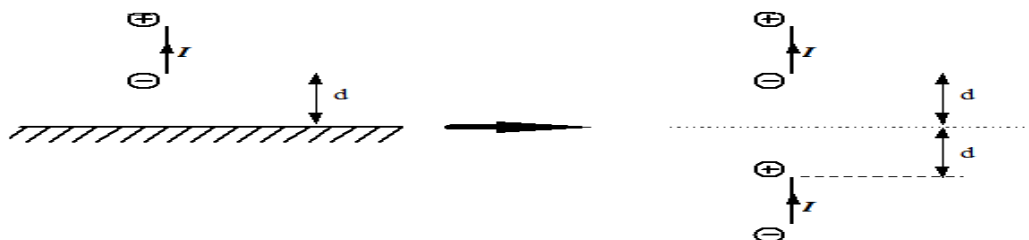
Όμως, το ισοδύναμο αυτό σύστημα (συνδυασμός πραγματικών και κατάλληλα τοποθετημένων φανταστικών πηγών) δίνει το ίδιο πεδίο ακτινοβολίας στη περιοχή πάνω από την θέση του αγωγίμου επιπέδου. Αν και στο χώρο κάτω από τον αγωγό το ισοδύναμο σύστημα δεν δίνει το σωστό πεδίο, το γεγονός ότι στην περιοχή αυτή το πεδίο κανονικά είναι μηδέν καθιστά μη αναγκαία την ύπαρξη ενός ισοδυνάμου.

Για παράδειγμα, ας θεωρήσουμε ένα σημειακό ηλεκτρικό φορτίο q που βρίσκεται σε απόσταση d πάνω από ένα αγώγιμο επίπεδο, όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.1. Η τοποθέτηση κατάλληλου ειδώλου (αντίθετο φορτίο και σε απόσταση d συμμετρικά ως προς το αγώγιμο πεδίο) δημιουργεί ένα ισοδύναμο σύστημα με το αρχικό πρόβλημα και μόνο για το χώρο ενδιαφέροντος (πάνω από το αγώγιμο επίπεδο).



Σχήμα 2.1 : Είδωλο Ηλεκτρικού Φορτίου ως προς Αγώγιμο Επίπεδο.

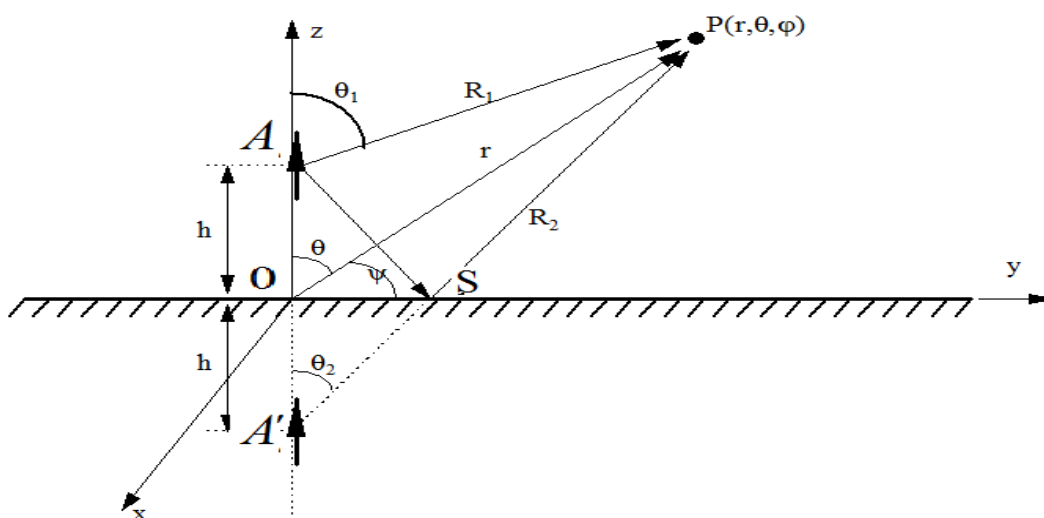
Αντίστοιχα, ας θεωρήσουμε ένα κατακόρυφο ηλεκτρικό δίπολο σε απόσταση d πάνω από ένα τέλειο και επίπεδο αγώγιμο απείρων διαστάσεων, όπου το βέλος δείχνει την πολικότητα της πηγής ή την φορά του ηλεκτρικού ρεύματος. Στο Σχήμα 2.2, όπως και πριν, το αγώγιμο επίπεδο μπορεί να αντικατασταθεί από το είδωλο του στοιχειώδους ηλεκτρικού διπόλου συμμετρικά τοποθετημένου ως προς το αγώγιμο επίπεδο με ρεύμα της ίδιας φοράς (κατάλληλη επιλογή θέσης ειδώλου και φοράς ρεύματος ώστε να επιτυγχάνεται ο μηδενισμός του εφαπτομενικού ηλεκτρικού πεδίου).



Σχήμα 2.2 : Κατακόρυφο Ηλεκτρικό Δίπολο Υπεράνω Αγώγιμου Επίπεδου και το Είδωλο του.

2.2 Κατακόρυφη Κεραία Υπεράνω Αγωγίμου Επιπέδου.

Θεωρούμε ότι μια κατακόρυφη γραμμική κεραία τοποθετείται σε απόσταση h άνω από ένα αγωγίμο επίπεδο (επίπεδο xy), όπου το βέλος δείχνει την πολικότητα της πηγής [κέντρο κεραίας στην θέση $(0,0,h)$], όπως Σχήμα 2.3. Η ενέργεια από την πραγματική πηγή ακτινοβολείται σε όλες τις διευθύνσεις, όπως αυτό καθορίζεται από τις ιδιότητες του απεριόριστου χώρου. Στο σημείο παρατήρησης P , όπου μας ενδιαφέρει ο υπολογισμός του ηλεκτρικού πεδίου, καταφθάνει ένα κύμα απευθείας από την κεραία. Επιπλέον ένα κύμα από την πραγματική πηγή ακτινοβολείται προς το σημείο S της διαχωριστικής διεπιφάνειας και υφίσταται ανάκλαση. Το ανακλώμενο κύμα φτάνει και αυτό στο σημείο παρατήρησης P .



Σχήμα 2.3 : Κατακόρυφη Γραμμική Κεραία Πάνω από Αγωγίμο Επίπεδο.

Σύμφωνα με το νόμο της ανάκλασης, η γωνίες ASO και PSy είναι ίσες. Αν προεκτείνουμε την διαδρομή του ανακλώμενου κύματος κάτω από την διεπιφάνεια, φαίνεται σαν να προέρχεται από μια φανταστική πηγή - κεραία (όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 2.1 το ρεύμα της φανταστικής πηγής είναι της ίδιας φοράς με αυτό της πραγματικής) σε απόσταση h κάτω από την επιφάνεια αυτή.

Κάτι ανάλογο αποδεικνύεται και για τους λοιπούς συνδυασμούς σημείο παρατήρησης – σημείο πάνω στην διεπιφάνεια. Δεδομένου ότι έχουμε θεωρήσει ότι κάτω από την διεπιφάνεια υπάρχει ένας τέλειος αγωγός, το προσπίπτον κύμα, στο σημείο S για το σημείο παρατήρησης P, ανακλάται ολικά και το πεδίο κάτω από την επιφάνεια είναι μηδέν (οι εφαπτομενικές συνιστώσες του ηλεκτρικού πεδίου μηδενίζονται σε όλα τα σημεία της διεπιφάνειας).

Δεδομένης της ανεξαρτησίας ως προς την αζιμουθιακή συνιστώσα της ακτινοβολίας της γραμμικής κεραίας, στην μακρινή περιοχή ($R > 2 * \frac{D^2}{\lambda}$) το ηλεκτρικό πεδίο στο σημείο παρατήρησης προκύπτει από την υπέρθεση του απευθείας E_1 και του ανακλώμενου E_2 κύματος, δηλαδή :

$$E_{ολ}(\theta) = E_1(\theta_1) + E_2(\theta_2) \quad \text{Σχέση 2.1, όπου :}$$

$$E_1(\theta_1) = \frac{2jnI_0}{4\pi R_1} \frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta_1}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta_1} \frac{e^{-jk_0 R_1}}{4\pi R_1} \quad \text{Σχέση 2.1.α και}$$

$$E_2(\theta_2) = R_{II} 2jn \frac{I_0}{4\pi R_2} \frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta_2}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta_2} \frac{e^{-jk_0 R_2}}{4\pi R_2} \quad \text{Σχέση 2.1.β, όπου } R_{II} = 1$$

Επειδή το σημείο P βρίσκεται στο μακρινό πεδίο των ακτινοβολητών μπορούμε να κάνουμε κάποιες προσεγγίσεις για τις αποστάσεις R_1 , R_2 και τις γωνίες θ_1 , θ_2 :

$$\frac{1}{4\pi R_1} \approx \frac{1}{4\pi R_2} \approx \frac{1}{4\pi r} \quad \text{Σχέση 2.3.α}$$

$$\frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta_1}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta_1} \approx \frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta_2}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta_2} \approx \frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta} \quad \text{Σχέση 2.3.β}$$

$$e^{-jk_0 R_1} \approx e^{-jk_0 r} e^{jk_0 h \cos\theta} \quad \text{Σχέση 2.3.γ}$$

$$e^{-jk_0 R_2} \approx e^{-jk_0 r} e^{-jk_0 h \cos\theta} \quad \text{Σχέση 2.3.δ,}$$

Οπότε η Σχέση 2.1 γράφεται :

$$E_{ολ}(\theta) = \frac{2jnI_0}{4\pi r} \frac{\cos\left(\frac{k_0 L \cos\theta}{2}\right) - \cos\left(\frac{k_0 L}{2}\right)}{\sin\theta} \frac{e^{-jk_0 r}}{4\pi r} * S(\theta) \quad \text{Σχέση 2.3}$$

Όπου $S(\theta) = 2\cos(k_0 h \cos\theta)$ ο πολλαπλασιαστικός παράγοντας που οφείλεται στην επίδραση του αγώγιμου επιπέδου στο διάγραμμα ακτινοβολίας.

Παρατήρηση : Η προσέγγιση για της αποστάσεις R_1, R_2 ισχύει μόνο σε ότι αφορά τον παρανομαστή των παραπάνω σχέσεων. Επειδή μια ελάχιστη μεταβολή της απόστασης έχει ως συνέπεια μια σημαντική διαφορά φάσης στις Σχέσεις 2.3.γ και 2.3.δ δεν ισχύει ότι $R_1 = R_2 = r$.

2.3 Μονοπολική Λογαριθμική-Περιοδική Κεραία Υπεράνω Αγώγιμου Επίπεδου.

Κατά την επιλογή του τρόπου σχεδίασης και κατασκευής μιας λογαριθμικής-περιοδικής κεραίας, η οποία με το πέρας της υλοποίησης της θα δύναται να τοποθετηθεί επί οχήματος, είναι προφανές, για τους λόγους που περιγράφηκαν στην αρχή του παρόντος Κεφαλαίου, ότι η βέλτιστη λύση θα ήταν η επιλογή μιας μονοπολικής διάταξης. Όπως παρουσιάστηκε στις προηγούμενες δύο παραγράφους, εκμεταλλευόμενοι την θεωρία των ειδώλων, το διάγραμμα ακτινοβολίας μιας μονοπολικής διάταξης, πάνω από το αγώγιμο επίπεδο, είναι ίδιο με το αντίστοιχο της διπολικής. Επιπρόσθετα, η κατευθυντικότητα μιας μονοπολικής κεραίας είναι διπλάσια της αντίστοιχης διπολικής, διπλάσιου μήκους, δεδομένου ότι δεν εκπέμπεται ακτινοβολία κάτω από το επίπεδο γείωσης.

Τέλος, επισημαίνεται ότι, η σύνθετη αντίσταση εισόδου της μονοπολικής διάταξης, ισούται με την μισή της αντίστοιχης διπολικής. Αυτό γίνεται εύκολα κατανοητό, αν αναλογιστούμε ότι απαιτείται η μισή τάση προκειμένου μια μονοπολική

διάταξη να αποκτήσει την ίδια ένταση ρεύματος με την αντίστοιχη διπολική (αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι στο δίπολο εφαρμόζονται στα δύο του άκρα οι τάσεις $+V/2$ και $-V/2$ αντίστοιχα, ενώ στο μονόπολο εφαρμόζεται μια διαφορά δυναμικού $+V/2$ στο ένα του άκρο ως προς το επίπεδο γείωσης όπου συγκρατείται το άλλο του άκρο). Επομένως, $Z_{im}(\text{μονοπόλου})=0.5Z_{im}(\text{δίπολου})$.

Το γεγονός αυτό διαφοροποιεί αρκετά τη μονοπολική από τη διπολική διάταξη, καθόσον απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, κατά την τροφοδότηση, λόγω της δυσκολίας επίτευξης της επιθυμητής προσαρμογής. Όπως έχουμε αναφέρει, για την τροφοδοσία μιας LPDA χρησιμοποιείται μια διασταυρωμένη γραμμή μεταφοράς, κάτι το οποίο δεν ισχύει για την περίπτωση της LPMA. Συναφώς καλούμαστε να δοκιμάσουμε εναλλακτικούς τρόπου τροφοδοσίας.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, αναζητήσαμε την εύρεση του βέλτιστου δυνατού τρόπου σχεδίασης μιας μονοπολικής κεραίας, που θα ικανοποιούσε πιο αποτελεσματικά την απαίτηση μας να λειτουργεί αποδοτικά σε όλο το φάσμα του επιθυμητού εύρου ζώνης (30-600 MHz). Για να το πετύχουμε αυτό, εξετάσαμε κατά κύριο λόγο, τις διατάξεις που περιγράφονται στις επόμενες παραγράφους του Κεφαλαίου αυτού.

2.3.1 Λογαριθμική - Περιοδική Διάταξη Μονοπολικής Κεραίας Παράλληλης Τροφοδότησης (Shunt-Fed Log-Periodic Monopole Array Antenna).

2.3.1.1 Γενική Περιγραφή Διάταξης

Η διάταξη αυτή συνίσταται από ένα αριθμό μονοπόλων, μεταβλητής διατομής, τα οποία έχουν τοποθετηθεί πάνω σε μια αγώγιμη πλάκα αλουμινίου. Η κατά πλάτος διάσταση της είναι διπλάσια του μεγαλύτερου από τα μήκη των ενεργών στοιχείων που την απαρτίζουν. Κατά μήκος, η διάσταση της είναι ανάλογη των στοιχείων που θα απαιτηθεί να τοποθετηθούν, ώστε να εξασφαλιστεί η αποδοτική λειτουργία της διάταξης στο επιθυμητό εύρος ζώνης.

Τα μονόπολα είναι μεταβλητού μήκους, όπως και οι μεταξύ γειτονικών μονοπόλων αποστάσεις, ενώ ο υπολογισμός αυτών των στοιχείων γίνεται σύμφωνα με μια σταθερή ποσότητα αναλογίας. Το διάγραμμα ακτινοβολίας της υπόψη διάταξης, θεωρητικά, αναμένεται να είναι ανεξάρτητο από την συχνότητα λειτουργίας, μέσα στο επιθυμητό εύρος συχνοτήτων, ενώ η σύνθετη αντίσταση εισόδου αναμένεται να παίρνει διαφορετικές τιμές ανάλογα με την τιμή της.

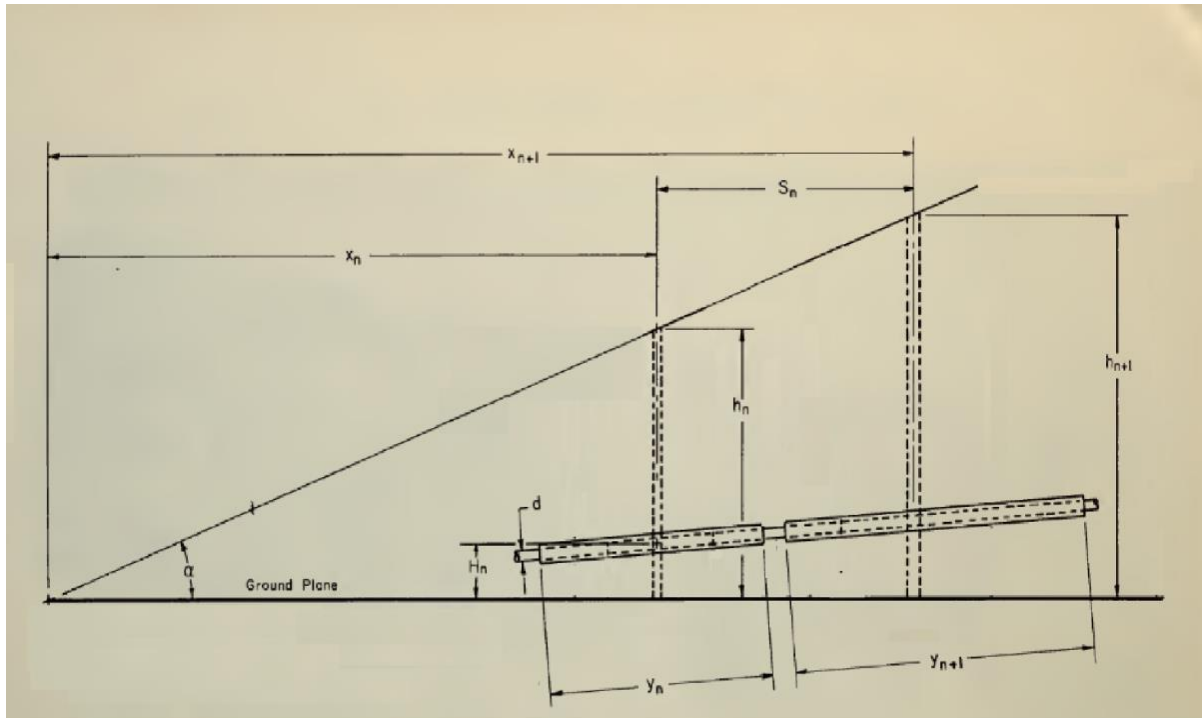
Δεδομένου του φάσματος λειτουργίας, δύναται να οριστούν τα μήκη του υψηλότερου μονοπόλου, το οποίο τοποθετείται στο πίσω μέρος της διάταξης και ως επί των πλείστων στο πιο απομακρυσμένο σημείο ως προς την τροφοδοσία, καθώς και του κοντύτερου στοιχείου, το οποίο τοποθετείται πλησίον αυτής.

Πιο συγκεκριμένα το ύψος του πρώτου - κοντύτερου στοιχείου της διάταξης αντιστοιχεί, σε μήκος ίσο με τα $3/16$ του μήκους κύματος της υψηλότερης επιθυμητής συχνότητας λειτουργίας, ενώ το αντίστοιχο ύψος του υψηλότερου στοιχείου, ορίζεται στο $1/4$ του αντίστοιχου μήκους κύματος της χαμηλότερης συχνότητας του φάσματος λειτουργίας.

Το διάγραμμα ακτινοβολίας αναμένεται να αποτελείται από ένα κύριο λοβό, ενώ η διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας παρουσιάζεται κατά μήκος της γραμμής τροφοδοσίας των μονοπόλων και με κατεύθυνση προς το κοντύτερο στοιχείο.

Το άνοιγμα μισής ισχύος Δ_{3db} , δηλαδή η γωνία που σχηματίζουν οι διευθύνσεις εκατέρωθεν της διεύθυνσης μέγιστου όπου η ένταση ακτινοβολίας είναι η μισή της μέγιστης τιμής, εξαρτάται από τον αριθμό των ενεργών μονοπόλων καθώς και από τις λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους (τ , σ , α) που περιγράφηκαν στο Κεφάλαιο 1

Στο Σχήμα 2.4 που ακολουθεί, εμφανίζεται η γεωμετρία μιας LPMA που αποτελείται από δύο στοιχεία. Παράλληλα, και για λόγους πληρότητας, παρουσιάζονται οι σχέσεις που δίνουν τις λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους καθώς και η σχέση που συνδέει τις χωρητικότητες σύζευξης.



Σχήμα 2.4 : Γεωμετρία της LPMA (*Shunt- Fed*) που Απαρτίζεται από Δύο Στοιχεία.

Όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.4, η γωνία α (*εικονική κορυφή*) είναι η γωνία που σχηματίζει το επίπεδο γείωσης με την προέκταση της νοητής γραμμής που ενώνει τα κέντρα των κορυφών των μονοπόλων και δίνεται από την σχέση $\alpha = \arctan(h_n/x_n)$. Ως γνωστό οι σταθερές αναλογίας μείωσης των μονοπόλων καθώς και του διαστήματος της μεταξύ των μονοπόλων απόστασης, δίνεται από τους τύπους : $\tau = x_n/x_{n+1} = h_n/h_{n+1} = H_n/H_{n+1}$ και $\sigma = S_n/(4h_{n+1}) = 0,25(1-\tau)\cot\alpha$ αντίστοιχα. Τέλος, εισάγεται μια νέα παράμετρος η τ' , απόρροια πειραματικών αποτελεσμάτων, η οποία χρησιμοποιείται για το καθορισμό του μήκους των πυκνωτών σύζευξης ώστε να επιτευχθεί η βέλτιστη δυνατή προσαρμογή ισχύος. Πειραματικά αποδεικνύεται ότι θα πρέπει το $\tau' \geq \tau$, όπου $\tau' = Y_n/Y_{n+1}$.

Η τροφοδοσία των μονοπόλων πραγματοποιείται μέσω μιας ράβδου τροφοδοσίας (*ομοαξονικό καλώδιο*) η οποία και προσκολλάται πάνω στα μονόπολα σε προκαθορισμένο σημείο (H_n, H_{n+1} στο Σχήμα 2.4) σύμφωνα με ένα σταθερό ποσοστό του συνολικού ύψους αυτών ($H_n = 0.1h_n$).

Εν συνεχεία, η ράβδος τροφοδοσίας συνδέεται στο ένα άκρο της με τον κεντρικό αγωγό μιας ομοαξονικής γραμμής τροφοδοσίας (*το άλλο άκρο της οποίας θα*

συνδεθεί στον αναλυτή φάσματος προκειμένου να μετρηθεί η σύνθετη αντίσταση εισόδου της διάταξης) και σε σημείο ακριβώς μπροστά από το πρώτο μονόπολο αλλά και της χωρητικότητας που αυτό δημιουργεί με την ράβδο τροφοδοσίας. Το έτερο άκρο της ράβδου τροφοδοσίας παραμένει ανοιχτοκυκλωμένο στο πέρας της διάταξης και όπισθεν του υψηλότερου στοιχείου αυτής, όπως Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 : Σύνδεση Ράβδου Τροφοδοσίας με Ομοαξονική Γραμμή Τροφοδοσίας - Ανοιχτοκυκλωμένο Άκρο Ράβδου Τροφοδοσίας.

Ο εξωτερικός αγωγός της ομοαξονικής γραμμής τροφοδοσίας, προσκολλάται πάνω στην αγώγιμη πλάκα αλουμινίου που αποτελεί και το επίπεδο γείωσης. Τέλος, η ομοαξονική γραμμή τροφοδοσίας έρχεται από κάτω και κάθετα ως προς το επίπεδο αναφοράς.

2.3.1.2 Σχεδίαση και Κατασκευή Shunt-Fed LPMA (Πειραματική Διαδικασία).

Αντικειμενικός σκοπός αυτής της εργασίας, είναι η κατασκευή μιας όσο το δυνατόν πιο συμπαγής – ελαφριάς κατασκευής, η οποία θα εξασφαλίζει την καλή λειτουργία της διάταξης στο επιθυμητό εύρο ζώνης (30 - 600 MHz). Ταυτόχρονα, θα πρέπει να ικανοποιούνται οι περιορισμοί που τίθενται αναφορικά με την διατήρηση

του συνολικού μήκους της κατασκευής (*Boomlength*) εντός ενός προβλεπόμενου επιπέδου (σχεδόν 4,3 m ώστε να είναι δυνατή η τοποθέτηση της πάνω σε ένα συμβατό όχημα κατάλληλων διαστάσεων) επιτυγχάνοντας ταυτόχρονα, τον περιορισμό των αναγκαίων ενεργών στοιχείων που απαιτούνται για την επίτευξη του επιθυμητού κέρδους.

Όπως εύκολα μπορεί να γίνει αντιληπτό, το κάτω όριο του εύρους ζώνης (30 MHz) απαιτεί ένα μονόπολο με φυσικό μήκος $l=\lambda/4$, όπου $\lambda=c/f=10m$. Συνεπώς το υψηλότερο στοιχείο θα είναι μήκους 2,5 m, κάτι το οποίο καθιστά την προσπάθεια κατασκευής της υπόψη κεραίας, αρκετά επίπονη και οικονομικά ασύμφορη. Οπότε, προκειμένου να εξετάσουμε την αξιοπιστία της υπόψη διάταξης στο εργαστηριακό περιβάλλον, θα προβούμε στην προσομοίωση της με το υπό κλίμακα 1:10 αντίστοιχο ανάλογο. Αυτό συνεπάγεται ότι οι προς εξέταση συχνότητες θα δεκαπλασιαστούν, καθορίζοντας το νέο εύρος ζώνης στα όρια από 300 MHz – 6 GHz.

Γνωρίζοντας την διάσταση του μεγαλύτερου στοιχείο (σχεδόν 2,5m) του μικρότερου ($l_{min}=3\lambda_{max}/16=9.3\text{ cm}$) καθώς και το αποδεκτό συνολικό μήκος της διάταξης (σχεδόν 4,3m), όπως φαίνεται και στο Σχήμα 2.4, μπορούμε να ορίσουμε την πρώτη, από της λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους, που είναι η εικονική κορυφή α και η οποία ισούται με :

$$\alpha = \arctan \left(\frac{2.5}{4.3 + 0.093 \cdot \frac{4.3}{2.5 - 0.093}} \right) \approx 30^\circ .$$

Δεδομένου του α και για τιμή του $\tau=0,9$ προκύπτουν οι κάτωθι Πίνακες 2.1, 2.2 που περιέχουν τις λοιπές λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους (σύμφωνα με τις Σχέσεις 1.6 - 1.22 του Κεφαλαίου 1) καθώς και τον αριθμό των αναγκαίων στοιχείων – αποστάσεις μεταξύ γειτονικών στοιχείων, αντίστοιχα.

Όπως φαίνεται στο Πίνακα 2.1, για την τιμή αυτή του τ , απαιτούνται σε σύνολο 32 στοιχεία, κάτι το οποίο καθιστά στην πράξη απαγορευτικό τον σχεδιασμό της υπόψη κεραίας. Οπότε μια λύση θα ήταν να περιορίσουμε την τιμή του τ καθόσον κάτι τέτοιο θα οδηγήσει σε περιορισμό των στοιχείων που απαιτούνται.

Αν και κάτι τέτοιο αναμένεται να περιορίσει την απόδοση της κεραίας, κυρίως στις χαμηλές συχνότητες, δεδομένου ότι ο περιορισμός του τ συνεπάγεται διεύρυνση των μεταξύ των μονοπόλων αποστάσεων καθώς και μιας πιο απότομης μείωσης των

μηκών αυτών. Όμως η μείωση του τ θα οδηγήσει σε αύξηση του Boomlength, οπότε θα πρέπει να εξασφαλίζετε ο αρχικός περιορισμός που έχουμε θέσει.

Τονίζεται ότι στον Πίνακα 1 κατά την καταγραφή του εύρους ζώνης, έχουμε βάλει ελαφρώς πιο διευρυμένα όρια, προκειμένου να περιοριστούν τυχούσες κατασκευαστικές ατέλειες.

<u>Log Periodic Calculations</u>		
<u>INPUT</u>		
Lowest Frequency	f_1 (MHz)	29,5
Highest Frequency	f_n (MHz)	601
Taper	τ ($0,8 \leq \tau \leq 0,98$)	0,9
Angle α	α (μοίρες)	30
<u>Resulting Design</u>		
Relative Spacing	σ ($0,03 \leq \sigma \leq \sigma_{opt}$)	0,043
Optimal Spacing	σ_{opt}	0,168
Relative Operating Bandwidth	B	20,373
Cotangent of the Apex Half Angle α	$\cot \alpha$	1,732
Relative Bandwidth of the Active Region	B_{ar}	1,233
Relative Bandwidth of the Structure	B_s	25,127
λ_{max} (meter)	c/f_1	10,162
Boom Length	L_n	4,225
Number of Elements	N	32
(N is rounded up if fractional value is ≥ 0.3)		31,599
Stub Length	Z_t	1,270
Longest Element Length	l_1	5,081

Πίνακας 2.1 : Λογαριθμοπεριοδικές Παράμετροι για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.

Element	Length (m) Dipole Πραγματικά		Length (m) Μονοπολε Πραγματικά	Length (cm) Μονοπολε Απεικόνισης	Spacing (m) Πραγματικά		Spacing (cm) Απεικόνισης
	Element #						
1	ℓ1 Element #1	5,08	2,54	25,41			
2	ℓ2 Element #2	4,57	2,29	22,87	D1-2	0,44	4,40
3	ℓ3	4,12	2,06	20,58	D2-3	0,40	3,96
4	ℓ4	3,70	1,85	18,52	D3-4	0,36	3,56
5	ℓ5	3,33	1,67	16,67	D4-5	0,32	3,21
6	ℓ6	3,00	1,50	15,00	D5-6	0,29	2,89
7	ℓ7	2,70	1,35	13,50	D6-7	0,26	2,60
8	ℓ8	2,43	1,22	12,15	D7-8	0,23	2,34
9	ℓ9	2,19	1,09	10,94	D8-9	0,21	2,10
10	ℓ10	1,97	0,98	9,84	D9-10	0,19	1,89
11	ℓ11	1,77	0,89	8,86	D10-11	0,17	1,70
12	ℓ12	1,59	0,80	7,97	D11-12	0,15	1,53
13	ℓ13	1,44	0,72	7,18	D12-13	0,14	1,38
14	ℓ14	1,29	0,65	6,46	D13-14	0,12	1,24
15	ℓ15	1,16	0,58	5,81	D14-15	0,11	1,12
16	ℓ16	1,05	0,52	5,23	D15-16	0,10	1,01
17	ℓ17	0,94	0,47	4,71	D16-17	0,09	0,91
18	ℓ18	0,85	0,42	4,24	D17-18	0,08	0,82
19	ℓ19	0,76	0,38	3,81	D18-19	0,07	0,73
20	ℓ20	0,69	0,34	3,43	D19-20	0,07	0,66
21	ℓ21	0,62	0,31	3,09	D20-21	0,06	0,59
22	ℓ22	0,56	0,28	2,78	D21-22	0,05	0,53
23	ℓ23	0,50	0,25	2,50	D22-23	0,05	0,48
24	ℓ24	0,45	0,23	2,25	D23-24	0,04	0,43
25	ℓ25	0,41	0,20	2,03	D24-25	0,04	0,39
26	ℓ26	0,36	0,18	1,82	D25-26	0,04	0,35
27	ℓ27	0,33	0,16	1,64	D26-27	0,03	0,32
28	ℓ28	0,30	0,15	1,48	D27-28	0,03	0,28
29	ℓ29	0,27	0,13	1,33	D28-29	0,03	0,26
30	ℓ30	0,24	0,12	1,20	D29-30	0,02	0,23
31	ℓ31	0,22	0,11	1,08	D30-31	0,02	0,21
32	ℓ32	0,19	0,10	0,97	D31-32	0,02	0,19

Πίνακας 2.2 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.

Επομένως, αν επιλέξουμε για τ την τιμή 0.85, όπως φαίνεται στους Πίνακες 2.3 και 2.4, παρουσιάζεται μια πολλή σημαντική μείωση των απαιτούμενων στοιχείων χωρίς ωστόσο να παραβιάζεται ο περιορισμός του Boomlength. Συναφώς, η κατασκευή μας θα γίνει με τα στοιχεία (μήκη μονοπόλων, αποστάσεις μεταξύ γειτονικών μονοπόλων) απεικόνισης που φαίνονται στον Πίνακα 2.4.

Log Periodic Calculations		
INPUT		
Lowest Frequency	f_1 (MHz)	29,5
Highest Frequency	f_n (MHz)	601
Taper	τ ($0,8 \leq \tau \leq 0,98$)	0,85
Angle α	α (μοίρες)	30
Resulting Design		
Relative Spacing	σ ($0,03 \leq \sigma \leq \sigma_{opt}$)	0,065
Optimal Spacing	σ_{opt}	0,156
Relative Operating Bandwidth	B	20,373
Cotangent of the Apex Half Angle α	$\cot \alpha$	1,732
Relative Bandwidth of the Active Region	B_{ar}	1,400
Relative Bandwidth of the Structure	B_s	28,524
λ_{max} (meter)	c/f_1	10,162
Boom Length	L_n	4,246
Number of Elements	N	22
	(N is rounded up if fractional value is ≥ 0.3)	21,617
Stub Length	Z_t	1,270
Longest Element Length	l_1	5,081

Πίνακας 2.3 : Λογαριθμοπεριοδικές Παράμετροι για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.

Element	Length (m) Dipole Πραγματικά		Length (m) Μονοπολε Πραγματικά	Length (cm) Μονοπολε Απεικόνισης	Spacing (m) Πραγματικά		Spacing (cm) Απεικόνισης
1	l_1 Element #1	5,08	2,54	25,41			
2	l_2 Element #2	4,32	2,16	21,60	D1-2	0,66	6,60
3	l_3	3,67	1,84	18,36	D2-3	0,56	5,61
4	l_4	3,12	1,56	15,60	D3-4	0,48	4,77
5	l_5	2,65	1,33	13,26	D4-5	0,41	4,05
6	l_6	2,25	1,13	11,27	D5-6	0,34	3,45
7	l_7	1,92	0,96	9,58	D6-7	0,29	2,93
8	l_8	1,63	0,81	8,14	D7-8	0,25	2,49
9	l_9	1,38	0,69	6,92	D8-9	0,21	2,12
10	l_{10}	1,18	0,59	5,88	D9-10	0,18	1,80
11	l_{11}	1,00	0,50	5,00	D10-11	0,15	1,53
12	l_{12}	0,85	0,43	4,25	D11-12	0,13	1,30
13	l_{13}	0,72	0,36	3,61	D12-13	0,11	1,10
14	l_{14}	0,61	0,31	3,07	D13-14	0,09	0,94
15	l_{15}	0,52	0,26	2,61	D14-15	0,08	0,80
16	l_{16}	0,44	0,22	2,22	D15-16	0,07	0,68
17	l_{17}	0,38	0,19	1,89	D16-17	0,06	0,58
18	l_{18}	0,32	0,16	1,60	D17-18	0,05	0,49
19	l_{19}	0,27	0,14	1,36	D18-19	0,04	0,42
20	l_{20}	0,23	0,12	1,16	D19-20	0,04	0,35
21	l_{21}	0,20	0,10	0,98	D20-21	0,03	0,30
22	l_{22}	0,17	0,08	0,84	D21-22	0,03	0,26

Πίνακας 2.4 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.

Το πειραματικό μοντέλο που κατασκευάστηκε, αποτελείται από τα 9 πρώτα στοιχεία του Πίνακα 2.4, όπως Σχήμα 2.6. Επομένως, αναμένεται να εξεταστεί η ορθότητα της λειτουργίας του από τα 300 MHz έως τα 815,21 MHz [$f_{\max}=3*c/(16*I_{9\text{απεικ.}})$].

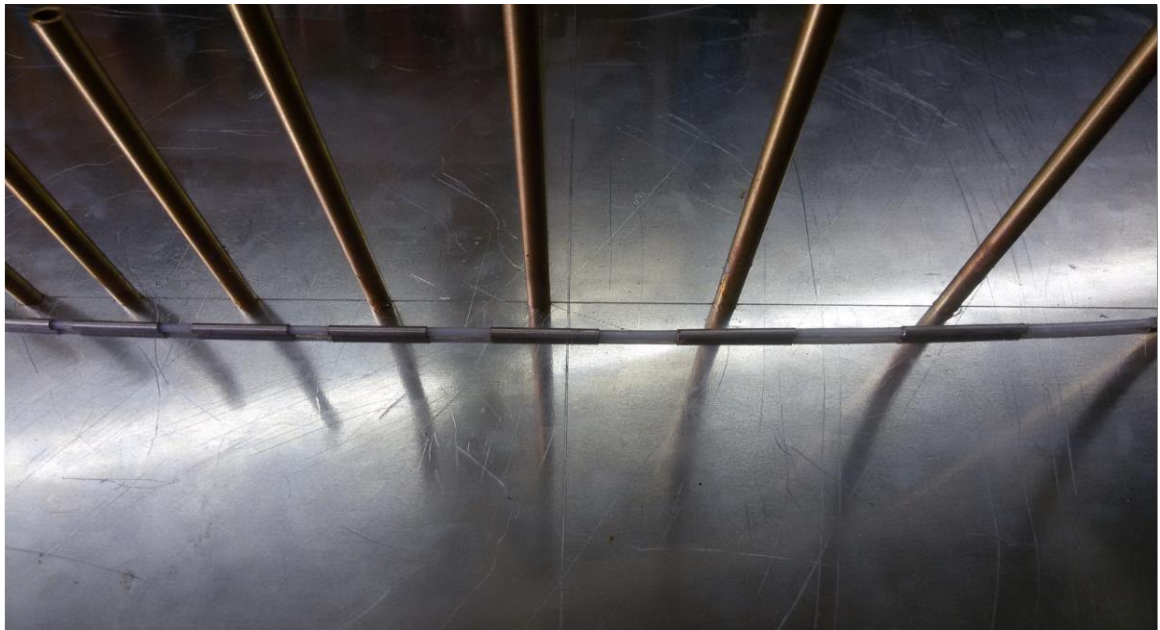


Σχήμα 2.6 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Shunt-Fed LPMA, με $\tau=0,85$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-815,21 MHz).

Αναφορικά με την διαδικασία της κατασκευής, πάνω σε μια αλουμινένια πλάκα διαστάσεων πλάτους 51 cm (διπλάσια του μεγαλύτερου μονοπόλου) και μήκος 40 cm, αρχικά τοποθετήσαμε τα 9 μπρούτζινα κυλινδρικής διατομής στοιχεία διαμέτρου 6mm με μήκη και μεταξύ γειτονικών στοιχείων αποστάσεις, όπως αυτές καταγράφονται στο Πίνακα 5.4. Η τροφοδότηση αυτών έγινε μέσω μιας ράβδους τροφοδοσίας, η οποία προσκολλάται σε προκαθορισμένο ύψος ανά στοιχείο H_n ίσο με το 0.1 του ύψους h_n του στοιχείου, δηλαδή $H_n=0.1h_n$ (όπως Σχήμα 2.4). Επομένως η ράβδος τροφοδοσίας δεν τοποθετείται παράλληλα ως προς το επίπεδο γείωσης αλλά με μια γωνία 4 με 5° .

Για την δημιουργία των πυκνωτών σύζευξης, θα πρέπει να απογυμνώσουμε το μπλεντάζ της ράβδου τροφοδοσίας σε συγκεκριμένα μήκη και σύμφωνα με την

σταθερά αναλογίας τ' . Έπειτα, η τοποθέτηση τους πάνω στα στοιχεία γίνεται συμμετρικά, όπως στο Σχήμα 2.7, και στο ύψος H που περιγράφηκε προηγουμένως.



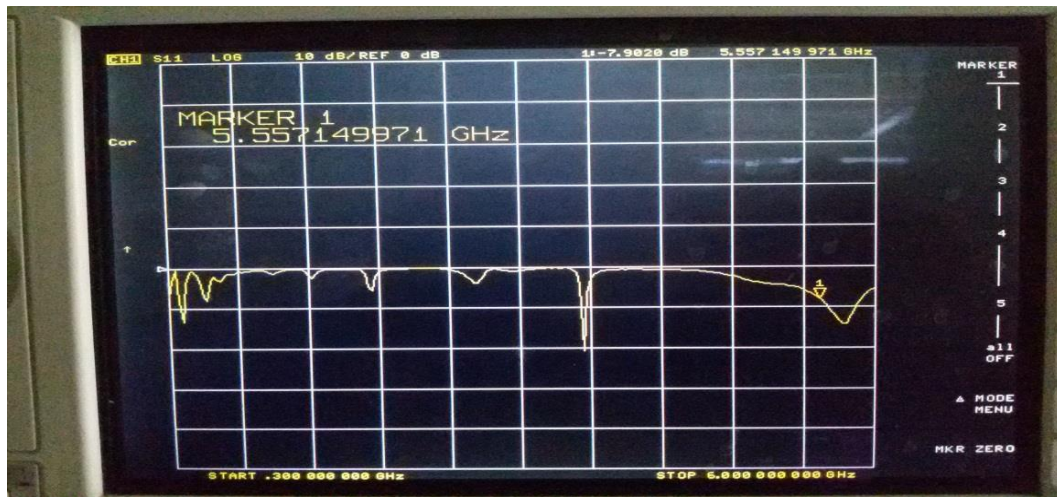
Σχήμα 2.7 : Κατασκευή των Πυκνωτών Σύζευξης.

Για τον προσδιορισμό των μηκών των πυκνωτών (y_n, y_{n+1} Σχήμα 2.4) θεωρώ ότι η χωρητικότητα του μικρότερου στοιχείου είναι : $y_9 = D_{9-10} = \tau * D_{8-9} = 1,802$. Επιπλέον, η χωρητικότητα του υψηλότερου στοιχείου είναι $y_1 = D_{1-2} / 2 = 3.3$. Οπότε η σταθερά τ' δίνεται από την σχέση $\tau' = \sqrt[8]{\frac{y_9}{y_1}} = 0.92743 > \tau = 0,85$. Οπότε, από τον τύπο $\tau' = y_n / y_{n+1}$, προκύπτει ο Πίνακας 2.5.

y_1 (cm)	y_2	y_3	y_4	y_5	y_6	y_7	y_8	y_9
3,30	3,06	2,84	2,63	2,44	2,26	2,10	1,95	1,80

Πίνακας 2.5 : Μήκη Πυκνωτών Σύζευξης

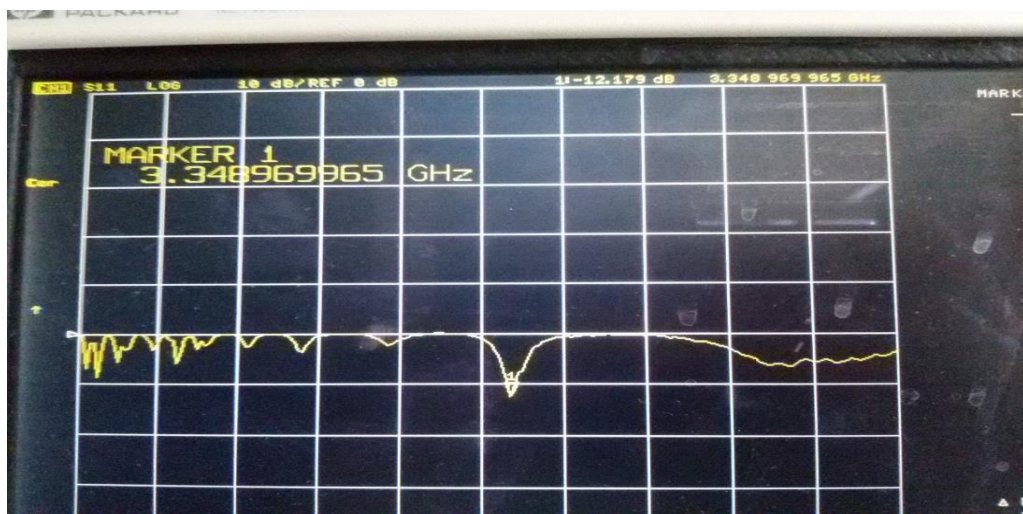
Κατά την μέτρηση της κεραίας στο αναλυτή φάσματος, προέκυψαν, έπειτα από response calibration της συσκευής, τα αποτελέσματα για την παράμετρο S11 (Συντελεστής ανάκλασης εισόδου με την έξοδο τερματισμένη στη χαρακτηριστική της αντίσταση) που παρουσιάζονται στο Σχήμα 2.8.



Σχήμα 2.8 : Μέτρηση της Πειραματικής Shunt Fed LPMA, με $\tau=0,85$.

Όπως φαίνεται και στην μέτρηση (γενικά κρίνεται αναγκαίο ο συντελεστής S_{11} να παίρνει τιμές κάτω από τα -9 dB), η κεραία δεν αποδίδει μια ευρυζωνική εκπομπή στο φάσμα των συχνοτήτων που επιθυμούμε. Αν εξαιρέσουμε μια αποδεκτή ακμή στους 3.7 GHz καθώς και κάποιες στις πολύ χαμηλές αλλά και υψηλές συχνότητες, στην πλειονότητα των μεσαίων συχνοτήτων η πειραματική διάταξη δεν συμπεριφέρεται κατά τρόπο αποδεκτό.

Στο Σχήμα 2.9 φαίνεται η αντίστοιχη μέτρηση, με την διαφορά ότι αλλάζουμε την σταθερά τ από 0.85 σε 0.9. Και σε αυτή την περίπτωση το τελικό αποτέλεσμα δεν ανταποκρίνεται στην επιθυμία μας για ευρυζωνικότητα.



Σχήμα 2.9 : Μέτρηση της Πειραματικής Shunt Fed LPMA, με $\tau=0,9$.

2.3.2 Λογαριθμική-Περιοδική Κεραία Τοποθετημένη Πάνω από το Επίπεδο Γείωσης με Παρεμβολή Κατάλληλου Διηλεκτρικού Υλικού (Ground Plane Mounted Log-Periodic Antenna).

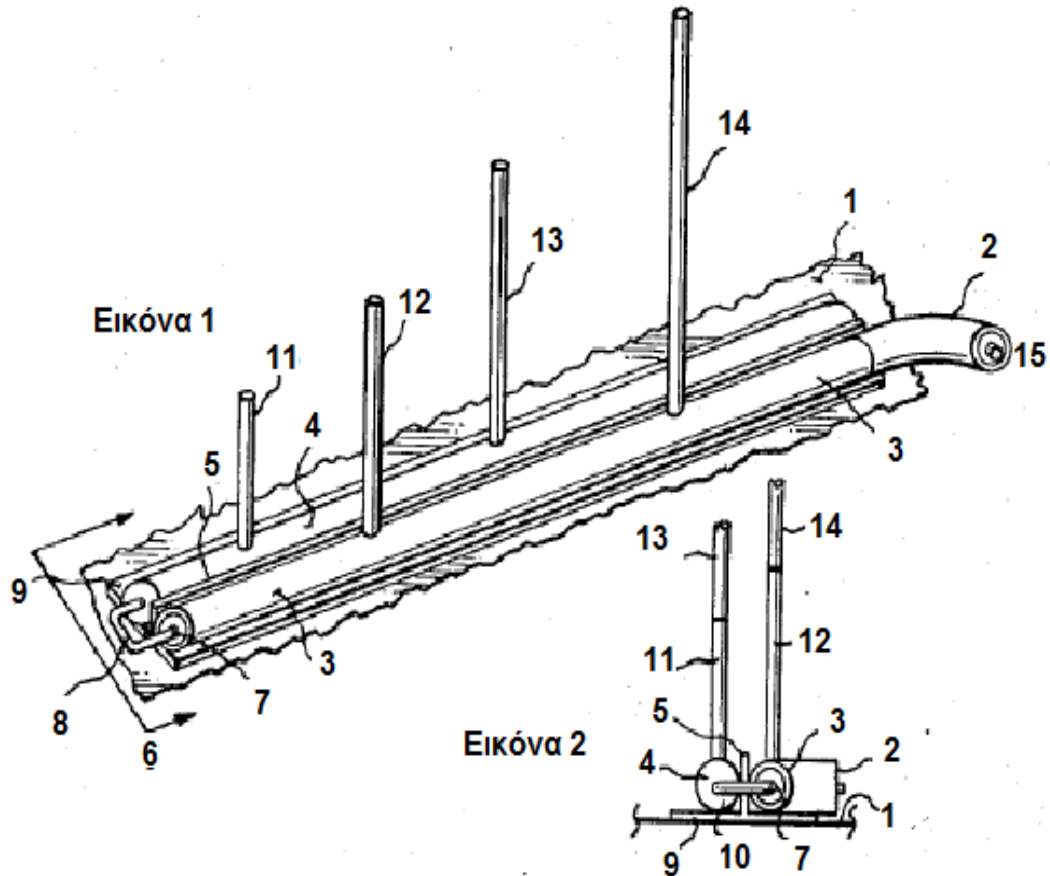
Η διάταξη που περιγράφηκε στην προηγούμενη παράγραφο, πέρα από την αδυναμία να μας αποδώσει τα αποτελέσματα που θα επιθυμούσαμε, κατασκευαστικά στην πράξη θα ήταν δύσκολο να επιτευχθεί. Η παρουσία της ράβδου τροφοδότησης, δυσχεραίνει κατά πολύ την χρηστικότητα της κεραίας, περιορίζοντας την ελευθερία κίνησης της κατά την ανάπτυξη του τηλεσκοπικού ιστού τοποθέτησης. Οπότε καλούμαστε να αναζητήσουμε μια εναλλακτική πρόταση, η οποία αφενός θα πρέπει να ανταποκρίνεται σαφώς αποδοτικότερα στο επιθυμητό εύρος λειτουργίας, αφετέρου, κατασκευαστικά, η διάταξη θα πρέπει να είναι πιο εύκολα υλοποιήσιμη στην πράξη, με μεγαλύτερες ανοχές και μια πιο στιβαρή δομή.

2.3.2.1 Γενική Περιγραφή Διάταξης

Η διάταξη αυτή, όπως και αυτή της προηγούμενης παραγράφου, εκμεταλλευόμενη την θεωρία των ειδώλων μας δίνει μια πιο συμπυκνόμενη μορφή κεραίας περιορισμένου κόστους και φυσικής διάστασης, όπου στο επιθυμητό εύρο ζώνης (ολόκληρο το VHF φάσμα και μέρος του UHF) δεν θα μπορούσε να επιτευχθεί αλλιώς, Σχήμα 2.10 (Η Εικόνα 2 είναι η μπροστά όψη της Εικόνας 1 στο επίπεδο που φαίνεται από τον αριθμό 6).

Συνεπώς, θα χρειαστούμε και σε αυτή την περίπτωση ένα αγώγιμο επίπεδο (1) το οποίο θα επιτρέψει στην μονοπολική μας κατασκευή να συμπεριφερθεί ως διπολική. Μια από τις σημαντικότερες διαφορές μεταξύ των δύο διατάξεων, έγκειται στο γεγονός ότι πλέον η τροφοδότηση θα γίνει σε δύο υποσυστήματα, μια ράβδο και ένα ομοαξονικό καλώδιο που θα διέρχεται μέσα από την κυλινδρική ράβδο (2,3) καθώς και σε μία άλλη κυλινδρική ράβδο (4) ίδιας διαμέτρου (6mm) και μήκους με την (3).

Συνεπώς, επειδή τα στελέχη συμπεριφέρονται σαν να είναι σε σειρά η χαρακτηριστική αντίσταση εισόδου θα είναι περίπου η τριπλάσια σε σχέση με την Shunt Fed LPMA.



Σχήμα 2.10 : Γεωμετρική Απεικόνιση της Ground Plane Mounted LPA

Τα δύο αυτά υποσυστήματα (2,3 - 4), χωρίζονται μεταξύ τους από ένα πολύ λεπτό διηλεκτρικό (5), ενώ μεταξύ αυτών και του επίπεδου γείωσης μεσολαβεί αντίστοιχα κατάλληλο διηλεκτρικό μεγαλύτερου πάχους (9).

Η ομοαξονική γραμμή τροφοδοσίας συνδέεται (15) με το ομοαξονικό καλώδιο του πρώτου υποσυστήματος (2), το οποίο διέρχεται μέσα από μια κυλινδρικής διατομής μπρούτζινη ράβδο (3). Ο εξωτερικός αγωγός του ομοαξονικού έρχεται σε επαφή με την κυλινδρική ράβδο στο σημείο εξόδου (7) του καλωδίου από αυτή. Στο σημείο εκείνο, αφαιρείται τόσο το μπλεντάζ όσο και το ενδιάμεσο διηλεκτρικό του ομοαξονικού.

Ο εσωτερικός αγωγός αφού περιβάλλει (8) το ενδιάμεσο των δύο υποσυστημάτων διηλεκτρικό (5), συνδέεται πάνω στην μεταλλική κυλινδρική ράβδο του δεύτερου υποσυστήματος (10).

Η τοποθέτηση των μονοπόλων γίνεται εναλλάξ πάνω στα δύο υποσυστήματα, με το κοντύτερο μονόπολο (11) να βρίσκεται πλησίον του σημείου σύνδεσης των δύο υποσυστημάτων και το υψηλότερο (14) στο σημείο τροφοδοσίας (15).

Στην διάταξη του Σχήματος 2.10 τα μονόπολα 12 και 14 συνδέονται στην επιφάνεια της κυλινδρική ράβδο του πρώτου υποσυστήματος ενώ τα μονόπολα 11 και 13 στην επιφάνεια της αντίστοιχης ράβδου του δεύτερου υποσυστήματος. Συνεπώς, η διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας παρουσιάζεται κατά μήκος των δύο υποσυστημάτων με κατεύθυνση προς το κοντύτερο στοιχείο.

2.3.2.2 Σχεδίαση και Κατασκευή της Ground Plane Mounted LPA (Πειραματική Διαδικασία).

Ουσιαστικά η σχεδίαση (όσο αφορά την επιλογή των λογαριθμοπεριοδικών παραμέτρων) ακολουθεί την ίδια φιλοσοφία που αναλύθηκε στην παράγραφο 2.3.1.2. Για πληρότητα αλλά και άμεση σύγκριση με την διάταξη που μελετήσαμε στην προηγούμενη παράγραφο, κατά την απεικόνιση της στο εργαστήριο, κατασκευάσαμε δύο διαφορετικές διατάξεις με $\tau=0,85$ για την μία και $\tau=0,9$ για την άλλη.

Στην περίπτωση αυτή, θα παρουσιαστούν αναλυτικότερα οι δύο δοκιμές, καθώς όπως θα φανεί και στην συνέχεια, η Ground Plane Mounted LPA παρουσιάζει, στο εύρος ζώνης ενδιαφέροντος, καλύτερη συμπεριφορά από την διάταξη της Shunt Fed LPMA.

Επιπρόσθετα, στο τέλος της πειραματικής παρουσίασης θα παρουσιαστεί μια βελτιωμένη έκδοση της Ground Plane Mounted LPA, με την χρήση ενός τοροειδούς balun με λόγο μετασχηματισμού της αντίστασης εισόδου της διάταξης 4:1, ώστε να επιτευχθεί η καλλίτερη δυνατή προσαρμογή αλλά και ευστάθεια του συστήματος μας.

α) Εικονική Κορυφή $\alpha=30^\circ$, $\tau=0,85$, Boomlength=4,246,

Μονόπολα N=22.

Στο Πίνακα 2.6 παρουσιάζονται τα μήκη των μονοπόλων καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ γειτονικών στοιχείων του ίδιου υποσυστήματος.

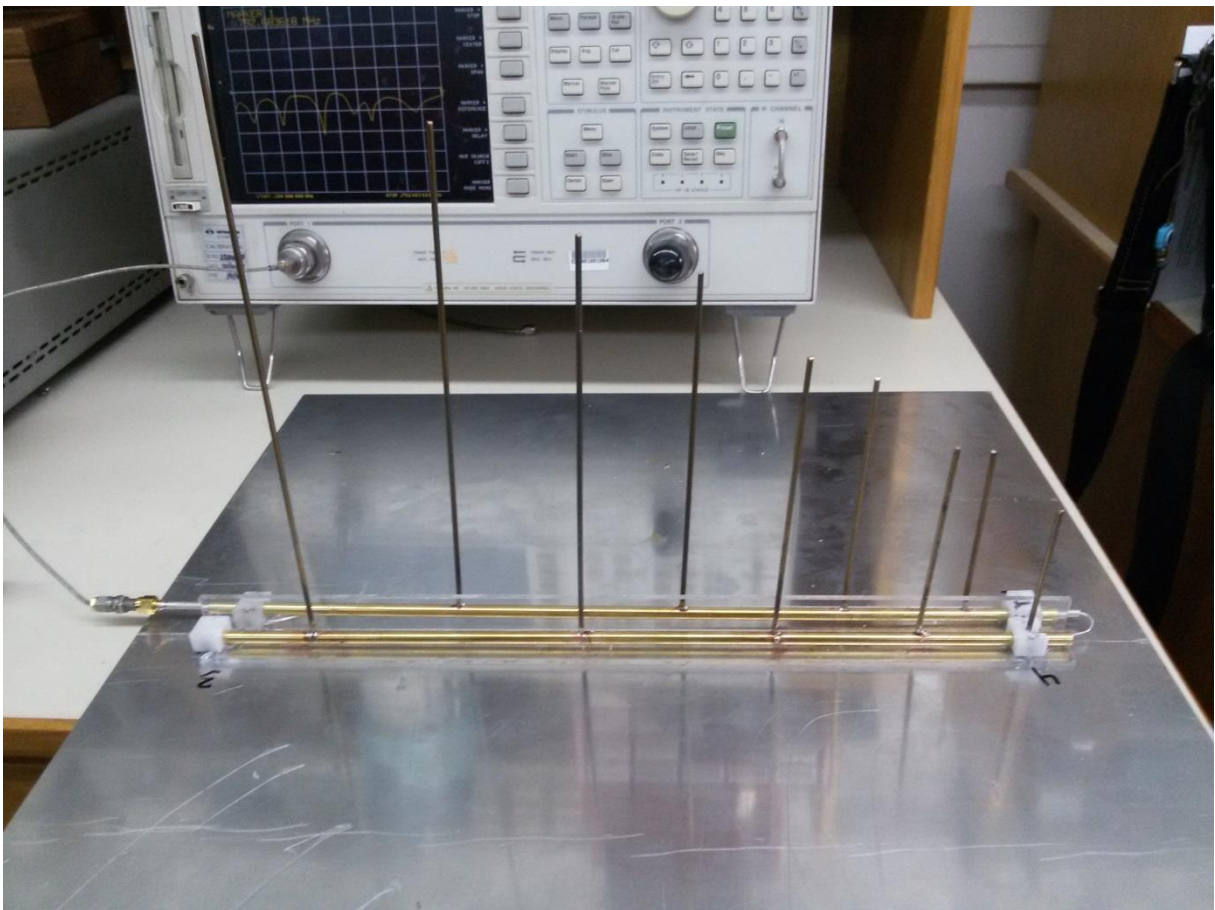
Element	Length (m) Dipole Πραγματικά		Length (m) Monopole Πραγματικά	Length (cm) Monopole Απεικόνισης	Spacing (m) Πραγματικά			Spacing (cm) Απεικόνισης	
					Μήκη	Υποσύστημα 1 Σχήμα 2.10 (2,3)	Υποσύστημα 2 Σχήμα 2.10 (4)	Υποσύστημα 1 Σχήμα 2.10 (2,3)	Υποσύστημα 2 Σχήμα 2.10 (4)
22	ℓ22	0,17	0,08	0,84		-	0	-	0
21	ℓ21	0,20	0,10	0,98	D22-21	0,026	-	0,256	-
20	ℓ20	0,23	0,12	1,16	D22-20	-	0,056	-	0,557
19	ℓ19	0,27	0,14	1,36	D21-19	0,066	-	0,655	-
18	ℓ18	0,32	0,16	1,60	D20-18	-	0,077	-	0,771
17	ℓ17	0,38	0,19	1,89	D19-17	0,091	-	0,907	-
16	ℓ16	0,44	0,22	2,22	D18-16	-	0,107	-	1,067
15	ℓ15	0,52	0,26	2,61	D17-15	0,125	-	1,255	-
14	ℓ14	0,61	0,31	3,07	D16-14	-	0,148	-	1,476
13	ℓ13	0,72	0,36	3,61	D15-13	0,174	-	1,737	-
12	ℓ12	0,85	0,43	4,25	D14-12	-	0,204	-	2,043
11	ℓ11	1,00	0,50	5,00	D13-11	0,240	-	2,404	-
10	ℓ10	1,18	0,59	5,88	D12-10	-	0,283	-	2,828
9	ℓ9	1,38	0,69	6,92	D11-9	0,333	-	3,327	-
8	ℓ8	1,63	0,81	8,14	D10-8	-	0,391	-	3,915
7	ℓ7	1,92	0,96	9,58	D9-7	0,461	-	4,605	-
6	ℓ6	2,25	1,13	11,27	D8-6	-	0,542	-	5,418
5	ℓ5	2,65	1,33	13,26	D7-5	0,637	-	6,374	-
4	ℓ4	3,12	1,56	15,60	D6-4	-	0,750	-	7,499
3	ℓ3	3,67	1,84	18,36	D5-3	0,882	-	8,823	-
2	ℓ2	4,32	2,16	21,60	D4-2	-	1,038	-	10,380
1	ℓ1	5,08	2,54	25,41	D3-1	1,221	-	12,211	-

Πίνακας 2.6 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων του Ίδιου Υποσυστήματος (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,85$.

Τονίζεται ότι, ως υποσύστημα 1 καλείται το κομμάτι της διάταξης που περιλαμβάνει την ράβδο (3) καθώς και το ομοαξονικό καλώδιο που περνάει μέσα από αυτή (2) του Σχήματος 2.10 ενώ ως υποσύστημα 2 το κομμάτι που περιέχει μόνο την κυλινδρικής διατομής ράβδο (4). Επιπρόσθετα, το κοντύτερο μονόπολο της διάταξης (ℓ22) τοποθετείται πλησίον του αριστερότερο άκρου [σημείο (10) του

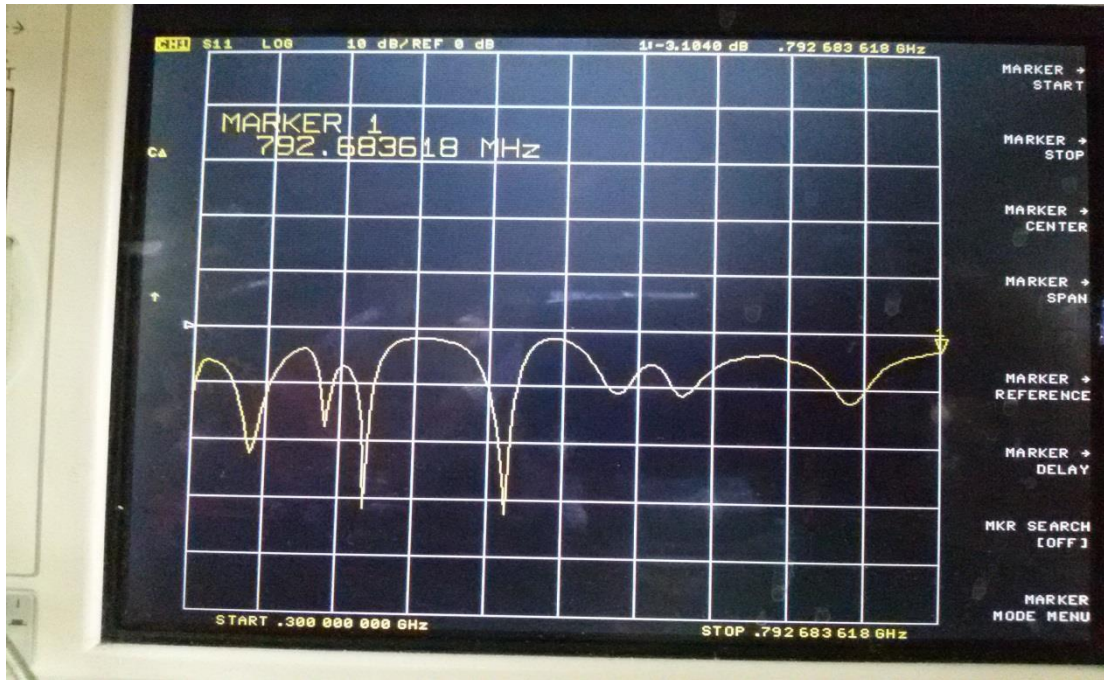
Σχήματος 2.10] του υποσυστήματος 2 ενώ το αμέσως υψηλότερο (l_{21}) τοποθετείται στο υποσύστημα 1 και σε απόσταση D_{22-21} από το στοιχείο l_{22} . Τα λοιπά στοιχεία προστίθενται εναλλάξ ανά υποσύστημα, όπως φαίνεται και στο Πίνακα 2.6, με το υψηλότερο στοιχείο να τοποθετείται πλησίον στην τροφοδοσία και πάνω στο υποσύστημα 1.

Το πειραματικό μοντέλο, όπως Σχήμα 2.11, που κατασκευάστηκε, αποτελείται από τα 9 τελευταία στοιχεία του Πίνακα 2.6. Οπότε το στοιχείο l_9 τοποθετήθηκε πλησίον του αριστερότερου άκρου του υποσυστήματος 2 (στο άλλο όμως υποσύστημα από αυτό που δείχνει ο Πίνακας 2.6) ενώ το αμέσως ψηλότερο l_8 , τοποθετήθηκε σε απόσταση $D_{9-8}=2,12$ (Πίνακας 2.4). Τα λοιπά στοιχεία τοποθετήθηκαν εναλλάξ στα υποσυστήματα και σύμφωνα με τις αποστάσεις του Πίνακα 2.6 (αλλά στα αντίθετα υποσυστήματα), με το ψηλότερο στοιχείο να τοποθετείται στο υποσύστημα 2.



Σχήμα 2.11 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,85$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-800 MHz).

Στο Σχήμα 2.12 παρουσιάζεται η μέτρηση της παράμετρο S11 της παραπάνω κεραίας στο αναλυτή φάσματος.



Σχήμα 2.12 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,85$.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.12 (σε σύγκριση με τα Σχήματα 2.8 και 2.9) η απόκριση της υφιστάμενης διάταξης παρουσιάζει μια πιο αποδεκτή συμπεριφορά σε ένα μεγαλύτερο εύρος συχνοτήτων. Όμως και εδώ από τα 500 MHz και μετά, έκτος από ορισμένες συχνότητες, η κεραία δεν μπορεί να λειτουργήσει αποτελεσματικά. Η καλλίτερη συμπεριφορά της συγκεντρώνεται κυρίως πλησίον των κορυφών των πρώτων τεσσάρων στοιχείων της διάταξης.

Συνεπώς και αυτή η περίπτωση δεν θα μας παρείχε μια πλήρως αποδοτική εκπομπή σε όλο το επιθυμητό εύρος ζώνης. Ωστόσο δεν θα πρέπει να αμελούμε το γεγονός ότι η απεικόνιση συμπεριλαμβάνει μόνο 9 από τα 22 στοιχεία, συναφώς αναμένεται ότι η πλήρης ανάπτυξη της κεραίας θα παρέχει μια αρκετά πιο αποδοτική λειτουργία.

β) Εικονική Κορυφή $\alpha=30^\circ$, $\tau=0,9$, Boomlength=4,225,

Μονόπολα N=32.

Στο Πίνακα 2.7 παρουσιάζονται τα μήκη των μονοπόλων καθώς και οι αποστάσεις μεταξύ γειτονικών στοιχείων του ίδιου υποσυστήματος.

Element	Length (m) Dipole Πραγματικά		Length (m) Μονοποle Πραγματικά	Length (cm) Μονοποle Απεικόνισης	Spacing (m) Πραγματικά			Spacing (cm) Απεικόνισης	
					Μήκη	Υποσύστημα 1 Σχήμα 2.10 (2,3)	Υποσύστημα 2 Σχήμα 2.10 (4)	Υποσύστημα 1 Σχήμα 2.10 (2,3)	Υποσύστημα 2 Σχήμα 2.10 (4)
32	ℓ32	0,19	0,10	0,97		-	0	-	0
31	ℓ31	0,22	0,11	1,08	D32-31	0,02	-	0,19	-
30	ℓ30	0,24	0,12	1,20	D32-30	-	0,04	-	0,39
29	ℓ29	0,27	0,13	1,33	D31-29	0,04	-	0,44	-
28	ℓ28	0,30	0,15	1,48	D30-28	-	0,05	-	0,49
27	ℓ27	0,33	0,16	1,64	D29-27	0,05	-	0,54	-
26	ℓ26	0,36	0,18	1,82	D28-26	-	0,06	-	0,60
25	ℓ25	0,41	0,20	2,03	D27-25	0,07	-	0,67	-
24	ℓ24	0,45	0,23	2,25	D26-24	-	0,07	-	0,74
23	ℓ23	0,50	0,25	2,50	D25-23	0,08	-	0,82	-
22	ℓ22	0,56	0,28	2,78	D24-22	-	0,09	-	0,91
21	ℓ21	0,62	0,31	3,09	D23-21	0,10	-	1,02	-
20	ℓ20	0,69	0,34	3,43	D22-20	-	0,12	-	1,19
19	ℓ19	0,76	0,38	3,81	D21-19	0,13	-	1,25	-
18	ℓ18	0,85	0,42	4,24	D20-18	-	0,14	-	1,39
17	ℓ17	0,94	0,47	4,71	D19-17	0,15	-	1,55	-
16	ℓ16	1,05	0,52	5,23	D18-16	-	0,17	-	1,72
15	ℓ15	1,16	0,58	5,81	D17-15	0,19	-	1,91	-
14	ℓ14	1,29	0,65	6,46	D16-14	-	0,21	-	2,13
13	ℓ13	1,44	0,72	7,18	D15-13	0,24	-	2,36	-
12	ℓ12	1,59	0,80	7,97	D14-12	-	0,26	-	2,62
11	ℓ11	1,77	0,89	8,86	D13-11	0,29	-	2,92	-
10	ℓ10	1,97	0,98	9,84	D12-10	-	0,32	-	3,24
9	ℓ9	2,19	1,09	10,94	D11-9	0,36	-	3,60	-
8	ℓ8	2,43	1,22	12,15	D10-8	-	0,40	-	4,00
7	ℓ7	2,70	1,35	13,50	D9-7	0,44	-	4,44	-
6	ℓ6	3,00	1,50	15,00	D8-6	-	0,49	-	4,94
5	ℓ5	3,33	1,67	16,67	D7-5	0,55	-	5,49	-
4	ℓ4	3,70	1,85	18,52	D6-4	-	0,61	-	6,10
3	ℓ3	4,12	2,06	20,58	D5-3	0,68	-	6,77	-
2	ℓ2	4,57	2,29	22,87	D4-2	-	0,75	-	7,52
1	ℓ1	5,08	2,54	25,41	D3-1	0,84	-	8,36	-

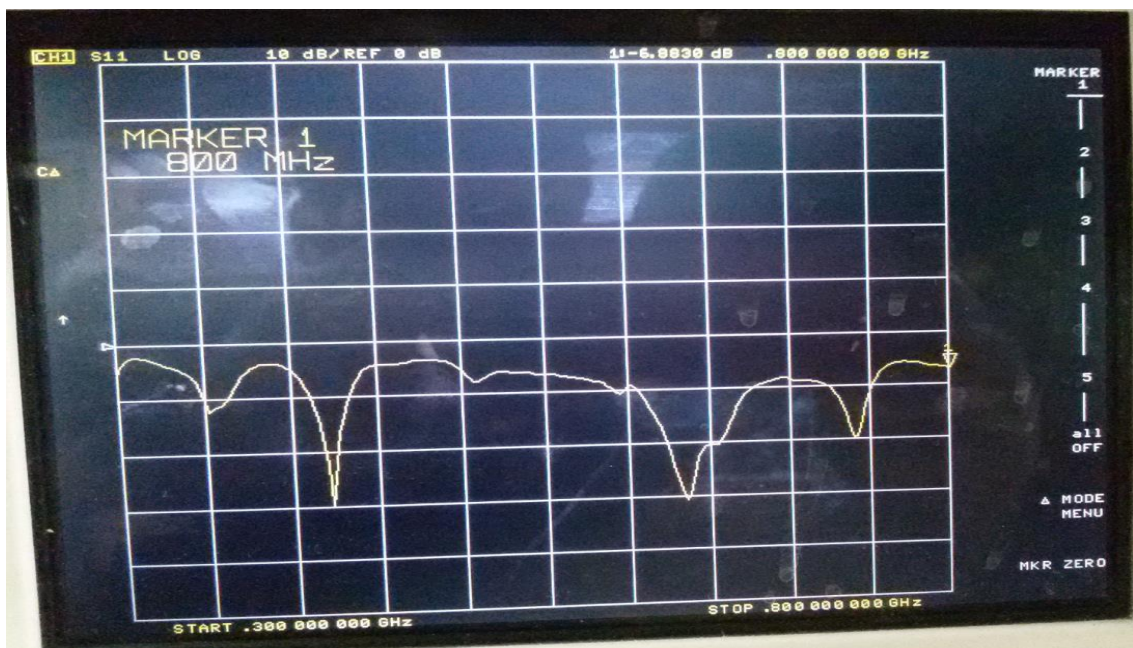
Πίνακας 2.7 : Μήκη Μονοπόλων και Αποστάσεις Μεταξύ Γειτονικών Στοιχείων του Ίδιου Υποσυστήματος (Πραγματικές – Απεικόνισης) για $\alpha=30^\circ$ και $\tau=0,9$.

Το πειραματικό μοντέλο, όπως Σχήμα 2.13, που κατασκευάστηκε, αποτελείται από τα 14 τελευταία στοιχεία του Πίνακα 2.7. Οπότε το στοιχείο ℓ14, τοποθετήθηκε πλησίον του αριστερότερου άκρου του υποσυστήματος 2 ενώ το αμέσως ψηλότερο ℓ13, τοποθετήθηκε σε απόσταση $D_{14-13}=1,24\text{m}$ (Πίνακας 2.2). Τα λοιπά στοιχεία τοποθετήθηκαν εναλλάξ στα υποσυστήματα και σύμφωνα με τις αποστάσεις του Πίνακα 2.7, με το ψηλότερο στοιχείο να τοποθετείται στο υποσύστημα 1.



Σχήμα 2.13 : Πειραματικό Μοντέλο Απεικόνισης των 9 Μεγαλύτερων Στοιχείων της Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,9$ και $\alpha=30^\circ$ (E.Z. 300-800 MHz).

Στο Σχήμα 2.14, παρουσιάζεται η μέτρηση της παράμετρο S11 της παραπάνω κεραιάς στο αναλυτή φάσματος.



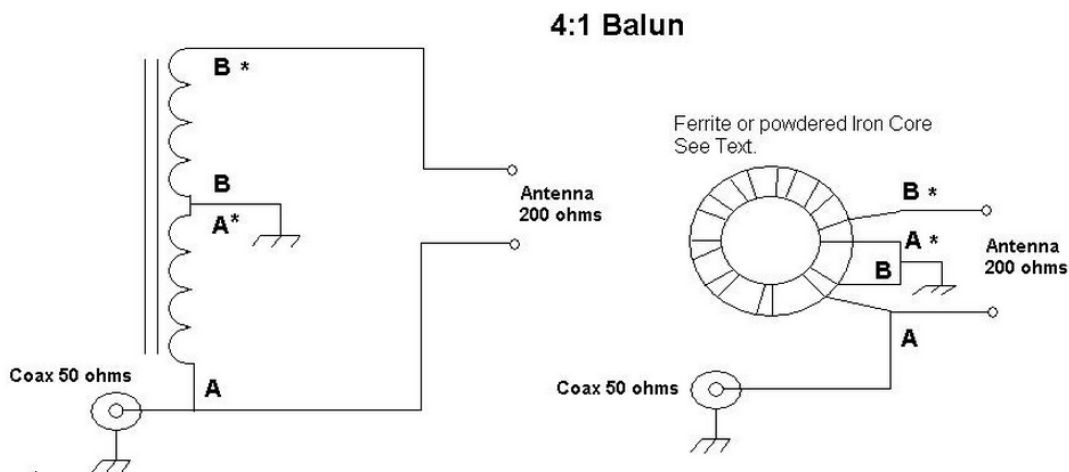
Σχήμα 2.14 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA, με $\tau=0,9$.

Όπως φαίνεται στο Σχήμα 2.14, η αλλαγή της λογαριθμοπεριοδικής παραμέτρου τα, είχε ως αποτέλεσμα την αισθητή βελτίωση της απόκρισης της κεραίας στο σύνολο του φάσματος (με εξαίρεση κάποιες χαμηλές συχνότητες από τα 300-400MHz και από 450-500 MHz). Το γεγονός αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ότι πλέον η διάταξη μας αποτελείται από 5 επιπλέον στοιχεία, για αυτό και μετά τα 600 MHz παρατηρούμε ότι τα στοιχεία αυτά αρχίζουν να συμπεριφέρονται πιο αποδοτικά (περισσότερα μήκη μονοπόλων πλησίον αυτών των συχνοτήτων).

Παρόλα αυτά η διάταξη χρήζει επιπλέον βελτίωσης, κάτι το οποίο θα παρουσιαστεί παρακάτω. Επιπλέον δεν θα πρέπει να αμελούμε και έναν από τους βασικούς μας στόχους, που έχει να κάνει με την σχεδίαση όσο των δυνατο πιο απλών, στιβαρών και με λιγότερα στοιχεία κεραιών. Δηλαδή, αν και η διάταξη με $\tau=0,9$ παρουσιάζει ένα πιο αποδοτικό φάσμα λειτουργίας, εντούτοις η απαίτηση της για 32 στοιχεία μας αποτρέπει από το να την υλοποιήσουμε στην πράξη.

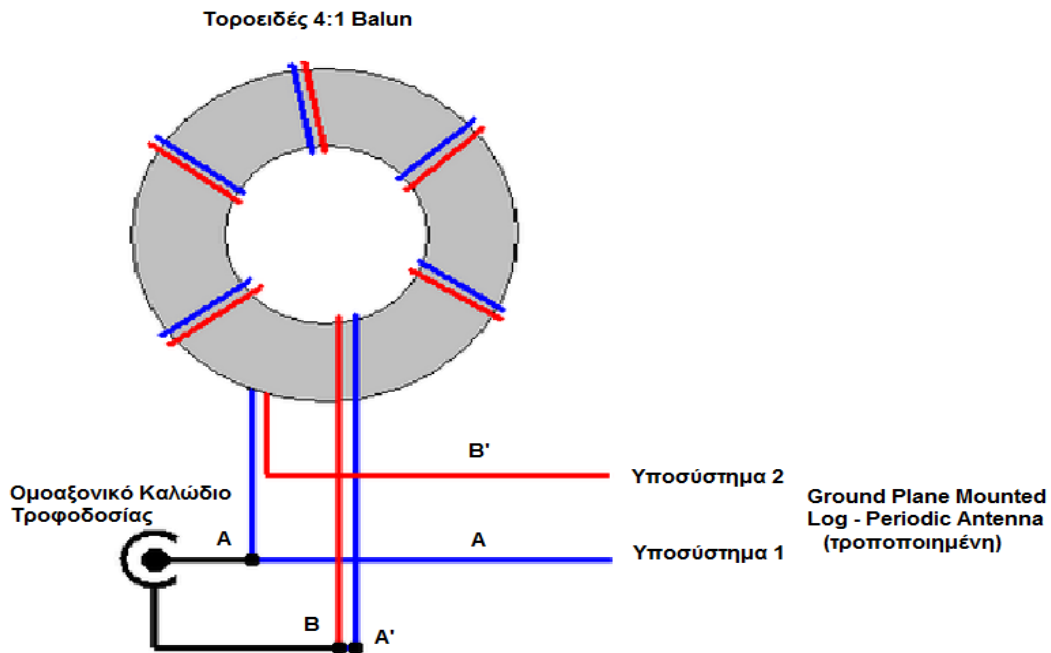
γ) Τροποποίηση Αρχικής Διάταξης Ground Plane Mounted LMA, με Χρήση Τοροειδούς 4:1 Balun.

Στο Σχήμα 2.15 παρουσιάζεται ένα τυπικό σχεδιάγραμμα ενός 4:1 balun.



Σχήμα 2.15 : Τυπικό Σχεδιάγραμμα 4:1 Balun

Όπως έχουμε επισημάνει από την αρχή της παραγράφου 2.3.2.1, η χαρακτηριστική αντίσταση εισόδου της υπό εξέταση διάταξης είναι παραπάνω από τριπλάσια από την χαρακτηριστική του ομοαξονικού καλωδίου τροφοδοσίας, συνεπώς για να πετύχουμε προσαρμογή θα χρειαστεί να κάνουμε χρήση του παρακάτω τοροειδούς, Σχήμα 2.16.



Σχήμα 2.16 : Τοροειδές 4:1 Balun

Συνεπώς η διάταξη που περιγράφηκε στην παράγραφο 2.3.2.1 (Σχήμα 2.10) θα χρειαστεί να υποστεί τις κάτωθι τροποποιήσεις : Αρχικά το υποσύστημα 1 [υπενθυμίζεται ότι ως υποσύστημα 1 έχουμε ορίσει το δεξιό τμήμα της διάταξης που φαίνεται στο Σχήμα 2.10 από το επίπεδο (6) της σχετικής εικόνας 1] αποτελείται πλέον μόνο από την κυλινδρικής διατομής ράβδο (3). Συνεπώς καταργείται το ομοαξονικό καλώδιο (2) που διερχόταν μέσω της ράβδου (3), ενώ η τροφοδοσία της νέας διάταξης πραγματοποιείται από το μπροστινό της τμήμα (όπως και στην *Shunt Fed LPMA*, έμπροσθεν του κοντύτερου στοιχείου).

Μεταξύ του ομοαξονικού καλωδίου τροφοδοσίας και της τροποποιημένης Ground Plane Mounted LPA, μεσολαβεί η διάταξη που φαίνεται στο Σχήμα 2.16. Πιο συγκεκριμένα ο εσωτερικός αγωγός του ομοαξονικού καλωδίου τροφοδοσίας στο

σημείο A διακλαδίζεται σε ένα κομμάτι που κατευθύνεται απευθείας στο υποσύστημα 1 και ένα άλλο που περιτυλίσσεται γύρω από τον δακτυλιοειδές τόρο και εξέρχεται στο σημείο A'. Στο σημείο εκείνο ενώνεται με το επίπεδο γείωσης (εξωτερικό αγωγό του ομοαξονικού). Από το επίπεδο γείωσης ξεκινάει ένα άλλο σύρμα, το οποίο αφού περιτυλιχθεί και αυτό με την σειρά του γύρω από το τοροειδές εξέρχεται στο σημείο B' όπου και ενώνεται με το υποσύστημα 2.

Στο Σχήμα 2.17 παρουσιάζεται η μέτρηση που προέκυψε από την εφαρμογή της παραπάνω τροποποίησης στην διάταξη του Σχήματος 2.11. Όπως ήταν αναμενόμενο, η κεραία μας πλέον λειτουργεί αρκετά αποδοτικά στο σύνολο του επιθυμητού εύρους φάσματος.



Σχήμα 2.17 : Μέτρηση της Πειραματικής Ground Plane Mounted LPA με Χρήση Τοροειδούς 4:1 Balun.

Στο Κεφάλαιο αυτό, έγινε μια παρουσίαση της διαδικασίας που ακολουθήθηκε στο εργαστήριο, προκειμένου να καταλήξουμε στην επιλογή της κατάλληλης διάταξης, την οποία, όπως θα περιγραφεί στο Κεφάλαιο 3, καλούμαστε να την υλοποιήσουμε στην πράξη, σε φυσικές διαστάσεις με τους περιορισμούς – δυσκολίες που αυτό συνεπάγεται. Συμπερασματικά, η διάταξη που θα επιλεγεί είναι (όσο αφορά το πρώτο μέρος της συνολικής κεραίας, λεπτομέρειες στο Κεφάλαιο 3) η τροποποιημένη Ground Plane Log Periodic Antenna με λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους όπως αυτές περιγράφονται στο Πίνακα 2.3.

3. Σχεδίαση και Κατασκευή Λογαριθμικής - Περιοδικής Διάταξης επί Οχήματος, με Εύρος Ζώνης Λειτουργίας (30-600 MHz).

Στο Κεφάλαιο 2, αφού αρχικά παρουσιάστηκαν τα πλεονεκτήματα που αποκομίζουμε από την αντικατάσταση ενός LPDA μοντέλου με το αντίστοιχο LPMA ανάλογο του (*κυρίως στις χαμηλές συχνότητες όπου οι φυσικές διαστάσεις των διατάξεων είναι αρκετών μέτρων*), έγινε μια προσπάθεια, σε πειραματικό επίπεδο, να εξεταστούν διάφοροι τύποι LPMA, με ορισμό κατάλληλων λογαριθμοπεριοδικών παραμέτρων, ως προς την συμπεριφορά τους στο σύνολο του επιθυμητού φάσματος ακτινοβολίας.

Από τις πειραματικές μετρήσεις που προηγήθηκαν, καταλήξαμε ότι, το πιο αποδοτικό σύστημα που θα μπορούσε να “μεταφερθεί” πιο εύκολα, από το επίπεδο της προσομοίωσης σε αυτό των πραγματικών του φυσικών διαστάσεων, αποτέλεσε η τροποποιημένη Ground Plane Mounted Log Periodic Antenna (2.3.2.2.γ) με λογαριθμοπεριοδικές παραμέτρους όπως αυτές περιγράφονται στο Πίνακα 2.3 .

Η συνολική διάταξη που καλούμαστε να σχεδιάσουμε, όπως θα περιγραφεί λεπτομερώς στη συνέχεια του υπόψη Κεφαλαίου, συντίθεται ουσιαστικά από δύο μέρη. Το πρώτο μέρος, που αποτελεί και το σημαντικότερο τμήμα της όλης σχεδίασης, αποτυπώνει στην πράξη την τροποποιημένη Ground Plane Mounted Log Periodic Antenna. Το δεύτερο κομμάτι, αφορά την κλασσική LPDA που μελετήσαμε στο πρώτο Κεφάλαιο, και ως επί τον πλείστον απευθύνεται στο πεδίο των μεσαίων και υψηλών συχνοτήτων του επιθυμητού φάσματος, οπότε και οι φυσικές διαστάσεις των διπόλων είναι μικρότερες του 1m.

Στη συνέχεια αυτού του Κεφαλαίου, αφού αρχικά αναφερθούμε στο σχεδιασμό της Υβριδικής αυτής διάταξης (*HLPA, όπως θα αποκαλείται εφεξής*) με ταυτόχρονη απεικόνιση της υπό κλίμακα και καθορισμό των αναγκαίων υλικών, θα παρουσιαστεί η τελική της κατασκευή, σε φυσικές διαστάσεις, η οποία θα δύναται να τοποθετηθεί επί του καθορισμένου οχήματος για μετέπειτα εκμετάλλευση της.

3.1 Σχεδίαση της HLPDA

Αναφορικά με την σχεδίαση της υπό κατασκευή HLPDA, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη την δυνατότητα άμεσης ανάπτυξης της διάταξης, μέσω της κίνησης του τηλεσκοπικού ιστού, πάνω στον οποίο και θα συνδεθεί.

Ουσιαστικά, επιθυμούμε το πρώτο κομμάτι της διάταξης, που αποτελεί την τροποποιημένη Ground Plane Mounted LPA, να είναι μόνιμα τοποθετημένο επί του οχήματος, συμπυγμένο κατά την κίνηση του ενώ θα ξεδιπλώνεται κατά την ανάπτυξη του ιστού. Το κομμάτι αυτό της διάταξης δεν θα είναι πλήρως συμπαγές, λεπτομέρειες στην Παρατήρηση α.2 της παρούσας παραγράφου, εν αντιθέσει με το έτερο κομμάτι που θα αποτελεί την LPDA και το οποίο θα μπορεί να αφαιρείται, κατά την κίνηση του οχήματος, με δυνατότητα αποθήκευσης επί της οροφής του.

Επιπρόσθετα, κάτω από το τμήμα της τροποποιημένη Ground Plane Mounted LPA, θα τοποθετηθεί κατάλληλο μεταλλικό δίκτυο, με δυνατότητα αφαίρεσης κατά την μη χρήση της κεραίας, που θα προσομοιάζει επί της ουσίας, το ρόλο του επίπεδου γείωσης. Στο κεφάλαιο αυτό, αρχικά, θα παρουσιαστούν κάποια σχήματα και υπολογισμοί – μετρήσεις, σύμφωνα με τις παρατηρήσεις (ή/και παραδοχές) α και β αντίστοιχα, που ακολουθούν :

Παρατηρήσεις : α. Στα σχήματα αυτά εμφανίζονται, για τα εκάστοτε υλικά της κατασκευής, τα σχετικά γεωμετρικά στοιχεία τους, όπως :

1. Οι ορθογωνικής διατομής αλουμινένιοι ράβδοι (θα χρησιμοποιηθούν τέτοιας γεωμετρίας ράβδοι αντί των κυλινδρικής διατομής μπρούτζινων ράβδων που χρησιμοποιήθηκαν στην απεικόνιση της τροποποιημένη Ground Plane Mounted), πάνω στους οποίους θα τοποθετηθούν τα σταθερά μεταλλικά μέρη (θα εξηγηθεί εν συνεχεία το κομμάτι αυτό της διάταξης) των στοιχείων (για τα μονόπολα) αλλά και τα δίπολα της LPDA, θα δίνονται στην μορφή Πάχος ή Ύψος (mm) x Πλάτος (mm) x Μήκος (mm). Τονίζεται ότι η μεγάλη διάσταση του ορθογωνίου θα αντιστοιχεί στο Πάχος ή Ύψος.

2. Τα κυλινδρικής διατομής σταθερά μεταλλικά μέρη των μονοπόλων, όπως και το υπόλοιπο κομμάτι αυτών με RG 58, καθώς και τα δίπολα της LPDA θα δίνονται στην μορφή Μήκος (mm) x Διατομή (mm).

Επισημαίνεται ότι, τα μονόπολα της τροποποιημένη Ground Plane Mounted LPA αποτελούνται από δύο τμήματα κυλινδρικής διατομής. Το πρώτο, αφορά το σταθερό μεταλλικό μέρος, το οποίο προσδίδει στιβαρότητα στην κατασκευή ενώ το δεύτερο απαρτίζεται από μεταβλητού μήκους καλώδια RG 58 (*ανάλογα με το μήκος του μονοπόλου*) τα οποία και θα ακολουθούν την ανάπτυξη ή την σύμπτυξη του τηλεσκοπικού ιστού.

3. Οι διαστάσεις των οπών και σπειρωμάτων, όπου θα μπουν οι βίδες συγκράτησης των ορθογωνικής διατομής ράβδων, θα δίνονται στην μορφή Μήκος (mm) x Διατομή (mm).

β. Για τους διάφορους υπολογισμούς, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις (*επί του προβλεπόμενου οχήματος τοποθέτησης*) υπό τις παραδοχές/υποδείξεις, που περιγράφονται παρακάτω :

1. Το σύστημα των ορθογωνικής διατομής ράβδων, αποτελείται από 3 κομμάτια (*Ράβδος Οροφής - Ράβδος Καπό - Ράβδος LPDA*), προσαρμοσμένα στις διαστάσεις που μας δίνει το όχημα τοποθέτησης.

Κατόπιν τούτου, το πρώτο κομμάτι αντιστοιχεί στο τμήμα της διαθέσιμης προς εκμετάλλευσης οροφής, το δεύτερο κομμάτι έχει μήκος όσο είναι η απόσταση μεταξύ του παρμπρίζ (*πέρασ οροφής*) και του προφυλακτήρα του οχήματος ενώ το τελευταίο κομμάτι, ουσιαστικά αφορά το μήκος της LPDA και αναφέρεται την περιοχή εμπροσθεν του προφυλακτήρα (*μεταβλητό μήκος - θα εξηγηθεί στο 3.1β.3.* Επομένως, κατόπιν μετρήσεων προέκυψαν τα κάτωθι :

α) Μήκος Οροφής : 2,01 m ή 2010 mm. Η Ράβδος Οροφής έχει μήκος, όσο και το διαθέσιμο προς εκμετάλλευση μήκος οροφής (2010 mm)

β) Μήκος Παρμπρίζ-Προφυλακτήρα : 1,64m ή 1640mm. Η Ράβδος Καπό επομένως θα έχει μήκος 1640mm,

γ) Συναφώς το μήκος της LPDA, ορίζεται σε κάτι περισσότερο από 619,5 +4 mm, όπου τα 4 mm αφορούν το μισό της διαμέτρου του τελευταίου

στοιχείου της διάταξης. Λεπτομέρειες για τον υπολογισμό αυτού του μήκους (623,5) δίνονται στην παράγραφο 3.1.1, Πίνακας 3.2.

Επισημαίνεται ότι η μέτρηση του μήκους της οροφής ξεκινάει από το σημείο που τελειώνει το κυλινδρικό "δακτυλίδι" του τοποθετημένου ιστού (απόσταση κυλινδρικής επιφάνειας ιστού με πέρασ δακτυλιδιού σχεδόν 50 mm - σημειώνεται στο Σχήμα 3.6).

2. Κατά της σχεδίαση έχει γίνει η υπόθεση ότι, οι ορθογωνικής διατομής ράβδοι είναι κούφιοι με πάχος τοιχώματος στα 2 ή 1,5 mm. Οπότε σε κάθε διάσταση Πάχους ή Ύψους που θα δίνεται, αυτή θα απαρτίζεται από το συνολικό πάχος τοιχωμάτων που είναι 4 ή 3 mm και το λοιπό κούφιο κομμάτι. Αντίστοιχα και για το Πλάτος (Πλάτος κούφιου κομματιού= Συνολικό Πλάτος – 4 ή 3 mm).

3. Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως, το κομμάτι της LPDA είναι μεταβλητού μήκους και σίγουρα μεγαλύτερο των 623,5 mm. Το γεγονός αυτό οφείλεται στους εξής δύο λόγους :

α) Όπως αναφέρεται στο Κεφάλαιο 2, θα τοποθετηθεί ένας τοροειδής 1:4 balun μεταξύ του καλωδίου τροφοδοσίας και των ορθογωνικής διατομής ράβδων. Οπότε θα πρέπει να προβλέψουμε το απαιτούμενο μήκος τοποθέτησης του Μ/Σ.

β) Αναφορικά με την σχεδίαση έχουν γίνει οι κάτωθι υποθέσεις :

1) Το πρώτο στοιχείο (ουσιαστικά το κέντρο του μακρύτερου μονοπόλου) έχει τοποθετηθεί σε απόσταση 14 mm από την αρχή της ορθογωνικής διατομής Ράβδου Οροφής και κατ' επέκταση σε απόσταση 64 mm από τον ιστό.

2) Οι προβλεπόμενες αποστάσεις (D_{n-n+1}) μεταξύ των στοιχείων ορίζονται, από το κέντρο του μεγαλύτερου στοιχείου μέχρι το κέντρο του αμέσως μικρότερου.

4. Τα σταθερά μεταλλικά στοιχεία των πρώτων 4 μονοπόλων (l1-l4) έχουν μήκη (ύψη) 340 mm (300 mm άνω της Ράβδου Οροφής και 40 mm στο εσωτερικό της) με διάμετρο 8 mm (ξεχωρίζει στην σχεδίαση από το υπόλοιπο κομμάτι του RG 58 διαμέτρου 5 mm), ενώ τα λοιπά 7 (l5-l11) μονόπολα αποτελούνται από σταθερά μεταλλικά στοιχεία μήκους 330mm (310 mm άνω της Ράβδου Καπό και 20

mm στο εσωτερικό της) με αντίστοιχη διαμέτρου. Στα Σχήματα 3.6, 3.8 και 3.10 φαίνονται τα μεγέθη αυτά – κίτρινα μήκη στοιχείων.

Η διαφορά αυτή (σταθερά μεταλλικά στοιχεία των 300 ή 310mm άνω των ράβδων) έχει να κάνει με την διαφορά του Πάχους (ή Ύψους) των ορθογωνικής διατομής ράβδων όπου τοποθετούνται, έτσι ώστε η κατασκευή να διατηρήσει μια ομοιομορφία.

Επιπρόσθετα, λόγω αυτής της διαφοράς του Πάχους των ορθογωνικής διατομής ράβδων, απαιτείται στα 7 μονόπολα I5 - I11 να τοποθετηθεί επιπρόσθετα ένα μεταβλητού μήκους μονωτικό υλικό ώστε να εξασφαλιστεί η περίδεση των μονοπόλων στο επιθυμητό μήκος προκειμένου να εξασφαλιστεί η επιδιωκόμενη γωνία των 30°.

Γενικά στα Σχήματα διαστασιολόγησης, το κίτρινο αποτελεί την σταθερή κατασκευή, το πράσινο την LPDA ενώ το μπλε το υπόλοιπο μήκος των μονοπόλων (RG-58). Επιπρόσθετα, με κόκκινο και άνω των μονοπόλων (απαιτείται αρκετή εστίαση επί των Σχημάτων) φαίνονται οι μονωτικές συνδέσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω ενώ στο εσωτερικό των Ράβδων Οροφής, Καπό και LPDA απεικονίζεται η διασύνδεση αυτών (ανά δύο μεταξύ τους).

5. Αυθαίρετα στις εικόνες φαίνεται ότι οι ορθογωνικής διατομής ράβδοι είναι τοποθετημένοι ελάχιστα πιο πάνω από την επιφάνεια του κυλινδρικού δακτυλίου του ιστού.

Όπως προκύπτει από την επιτόπου εξέταση του οχήματος, θα απαιτηθεί η ανύψωση της όλης διάταξης σχεδόν 300 - 400mm από την επιφάνεια της οροφής, προς αποφυγή εμποδίων που βρίσκονται μόνιμα τοποθετημένα επί αυτής. Το γεγονός αυτό δεν επηρεάζει τους υπολογισμούς μας καθώς το μήκος του μονωτικού που θα απαιτηθεί για την ανάπτυξη της κεραίας θα οριστεί επιτόπου κατά την τοποθέτηση.

6. Το μήκος διασύνδεσης των ορθογωνικής διατομής Ράβδων ορίζεται στα 200mm (100 mm ανά ράβδο), και γίνεται με 4 βίδες.

Η διασύνδεση των Ράβδων Οροφής και Καπό γίνεται με 2 βίδες >40mm x 5mm και άλλες δύο >20mm x 5mm (στα Σχήματα 3.6,3.8 και 3.11β φαίνεται η

διάσταση της οπής, επισημαίνεται ότι η τοποθέτηση των βιδών δύναται να γίνει εναλλακτικά στην διάσταση του πλάτους) ενώ μεταξύ των Ράβδων Καπό και LPDA θα χρειαστούμε 4 βίδες >20mm x 5mm (στα Σχήματα 3.6, 3.8 και 3.12.β, φαίνεται η διάσταση της οπής)

7. Για την συγκράτηση των Ράβδων Οροφής με Καπό θα απαιτηθούν, δυο συμπαγή κομμάτια αλουμινίου μήκους 200 mm με την εξής διαμόρφωση : για την Ράβδο Οροφής 35mm x 15mm x 100mm, ενώ για το Καπό 16mm x 6,5 x100mm. Αντίστοιχα, για την συγκράτηση των Ράβδων Καπό με την LPDA θα απαιτηθούν δυο συμπαγή κομμάτια αλουμινίου μήκους 200 mm με την εξής διαμόρφωση : για την Ράβδο Καπό 16mm x 6,5mm x 100mm όπως και για την LPDA ανάλογες διαστάσεις (16mm x 6,5 x100mm).

8. Η απόσταση μεταξύ των δύο ορθογωνικής διατομής ράβδων ορίστηκε στα 5 mm (Σχήμα 3.11.β), εντός της οποίας, στο κομμάτι της τροποποιημένη Ground Plane Mounted LPA θα τοποθετηθεί κατάλληλο διηλεκτρικό υλικό.

3.1.1 Υπολογισμός Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.

1. Αρχικά θα κάνουμε χρήση τριών διαφορετικών ειδών Ορθογωνικής Διατομής Ράβδων με τα εξής γεωμετρικά στοιχεία :

α) Ράβδος Άνωθεν Οροφής (Ράβδος Οροφής) : 40mm x 20mm x 2010mm

β) Ράβδος Άνωθεν Καπό (Ράβδος Καπό) : 20mm x 10mm x 1640mm

γ) Ράβδος LPDA : 20mm x 10mm x > 623,5 mm (επιλέγει 675mm για εξυπηρέτηση της ανάγκης που περιγράφεται στην παρ. 3.1β.3.α).

2. Σύμφωνα με τις αποστάσεις που θα πρέπει να έχουν τα στοιχεία μεταξύ τους, όπως Πίνακα 3.2, στο μήκος της πρώτης ράβδου (οροφής), δύναται να τοποθετηθούν τα πρώτα 4 μονόπολα (ℓ1 - ℓ4).

Αντίστοιχα στην δεύτερη ράβδο δύναται να τοποθετηθούν 7 μονόπολα (ℓ5 - ℓ11).

Οπότε στην Ράβδο της LPDA θα τοποθετηθούν τα λοιπά 11 δίπολα (ℓ12 -ℓ22).

3. Στον Πίνακα 3.1 που ακολουθεί, παρουσιάζονται τα μήκη των στοιχείων ανά ράβδο που θα χρησιμοποιηθούν.

Element	Length (m) Dipole		Length (m) Monopole	Length (mm) Monopole	Length (mm) Al of Monopole	Length (mm) RG-58	Παρ/σεις
(α)	(β)	(γ)	(δ)	(ε)	(στ)	(ζ)	(η)
1	ℓ1	5,08	2,54	2540,61	340,00	2240,61	Ράβδος Οροφής
2	ℓ2	4,32	2,16	2159,52	340,00	1859,52	
3	ℓ3	3,67	1,84	1835,59	340,00	1535,59	
4	ℓ4	3,12	1,56	1560,25	340,00	1260,25	
5	ℓ5	2,65	1,33	1326,22	330,00	1016,22	Ράβδος Καπό
6	ℓ6	2,25	1,13	1127,28	330,00	817,28	
7	ℓ7	1,92	0,96	958,19	330,00	648,19	
8	ℓ8	1,63	0,81	814,46	330,00	504,46	
9	ℓ9	1,38	0,69	692,29	330,00	382,29	
10	ℓ10	1,18	0,59	588,45	330,00	278,45	
11	ℓ11	1,00	0,50	500,18	330,00	190,18	
12	ℓ12	0,85	0,43	425,15	445,15	Ράβδος LPDA	
13	ℓ13	0,72	0,36	361,38	381,38		
14	ℓ14	0,61	0,31	307,17	327,17		
15	ℓ15	0,52	0,26	261,10	281,10		
16	ℓ16	0,44	0,22	221,93	241,93		
17	ℓ17	0,38	0,19	188,64	208,64		
18	ℓ18	0,32	0,16	160,35	180,35		
19	ℓ19	0,27	0,14	136,29	156,29		
20	ℓ20	0,23	0,12	115,85	135,85		
21	ℓ21	0,20	0,10	98,47	118,47		
22	ℓ22	0,17	0,08	83,70	103,70		

Πίνακας 3.1 : Υπολογισμός Μηκών Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.

Για παράδειγμα, το στοιχείο ℓ_1 (το μακρύτερο μονόπολο της διάταξης) έχει συνολικό μήκος 2540,61mm [στήλη (ε)]. Από αυτά τα 300 αποτελούν την σταθερή κατασκευή από αλουμίνιο [στην στήλη (στ) το μήκος 340mm που παρουσιάζεται, αναφέρεται στο άθροισμα των 300 mm, που αποτελούν μέρος του μονοπόλου και στα 40 mm εντός της Ράβδου Οροφής που τοποθετείται το στοιχείο για την συγκράτηση του επί της διάταξης] ενώ τα λοιπά 2240,61 mm θα είναι από καλώδιο RG-58 [στήλη (ζ)].

Ομοίως το στοιχείο ℓ_5 (το πρώτο μονόπολο της Ράβδου Καπό) έχει συνολικό μήκος 1326,22 mm. Από αυτά τα 310 (όπως εξηγήθηκε στην παράγραφο 3.1.β.4.) αποτελούν την σταθερή κατασκευή από αλουμίνιο [αναφορικά με την Ράβδο Καπό στη στήλη (στ) το μήκος 330mm που παρουσιάζεται, αναφέρεται στο άθροισμα των 310 mm, που αποτελούν μέρος του μονοπόλου και στα 20 mm εντός της Ράβδου Καπού που τοποθετείται το στοιχείο για την συγκράτηση του επί της διάταξης] ενώ τα λοιπά 1016,22 mm θα είναι από καλώδιο RG-58.

Τέλος, τα στοιχεία $\ell_{12} - \ell_{22}$, που απαρτίζουν την LPDA, αποτελούνται αποκλειστικά από αλουμίνιο. Τα Στοιχεία αυτά είναι δίπολα με το μήκος του κάθε μονόπολου [στήλη (στ)] να προκύπτει από το άθροισμα της στήλης (ε) με το Πάχος της Ράβδου LPDA (που είναι 20 mm).

4. Προς διευκόλυνση της περιγραφής του τρόπου τοποθέτησης των στοιχείων επί των ράβδων, θεωρούμε ότι η διάταξη αποτελείται από δύο υποσυγκροτήματα. Ως υποσυγκρότημα 1 ορίζεται το σύνολο των ράβδων που είναι στα δεξιά μας, όταν παρατηρούμε την διάταξη από εμπρός, ενώ ως υποσυγκρότημα 2, καλείται το αριστερό σύνολο των ράβδων. Η τοποθέτηση των στοιχείων πάνω στις Ράβδους Οροφής και Καπό γίνεται εναλλάξ, με το μακρύτερο μονόπολο να τίθεται πάνω από το υποσυγκρότημα 1. Συνεπώς, το τελευταίο στοιχείο της Ράβδου Καπό (ℓ_{11}), θα τοποθετηθεί και αυτό στο υποσυγκρότημα 1. Αναφορικά με την LPDA, ακολουθείται η ίδια διαδικασία εναλλαγής, τοποθετώντας αρχικά το ℓ_{12} δίπολο με τρόπο ώστε το μονόπολο που “κοιτάει” προς τα πάνω να βρίσκεται στο υποσυγκρότημα 2 ενώ το μονόπολο που “κοιτάει” προς τα κάτω στο υποσυγκρότημα 1. Ολοκληρώνοντας την τοποθέτηση των στοιχείων, το κοντύτερο ℓ_{22} δίπολο διατάσσεται με τον ίδιο τρόπο, όπως και το ℓ_{12} . Λεπτομέρειες του τρόπου τοποθέτησης φαίνονται στον Πίνακα 3.2, στήλη (ια).

Element	Length (m) Dipole	Spacing (mm)		Απόσταση Από Αρχή Κατασκευής (mm) Αρχή Στοιχείου	Απόσταση Από Αρχή Κατασκευής (mm) Κέντρο Στοιχείου	Απόσταση Από Αρχή Κατασκευής (mm) Πέρας 2 τοιχείου	Απόσταση Ανα Ράβδο Κατασκευής (cm) Αρχή Στοιχείου	Απόσταση Ανα Ράβδο Κατασκευής (cm) Κέντρο Στοιχείου	Απόσταση Ανα Ράβδο Κατασκευής (cm) Πέρασ Στοιχείου	Αντιστοίχο Υποσύνολο 1: δέξ., 2: απ.	Spacing Ανά Υπόσ.	Απόσταση Από Αρχή (κέντρο) Κατασκευής (mm) ανά Υποσύνολο	Απόσταση Από Αρχή (κέντρο) Κατασκευής (cm) ανά Υποσύνολο
		(δ)	(ε)										
1	ℓ1		10,00	14,00	18,00	1,00	1,40	1,80	Υποσ 1, πάνω		(ιβ)	14,00	1,40
2	ℓ2	D1-2	660,07	674,07	678,07	67,01	67,41	67,81	Υποσ 2, πάνω	D1-2	D1-2	674,07	67,41
3	ℓ3	D2-3	561,06	1231,13	1239,13	123,11	123,51	123,91	Υποσ 1, πάνω	D1-3	D1-3	1221,13	122,11
4	ℓ4	D3-4	476,90	1708,03	1712,03	170,80	171,20	171,60	Υποσ 2, πάνω	D2-4	D2-4	1037,96	103,80
5	ℓ5	D4-5	405,37	2113,40	2117,40	10,34	10,74	11,14	Υποσ 1, πάνω	D3-5	D3-5	882,27	88,23
6	ℓ6	D5-6	344,56	2457,96	2461,96	44,80	45,20	45,60	Υποσ 2, πάνω	D4-6	D4-6	749,93	74,99
7	ℓ7	D6-7	292,88	2750,84	2754,84	74,08	74,48	74,88	Υποσ 1, πάνω	D5-7	D5-7	637,44	63,74
8	ℓ8	D7-8	248,95	2999,78	3003,78	98,98	99,38	99,78	Υποσ 2, πάνω	D6-8	D6-8	541,82	54,18
9	ℓ9	D8-9	211,60	3211,39	3215,39	120,14	120,54	120,94	Υποσ 1, πάνω	D7-9	D7-9	460,55	46,05
10	ℓ10	D9-10	179,86	3391,25	3395,25	138,12	138,52	138,92	Υποσ 2, πάνω	D8-10	D8-10	391,47	39,15
11	ℓ11	D10-11	152,88	3534,13	3538,13	152,41	152,81	153,21	Υποσ 1, πάνω	D9-11	D9-11	332,75	33,27
12	ℓ12	D11-12	129,95	3664,08	3668,08	1,41	1,81	2,21	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω	Σημαντικά Μήκη			
13	ℓ13	D12-13	110,46	3774,54	3778,54	12,45	12,85	13,25	Υποσ 1, πάνω Υποσ 2, κάτω	Περίθ. Οροφ		2010,00	
14	ℓ14	D13-14	93,89	3868,43	3872,43	21,84	22,24	22,64	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω	Περίθ. Κατό		1640,00	3650,00
15	ℓ15	D14-15	79,81	3948,24	3952,24	29,82	30,22	30,62	Υποσ 1, πάνω Υποσ 2, κάτω	Περίθ. LPDA		675,00	4325,00
16	ℓ16	D15-16	67,84	4016,07	4020,07	36,61	37,01	37,41	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω	1 Connection		1910,00	2110,00
17	ℓ17	D16-17	57,66	4073,73	4077,73	42,37	42,77	43,17	Υποσ 1, πάνω Υποσ 2, κάτω	2 Connection		3550,00	3750,00
18	ℓ18	D17-18	49,01	4122,74	4126,74	47,27	47,67	48,07	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω			201,00	
19	ℓ19	D18-19	41,66	4164,40	4168,40	51,44	51,84	52,24	Υποσ 1, πάνω Υποσ 2, κάτω			164,00	365,00
20	ℓ20	D19-20	35,41	4199,81	4203,81	54,98	55,38	55,78	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω			67,50	432,50
21	ℓ21	D20-21	30,10	4229,91	4233,91	57,99	58,39	58,79	Υποσ 1, πάνω Υποσ 2, κάτω			191,00	211,00
22	ℓ22	D21-22	25,58	4255,50	4259,50	60,55	60,95	61,35	Υποσ 2, πάνω Υποσ 1, κάτω			355,00	375,00

Πίνακας 3.2 : Υπολογισμός Αποστάσεων Μονοπόλων - Διπόλων ανά Κομμάτι Ορθογωνικής Διατομής Ράβδου.

Επιπρόσθετα στο Πίνακα 3.2, παρουσιάζονται οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών στοιχείων [*ανεξαρτήτως υποσυγκροτήματος, στήλη (δ)*], ενώ για τα στοιχεία των Ράβδων Οροφής και Καπό, στις στήλες (ιγ) και (ιδ), φαίνονται οι αποστάσεις μεταξύ διαδοχικών στοιχείων ανά υποσυγκρότημα σε mm και cm αντίστοιχα.

Στην στήλη (στ) φαίνεται το σημείο τοποθέτησης (*σε σχέση με την αρχή της διάταξης*) του κέντρου των στοιχείων διαμέτρου 8 mm, ενώ στην στήλη (θ), εξετάζεται η απόσταση των στοιχείων από την αρχή της κάθε ράβδου χωριστά. Τέλος, στο δεύτερο τμήμα των στηλών (ιβ) έως (ιδ) παρουσιάζονται τα μήκη των τριών ράβδων, όπως και τα σημεία που ορίζουν τα τμήματα διασύνδεσης αυτών.

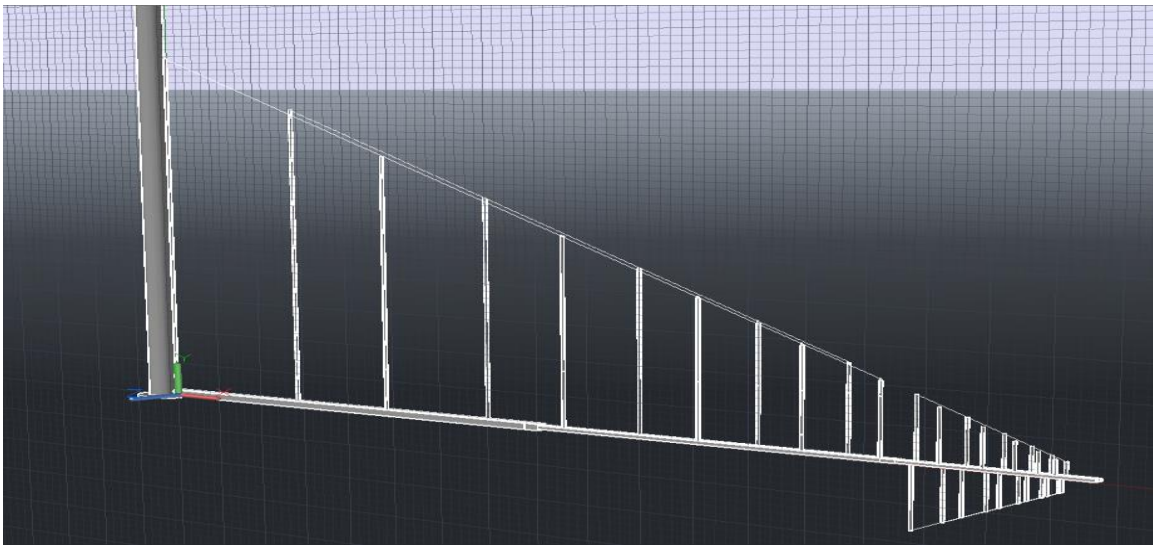
Πιο συγκεκριμένα, οι Ράβδοι Οροφής και Καπό θα ενωθούν στο διάστημα από 1910mm – 2110mm (*όλες οι αποστάσεις των διασυνδέσεων υπολογίζονται με αφετηρία την αρχή της διάταξης*). Συναφώς, θα πρέπει να εξετάσουμε αν μέσα σε αυτό το διάστημα έχει οριστεί η τοποθέτηση κάποιου μονόπολου. Όπως φαίνεται στην στήλη (ζ), το τελευταίο στοιχείο της Ράβδου Οροφής (ℓ4) έχει τοποθετηθεί ως το σημείο 1716,03mm (*άρα πριν το κάτω όριο των 1910 mm*), ενώ το πρώτο στοιχείο της Ράβδου Καπό (ℓ5) τοποθετείται στη θέση 2113,40mm που είναι πέρα του άνω ορίου των 2110mm. Το γεγονός ότι κανένα στοιχείο δεν βρίσκεται μέσα στο όριο του διαστήματος διασύνδεσης, μας δίνει το πλεονέκτημα, να αποφασίσουμε εμείς σε ποια από τις δύο ράβδους θα βρίσκεται μόνιμα το συμπαγές κομμάτι αλουμινίου που περιγράφηκε στην παράγραφο 3.1.β.7 και παίζει το ρόλο του προσαρμογέα. Για λόγους που αφορούν την μορφολογία του οχήματος τοποθέτησης, επιλέγεται η τοποθέτηση του στη Ράβδο Καπό.

Η σύνδεση των Ράβδων Καπό και LPDA ορίζεται στο διάστημα από 3550mm – 3750 mm. . Όπως παρουσιάζεται στην στήλη (ζ), το τελευταίο στοιχείο της Ράβδου Καπό (ℓ11) έχει τοποθετηθεί ως το σημείο 3542,13 (*άρα πριν το κάτω όριο των 3550 mm*). Αντιθέτως, το πρώτο στοιχείο της LPDA (ℓ12), με κέντρο το σημείο 3668,08 mm, βρίσκεται πριν το άνω όριο των 3750mm [*όπως φαίνεται στην στήλη (ε) το δεύτερο στοιχείο της LPDA, τοποθετείται μετά από το άνω όριο*]. Στην περίπτωση αυτής της σύνδεσης, είμαστε υποχρεωμένοι να τοποθετήσουμε μόνιμα τον προσαρμογέα στην LPDA, ενώ απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή καθώς το στοιχείο ℓ12 θα πρέπει να τοποθετηθεί μέσα από το συμπαγές κομμάτι 16mm x 6,5mm x 100mm

3.1.2 Απεικόνιση Κεραίας – Οριζόντια και Κατακόρυφη Διαστασιολόγηση (σε Κλίμακες 1:1 και 1:100) – Τομές Ορθογωνικής Διατομής Ράβδων.

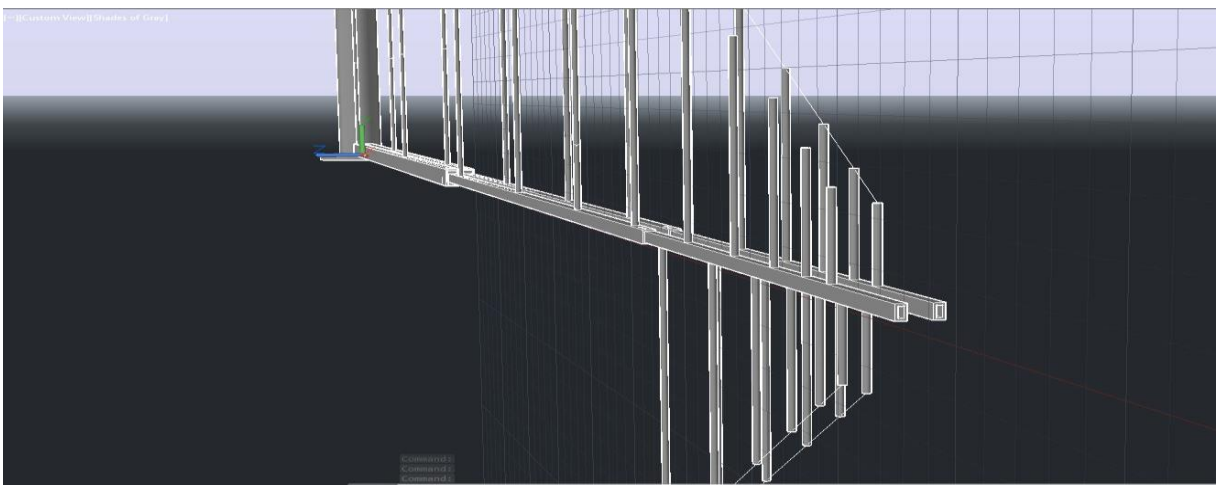
1. Τρισδιάστατη Απεικόνιση Κεραίας.

α. Πλάγια όψη, στο σύνολο της διάταξης.



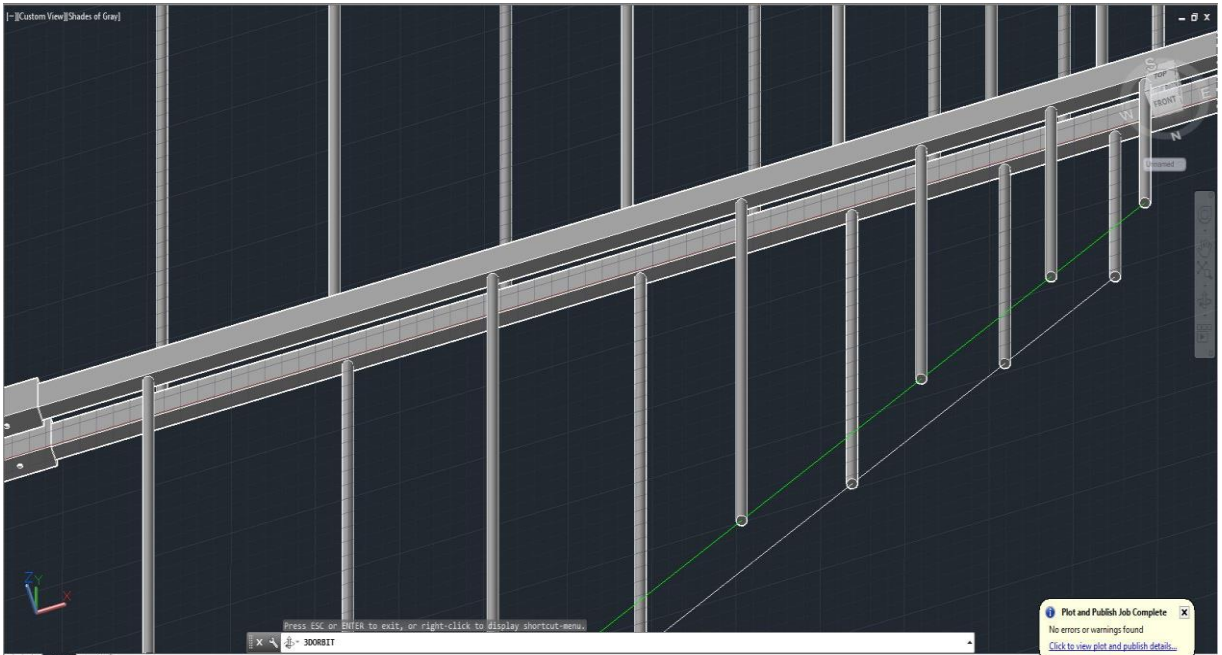
Σχήμα 3.1 : Πλάγια Όψη της HPLA.

β. Εμπρόσθια όψη της LPDA



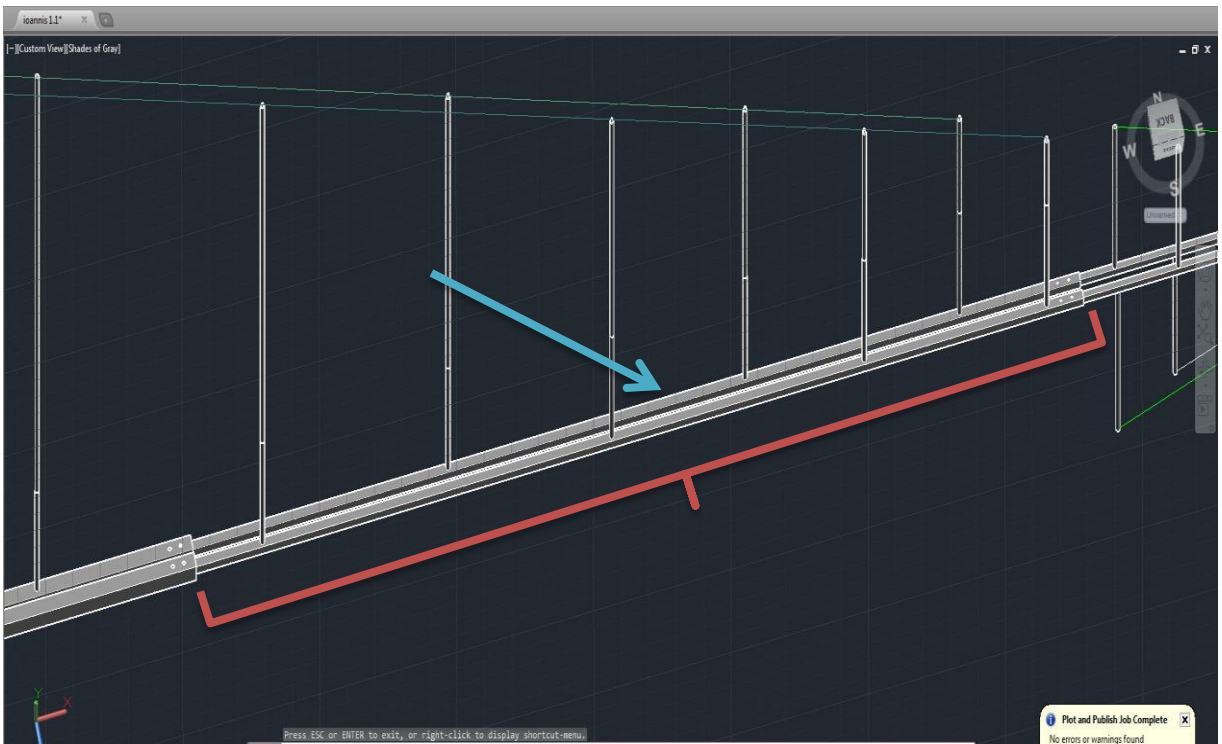
Σχήμα 3.2 : Εμπρόσθια Όψη της LPDA.

γ. Πλάγια όψη της LPDA



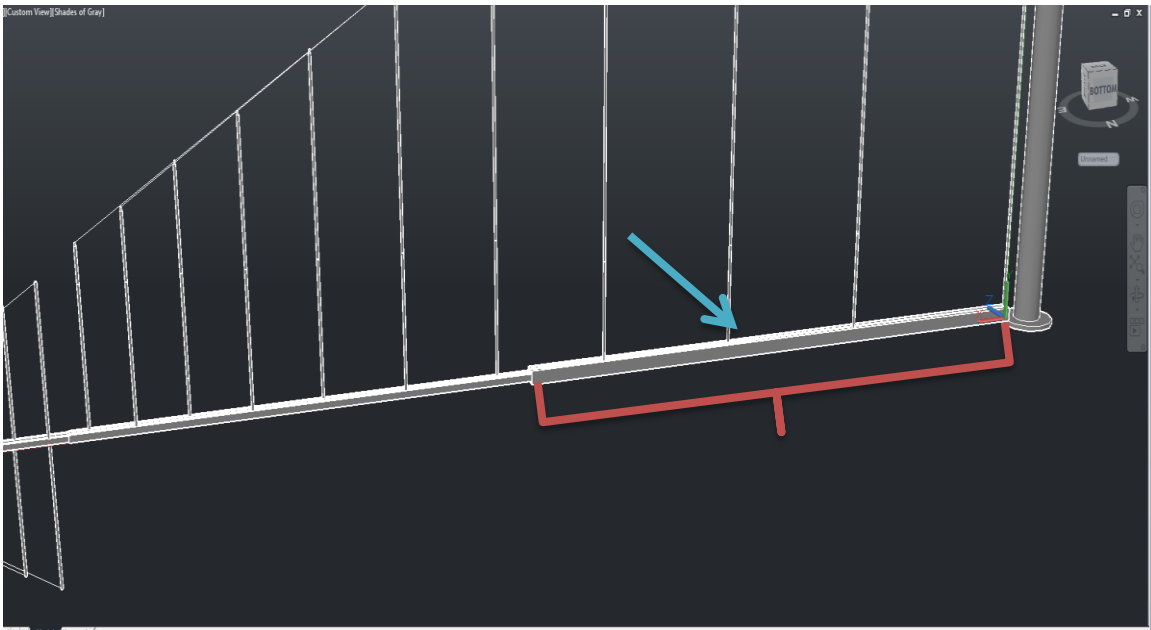
Σχήμα 3.3 : Πλάγια Όψη της LPDA.

δ. Πλάγια όψη των Ράβδων Καπτό



Σχήμα 3.4 : Πλάγια Όψη των Ράβδων Καπτό.

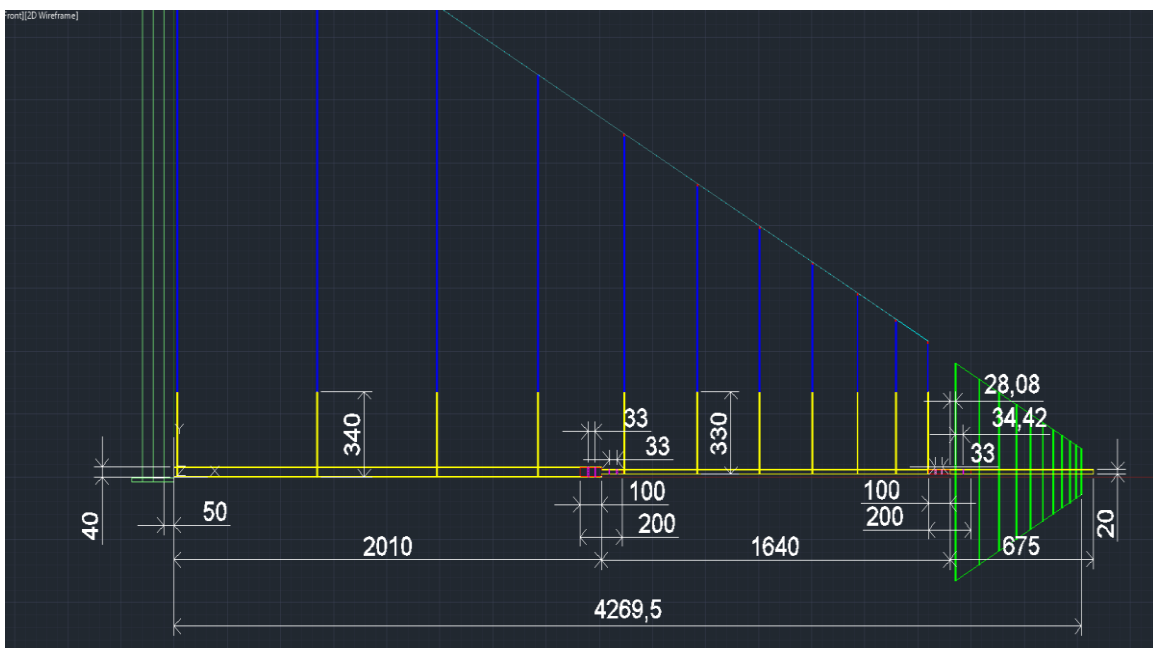
ε. Πλάγια όψη των Ράβδων Οροφής



Σχήμα 3.5 : Πλάγια Όψη των Ράβδων Οροφής.

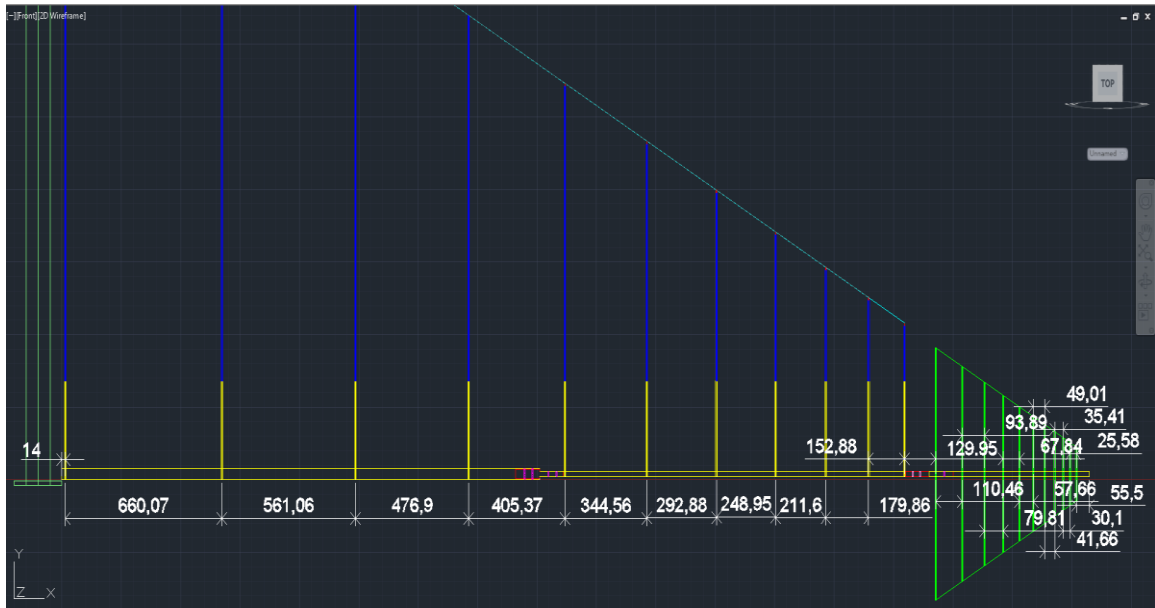
2. Διαστασιολόγηση ΗΛΡΑ

α. Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Ράβδων Ορθογωνικής. Διατομής



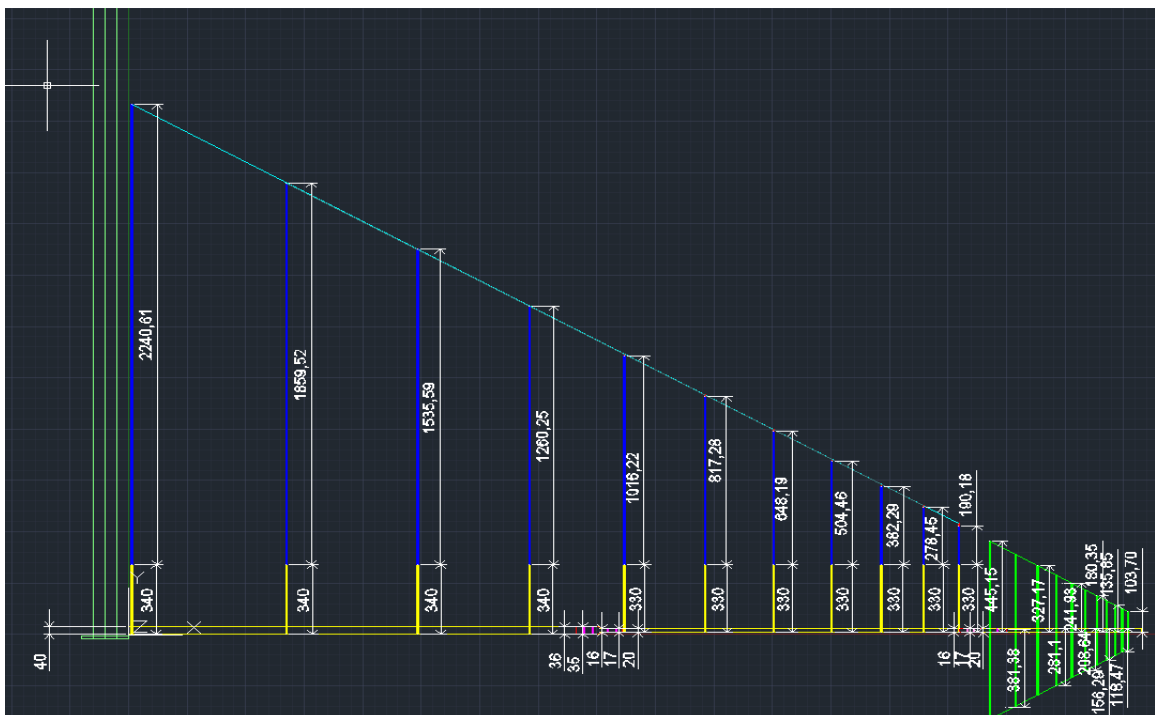
Σχήμα 3.6 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Ράβδων Ορθογωνικής. Διατομής.

β. Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Αποστάσεων μεταξύ Γειτονικών Μονοπόλων



Σχήμα 3.7 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Αποστάσεων μεταξύ Γειτονικών Μονοπόλων.

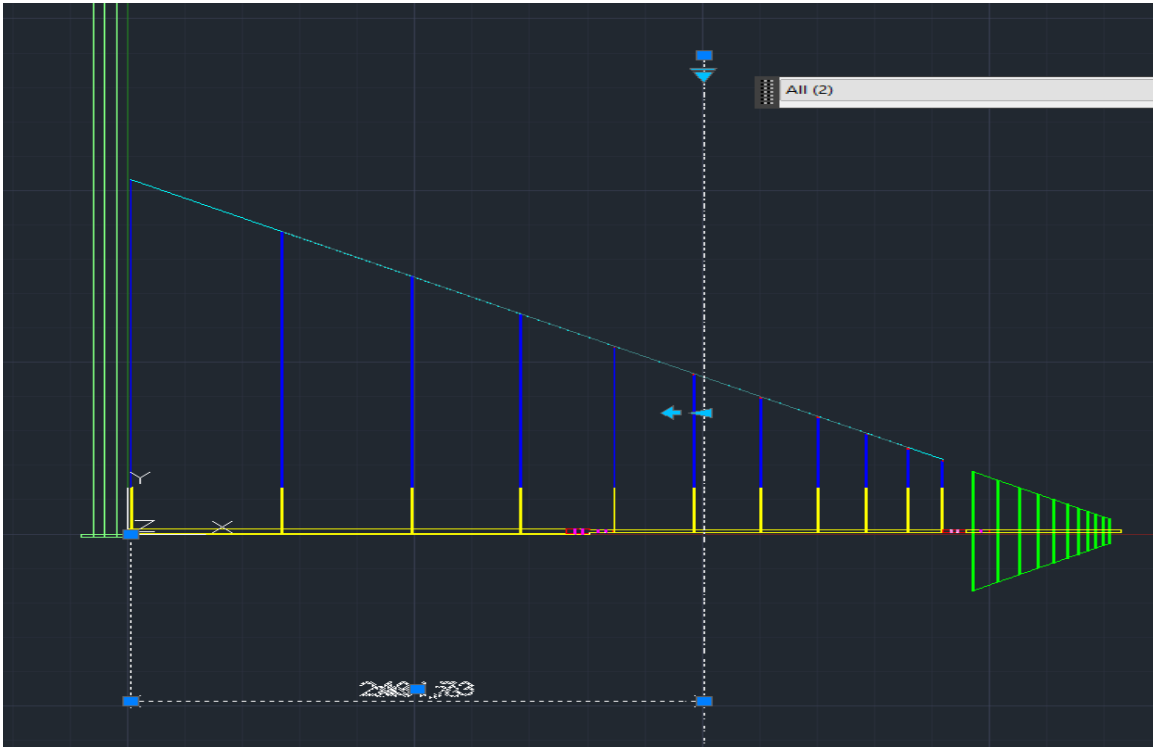
γ. Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Μηκών Μονοπόλων



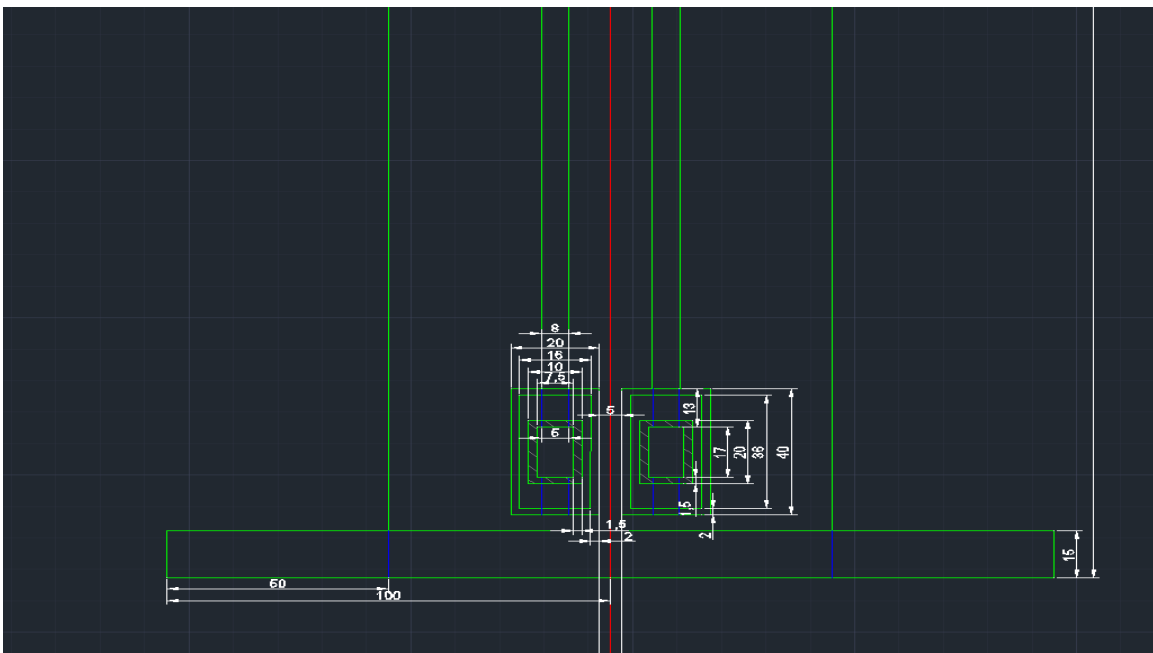
Σχήμα 3.8 : Κλίμακα 1:1, Διαστάσεις Μηκών Μονοπόλων

3. Τομές Ορθογωνικής Διατομής Ράβδων.

α. Τομή Ράβδων Οροφής με Καπό

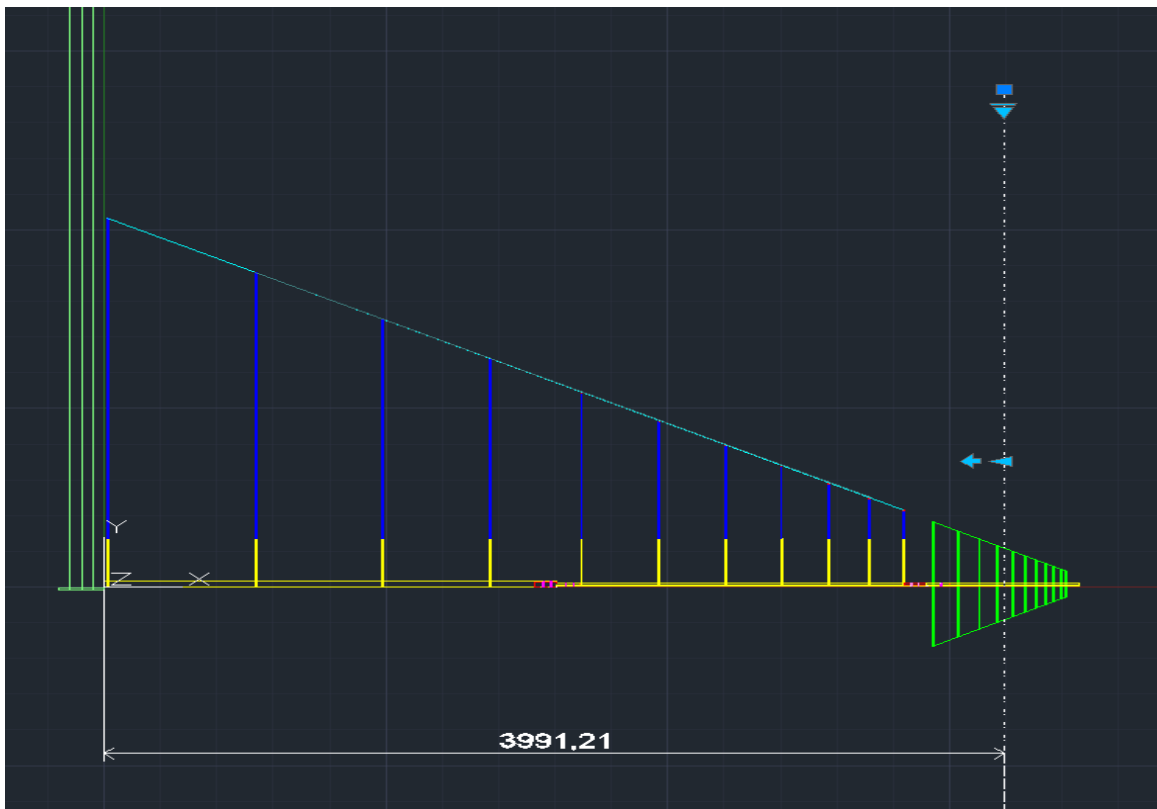


Σχήμα 3.11α : Τομή Ράβδων Οροφής με Καπό.

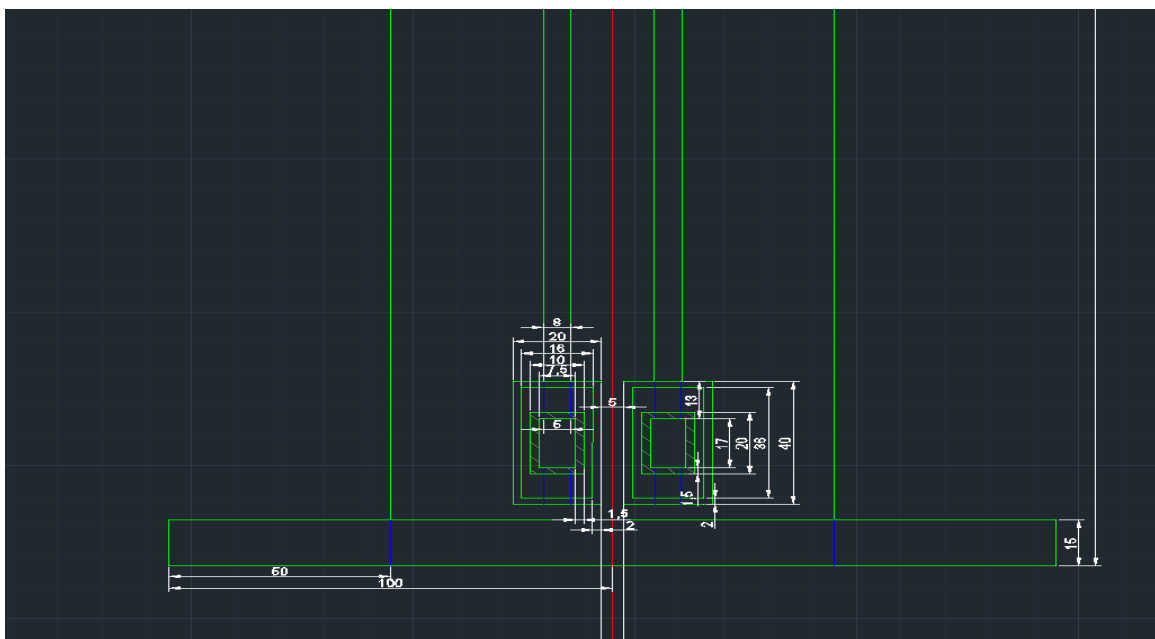


Σχήμα 3.11β : Τομή Ράβδων Οροφής με Καπό.

β. Τομή Ράβδων Καπτό με LPDA



Σχήμα 3.12α : Τομή Ράβδων Καπτό με LPDA.



Σχήμα 3.12 β: Τομή Ράβδων Καπτό με LPDA.

3.1.3 Συνοπτική Περιγραφή Αναγκαίων Υλικών, για την Κατασκευή της HHPA.

Στην παράγραφο αυτή θα παρουσιαστούν οι συνολικές μας ανάγκες σε υλικά για την ολοκλήρωση της κατασκευής. Τονίζεται, ότι το υλικό επιλογής για την κατασκευή του σταθερού σκελετού της κεραίας, είναι το αλουμίνιο, απόρροια του χαμηλού του σχετικού βάρους, γεγονός που θα διευκολύνει στην συνέχεια την τοποθέτηση της διάταξης επί του οχήματος επιλογής.

Συγκεντρωτικά, για το σταθερό κομμάτι της διάταξης απαιτούνται, οι κάτωθι ράβδοι ορθογωνικής (κούφιοι ή συμπαγείς και αφορούν τις Ράβδους Οροφής, Καπό, LPDA και τις συνδέσεις αυτών) και κυλινδρικής (μόνο συμπαγείς για τα δίπολα της LPDA και τα σταθερά κομμάτια μηκών 340 ή 330 mm των 11 μονοπόλων της τροποποιημένης *Ground Plane Mounted LPA*) διατομής.

1. Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι - Κούφιοι (Πάχος ή Ύψος mm x Πλάτος mm x Μήκος mm). **Συνολικά Απαιτούνται i) 40mm x 20mm x 4020mm**
ii) 20mm x 10mm x 4630mm.

α) 40mm x 20mm x 2010mm, τεμάχια 2 (τμήμα κεραίας πάνω από την οροφή του οχήματος).



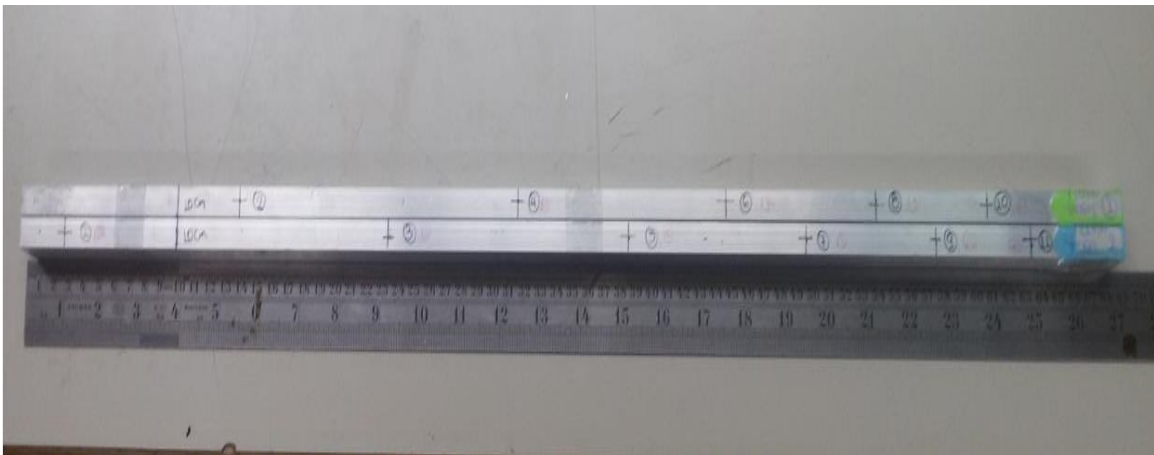
Σχήμα 3.13 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Οροφής Διάστασης 40mm x 20mm x 2010mm.

β) 20mm x 10mm x 1640mm, τεμάχια 2 (τμήμα κεραίας πάνω από το καπό του οχήματος).



Σχήμα 3.14 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Καπό Διάστασης 20mm x 10mm x 1640 mm.

γ) 20mm x 10mm x 675mm, τεμάχια 2 (τμήμα κεραίας έμπροσθεν καπό - LPDA).



Σχήμα 3.15 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι LPDA Διάστασης 20mm x 10mm x 675mm.

2. Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι - Συμπαγείς (Πάχος ή Ύψος mm x Πλάτος mm x Μήκος mm). **Συνολικά Απαιτούνται :** **i) 20mm x 10mm x 400mm**
ii) 40mm x 20mm x 400mm.

α) 40mm x 20mm x 200mm, τεμάχια 2 (για σύνδεση του τμήματος κεραίας πάνω από την οροφή του οχήματος με το τμήμα πάνω από το καπό).



Σχήμα 3.16 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Σύνδεσης Οροφής με Καπό Διάστασης 40mm x 20mm x 200mm.

β) 20mm x 10mm x 200mm, τεμάχια 2 (για σύνδεση του τμήματος κεραίας πάνω από το καπό του οχήματος με το τμήμα εμπροσθεν καπό - LPDA).

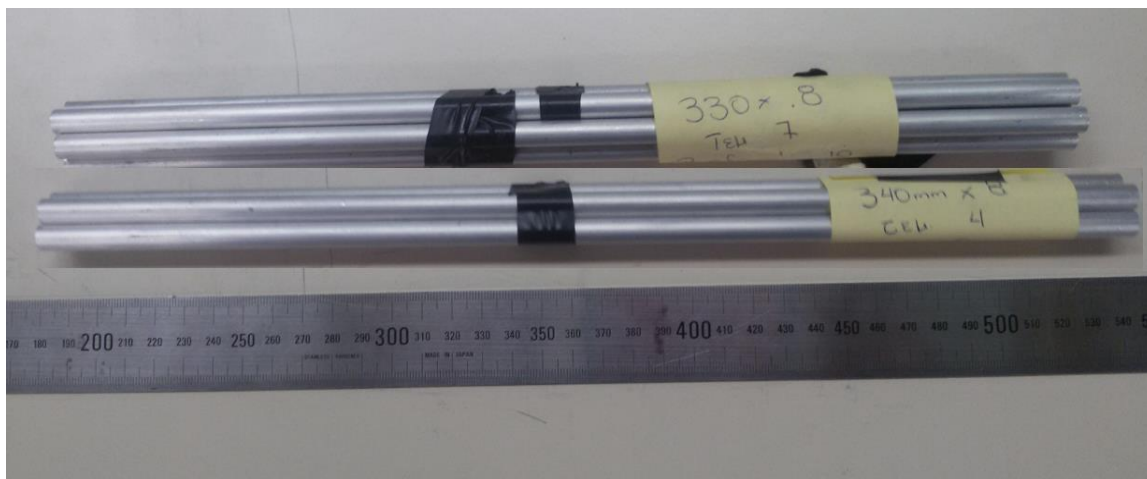


Σχήμα 3.17 : Ορθογωνικής Διατομής Ράβδοι Σύνδεσης Καπό με LPDA Διάστασης 20mm x 10mm x 200mm.

3. Κυλινδρικής Διατομής Ράβδοι - Συμπαγείς (Μήκος mm x Διάμετρος mm). **Συνολικά Απαιτούνται 8830,4mm x 8mm.**

α) 340mm [300+40 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου Οροφής)] x 8mm, τεμάχια 4 (σταθερό κομμάτι κεραίας πάνω από την οροφή).

β) 330mm [310+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου Καπτό)] x 8mm, τεμάχια 7 (σταθερό κομμάτι κεραίας πάνω από το καπτό του).



Σχήμα 3.18 : Κυλινδρικής Διατομής Ράβδοι Μονοπόλων Καπτό και Οροφής Διαστάσεων 340mm x 8mm και 330mm x 8mm Αντίστοιχα.

γ) 445,2mm [425,2+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (1ο Δίπολο LPDA, 12 στοιχείο διάταξης).

δ) 381,4mm [361,4+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (2ο Δίπολο LPDA, 13 στοιχείο διάταξης).

ε) 327,2mm [307,2+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (3ο Δίπολο LPDA, 14 στοιχείο διάταξης).

στ) 281,1mm [261,2+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (4ο Δίπολο LPDA, 15 στοιχείο διάταξης).

ζ) 241,9mm [221,9+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (5ο Δίπολο LPDA, 16 στοιχείο διάταξης).

η) 208,6mm [188,6+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (6ο Δίπολο LPDA, 17 στοιχείο διάταξης).

θ) 180,4mm [160,4+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (7ο Δίπολο LPDA, 18 στοιχείο διάταξης).

ι) 156,3mm [136,3+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (8ο Δίπολο LPDA, 19 στοιχείο διάταξης).

ια) 135,9mm [115,9+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (9ο Δίπολο LPDA, 20 στοιχείο διάταξης).

ιβ) 118,5mm [98,5+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (10ο Δίπολο LPDA, 21 στοιχείο διάταξης).

ιγ) 103,7mm [83,7+20 (λόγω σύνδεσης στο εσωτερικό της Ράβδου LPDA)] x 8mm, τεμάχια 2 (11ο Δίπολο LPDA, 22 στοιχείο διάταξης).



Σχήμα 3.19 : Κυλινδρικής Διατομής Ράβδοι Διπόλων της LPDA.

4. 13m καθόδους (RG-58).

5. 15m μονωτικού υλικού για την συγκράτηση - τέντωμα των μονοπόλων και της LPDA κατά την ανάπτυξη του τηλεσκοπικού ιστού.

6. Υλικά για τις συνδέσεις (βίδες, ακροδέκτες για την συγκράτηση των καθόδων με τις αλουμιένιες κυλινδρικές ράβδους και το μονωτικό υλικό).

3.2 Κατασκευή της ΗΛΡΑ σε Φυσικές Διαστάσεις.

Βήμα 1 : Συνδέσεις Ράβδων Ορθογωνικής Διατομής.

Για την σύνδεση των ράβδων Οροφής και Καπό θα απαιτηθεί ένας προσαρμογέας, Σχήμα 3.20, με διαμόρφωση για την Ράβδο Οροφής 35mm x 15mm x 100mm, ενώ για του Καπό 16mm x 6,5 x 100mm. Η συγκράτηση του στην ράβδο Καπό θα είναι μόνιμη, με χρήση δύο βιδών 5mm x 10mm (οι βίδες τοποθετούνται στην διάσταση του πάχους). Κατά την συναρμολόγηση της διάταξης, μέσω των προσαρμογέων, οι Ράβδοι Καπό θα συνδέονται με τις αντίστοιχες (ανά υποσυγκρότημα) Ράβδους Οροφής με δύο πεταλούδες αρσενικές διάστασης 5mm x 20 mm.



Σχήμα 3.20 : Προσαρμογέας Σύνδεσης Ράβδων Καπό με Οροφής.

Για την σύνδεση των ράβδων LPDA και Καπό θα απαιτηθεί ένας προσαρμογέας, Σχήμα 3.21, με διαμόρφωση για την Ράβδο Καπό 16mm x 6,5mm x 100mm όπως και για την LPDA ανάλογες διαστάσεις (16mm x 6,5 x 100mm). Η συγκράτηση του στην ράβδο LPDA θα είναι μόνιμη, με χρήση δύο βιδών 5mm x 10mm (οι βίδες τοποθετούνται στην διάσταση του πάχους). Κατά την συναρμολόγηση της διάταξης, μέσω των προσαρμογέων, οι Ράβδοι LPDA θα συνδέονται με τις αντίστοιχες (ανά υποσυγκρότημα) Ράβδους Καπό με δύο πεταλούδες αρσενικές διάστασης 5mm x 10 mm.



Σχήμα 3.21 : Προσαρμογέας Σύνδεσης Ράβδων LPDA με Καπό.

Βήμα 2 : Δημιουργία Κατάλληλων Οπών, επί των Ορθογωνικών Ραβδών, στα Σημεία Τοποθέτησης των Κυλινδρικών Στοιχείων.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 3.2, στήλη (θ), επισημαίνονται πάνω στις ορθογωνικές Ράβδους τα σημεία (στο κέντρο του πλάτους) όπου τοποθετούνται τα στοιχεία κυλινδρικής διατομής του Πίνακα 3.1, στήλη (στ). Στα σημεία αυτά αρχικά, ανοίγονται οπές (σε όλο το πάχος των ράβδων) 4mm, με εξαίρεση το 12^ο στοιχείο της διάταξης ή αλλιώς το 1^ο δίπολο της LPDA όπου ανοίγεται οπή 3mm. Εν συνεχεία, ανά ορθογωνική ράβδο ακολουθείται η κάτωθι επεξεργασία :

Ράβδοι Οροφής : Στα σημεία (4 σημεία, 2 ανά ράβδο) όπου θα τοποθετηθούν τα μονόπολα, ανοίγονται οπές 8mm.



Σχήμα 3.22 : Οπές Τοποθέτησης Μονοπόλων Ράβδων Οροφής.

Ράβδοι Καπό : Στα σημεία (7 σημεία, 4 στο υποσυγκρότημα 1 και 3 στο υποσυγκρότημα 2), όπου θα τοποθετηθούν τα μονόπολα, ανοίγονται οπές 7mm.



Σχήμα 3.23 : Οπές Τοποθέτησης Μονοπόλων Ράβδων Καπό.

Ράβδοι LPDA : Με εξαίρεση τα σημεία του 1^{ου} διπόλου της LPDA, στα λοιπά σημεία (20 σημεία, 10 ανά ράβδο και εναλλάξ ανά υποσυγκρότημα), όπου θα τοποθετηθούν τα μονόπολα, ανοίγονται οπές 7mm. Στα σημεία του 1^{ου} διπόλου, δεδομένου ότι στα σημεία αυτά είναι τοποθετημένοι οι προσαρμογείς των Ράβδων Καπό με την LPDA, απαιτείται η δημιουργία οπής κατά το πάχος αυτών (τα πλάτη των προσαρμογέων είναι 6.5mm). Οπότε, αρχικά ανοίγουμε για 1,5 mm οπές 7mm και εν συνεχεία για τα υπόλοιπα 17mm οπές 5mm



Σχήμα 3.24 : Οπές Τοποθέτησης Διπόλων LPDA.

Βήμα 3 : Επεξεργασία Ράβδων Κυλινδρικής Διατομής.

Ράβδοι Οροφής : Στα 4 κυλινδρικά στοιχεία μήκους 340mm, που απαρτίζουν τα σταθερά τμήματα των μονοπόλων των ράβδων Οροφής, δημιουργούνται σπειρώματα 5mm x 4mm, στα δύο άκρα τους. Στο κάτω άκρο, είναι που θα γίνει η συγκράτηση του κάθε στοιχείου με το αντίστοιχο υποσυγκρότημα των ράβδων Οροφής, ενώ στο άνω άκρο τοποθετείται και συγκρατείται ένας ακροδέκτης, πάνω στον οποίο θα συγκολληθεί το υπόλοιπο τμήμα των μονοπόλων που αποτελείται από το καλώδιο RG-58.

Ράβδοι Καπό : Στα 7 κυλινδρικά στοιχεία μήκους 330mm, που απαρτίζουν τα σταθερά τμήματα των μονοπόλων των ράβδων Καπό, ακολουθεί η ίδια διαδικασία ενώ επιπλέον απαιτείται να γίνει τόννευση των κυλινδρικών ράβδων για σχεδόν 1mm σε μήκος 18,5mm (*μήκος που εισέρχεται το κάθε κυλινδρικό στοιχείο εντός της ράβδου που του αντιστοιχεί*).

Ράβδοι LPDA : Στην περίπτωση των δίπολων της LPDA, με εξαίρεση το πρώτο, απαιτείται μόνο η δημιουργία σπειρώματος (5mm x 4mm) στο κάτω άκρο τους, για σύνδεση με τους ορθογωνικής διατομής ράβδους της LPDA, με την αντίστοιχη τόννευση των στοιχείων, όπως αυτή περιγράφηκε για τα στοιχεία των ράβδων Καπό. Αναφορικά με το πρώτο δίπολο, το σπείρωμα θα είναι 5mm x 3mm ενώ η τόννευση θα γίνει για 3mm στα πρώτα 17mm των στοιχείων, ενώ για το επόμενο 1,5mm θα τόννευτεί μόνο κατά 1mm.

Βήμα 4 : Τοποθέτηση Στοιχείων Κυλινδρικής Διατομής στις Αντίστοιχες Ράβδους Ορθογωνικής Διατομής (Σταθερός Σκελετός HLPDA).

α. Σταθερό Τμήμα Ράβδων Οροφής :

Οι δύο παράλληλοι ράβδοι Οροφής (*πρώτο τμήμα της Ground Plane Mounted LPA*) διατηρούνται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους στα 10 mm, Σχήμα 3.25. Η απόσταση αυτή ουσιαστικά αντικαθιστά, το λεπτό διηλεκτρικό (5) του Σχήματος 2.10. Αντίστοιχα το διηλεκτρικό [(9) στο Σχήμα 2.10] μεταξύ των ράβδων

τροφοδοσίας και του επίπεδου γείωσης θα αντικατασταθεί επί του οχήματος, με τοποθέτηση της διάταξης σχεδόν 40mm πάνω από το επίπεδο γείωσης.



Σχήμα 3.25 : Το Σταθερό Τμήμα (από Al) των Ράβδων Οροφής.

β. Σταθερό Τμήμα Ράβδων Καπό :

Οι δύο παράλληλοι ράβδοι Καπό (δεύτερο τμήμα της *Ground Plane Mounted LPA*) διατηρούνται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους στα 20 mm, Σχήμα 3.26. Η απόσταση αυτή εκτελεί την ίδια λειτουργία όπως και στις ράβδους Οροφής. Σε αυτή την περίπτωση, η απόσταση των ράβδων από το επίπεδο γείωσης υπολογίζεται στα 50mm.



Σχήμα 3.26 : Το Σταθερό Τμήμα (από Al) των Ράβδων Καπό.

γ. Τμήμα LPDA :

Οι δύο παράλληλοι ορθογωνικοί ράβδοι που απαρτίζουν την LPDA, διατηρούνται σε σταθερή απόσταση μεταξύ τους στα 20 mm. Η διάταξη που φαίνεται στο Σχήμα 3.27, αποτελεί την τελική μορφή της LPDA. Έμπροσθεν του τελευταίου στοιχείου της LPDA, έχει προβλεφθεί ένα μήκος των 50mm επί του οποίου θα γίνει η τοποθέτηση του balun 1:4 καθώς και η τροφοδοσία των δύο υποσυστημάτων.



Σχήμα 3.27 : Η Τελική Μορφή της LPDA.

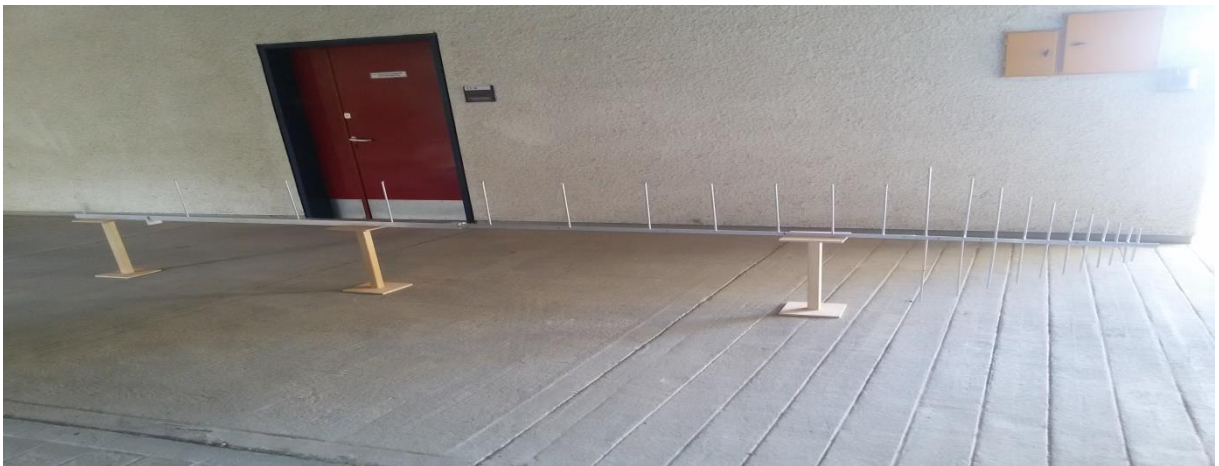
Στα Σχήματα 3.28 έως 3.31 που ακολουθούν, απεικονίζονται διάφορες όψεις του σταθερού σκελετού της HLPDA.



Σχήμα 3.28 : Εμπρόσθια Όψη του Σταθερού Σκελετού της HLPDA.



Σχήμα 3.29 : Πανοραμική Όψη του Σταθερού Σκελετού της HPLA.



Σχήμα 3.30 : Πλάγια Όψη του Σταθερού Σκελετού της HPLA.



Σχήμα 3.31 : Πίσω Όψη του Σταθερού Σκελετού της HPLA.

Βήμα 5 : Τοποθέτηση των Καλωδίων Μεταβλητού Μήκους Rg-58 επί των Στοιχείων της Ground Plane Mounted LPA

Στους ακροδέκτες που φαίνονται στο άνω μέρος των στοιχείων, στα Σχήματα 3.25 και 3.26, θα τοποθετηθούν τα μήκη των καλωδίων Rg-58 [όπως έχουν υπολογιστεί στον Πίνακα 3.1, στήλη (ζ)]. Όπως έχει τονιστεί, τα καλώδια θα ξεδιπλώνονται και θα λαμβάνουν το τελικό τους μήκος ακολουθώντας την κίνηση της ανάπτυξης του τηλεσκοπικού ιστού της κεραίας.

Επισημαίνεται ότι, ο εσωτερικός αγωγός των καλωδίων θα βραχυκυκλώνεται με το εξωτερικό μπλεντάζ στις δύο άκρες του. Επιπρόσθετα, στο άνω άκρο των καλωδίων θα τοποθετηθεί έτερος ακροδέκτης, που θα εξασφαλίζει την περίδεση αυτών με το μονωτικό νήμα που θα χρησιμοποιηθεί για την ανάπτυξη τους.

Τέλος, στα Σχήματα 3.32 και 3.33 που ακολουθούν, παρουσιάζεται ως συμπυγμένη και πλήρως ανεπτυγμένη (μόνο η *Ground Plane Mounted LPA*) αντίστοιχα, η τελική μορφή της διάταξης που κατασκευάσαμε.



Σχήμα 3.32 : Τελική Μορφή HPLA, Συμπυγμένη.



Σχήμα 3.33 : Τελική Μορφή Ground Plane Mounted LPA, Πλήρως Ανεπτυγμένη.

4. Βιβλιογραφικές Αναφορές :

[1] Pitt Willis Arnold, « An Analysis of the Shunt – Fed Log – Periodic Monopole Array Antenna, ERL 161-ITS103, Boulder Colorado, Mar 1970.

[2] C.A. Balanis, « Antenna Theory», 1^η Ελληνική Έκδοση, pp 191-201, Αθήνα, 2005.

[3] Robert L. Carrel, «Analysis and Design of the Log - Periodic Dipole, Antenna», Urbana Illinois.

[4] L. B. Cebik, John Stanley, The ARRL Antenna Book 22nd Edition for Radio Communications, Vol. 7, pp 1-12, Sep 2011.

[5] J.F. Ramsay Etal, «Ground Plane Mounted Log - Periodic Antenna», New York, Jan 1968.

[6] Χ. Καψάλης, Π. Κωπής, «Κεραίες Ασύρματες Ζεύξεις», Εκδόσεις Τζιόλα, pp 87-97, Θεσσαλονίκη, 2008.

[7] Jeong Il Kim, «Log – Periodic Loop Antennas», Virginia July 1999.