



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικό και Καποδιστριακό
Πανεπιστήμιο Αθηνών

HELLENIC REPUBLIC
National and Kapodistrian
University of Athens

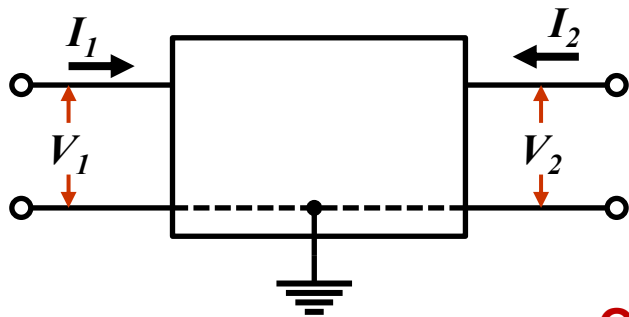


Εισαγωγή στη Σχεδίαση Κυκλωμάτων RF

Χάρτης Smith & παράμετροι s

Παράμετροι z, Y, h

Θεωρούμε το τετράπολο:



Impedance parameters:
$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$

Ορισμοί: $z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0}$ ανοικτή έξοδος

$z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0}$ ανοικτή είσοδος

Οι παράμετροι z_{ij} μερικές φορές έχουν φυσική σημασία.

Γενικά στα RF δεν επιτρέπεται ανοικτή ή βραχυκυκλωμένη είσοδος ή έξοδος.

Ούτε και σε άλλα τμήματα των RF κυκλωμάτων.

Admittance parameters:

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Y_{11} & Y_{12} \\ Y_{21} & Y_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

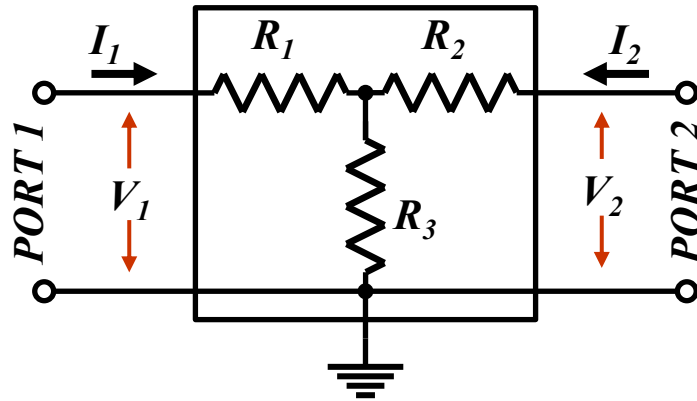
Υβριδικές παράμετροι:

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

Παράμετροι z

Δίνεται το τετράπλοιο:

Να υπολογιστούν οι impedance parameters z_{ij}



Δίνονται: $R_1=12\Omega$, $R_2=3\Omega$, $R_3=6\Omega$

$$V_1 = z_{11}I_1 + z_{12}I_2$$

$$V_2 = z_{21}I_1 + z_{22}I_2$$

Η πηγή συνδέεται στο port1 και το port2 είναι ανοικτό ($I_2=0$)

$$V_1 = (12 + 6)I_1 \Rightarrow z_{11} = \left. \frac{V_1}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{18I_1}{I_1} = 18$$

$$V_2 = 6I_1 \Rightarrow z_{21} = \left. \frac{V_2}{I_1} \right|_{I_2=0} = \frac{6I_1}{I_1} = 6$$

Η πηγή συνδέεται στο port2 και το port1 είναι ανοικτό ($I_1=0$)

$$V_2 = (3 + 6)I_2 \Rightarrow z_{22} = \left. \frac{V_2}{I_2} \right|_{I_1=0} = \frac{9I_2}{I_2} = 9$$

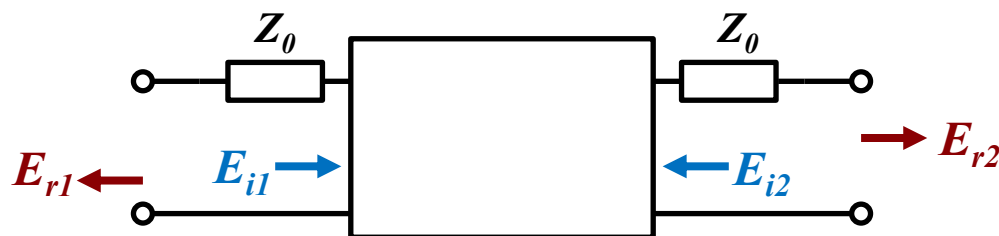
$$V_1 = 6I_2 \Rightarrow z_{12} = \left. \frac{V_1}{I_2} \right|_{I_1=0} = \frac{6I_2}{I_2} = 6$$

$$\begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 & 6 \\ 6 & 9 \end{bmatrix}$$

Παράμετροι S (scattering parameters)

Γιατί S – παράμετροι;

- Στις Υ.Σ. δεν είναι εύκολο να δημιουργήσουμε βραχυκυκλώματα και ανοιχτοκυκλώματα ιδίως σε μεγάλο εύρος συχνοτήτων.
- Η ορθή λειτουργία των κυκλωμάτων Υ.Σ. εξαρτάται από τη σύνθετη αντίσταση φόρτου τους.



S – παράμετροι: συντελεστές διάδοσης και ανάκλασης.

Τα σήματα εισόδου και εξόδου είναι «κύματα» και όχι τάσεις και ρεύματα.

$$b_1 = s_{11}a_1 + s_{12}a_2$$

$$b_2 = s_{21}a_1 + s_{22}a_2$$

Παράμετροι s (scattering parameters)



s – παράμετροι ορισμοί:

$$\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} s_{11} & s_{12} \\ s_{21} & s_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix}$$

Το τετράγωνο των a και b αντιστοιχεί στην ισχύ των προσπιπτόντων και ανακλωμένων κυμάτων

$$a_1 = \frac{E_{il}}{\sqrt{Z_0}} \quad (a_1)^2 = \text{εισερχόμενη ισχύς στην είσοδο}$$

$$a_2 = \frac{E_{ir}}{\sqrt{Z_0}} \quad (a_2)^2 = \text{εισερχόμενη ισχύς στην έξοδο}$$

$$b_1 = \frac{E_{rl}}{\sqrt{Z_0}} \quad b_2 = \frac{E_{r2}}{\sqrt{Z_0}}$$

Όταν οδηγείται η είσοδος και η έξοδος τερματίζεται στη Z_0 (άρα $a_2 = 0$)

$$\left\{ \begin{array}{l} s_{11} = \left. \frac{b_1}{a_1} \right|_{a_2=0} = \left. \frac{E_{rl}}{E_{il}} \right|_{a_2=0} = \frac{\text{ανακλωμενο}}{\text{προσπιπτων}} = \Gamma_1 \\ s_{21} = \left. \frac{b_2}{a_1} \right|_{a_2=0} = \left. \frac{E_{r2}}{E_{il}} \right|_{a_2=0} \end{array} \right.$$

$(s_{11}) = \Gamma_1$, συντελεστής ανάκλασης εισόδου με προσαρμοσμένη έξοδο

(s_{21}) = συντελεστής απολαβής τάσης με προσαρμοσμένη έξοδο

Όμοια, όταν οδηγείται η έξοδος και η είσοδος τερματίζεται στη Z_0 (άρα $a_1 = 0$)

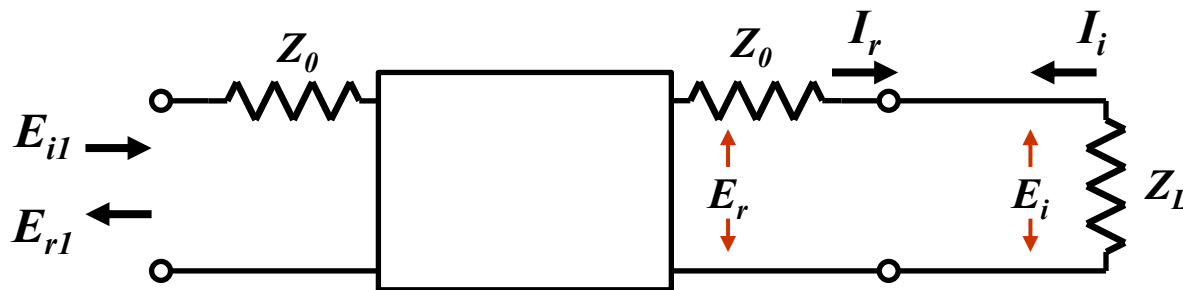
$$\left\{ \begin{array}{l} s_{22} = \left. \frac{b_2}{a_2} \right|_{a_1=0} = \left. \frac{E_{r2}}{E_{ir}} \right|_{a_1=0} = \Gamma_2 \\ s_{12} = \left. \frac{b_1}{a_2} \right|_{a_1=0} = \left. \frac{E_{rl}}{E_{ir}} \right|_{a_1=0} \end{array} \right.$$

$(s_{22}) = \Gamma_2$, συντελεστής ανάκλασης εξόδου με προσαρμοσμένη είσοδο

(s_{21}) = συντελεστής ανάστροφης διάδοσης τάσης με προσαρμοσμένη είσοδο

Παράμετροι s

Το επίπεδο Γ (συντελεστής ανάκλασης)



$$Z_L = \frac{E_i + E_r}{I_i - I_r} = \frac{E_i}{I_i} \cdot \frac{1 + E_r / E_i}{1 - I_r / I_i}$$

$$Z_L = Z_0 \cdot \frac{1 + \Gamma_L}{1 - \Gamma_L}$$

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{\frac{Z_L}{Z_0} - 1}{\frac{Z_L}{Z_0} + 1}$$

Αν

$$Z_L = Z_0$$

Τότε

$$\Gamma_L = 0$$

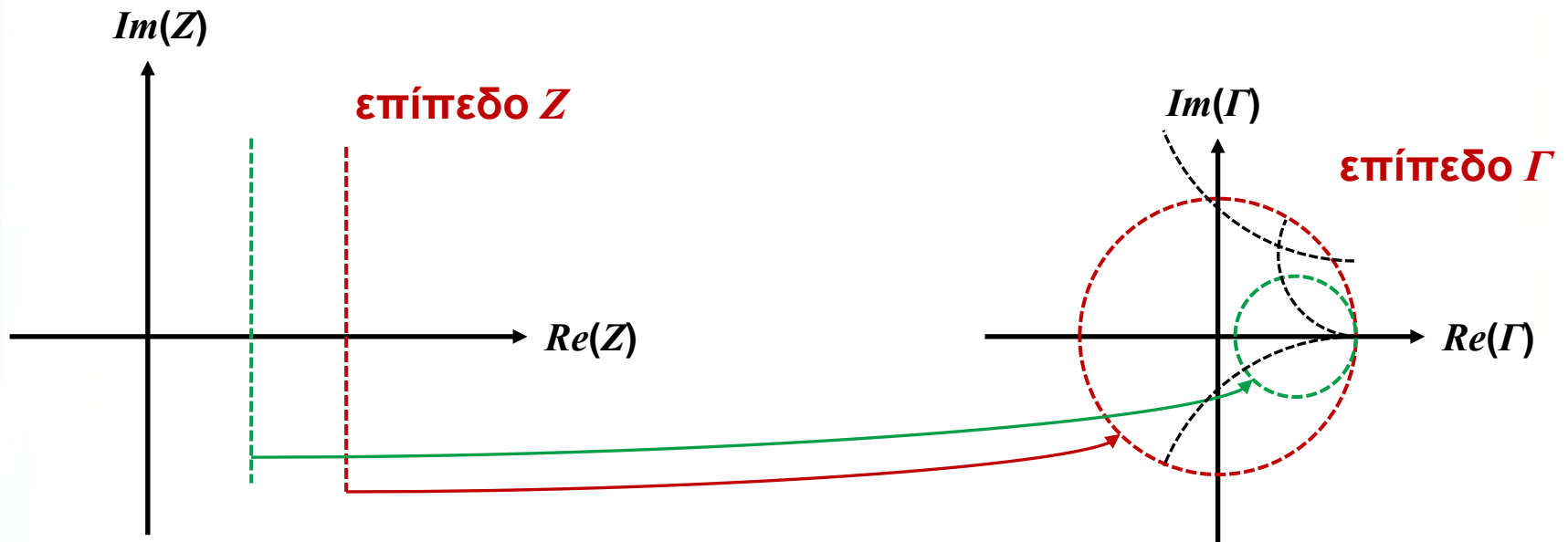
ΧΑΡΤΗΣ SMITH

Smith chart



Χάρτης – Διάγραμμα Smith Smith chart

Το διάγραμμα (ο χάρτης) Smith απεικονίζει τα σημεία και τις ευθείες του επιπέδου Z στο επίπεδο Γ .



Κατακόρυφες ευθείες σταθερής
ωμικής αντίστασης

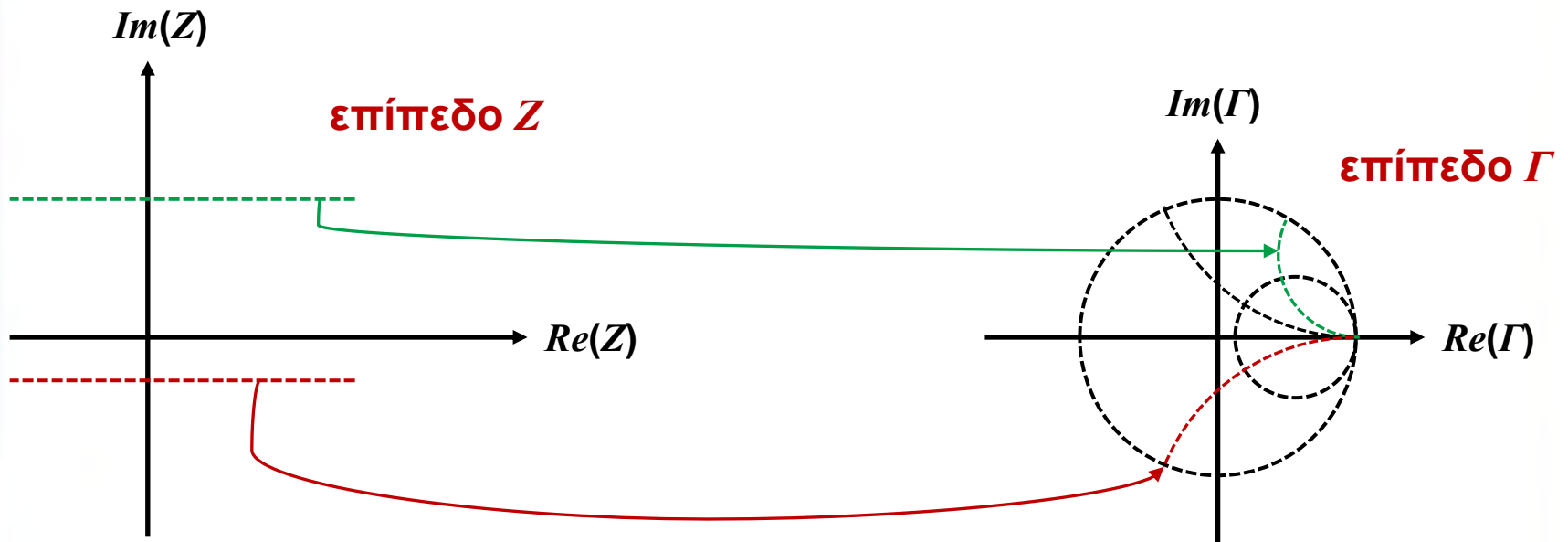
$$Z_L = Z_0 \cdot \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

Κύκλοι σταθερής ωμικής αντίστασης

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Χάρτης Smith

Ο χάρτης Smith απεικονίζει τα σημεία και τις ευθείες του επιπέδου Z στο επίπεδο Γ .



Οριζόντιες ευθείες σταθερής
χωρητικής ή επαγωγικής
αντίστασης

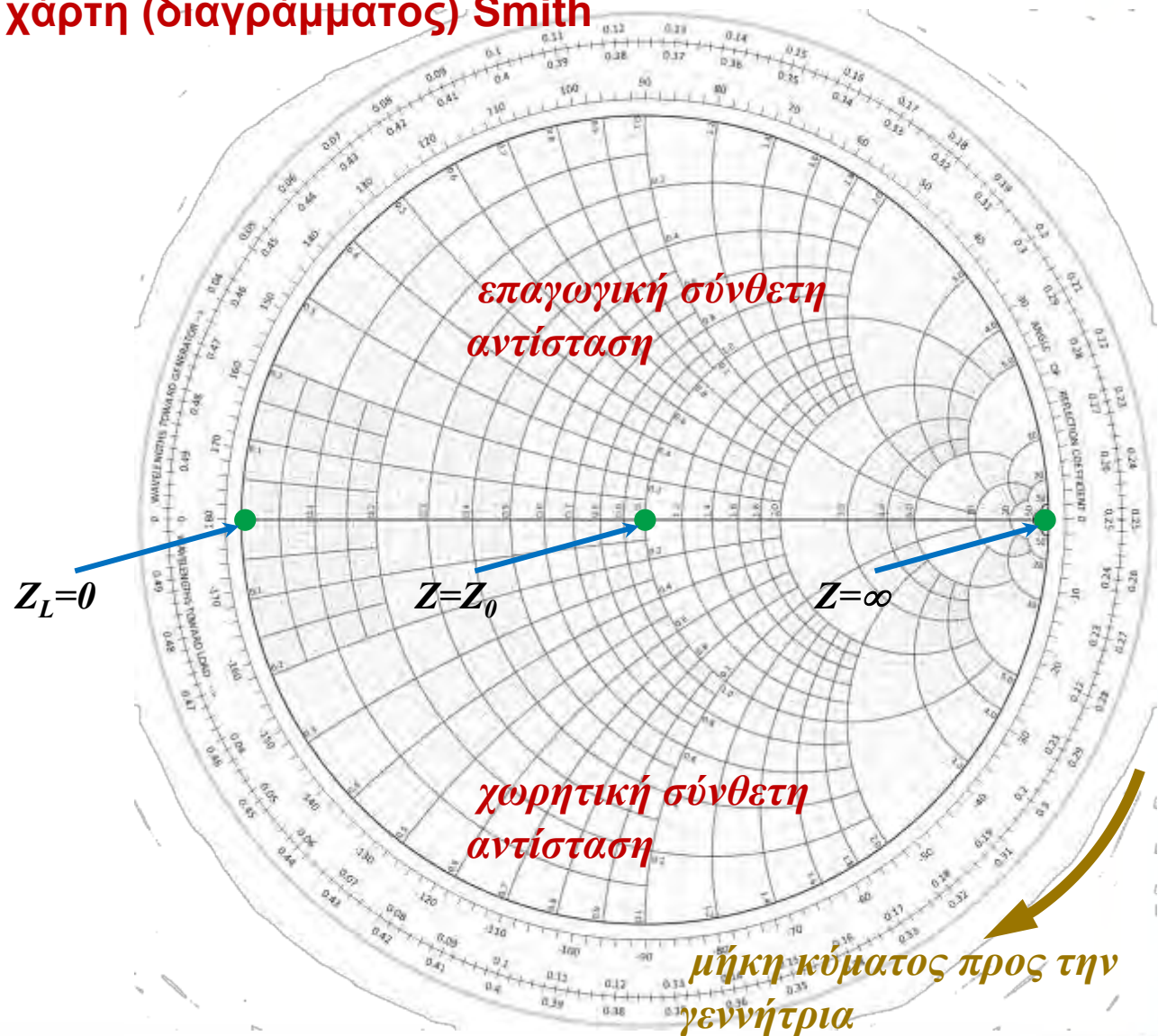
$$Z_L = Z_0 \cdot \frac{1+\Gamma}{1-\Gamma}$$

Τμήματα κύκλου σταθερού
φανταστικού μέρους

$$\Gamma = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0}$$

Χάρτης Smith

Βασικά σημεία του χάρτη (διαγράμματος) Smith



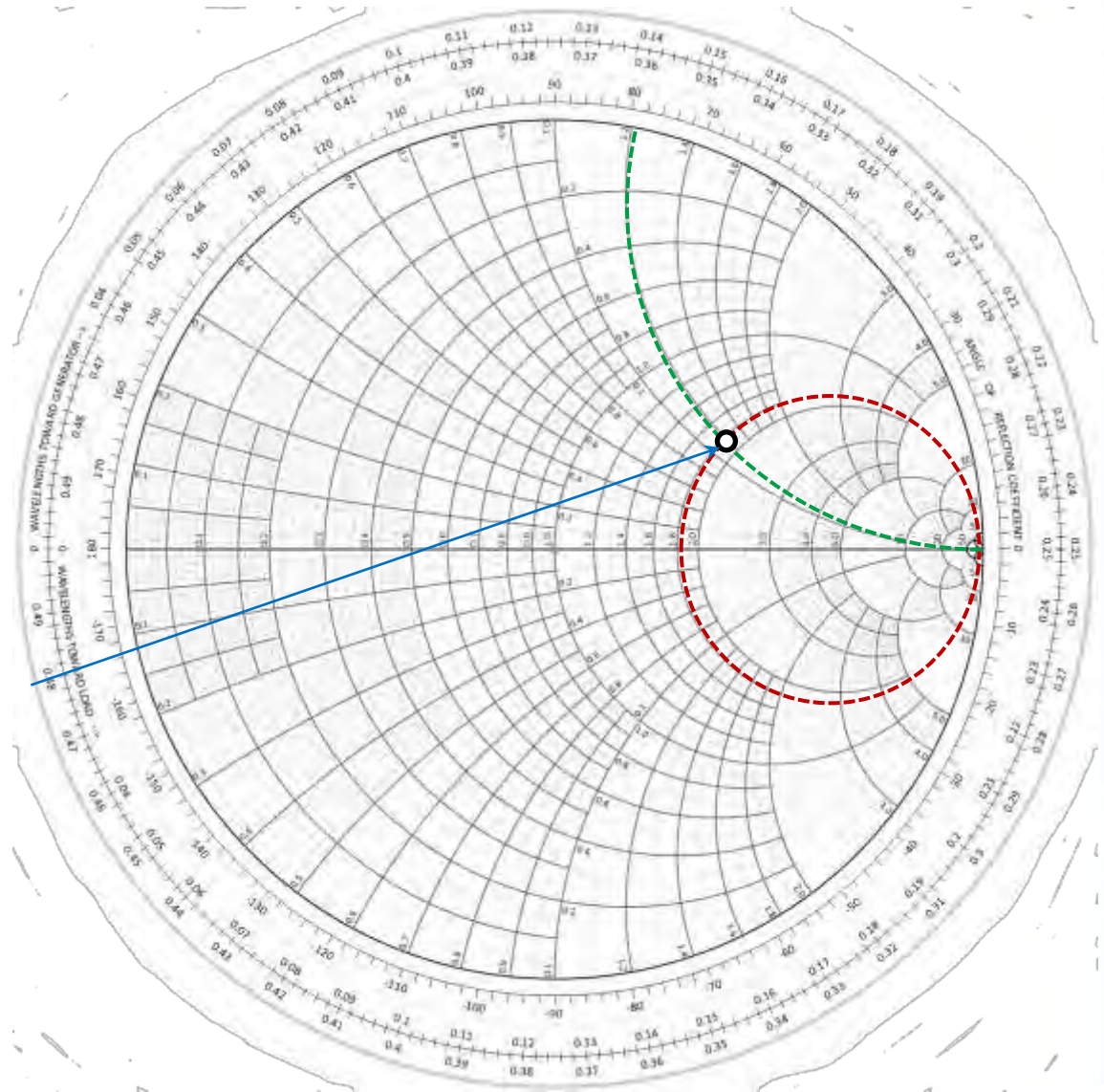
Χάρτης Smith

Παράδειγμα:

να σημειωθεί η σύνθετη
αντίσταση $Z_L = 95 + 60j \Omega$,
πάνω στο χάρτη Smith.
Δίνεται $Z_0 = 50 \Omega$

Στο διάγραμμα Smith
χρησιμοποιούμε ΠΑΝΤΑ
κανονικοποιημένες τιμές.

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{95}{50} + j \frac{60}{50} = 1.9 + j1.2$$



Χάρτης Smith

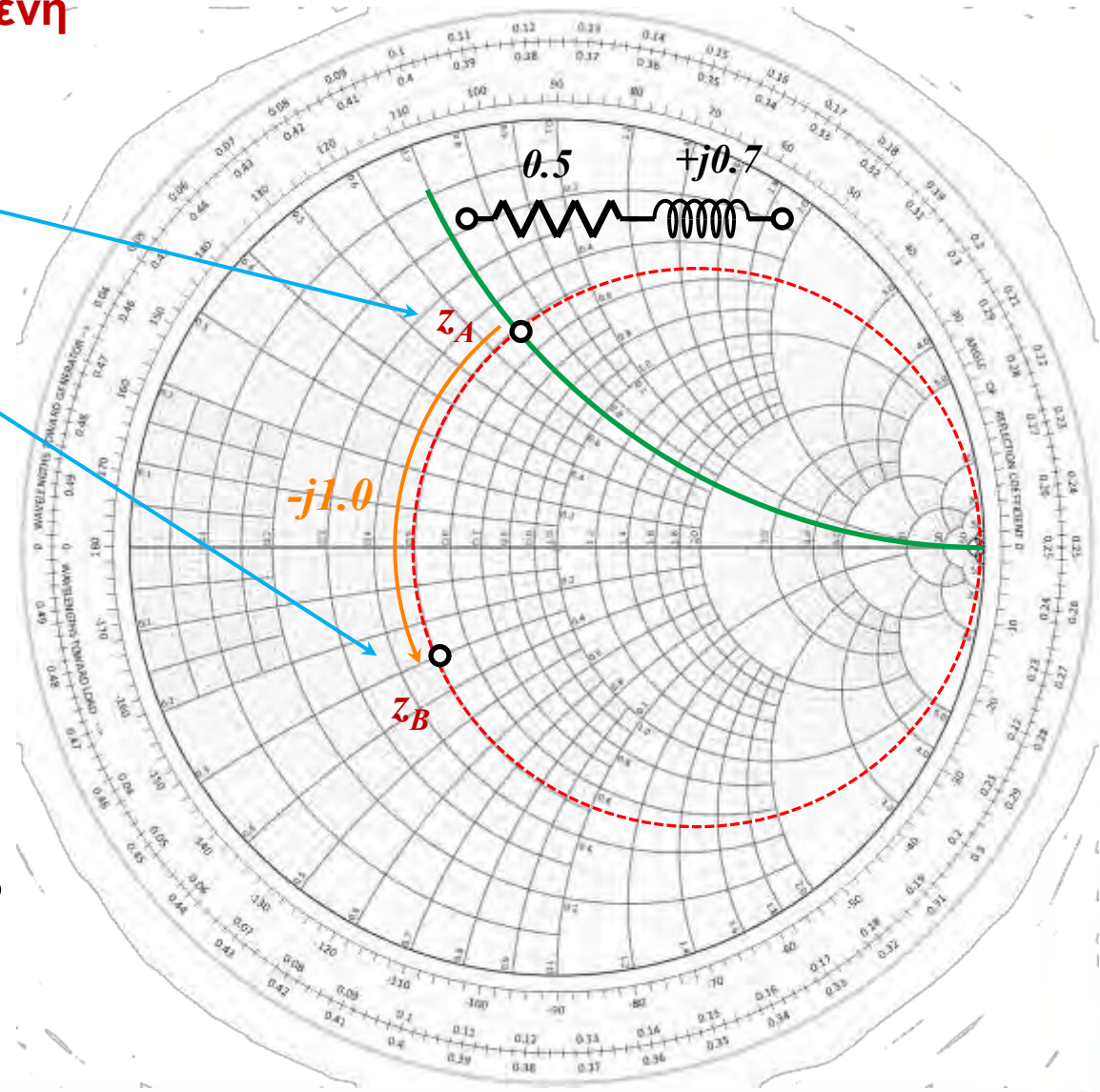
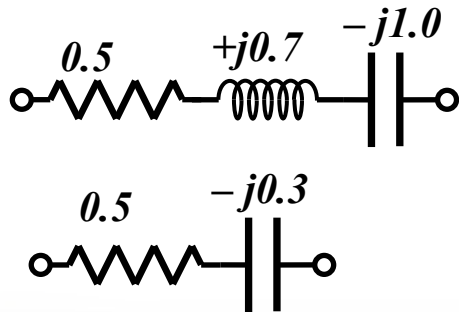
δίνεται η κανονικοποιημένη
αντίσταση :

$$z_A = 0.5 + j0.7$$

Θέλουμε να γίνει $z_B = 0.5 - j0.3$

Αρα βάζουμε σε
σειρά χωρητικότητα: $-j1.0$

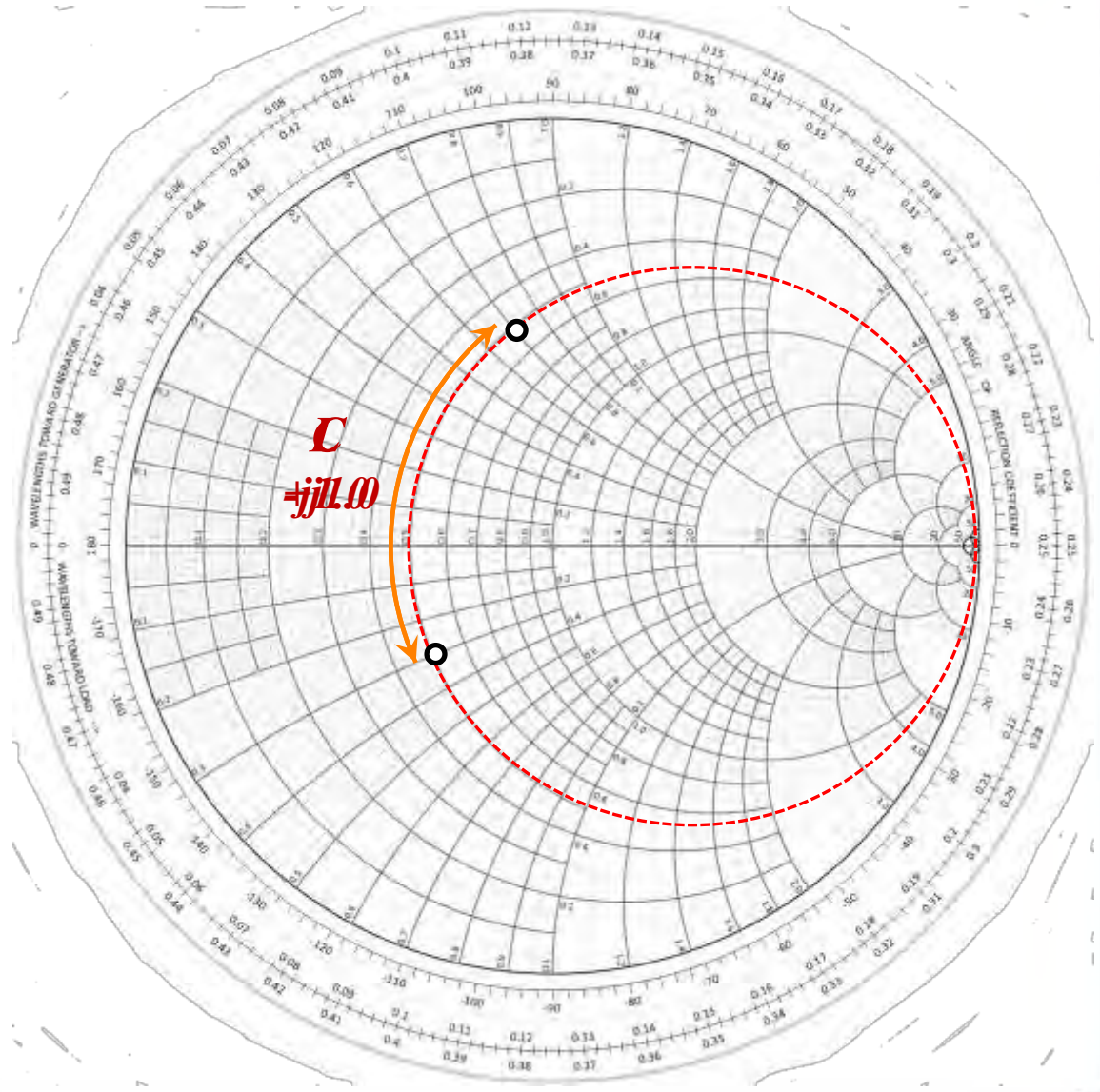
$$z_B - z_A = -j1.0$$



Χάρτης Smith

Σύνδεση L σε σειρά:

L
 $+j1.0$



Χάρτης Smith

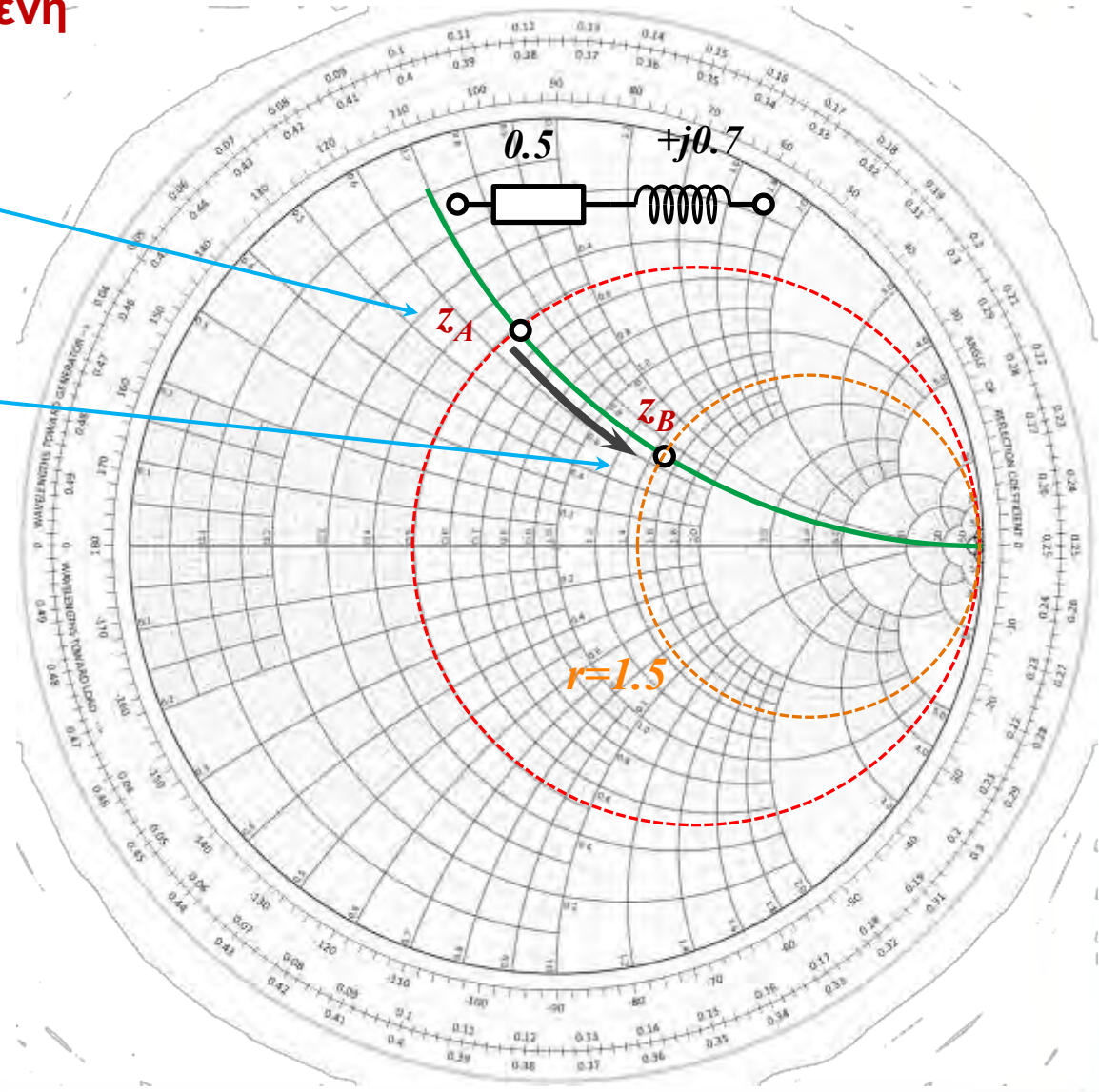
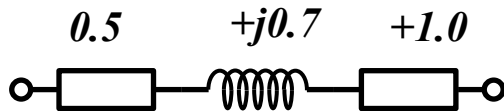
δίνεται η κανονικοποιημένη
αντίσταση :

$$z_A = 0.5 + j0.7$$

Θέλουμε να γίνει $z_B = 1.5 + j0.7$

$$z_B - z_A = +1.0$$

Άρα βάζουμε σε σειρά
αντίσταση: $+1.0$



Χάρτης Smith

μετατροπή σειράς σε παράλληλο δίκτυωμα

$$Z = R + j\omega L \Rightarrow$$

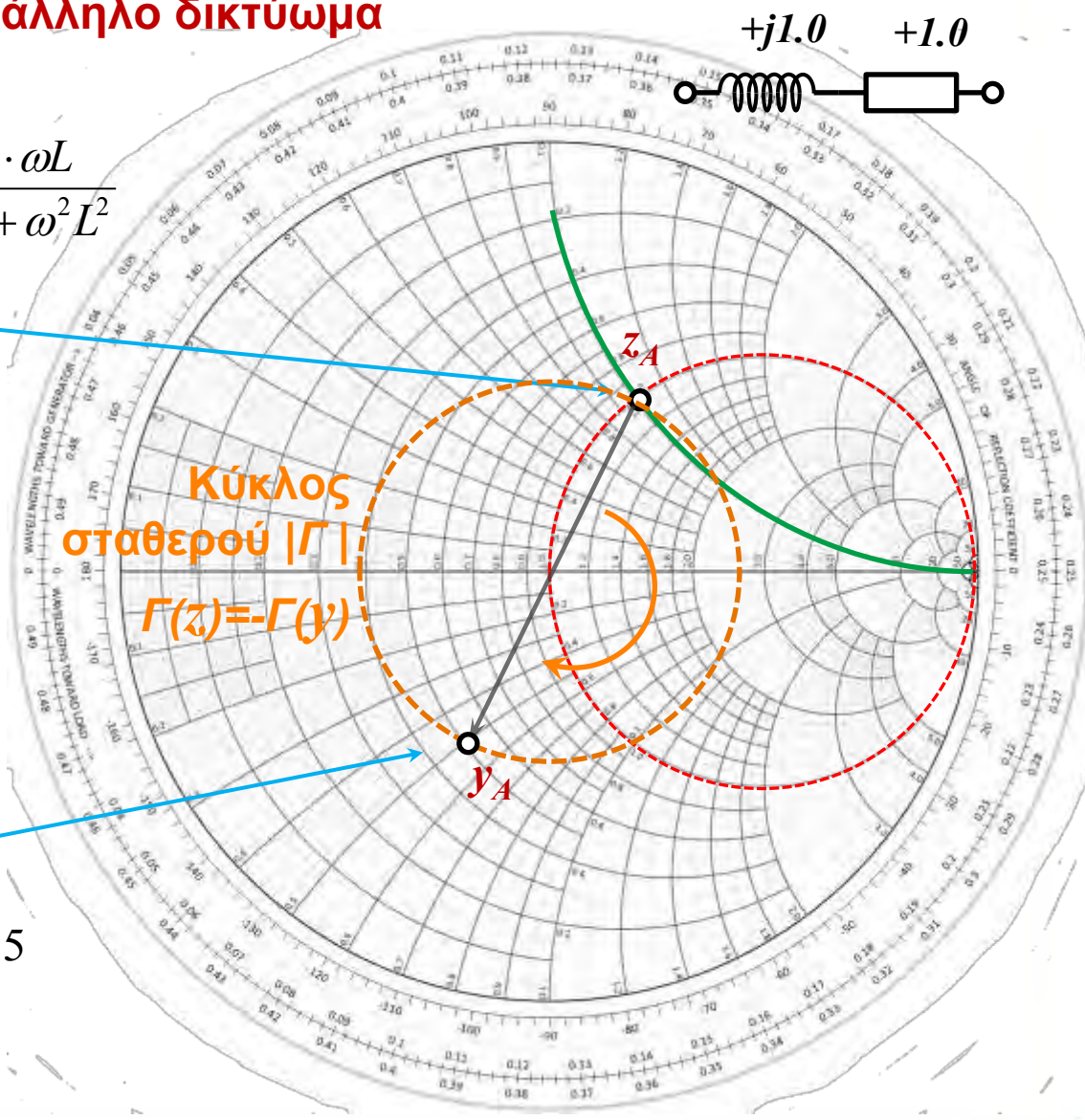
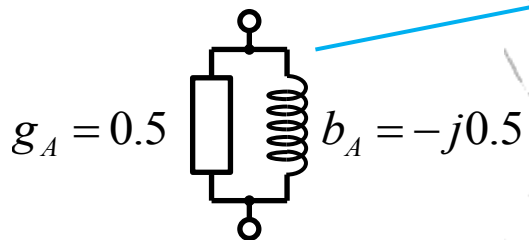
$$Y = \frac{1}{R + j\omega L} = \frac{R}{R^2 + \omega^2 L^2} - \frac{j \cdot \omega L}{R^2 + \omega^2 L^2}$$

Παράδειγμα: $z_A = 1.0 + j1.0$

Θέλουμε να βρούμε: $y_A = \frac{1}{z_A}$

$$y_A = g_A - jb_A$$

$$y_A = 0.5 - j0.5$$



Χάρτης Smith

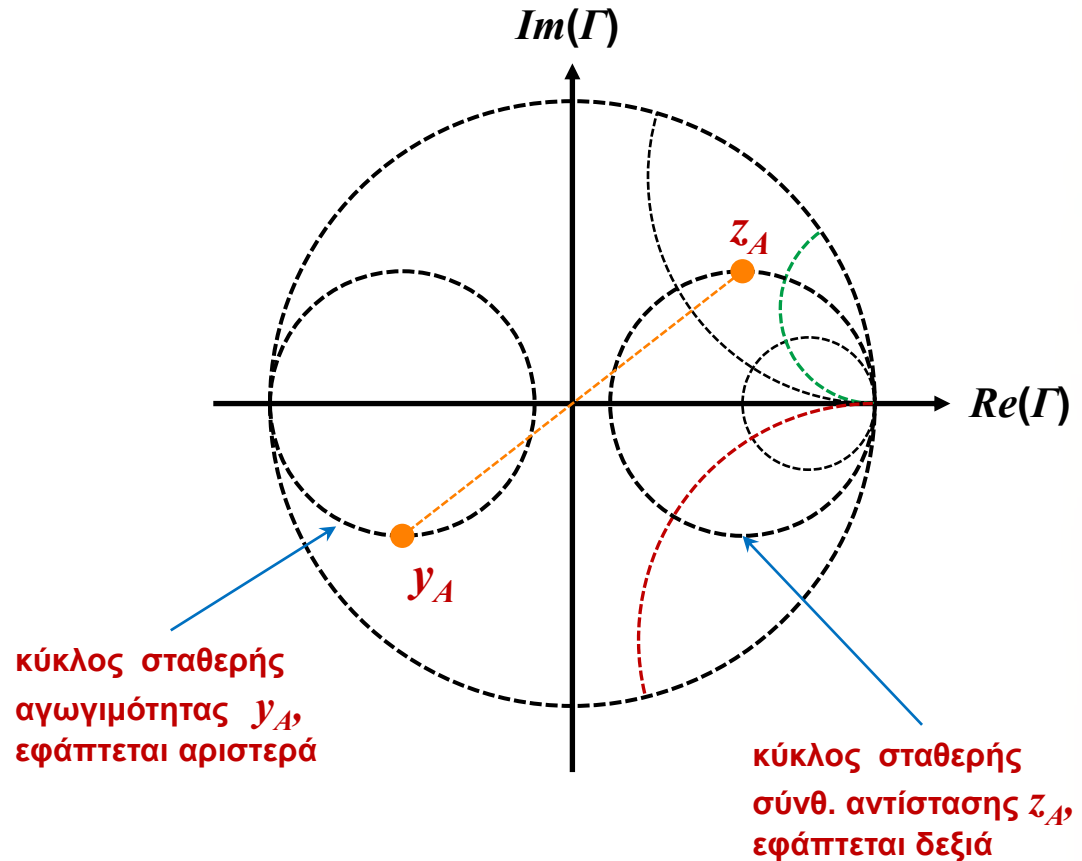
Κύκλοι σταθερής αγωγιμότητας στο διάγραμμα Smith.

1. κανονικοποίηση

$$z_A = \frac{Z_A}{Z_0}$$

2. αγωγιμότητα, υπολογισμός

$$y_A = \frac{1}{z_A}$$



Ο κύκλος σταθερής αγωγιμότητας y_A , έχει ίδια ακτίνα με τον κύκλο σταθερής σύνθετης αντίστασης z_A , ο οποίος εφάπτεται δεξιά

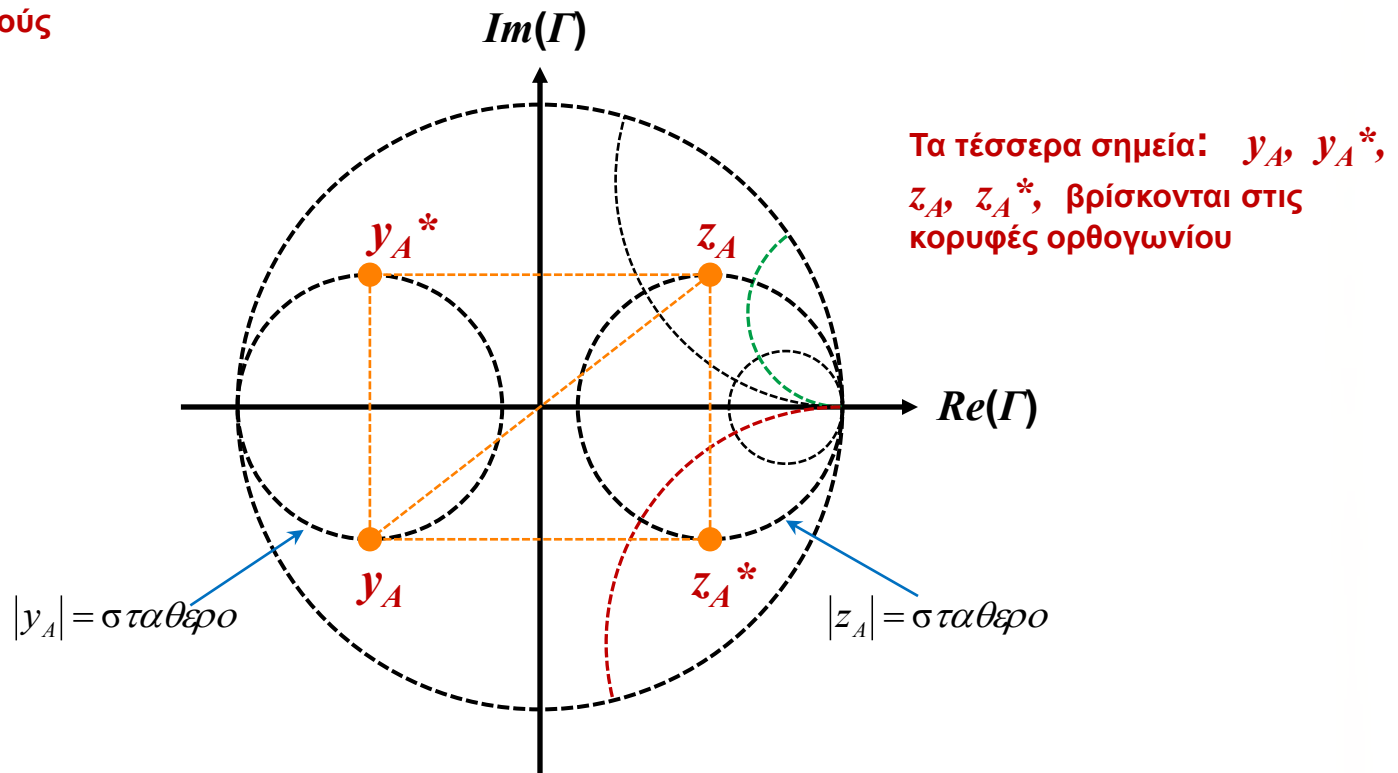
Χάρτης Smith

συζυγείς αντιστάσεις και αγωγιμότητες στο διάγραμμα Smith.

Υπολογισμός συζυγούς αγωγιμότητας

$$y_A = \frac{1}{z_A}$$

$$y_A^* = \frac{1}{z_A^*}$$



Ο κύκλος σταθερής αγωγιμότητας $|y_A|$, έχει ίδια ακτίνα με τον κύκλο σταθερής σύνθετης αντίστασης $|z_A|$, ο οποίος εφάπτεται δεξιά.

Χάρτης Smith

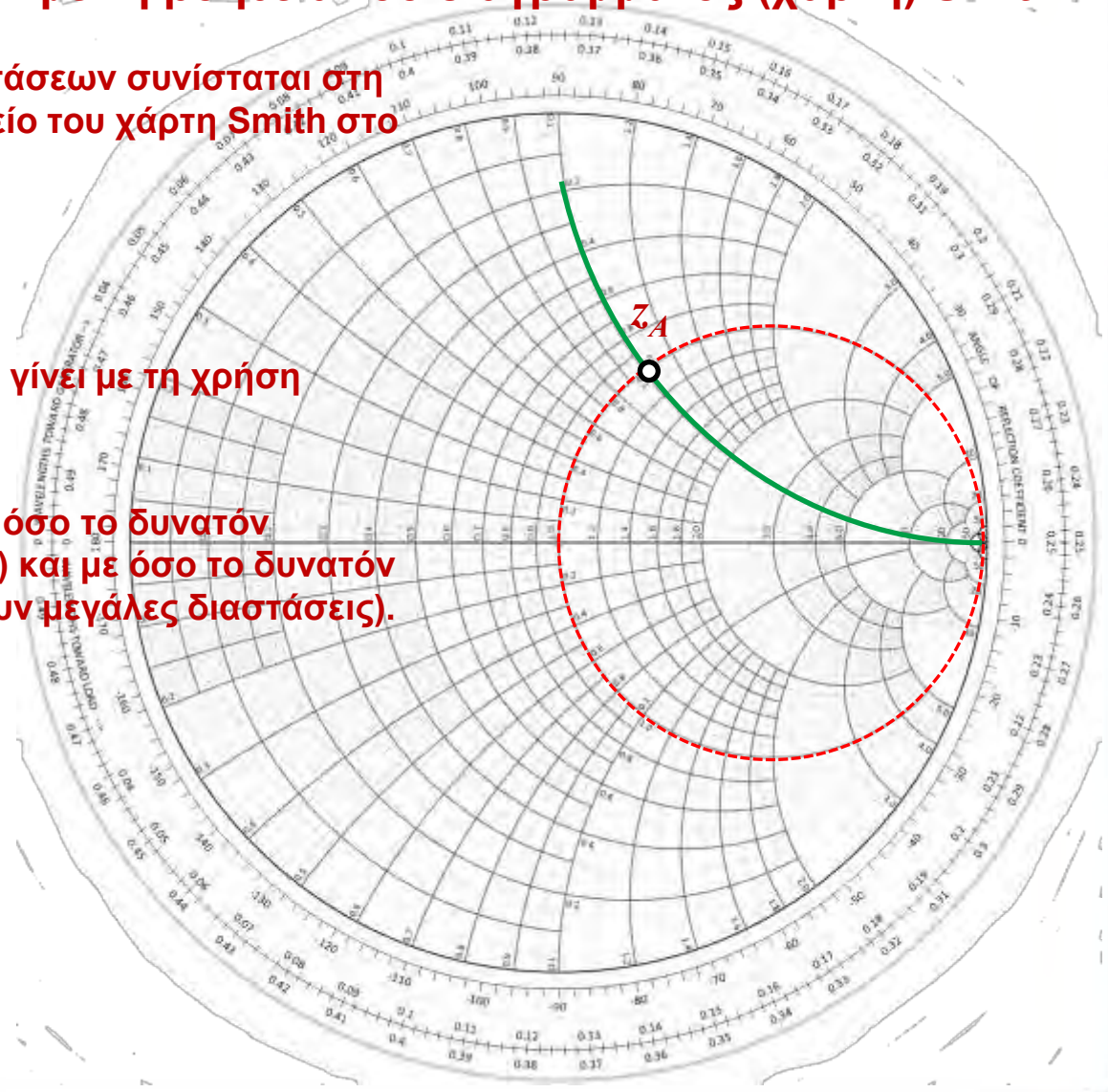
Προσαρμογή αντιστάσεων με τη βοήθεια του διαγράμματος (χάρτη) Smith

Η προσαρμογή σύνθετων αντιστάσεων συνίσταται στη μετακίνηση από ένα τυχαίο σημείο του χάρτη Smith στο κέντρο του, όπου ισχύει:

$$Z/Z_0 = Y/Y_0 = 1$$

Η μετακίνηση αυτή θα πρέπει να γίνει με τη χρήση στοιχείων με μικρές απώλειες.

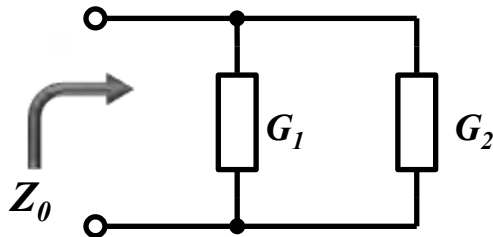
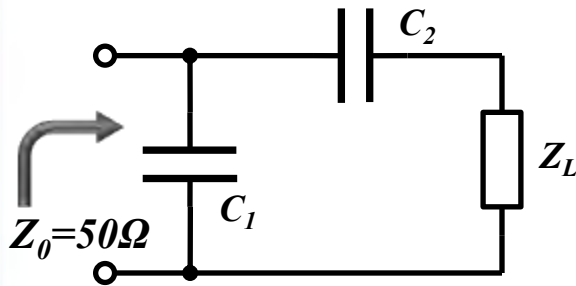
Θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν όσο το δυνατόν λιγότερα στοιχεία (συνήθως δύο) και με όσο το δυνατόν μικρότερες τιμές (για να μην έχουν μεγάλες διαστάσεις).



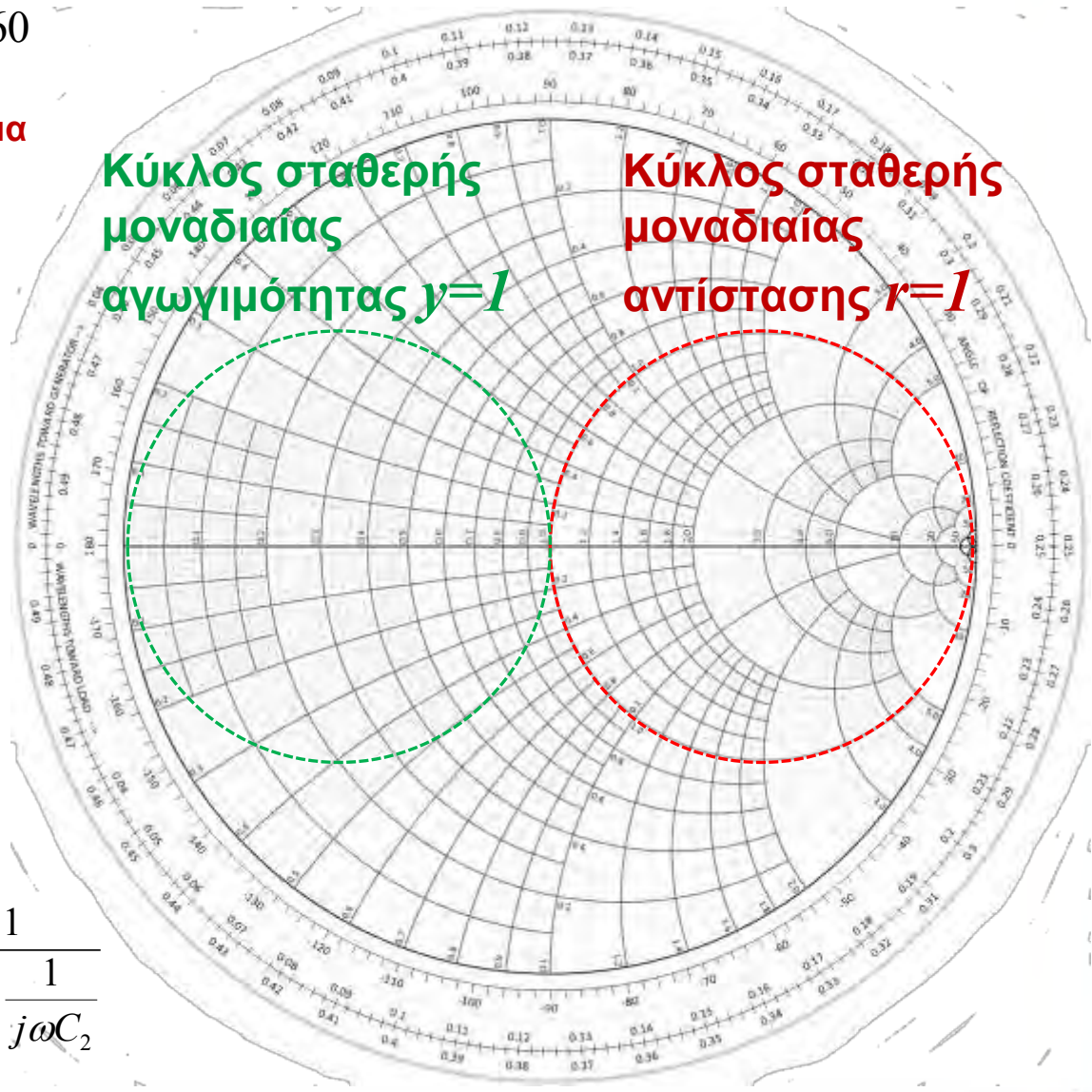
Προσαρμογή με χάρτη Smith

Δίνεται: $z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = 0.15 + j0.60$

Να βρεθεί το κατάλληλο δικτύωμα προσαρμογής αν $f=4\text{GHz}$



$$G_1 = \frac{1}{X_{C1}} = j\omega C_1 \quad G_2 = \frac{1}{Z_L + \frac{1}{j\omega C_2}}$$



Προσαρμογή με χάρτη Smith

Να βρεθεί το κατάλληλο δικτύωμα προσαρμογής αν $f=4\text{GHz}$

$$z_L = 0.15 + j0.60$$

1. Τοποθετούμε το z_L στο διάγραμμα στο σημείο H .

2. Κινούμαστε στον κύκλο σταθερού r . Τα σημεία τομής με τον $y=1$ είναι τα Θ και K . Επιλέγουμε το Θ .

3. Υπολογίζουμε τον C_2 από το τόξο:

$$H\hat{\Theta} = \frac{X_{C2}}{Z_0} = \frac{1}{\omega C_2}$$

4. Βρίσκουμε το συμμετρικό σημείο Λ ως προς το κέντρο M , για να υπολογίσουμε την αγωγιμότητα του κλάδου ($C_2 + Z_L$), η οποία είναι όσο το y_A .

5. Βρισκόμαστε πάνω στον μοναδιαίο κύκλο και έχουμε αγωγιμότητα (όχι αντίσταση) άρα για να κινηθούμε προς το 1, δηλαδή το σημείο M , είτε θα προσθέσουμε σε σειρά πηνίο, είτε θα συνδέσουμε παράλληλα ένα πυκνωτή.

6. Προσθέτουμε το $(1/C_1)$ πηγαίνοντας από το $\Lambda \Rightarrow M$ πάνω στον μοναδιαίο κύκλο και υπολογίζουμε τον C_1 από το τόξο ΛM .

