

## Κατασκευάστε ένα απλό antenna tuner (Μέρος Β')

Του Νίκου Παναγιωτίδη (SV6 DBK) φυσικού και ραδιοερασιτέχνη.

Στο Α' μέρος αυτού του άρθρου περιγράψαμε την κατασκευή ενός απλού antenna tuner με μια αντίδραση. Αν και το tuner μοναδικής αντίδρασης μπορεί να μειώσει τα στάσιμα του σταθμού μας, δεν μπορεί να τα κατεβάσει στο ελάχιστο, δηλαδή στο 1:1.

Στο Β' μέρος τώρα θα παρουσιάσω την κατασκευή ενός tuner με 2 αντιδράσεις σε διάταξη L. Αν υπολογιστούν σωστά οι αντιδράσεις, το tuner αυτό μπορεί να μας δώσει SWR=1:1.

Το tuner L έχει 2 παραλλαγές που απεικονίζονται στο **Σχήμα 1**. Η διαφορά τους βρίσκεται στο ότι στην παραλλαγή (α) η παράλληλη αντίδραση μπαίνει πριν την αντίδραση σειράς, ενώ στη (β) μπαίνει μετά. Σε κάθε μια απ' τις παραλλαγές αυτές η κάθε μια από τις 2 αντιδράσεις μπορεί να είναι είτε αυτεπαγωγή (θετική αντίδραση) είτε χωρητικότητα (αρνητική αντίδραση).

Μπορούμε να εφαρμόσουμε την παραλλαγή (α) αν ισχύει η σχέση  $R < r$ , δηλαδή το Ωμικό μέρος του συστήματος κεραία – κάθοδος, R, είναι μικρότερο της αντίστασης εξόδου του πομπού r, όπου η αντίσταση r είναι συνήθως 50 Ω. Για την παραλλαγή (β) υπάρχουν περισσότερες δυνατότητες:

α)  $R > r$ ,

$$\beta) |X| > \frac{r}{2},$$

$$\gamma) R > \frac{r + \sqrt{r^2 - 4X^2}}{2},$$

$$\delta) R < \frac{r - \sqrt{r^2 - 4X^2}}{2}$$

όπου X η αντίδραση της κεραίας και |X| η απόλυτη τιμή του X. Αν δηλαδή  $R < r$  μπορούμε να ακολουθήσουμε είτε την παραλλαγή (α) είτε την (β) αν ισχύει μια από τις ανισότητες β), γ) και δ). Αν ισχύει  $R > r$  πρέπει ν' ακολουθήσουμε την παραλλαγή (β). Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι, σύμφωνα με το 1<sup>ο</sup> μέρος αυτού του άρθρου, αν οι αντιστάσεις R και r δεν διαφέρουν πολύ, μπορούμε να κατασκευάσουμε το «tuner μοναδικής αντίδρασης».

Θα εξετάσουμε τώρα αυτές τις 2 παραλλαγές.

### Παραλλαγή (α)

Αν η εμπέδηση της κεραίας μου είναι (R, X), υπάρχουν 2 δυνατότητες για τις αντιδράσεις  $X_1, X_2$ .

$$\alpha) X_1 = -X + \sqrt{Rr - R^2}, \quad X_2 = -\frac{Rr}{\sqrt{Rr - R^2}} \text{ και,}$$

$$\beta) X_1 = -X - \sqrt{Rr - R^2}, \quad X_2 = +\frac{Rr}{\sqrt{Rr - R^2}}$$

(η διαφορά είναι στο πρόσημο της τετραγωνικής ρίζας). Στην περίπτωση α) η  $X_1$  είναι είτε επαγωγική είτε χωρητική και η  $X_2$  χωρητική. Στην β) η  $X_1$  είναι είτε επαγωγική είτε χωρητική και η  $X_2$  επαγωγική.

**Παράδειγμα:** Έστω ότι η κεραία μου έχει στοιχεία  $R=8 \Omega$ ,  $X=-131 \Omega$ . Για την α) δυνατότητα έχω:  $X_1=149 \Omega$ ,  $X_2=-22 \Omega$ . Επομένως η  $X_1$  είναι μια αυτεπαγωγή με αντίδραση 149 Ω στη συχνότητα που μ' ενδιαφέρει η δε  $X_2$  μια χωρητικότητα που στη δεδομένη συχνότητα έχει αντίδραση 22 Ω ( $|X_2|=22 \Omega$ ). Ας υπολογίσω τώρα τη δυνατότητα β). Βρίσκω  $X_1=113 \Omega$  και  $X_2=22 \Omega$ . Είναι δηλαδή και τα 2 αυτεπαγωγές.

Μπορώ ν' ακολουθήσω οποιαδήποτε απ' αυτές τις δύο δυνατότητες προτιμάω. Καλύτερα να κάνω και τις δύο και να προτιμήσω αυτή που δίνει λιγότερα στάσιμα.

### Παραλλαγή (β)

Αν η εμπέδηση της κεραίας μου είναι (R, X), υπάρχουν 2 δυνατότητες για τις αντιδράσεις  $X_1$ ,  $X_2$  αλλά υπολογίζονται με λίγο διαφορετικό τρόπο. Η  $X_1$  θα πάρει μια από τις παρακάτω 2 τιμές:

$$X_1 = \pm \sqrt{r \frac{R^2 + X^2 - rR}{R}}.$$

Αφού υπολογίσω τη  $X_1$ , η  $X_2$  υπολογίζεται από τον τύπο:

$$X_2 = -r \frac{R^2 + X^2}{RX_1 + rX}.$$

Κάθε μια από τις 2 αντιδράσεις μπορεί να είναι είτε επαγωγική, είτε χωρητική.

**Παράδειγμα:** Έστω ότι η κεραία μου έχει στοιχεία  $R=172 \Omega$ ,  $X=46 \Omega$ . Στη μια περίπτωση έχω:  $X_1=82 \Omega$ ,  $X_2=-97 \Omega$ . Επομένως η  $X_1$  είναι αυτεπαγωγή και η  $X_2$  χωρητικότητα. Στην άλλη περίπτωση έχω:  $X_1=-82 \Omega$ ,  $X_2=134 \Omega$ . Επομένως η  $X_1$  είναι χωρητικότητα και η  $X_2$  αυτεπαγωγή.

Στο επόμενο παράδειγμα μπορούμε να εφαρμόσουμε είτε την α) είτε την β) παραλλαγή.

**Παράδειγμα:** Έστω  $R=11 \Omega$  και  $X=-65 \Omega$ . Επειδή  $R < r$  μπορεί να εφαρμοστεί η παραλλαγή α). Αλλά επειδή  $|X| > r/2$  μπορεί να εφαρμοστεί η β). Άρα, υπάρχουν 4 δυνατότητες επιλογής των  $X_1$  και  $X_2$ .

Η παραλλαγή α) μας δίνει τις εξής δυνατότητες:

$$X_1=86 \Omega, X_2=-27 \Omega \text{ και } X_1=44 \Omega, X_2=27 \Omega$$

Η παραλλαγή β), απ' την άλλη, μας δίνει:

$$X_1=131 \Omega, X_2=120 \Omega \text{ και } X_1=-131 \Omega, X_2=46 \Omega$$

όπου οι θετικές τιμές είναι αυτεπαγωγές και οι αρνητικές χωρητικότητες.

Το project που παρουσιάζουμε εδώ περιλαμβάνει ένα συνδυασμό μετρήσεων, υπολογισμών και κατασκευαστικής υλοποίησης. Τα επί μέρους βήματα τα αναλύσαμε λεπτομερώς στο 1<sup>ο</sup> μέρος αυτού του άρθρου. Αλλά ας επαναλάβουμε εν συντομία τα βασικά:

α) Όσον αφορά τις μετρήσεις: Αν συνδέσουμε τον MFJ analyser στην κάθοδο θα μας δώσει σωστή την R συνιστώσα της εμπέδησης, αλλά αντί για την X θα μας δώσει την  $|X|$  (θα χάσουμε δηλαδή το πρόσημο). Το πρόβλημα λύνεται αν προεκτείνουμε την κάθοδο μερικά εκατοστά: αν το R αυξηθεί τότε το X να θεωρηθεί θετικό (αυτεπαγωγή). Αν, αντίθετα, το R μειωθεί, τότε το X να θεωρηθεί αρνητικό (χωρητικότητα). Προσοχή: η προέκταση της καθόδου στα VHF να είναι 5, 6, το πολύ 10 εκ. Στα HF μπορεί να είναι μεγαλύτερη.

β) Οι υπολογισμοί θέλουν λίγο προσοχή, γιατί είναι κρίμα η κατασκευή μας να καταλήξει σε αποτυχία από ένα υπολογιστικό σφαλμάκι. Ποιό καλό θα ήταν να γίνουν στο Excel. Αν χειρίζεστε εύκολα τον υπολογιστή τσέπης όμως, κάντε τους εκεί. Αν όμως έχετε κάποιο πρόβλημα σε πολύπλοκους χειρισμούς σαν αυτούς, τότε κάντε τους «σταδιακά».

γ) Ως προς το κατασκευαστικό κομμάτι: Οι πυκνωτές να είναι κεραμικοί αντοχής. Αντί για κεραμικούς μπορώ να χρησιμοποιήσω και πυκνωτές mica (ή καλύτερα silver mica). Αν διαθέτουμε μέτριας αντοχής πυκνωτές, να χρησιμοποιήσουμε συστοιχία: Πχ 3 πυκνωτές 1 kV σε σειρά κάνουν μια χωρητικότητα ίση με το 1/3 του κάθε πυκνωτή, αλλά με 3πλάσια αντοχή (δηλ. 3 kV). Καλό θα ήταν να μπει και ένας αραιόφυλλος μεταβλητός παράλληλα με τους σταθερούς. Επίσης οι αυτεπαγωγές να

είναι με χοντρό σύρμα εμαγιέ και η διάμετρος των πηνείων μεγάλη ώστε το μήκος του σύρματος να είναι μικρό. Βασικό: οι σπείρες να μην είναι σε επαφή.

Δε θα δώσω τύπους για την αντοχή τάσης των πυκνωτών. Οι τάσεις που συγκρατούν οι αντίδρασεις του tuner (δηλ. οι χωρητικότητες κι οι αυτεπαγωγές) αυξάνονται με την ισχύ εξόδου, όμως αυξάνονται και με το SWR. Αν δείτε ότι οι πυκνωτές «ιδρώνουν» στην εκπομπή σημαίνει ότι δεν έχουν ικανοποιητική αντοχή.

Επειδή στα πηνεία είναι δυνατόν να αναπτυχθούν υψηλές AC τάσεις, οι σπείρες τους να μην είναι σε επαφή. Η κατασκευή των πηνείων θέλει λίγο υπομονή. Η συνήθης διαδικασία είναι να φτιάξουμε ένα πηνείο με μεγαλύτερη αντίδραση και μετά ν' αρχίσουμε να το κόβουμε ώστε να πετύχουμε την επιθυμητή αντίδραση. Καλό θα ήταν να χρησιμοποιήσουμε τη διαδικασία των μετρήσεων και με τις χωρητικότητες, γιατί συχνά η τιμή τους δεν είναι όσο γράφουν.

Για να τελειώσω αυτό το άρθρο, θα κάνω μια σύγκριση ενός τέτοιου tuner με ένα του εμπορίου. Στο εμπόριο υπάρχουν εκείνα τα παλιά χειροκίνητα tuner με τους τεράστιους μεταβλητούς πυκνωτές και το επίσης τεράστιο πηνείο. Αυτά μπορούν να συντονίσουν όχι όλες, αλλά οπωσδήποτε πολλές κεραίες με τίμημα όμως το μεγάλο κόστος τους και το τεράστιο μέγεθος. Υπάρχουν επίσης στο εμπόριο και τα σύγχρονα, μικρότερα tuner (τα γνωστά «coupler») που είναι αυτόματα. Αυτά είναι φτιαγμένα από χωρητικότητες και αυτεπαγωγές, σαν το δικό μας, που συνδυάζονται κατάλληλα με relays. Σ' ένα τέτοιο tuner δεν πετυχαίνουμε τον άριστο συνδυασμό χωρητικότητας και αυτεπαγωγής αλλά τον καλύτερο δυνατό, αυτόν που δίνει το μικρότερο SWR. Στο tuner που περιγράψαμε σ' αυτό το άρθρο είναι δυνατόν να πετύχουμε τον «άριστο συνδυασμό». Πέρα απ' αυτό τα αυτόματα tuner χρησιμοποιούν relays τα οποία, όσο κι αν είναι βολικά σε εφαρμογές χαμηλής συχνότητας, στις υψηλές συχνότητες προσθέτουν στο κύκλωμα παρασιτικές αυτεπαγωγές και αμοιβαίες επαγωγές. Ακόμα, επειδή τα HF ρεύματα περνούν μέσα από χάλκινες επαφές, έχουμε κάποια απώλεια ωφέλιμης ισχύος.

