

Μικροκύματα

Προσαρμογή με χρήση του χάρτη Smith

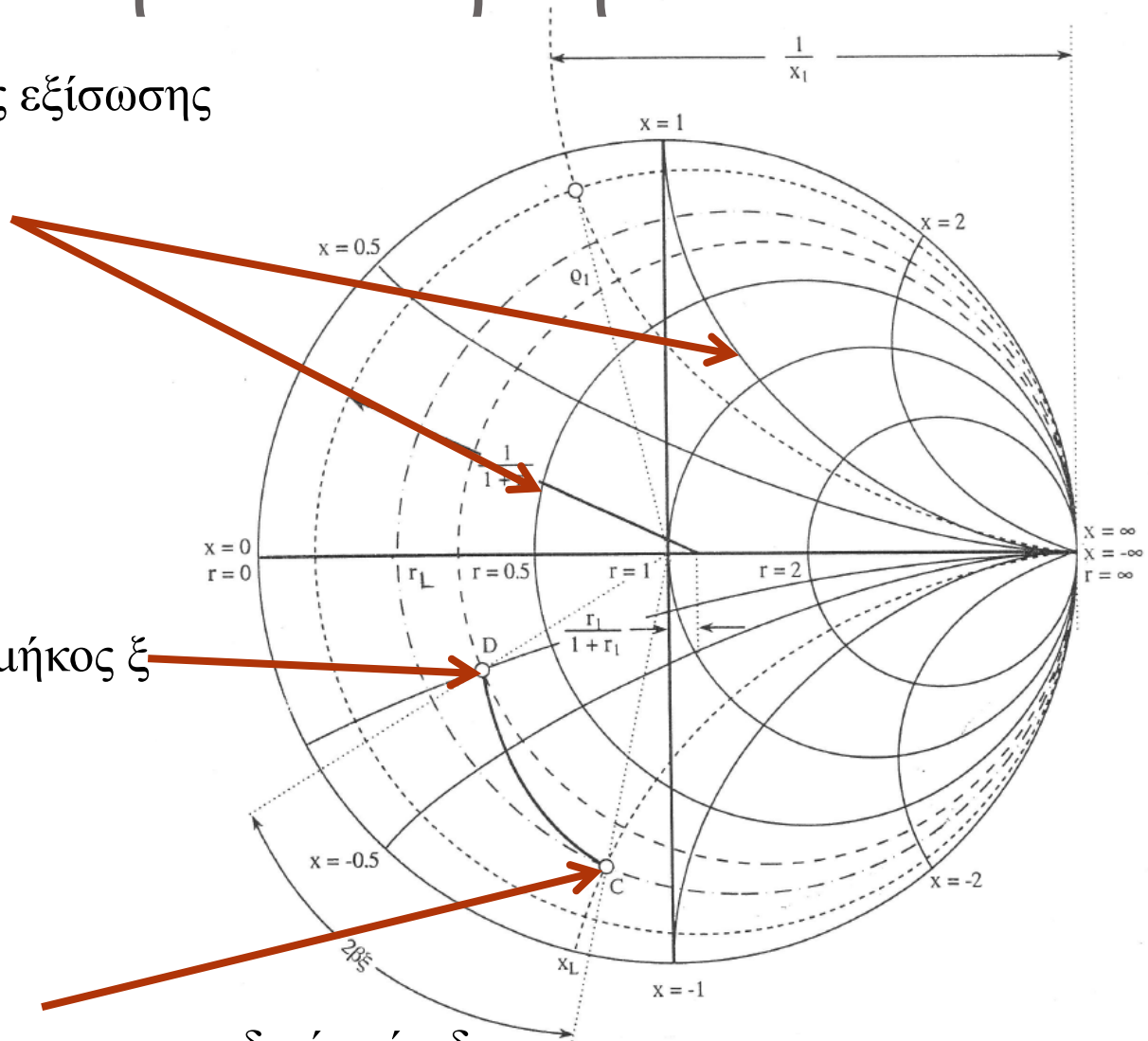
Δήμητρα – Θεοδώρα Κακλαμάνη
Καθηγήτρια ΕΜΠ



Κατασκευή του Χάρτη Smith

Γραφική λύση της εξίσωσης

$$\zeta = \frac{1+\rho}{1-\rho}$$

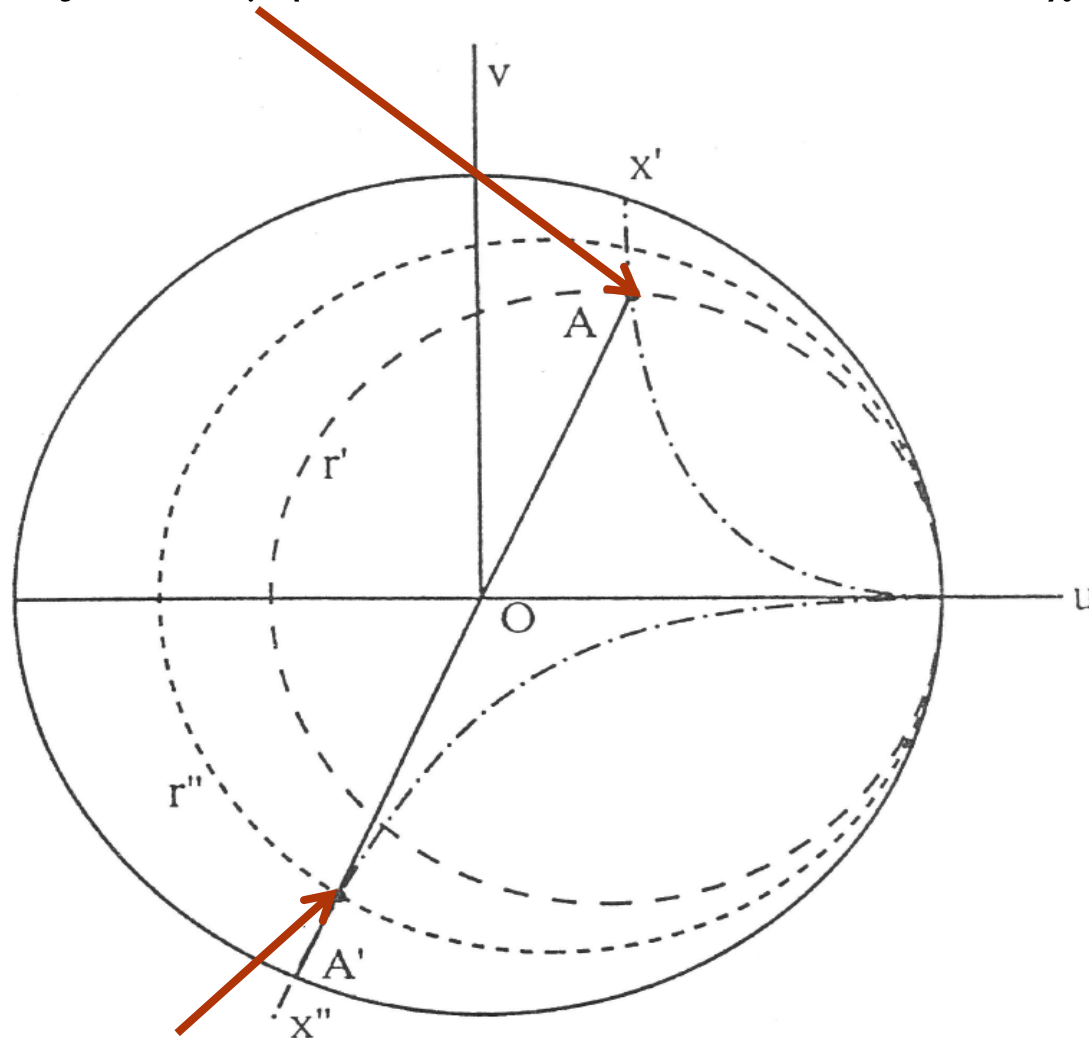


Στροφή φάσης για μήκος ξ

Ανηγμένη αντίσταση ρ στο μιγαδικό επίπεδο

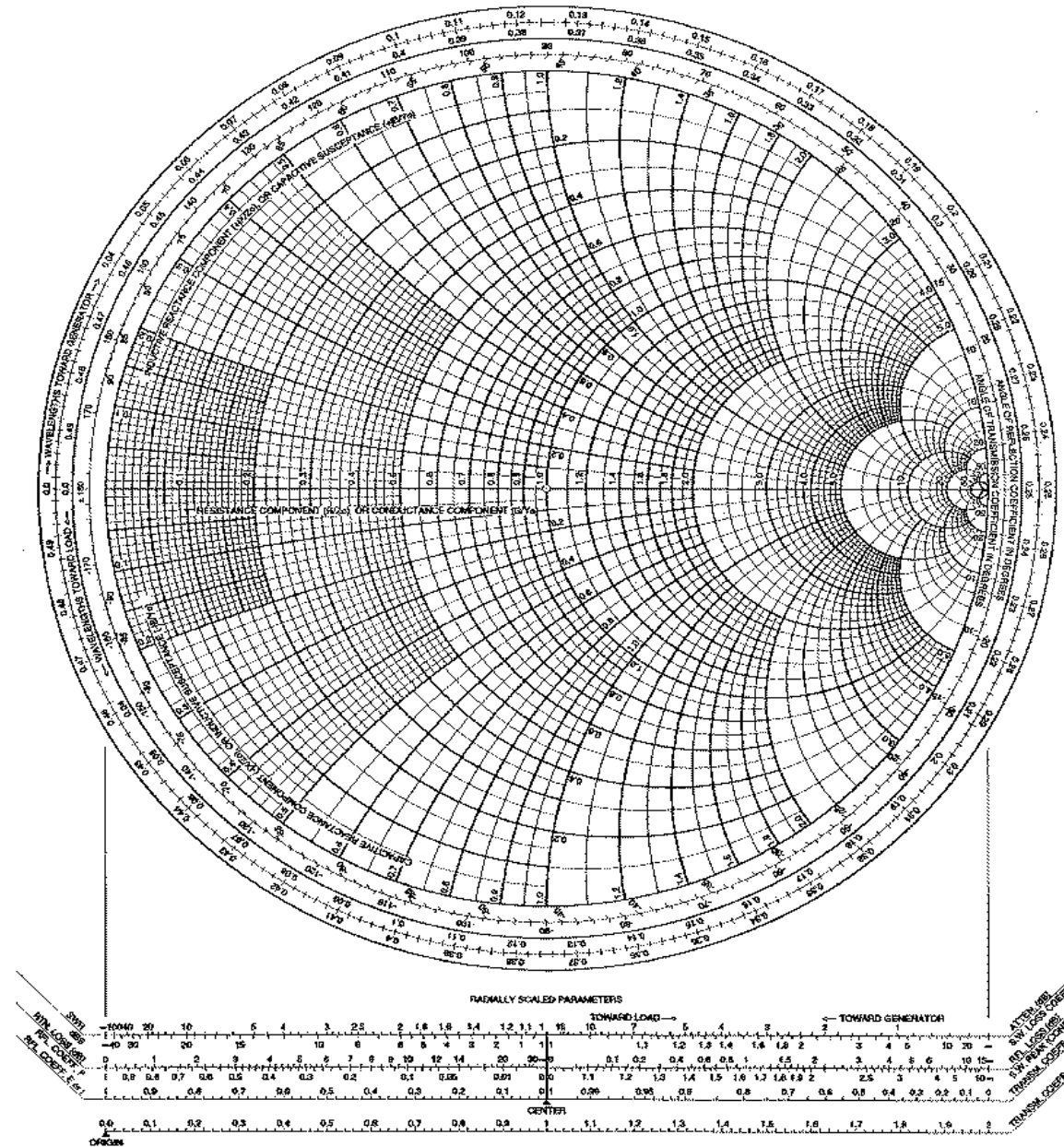
Εύρεση Σύνθετης Αγωγιμότητας

$\zeta(\xi) = Z(\xi)/Z_0 = r' + jx' \rightarrow$ τομή των κύκλων $r' = r'$ και $x = x'$ στον χάρτη Smith



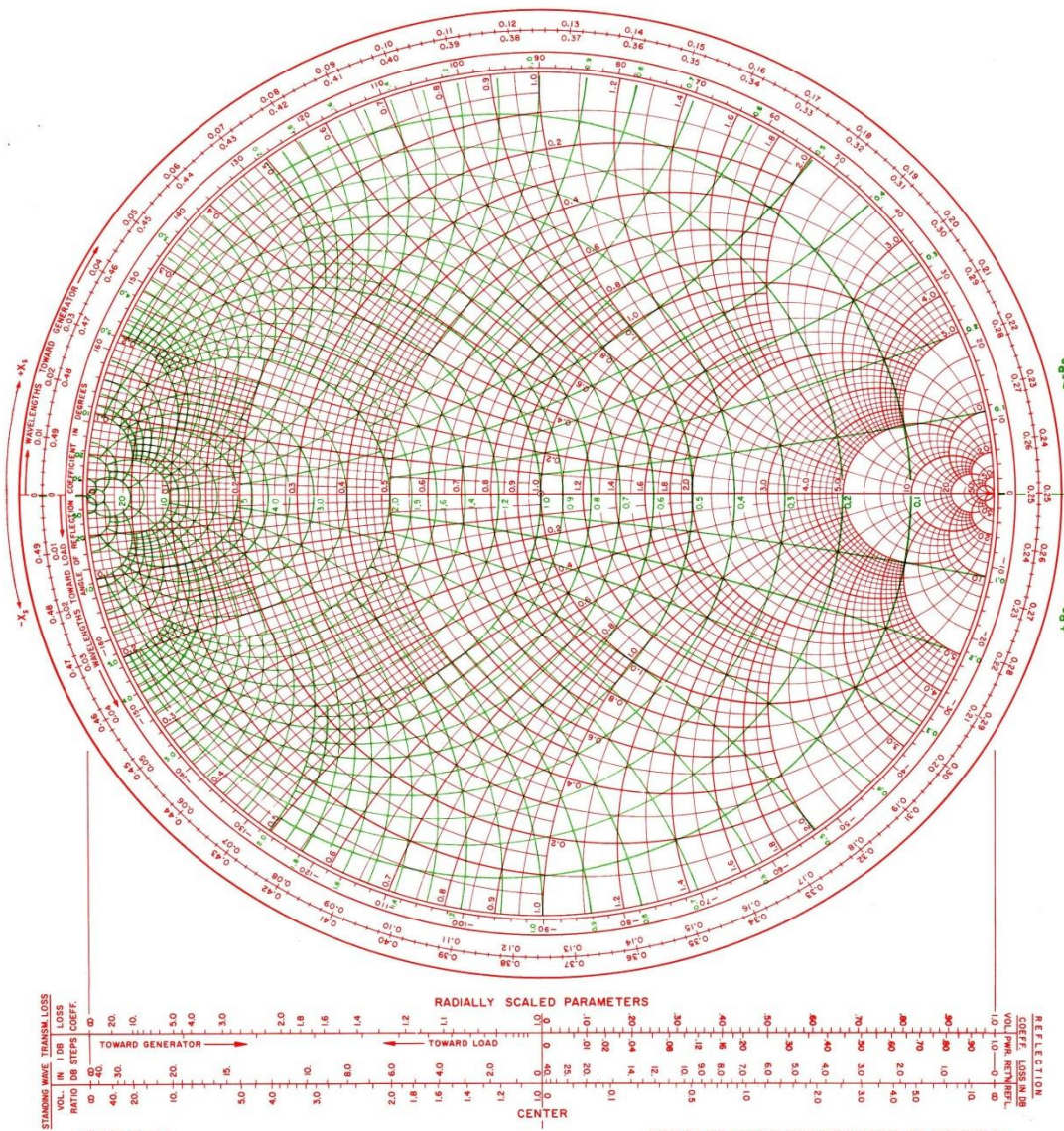
Ανηγμένη αγωγιμότητα $\rightarrow$ Συμμετρικό του A ως προς το O

Smith Chart

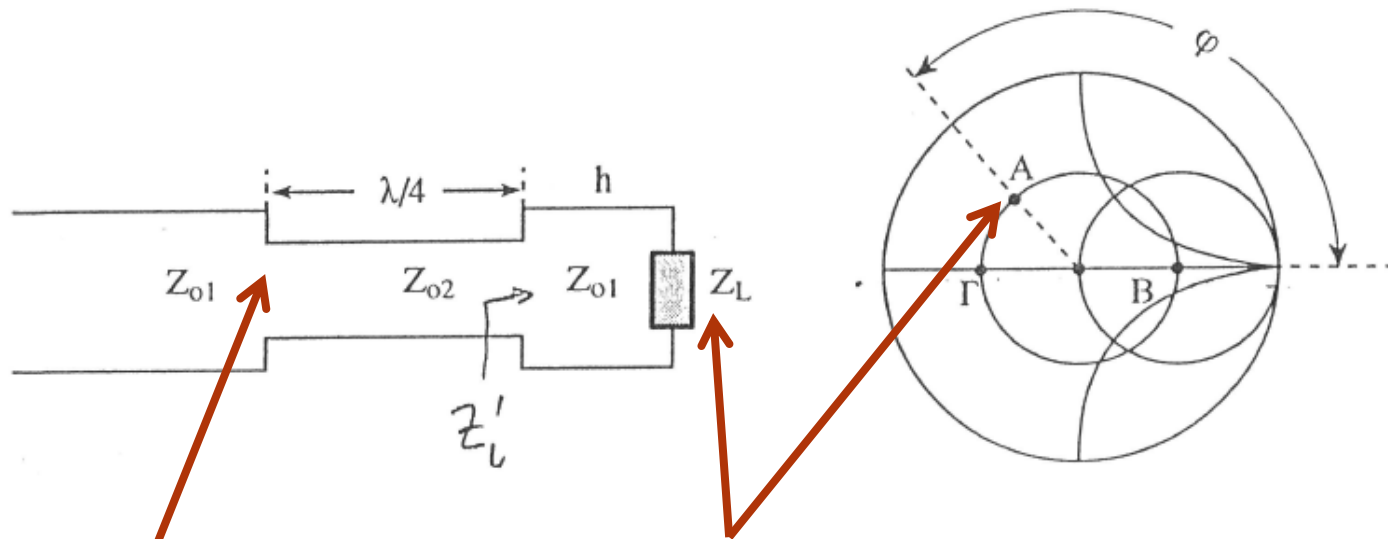


NAME	TITLE	DWG. NO.
SMITH CHART FORM ZY-01-N	ANALOG INSTRUMENTS COMPANY, NEW PROVIDENCE, N.J. 07974	DATE

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



Προσαρμογή σύνθετης αντίστασης με μετασχηματιστή $\lambda/4$



Το σημείο A αντιστοιχεί στην ανηγμένη σύνθετη αντίσταση $\zeta_L = Z_L/Z_{o1}$

Στροφή $\phi = 4\pi h/\lambda \pm \pi$ για να μετασχηματιστεί η Z_L σε πραγματική αντίσταση

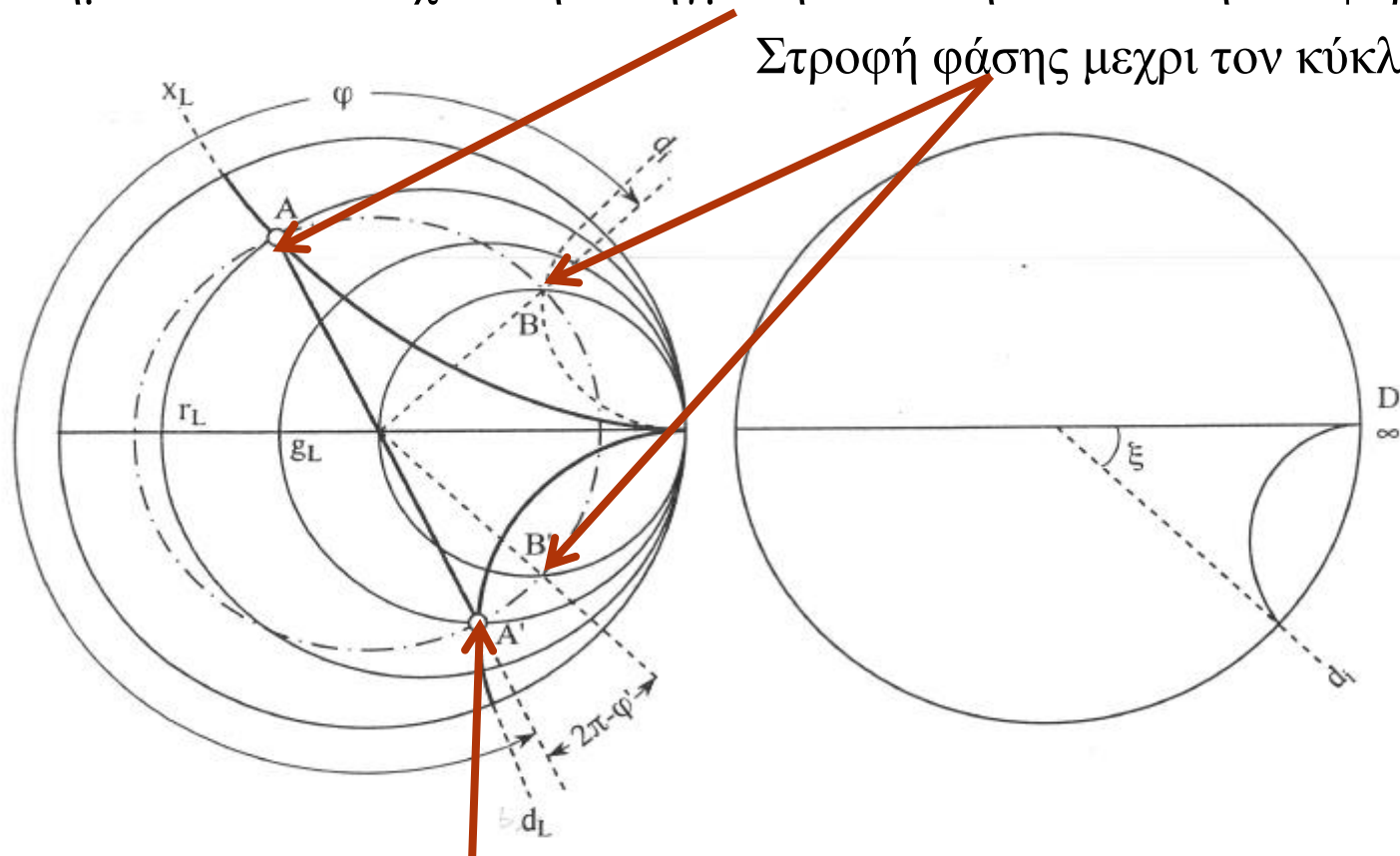
$$Z_i = Z_{o2} \frac{1 + \rho_L' e^{j\pi}}{1 - \rho_L' e^{j\pi}} \quad \rho_L' = \frac{Z_i' - Z_{o2}}{Z_i' + Z_{o2}} \quad Z_i' = Z_{o1} \frac{1 + |\rho_L|}{1 - |\rho_L|} = Z_{o1} S$$

$$Z_i = Z_{o1} \rightarrow Z_{o2} = \sqrt{Z_{o1} Z_i'} = Z_{o1} \sqrt{S}$$

Γραφική λύση για την προσαρμογή με τη χρήση μιας παράλληλης βραχυκυκλωμένης γραμμής

Το σημείο Α αντιστοιχεί στην ανηγμένη σύνθετη αντίσταση του φορτίου

Στροφή φάσης μεχρι τον κύκλο $r=1$



Το A' αντιστοιχεί στην ανηγμένη αγωγιμότητα του φορτίου

Γραφική λύση για την προσαρμογή με τη χρήση δυο παράλληλων βραχυκυκλωμένων στελεχών

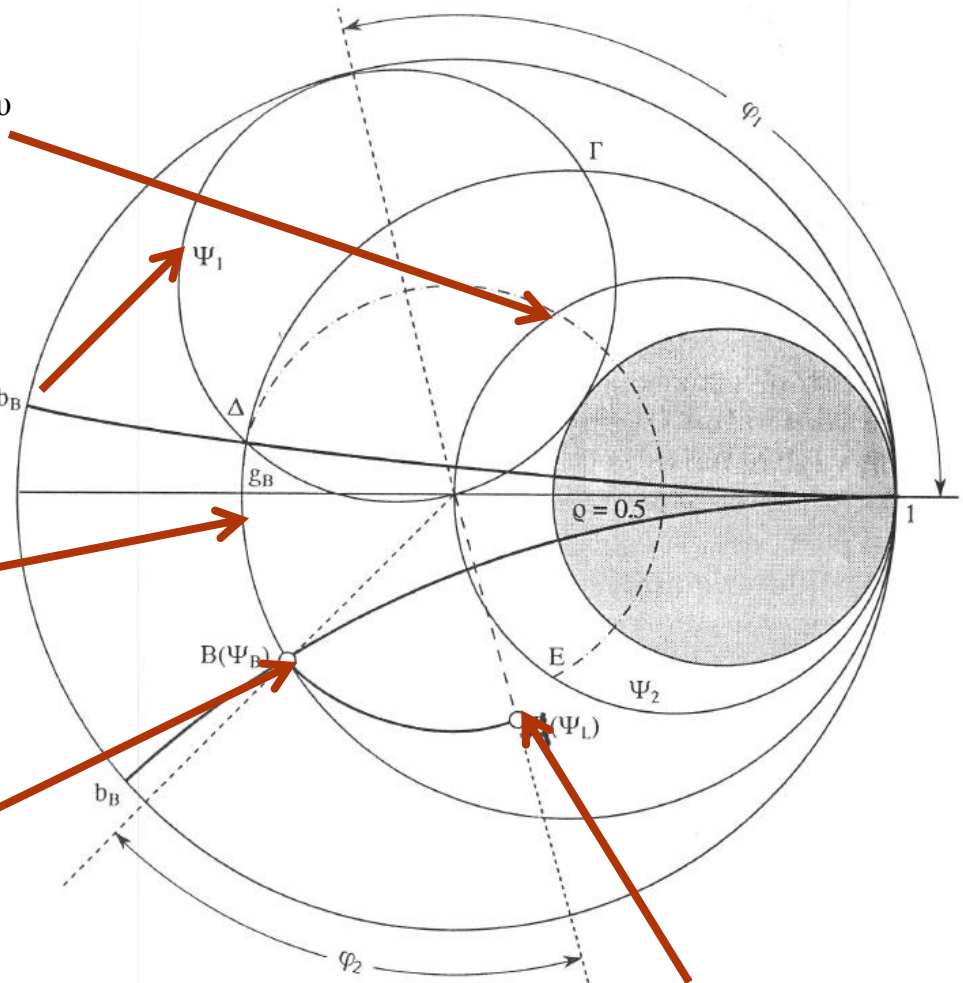
Γεωμετρικός τόπος αμέσως δεξιά του 1^{ου} στελέχους $\rightarrow r = 1$

Στροφή φάσης μέχρι αριστερά του $2_{b'+b_B}^{ou}$
 στελέχους $\rightarrow$ τομή 2 κύκλων = λύση

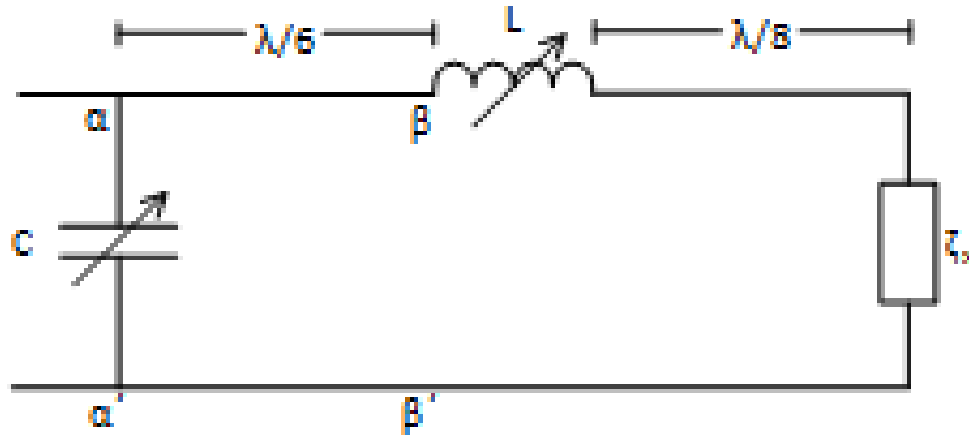
Γεωμετρικός τόπος αμέσως αριστερά
του 2^{ου} στελέχους $\rightarrow r = \text{Re}(\Psi_B)$

Αγωγιμότητα αμέσως δεξιά του 2^{ου} στέλεχος

Αγωγιμότητα φορτίου



Άσκηση 1



- εναέρια γραμμή μεταφοράς χωρίς απώλειες με $Z_0 = 50\Omega$
- $0.2\text{pF} \leq C \leq 0.7\text{pF}$
- $0.3\text{nH} \leq L \leq 0.8\text{nH}$
- $f = 5\text{ GHz}$
- Ζητείται να προσδιοριστεί γραφικά ο γεωμετρικός τόπος του ανηγμένου φορτίου ζ_x για να πετύχουμε προσαρμογή στο τμήμα γραμμής μεταξύ της πηγής και του παράλληλα συνδεδεμένου μεταβλητού πυκνωτή

Λύση

- $\psi_C = j\omega C Z_o = j2\pi \cdot 5 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-12} \cdot [0.2, 0.7] \rightarrow 0.3 \leq \text{Im}(\psi_C) \leq 1.1$
- $\zeta_L = j\omega L / Z_o = j2\pi \cdot 5 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} \cdot [0.3, 0.8] / 50 \rightarrow 0.2 \leq \text{Im}(\zeta_L) \leq 0.5$
- $\Psi_{\alpha\alpha'(\text{μετά})} = 1 - j[0.3, 1.1]$ (τόξο στον χάρτη Smith)
- Για να μετακινηθούμε από τη θέση $\alpha\alpha'$ στη θέση $\beta\beta'$ πραγματοποιούμε στροφή $\varphi = 2(2\pi/\lambda)(\lambda/6) = 120^\circ$ προς το φορτίο και λαμβάνοντας το συμμετρικό σημείο έχουμε την ανηγμένη αντίσταση πριν το $\beta\beta' \rightarrow \zeta_{\beta\beta'(\text{πριν})}$ (συνολική στροφή 300°) (τόξο στο χάρτη Smith)
- $\zeta_{\beta\beta'(\text{πριν})} = \zeta_{\beta\beta'(\text{μετά})} + \zeta_L \rightarrow \zeta_{\beta\beta'(\text{μετά})} = \zeta_{\beta\beta'(\text{πριν})} - j[0.2, 0.5]$
(πρόκειται για χωρίο και όχι απλά για τόξο στον χάρτη Smith)
- Το τμήμα της γραμμής πριν το φορτίο έχει μήκος $\lambda/8$, συνεπώς απαιτείται στροφή $\varphi = 2(2\pi/\lambda)(\lambda/8) = 90^\circ$ για να βρεθεί ο γεωμετρικός τόπος του ανηγμένου φορτίου ζ_x

IMPEDANCE OR ADMITTANCE COORDINATES

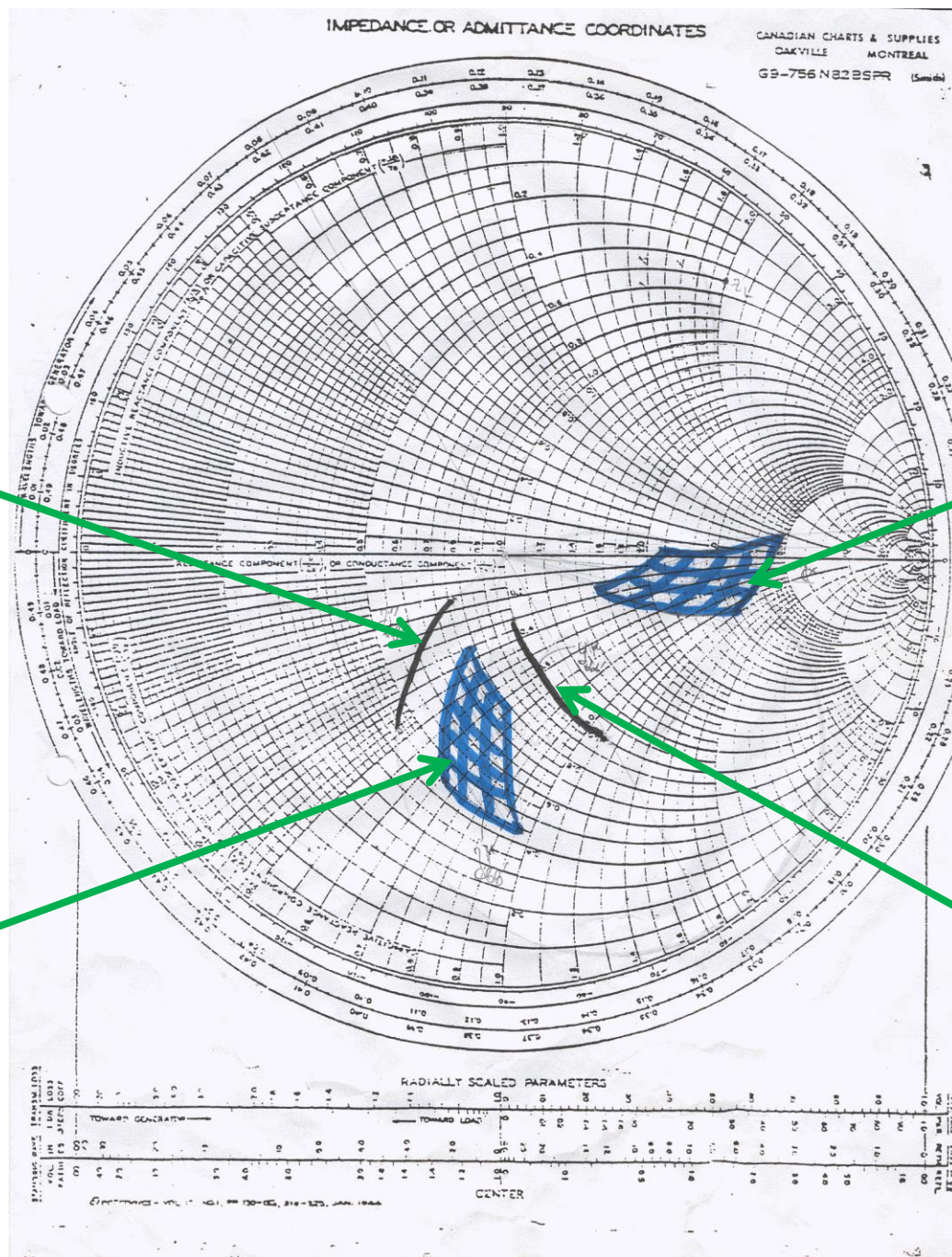
CANADIAN CHARTS & SUPPLIES
OAKVILLE MONTREAL
G9-756 N8235PR (5mm dia)

Γ.Τ. $\zeta_{\beta\beta'}$ (πριν)

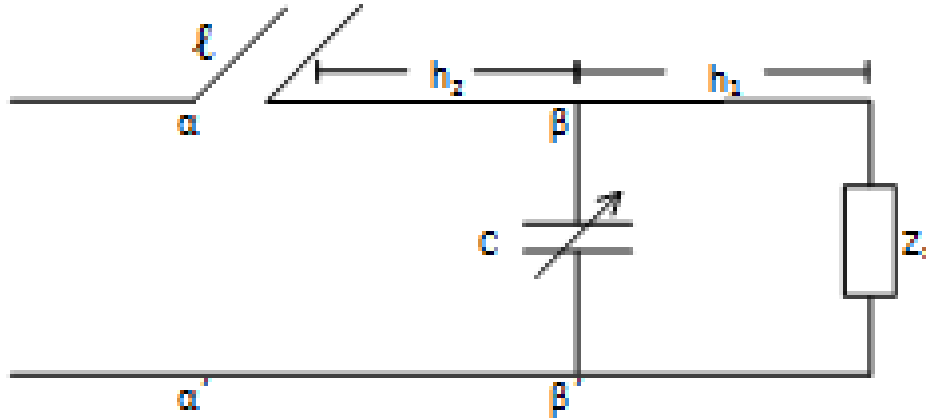
Γ.Τ. ζ_X

Γ.Τ. $\zeta_{\beta\beta'}$ (μετά)

Γ.Τ. $\psi_{\alpha\alpha'}$ (μετά)



Άσκηση 2



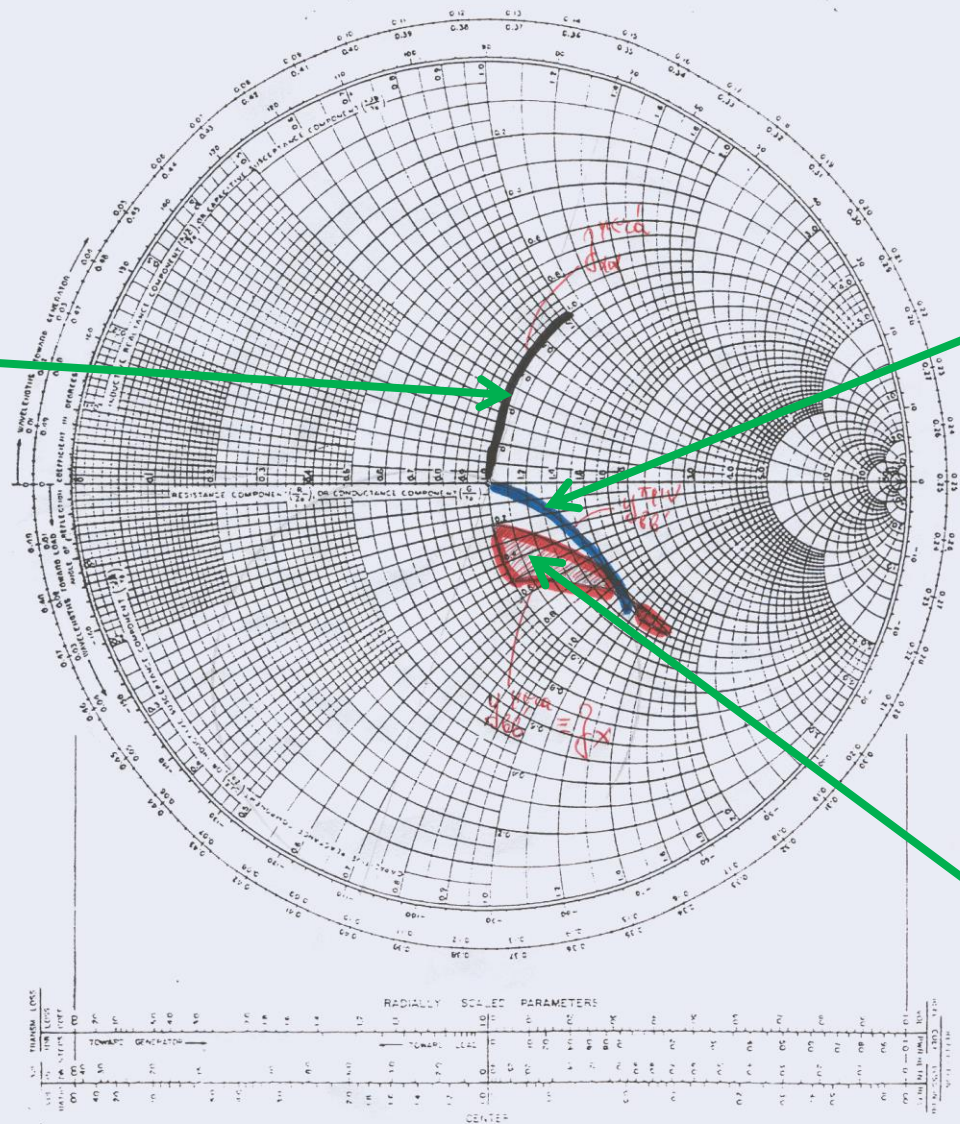
- εναέρια γραμμή μεταφοράς χωρίς απώλειες
- σε απόσταση $h_1 = 25\text{mm}$ από το άγνωστο φορτίο Z_x συνδέεται παράλληλα μεταβλητός πυκνωτής με χωρητικότητα C που μπορεί να μεταβάλλεται στην περιοχή $[0.2\text{ pF}, 0.5\text{ pF}]$
- σε απόσταση $h_2 = 10\text{mm}$ από το μεταβλητό πυκνωτή προς την πηγή συνδέεται σε σειρά ανοιχτοκυκλωμένο στέλεχος χωρίς απώλειες και με μήκος ℓ που μπορεί να μεταβάλλεται στην περιοχή $[12.5\text{ mm}, 25\text{ mm}]$
- $f = 3\text{GHz}$ και $Z_0 = 50\Omega$ για την κύρια γραμμή και το ανοιχτοκυκλωμένο στέλεχος
- Ζητείται να προσδιοριστεί γραφικά ο γεωμετρικός τύπος του ανηγμένου φορτίου ζ_x για να έχουμε προσαρμογή στο τμήμα της γραμμής μεταξύ της πηγής και του ανοιχτοκυκλωμένου στελέχους

Λύση

- $f = 3\text{GHz} \rightarrow \lambda = c/f = 10\text{ cm}$
 - $h_1 = 2.5\text{cm} = \lambda/4 \rightarrow \text{στροφή } 2\beta h_1 = \pi$
 - $h_2 = 1\text{cm} = \lambda/10 \rightarrow \text{στροφή } 2\beta h_2 = 2\pi/5 = 72^\circ$
- $Z_{\text{ανοιχτ}} = Z_o(\cos(\beta\ell)/j\sin(\beta\ell)) \rightarrow \zeta_{\text{ανοιχτ}} = -j\cot(\beta\ell)$
 - $12.5\text{mm} \leq \ell \leq 25\text{mm} \rightarrow \lambda/8 \leq \ell \leq \lambda/4 \rightarrow \pi/4 \leq \beta\ell \leq \pi/2 \rightarrow 0 \leq \cot(\beta\ell) \leq 1$
- $\psi_C = j\omega C Z_o = j2\pi \cdot 3 \cdot 10^9 \cdot 50 \cdot 10^{-12} \cdot [0.2, 0.5] \rightarrow 0.2 \leq \text{Im}(\psi_C) \leq 0.5$
- $\zeta_{\alpha\alpha'(\text{μετά})} = 1 + j\cot(\beta\ell)$, άρα $\text{Re}(\zeta_{\alpha\alpha'(\text{μετά})}) = 1$ και $0 \leq \text{Im}(\zeta_{\alpha\alpha'(\text{μετά})}) \leq 1$
- Με στροφή του Γ.Τ. $\zeta_{\alpha\alpha'(\text{μετά})}$ κατά $2\beta h_2 = 72^\circ$ προς φορτίο βρίσκουμε τον Γ.Τ. $\zeta_{\beta\beta'(\text{πριν})}$ και λαμβάνοντας το συμμετρικό του στον χάρτη Smith προσδιορίζουμε τον Γ.Τ. $\psi_{\beta\beta'(\text{πριν})}$ (συνολική στροφή $72^\circ + 180^\circ = -108^\circ$)
- $\Psi_{\beta\beta'(\text{μετά})} = \Psi_{\beta\beta'(\text{πριν})} - \psi_C$
- Με στροφή του Γ.Τ. $\Psi_{\beta\beta'(\text{μετά})}$ κατά $2\beta h_1 = 180^\circ$ προσδιορίζουμε το Γ.Τ. ψ_x και λαμβάνοντας τον συμμετρικό του στον χάρτη Smith προσδιορίζουμε το Γ.Τ. ζ_x
- Άρα $\Gamma.Τ.(\zeta_x) = \Gamma.Τ.(\psi_{\beta\beta'(\text{μετά})})$

Γ.Τ. $\zeta_{\alpha'}$ (μετά)

Γ.Τ. $\psi_{\beta\beta'}$ (πριν)



Γ.Τ. ζ_x