

Report List

- 1) cheng 전자기학 8장 page 420 연습문제 8-11
- 2) 교재 3장 : 예제 3-3
- 3) page 104 연습문제 3.1,
- 4) 연습문제3.3,
- 5) 연습문제3.4(smith chart 이용하여 풀 것)

- 6) 연습문제 3.5,
- 7) 연습문제 3.6
- 8) 연습문제 4.1
- 9) 10월 6일 수업시간 ex문제
- 10) 예제 4-5 (수업시간외 두 번째 방법)

1) P 420 연습문제 8-11(report)

예제 8-8에서 종단저항이 부하저항 R_L 로 바뀌면서 선로의 정재파비가 4에서 2로 감소됨을 알았다. (a) R_L 의 값은? (b) 입력 임피던스의 값은?

sol) $Z_L = R_L$, SWR 4 $\rightarrow$ 2 이므로 P_8

a) $R_L = ?$

$$\therefore Z_L = R_0 = 100(2 + j0) = 200[\Omega]$$

b) $l = 1.434\lambda$ 에서 input Imp

P_8 에서 0.434λ 떨어진 점에서 input impedance

$$0.25\lambda + 0.434\lambda = 0.684\lambda$$

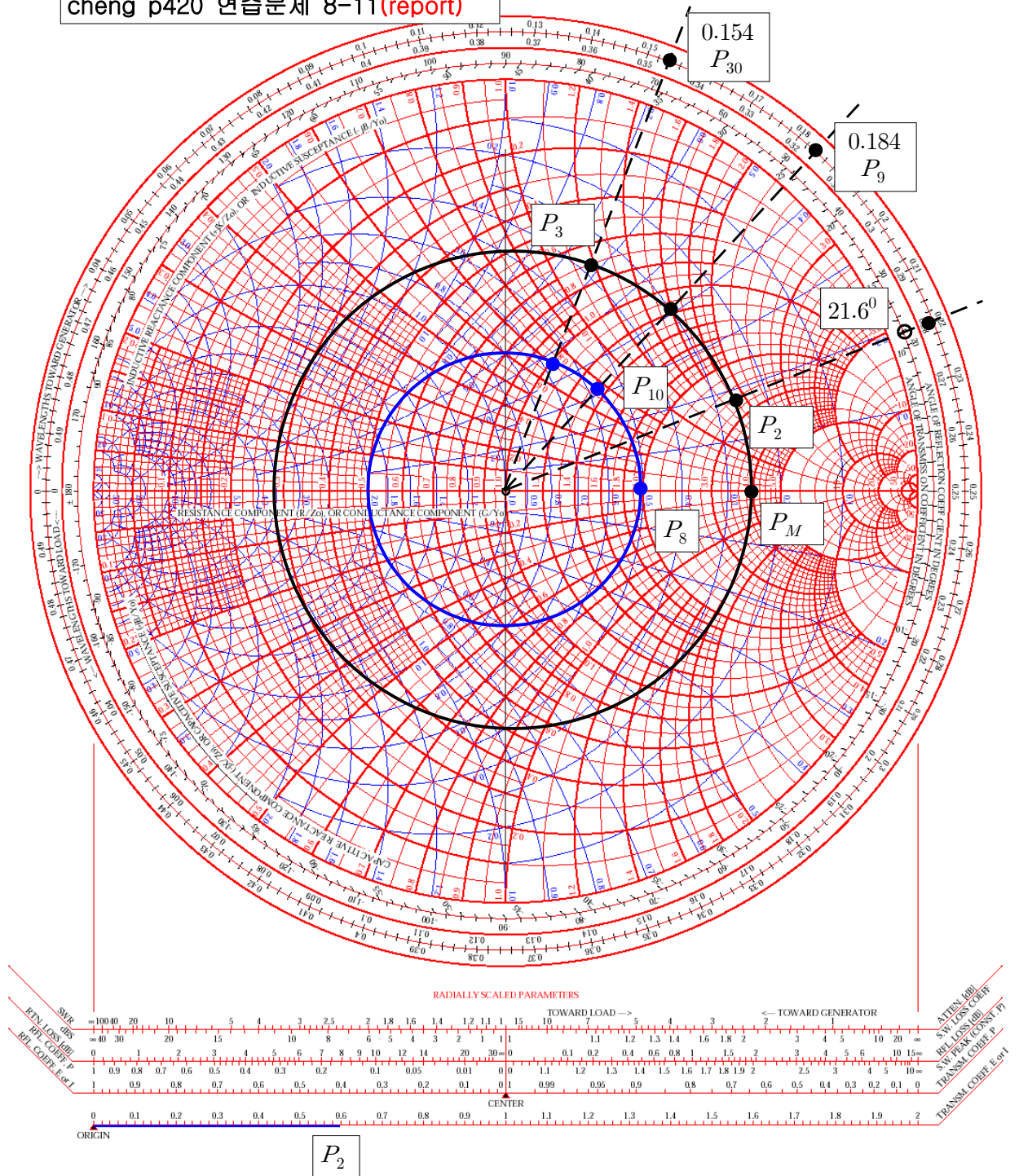
0.5λ 를 초과하므로 빼주면 $0.184\lambda \Rightarrow P_9$

그러므로 P_9 와 $SWR=2$ 인 원과의 교점

$$\Rightarrow P_{10} = Z_i = 1.35 + j0.76$$

$$\therefore Z_i = 100(1.35 + j0.76) = 13.5 + j76[\Omega]$$

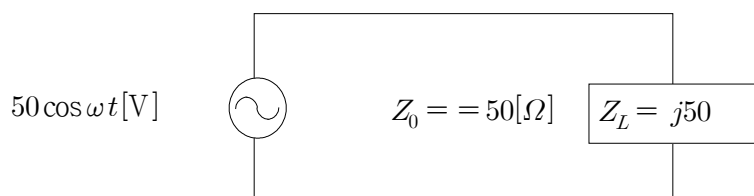
cheng p420 연습문제 8-11(report)



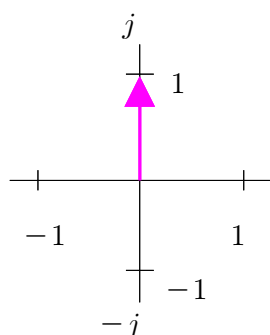
2) 교재 3장 : 예제 3-3 Report

특성 임피던스가 $50[\Omega]$ 인 전송선로에 $+j50[\Omega]$ 의 부하를 연결한 경우 ①부하의 반사계수를 구하라. 만약, 입사파의 전압이 $50 \cos \omega t [V]$ 일 때 ②입사파의 전류, ③반사파의 전압과 전류, ④부하에 걸리는 전압, 전류를 구하여라.

sol)



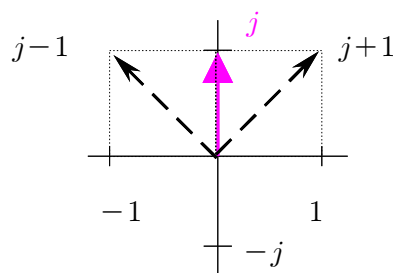
① 부하의 반사계수



$$\begin{aligned} \text{식 (3-49) : } \Gamma &= \frac{V^-}{V^+} = \frac{z_L - 1}{z_L + 1} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{j50 - 50}{j50 + 50} \\ &= \frac{j-1}{j+1} = \frac{(j-1)(j-1)}{(j+1)(j-1)} = \frac{-2j}{-2} = j = 1 \angle 90^\circ \end{aligned}$$

또는

$$\Gamma = \frac{j-1}{j+1} = \frac{\sqrt{2} \angle 135^\circ}{\sqrt{2} \angle 45^\circ} = 1 \angle 90^\circ = j$$



if $Z_L = -j50$ 인 경우

$$\begin{aligned} \text{식 (3-49) : } \Gamma &= \frac{V^-}{V^+} = \frac{z_L - 1}{z_L + 1} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{-j50 - 50}{-j50 + 50} \\ &= \frac{-j-1}{-j+1} = \frac{(-j-1)(-j-1)}{(-j+1)(-j-1)} = \frac{2j}{-2} = -j = 1 \angle -90^\circ \end{aligned}$$

② 입사파의 전류

$$I^+ = \frac{V^+}{Z_0} = \frac{50 \cos \omega t}{50} = \cos \omega t [A]$$

③ 반사파의 전압=입사파 전압 $\times$ 반사계수

$$= 50 \cos \omega t \times (j)$$

= 반사파 전압의 위상이 90° 앞섬을 의미

$$\therefore V^- = 50 \cos (\omega t + 90^\circ) [\text{V}]$$

반사파 전류 = 입사파 전류 $\times$ 전류반사계수

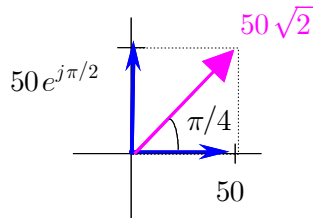
$$= \cos \omega t \times (-j)$$

= 반사파 전압의 위상이 90° 뒤짐을 의미

$$\therefore I^- = 50 \cos (\omega t - 90^\circ) [\text{A}]$$

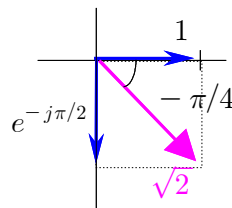
④ 부하에 걸리는 전압 = 입사파 전압 + 반사파 전압

$$\begin{aligned} &= 50 \cos \omega t + 50 \cos (\omega t + 90^\circ) \\ &= 50 e^{j0} + 50 e^{j90^\circ} \\ &= 50 + 50 e^{j\frac{\pi}{2}} \\ &= 50 \sqrt{2} e^{j\frac{\pi}{4}} \\ \therefore V_L &= 50 \sqrt{2} \cos (\omega t + 45^\circ) [\text{V}] \end{aligned}$$



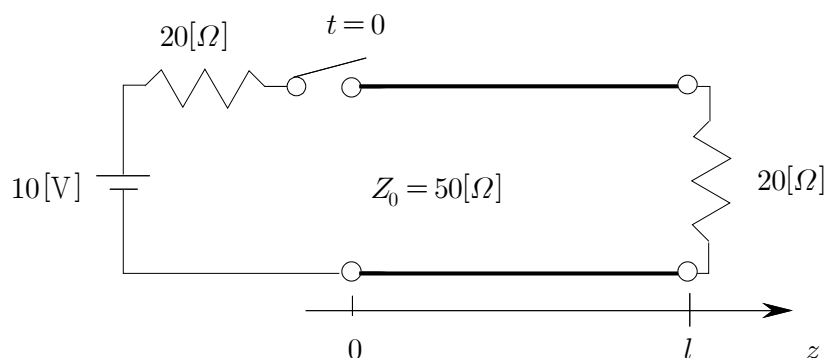
부하에 걸리는 전류 = 입사파 전류 + 반사파 전류

$$\begin{aligned} &= \cos \omega t + \cos (\omega t - 90^\circ) \\ &= 1 e^{j0} + 1 e^{-j90^\circ} \\ &= 1 + 1 e^{-j\frac{\pi}{2}} \\ &= \sqrt{2} e^{-j\frac{\pi}{4}} \\ \therefore I_L &= \sqrt{2} \cos (\omega t - 45^\circ) [\text{A}] \end{aligned}$$



3) 교재 연습문제 3-1(report)

그림에 보인 전송선로에 대한 격자 그림을 그려라



sol)

① $x = 0, t = 0$ 에서 전송선로에 인가되는 전압

$$V^+ = \frac{Z_0}{Z_0 + R_g} V_g = \frac{50}{50 + 20} 10 = 7.14 [\text{V}]$$

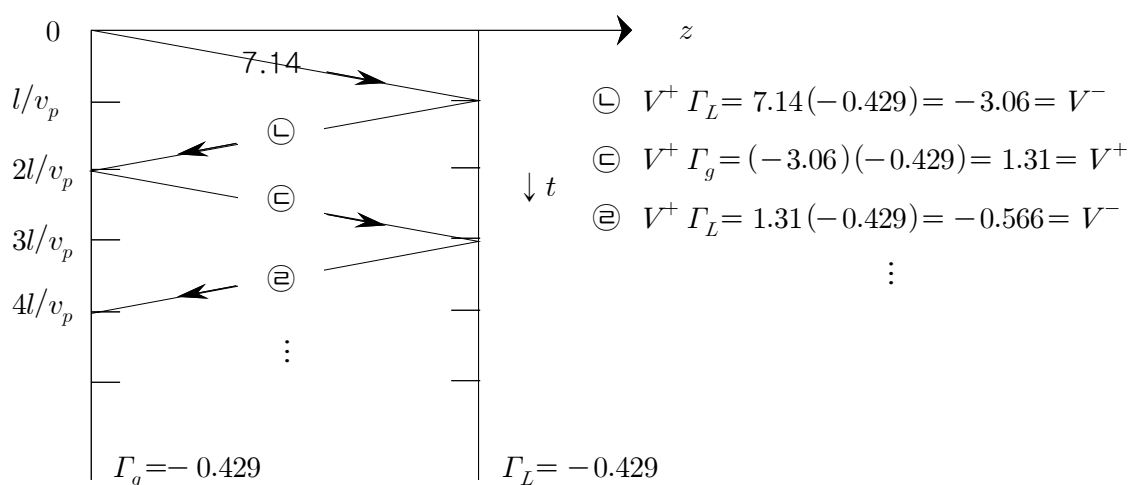
② $x = l$ 즉, 수신단에서 $Z_0 \neq Z_L$ 이므로 반사파 존재 그러므로 반사계수

$$\Gamma_L = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{20 - 50}{20 + 50} = -0.429$$

② $x = 0$ 즉, 송신단에서 $Z_0 \neq R_g$ 이므로 반사파 존재 그러므로 반사계수

$$\Gamma_g = \frac{R_g - Z_0}{R_g + Z_0} = \frac{20 - 50}{20 + 50} = -0.429$$

격자 그림



4) 교재 연습문제 3-3(report)

전송선로의 파라미터가 $L=0.2 \mu\text{H}/\text{m}$, $C=300 \text{ pF}/\text{m}$, $R=5 \Omega/\text{m}$, $G=0.01 \text{ S}/\text{m}$ 이다.

$f=500 \text{ MHz}$ 에서 이 선로의 전파상수와 특성임피던스를 구하라. 또한 무손실($R=G=0$)인 경우에 대하여도 구하라.

sol) 전파상수 γ 는 by 식 (3-21)

$$\begin{aligned}\gamma &= \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)} \\ &= \sqrt{(5+j2\pi \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 0.2 \cdot 10^{-6})(0.01+j2\pi \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 300 \cdot 10^{-12})} \\ &\doteq \sqrt{(5+j628)(0.01+j0.94)} \\ &\doteq \sqrt{628 \angle 89.54^\circ \cdot 0.94 \angle 89.39^\circ} \\ &= 24.3 \angle 89.465^\circ \\ &\doteq 0.23 + j24.3 [\text{Np}/\text{m}]\end{aligned}$$

특성임피던스 Z_0 는 by (3-25)

$$\begin{aligned}Z_0 &= \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}} \\ &= \sqrt{\frac{(5+j2\pi \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 0.2 \cdot 10^{-6})}{(0.01+j2\pi \cdot 500 \cdot 10^6 \cdot 300 \cdot 10^{-12})}} \\ &\doteq \sqrt{\frac{628 \angle 89.54^\circ}{0.94 \angle 89.39^\circ}} \\ &\doteq 25.8 \angle 0.08^\circ \\ &\doteq 25.8 + j0.3 [\Omega]\end{aligned}$$

if, $R=G=0$

$$\text{전파상수 } \gamma = \alpha + j\beta = 0 + j\omega \sqrt{LC} = 24.3 [\text{rad}/\text{m}]$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{L}{C}} = 25.8 [\Omega]$$

5) 교재 연습문제 3-4 Smith Chart 사용(report)

전송로의 길이가 $l = 0.3\lambda$ 인 무손실 전송선로의 반사계수, SWR 및 입력 임피던스?

sol)

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{40 + j20}{75} = 0.53 + j0.266 \text{ 를 Smith chart 상에 표시} \rightarrow \textcircled{A}$$

부하쪽을 바라본 파수이므로 $\textcircled{A}$ 의 파수($= 0.05\lambda$)에 해당하는 반사위상각을 읽음.

$$\text{그러므로 반사계수} \therefore \Gamma_L = 0.36e^{j144^\circ}$$

$$\therefore SWR = \textcircled{B} = 2.05$$

부하점에서 파수가 $\textcircled{C}$ 점이므로

부하에서 0.3λ 떨어진 곳에서 입력 임피던스가 존재하므로

$$0.05\lambda + 0.3\lambda = 0.35\lambda \rightarrow \textcircled{D} \text{ 점}$$

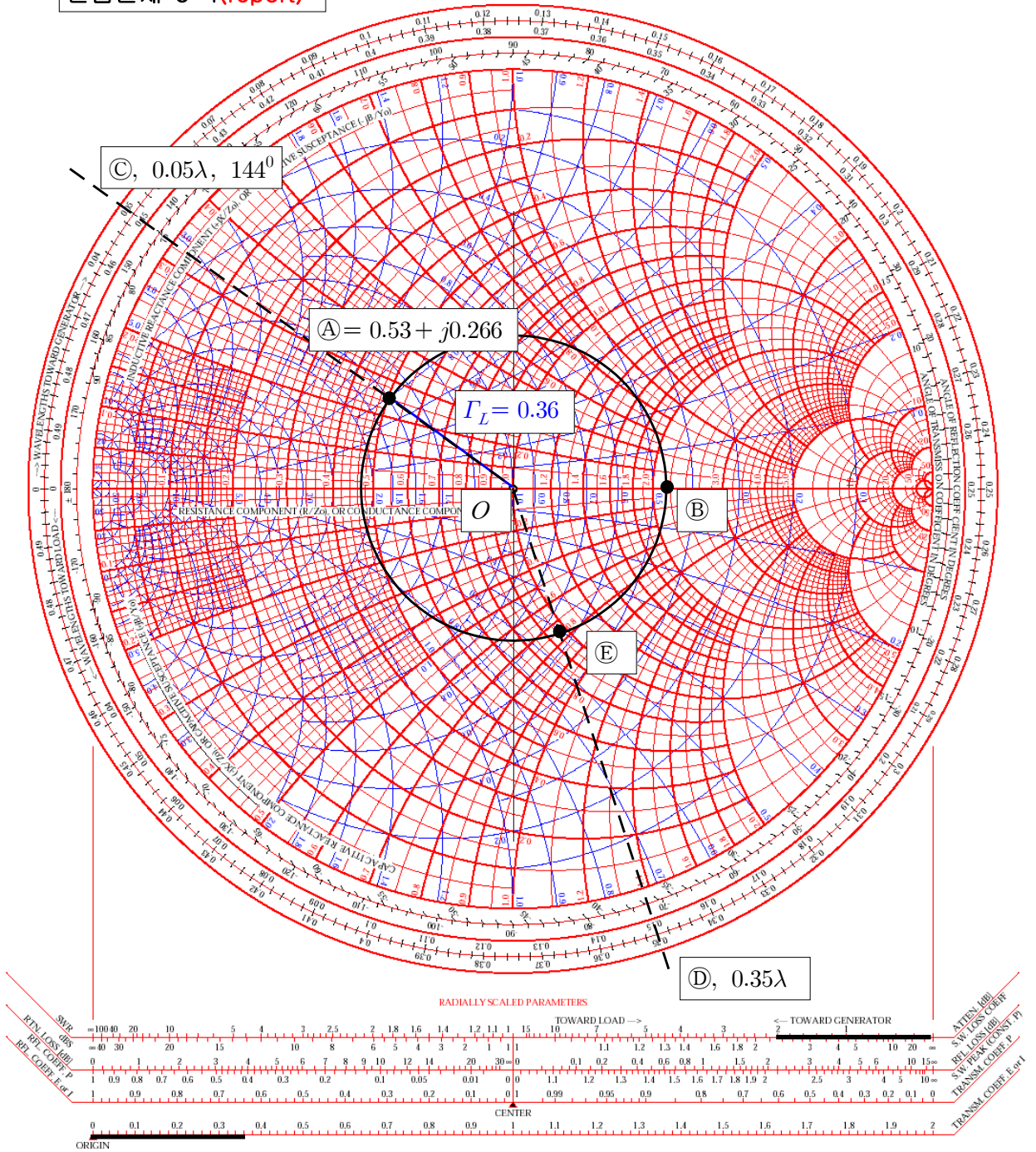
그러므로 입력임피던스는 $\textcircled{D}$ 점과 원점을 잇는 선이 Γ_L 의 원과의 교점 $\rightarrow \textcircled{E}$ 점의 임피던스

$$\therefore z_{in} = 0.99 - j0.7$$

$$\therefore Z_{in} = 75(0.99 - j0.7) = 74.25 - j53.9[\Omega]$$

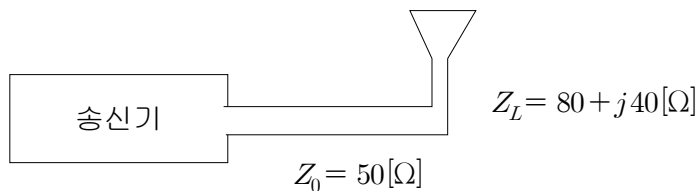
NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES

연습문제 3-4(report)



6) 교재 연습문제 3-5(report)

무선 송신기를 임피던스가 $80 + j40[\Omega]$ 인 안테나에 $50[\Omega]$ 의 동축케이블로 연결하였다. 송신기가 $50[\Omega]$ 의 부하에 $30[W]$ 의 전력을 공급하였을 경우, 안테나에 공급된 전력은?



sol)

전력은 반사계수 값을 알아야 구할 수 있으므로 식 (3-88)로부터 알 수 있다.

그러므로

먼저 반사계수 값은 식 (3-48) 혹은 식 (3-67)로부터

$$\begin{aligned} \Gamma(x) &= \frac{z_L - 1}{z_L + 1} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{80 + j40 - 50}{80 + j40 + 50} = \frac{30 + j40}{130 + j40} \\ &= \frac{50 \angle 53^\circ}{136 \angle 17^\circ} = 0.367 \angle 36^\circ \end{aligned}$$

by (3-88)을 이용

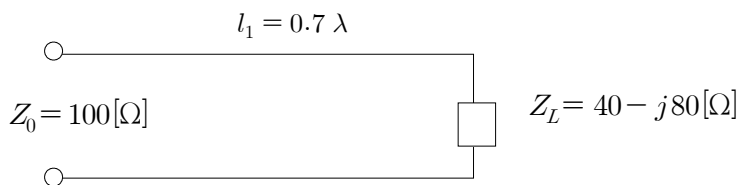
$$\begin{aligned} P_{load} &= P_{in} - P_{ref} \\ &= P_1 - P_2 = \frac{|V^+|^2}{Z_0} (1 - |\Gamma(x)|^2) \end{aligned}$$

$$\text{where, } \frac{|V^+|^2}{Z_0} = 30[W] \text{ 이므로}$$

$$\therefore P_{load} = 30 [1 - (0.367)^2] = 25.9 [W]$$

7) 교재 연습문제 3-6(report)

$40 - j80[\Omega]$ 의 부하임피던스를 길이 0.7λ 인 $100[\Omega]$ 의 선로에 연결하였다. 부하에서 반사계수와 선로의 입력측에서 반사계수를 구하라.



sol) ① 반사계수

smith chart 상에 부하임피던스를 표시

$$z_L = \frac{Z_L}{Z_0} = 0.4 - j0.8 \rightarrow \textcircled{A}$$

Smith chart 상에서 ①점의 크기 = 반사계수 크기 = 0.62

Smith chart 상에서 ①점의 위상 = 반사계수 위상각 = -97°

그러므로 부하에서 반사계수는

$$\therefore \Gamma_L = 0.62 e^{-j97^\circ}$$

② 선로의 입력측에서 반사계수

input과 load까지의 거리 = 0.7λ

그러므로 Γ_L 이 0.7λ 만큼 generator쪽으로 회전

즉, Γ_L 의 파수 = 0.3855λ

$$\therefore 0.3855\lambda + 0.7\lambda = 1.0855\lambda$$

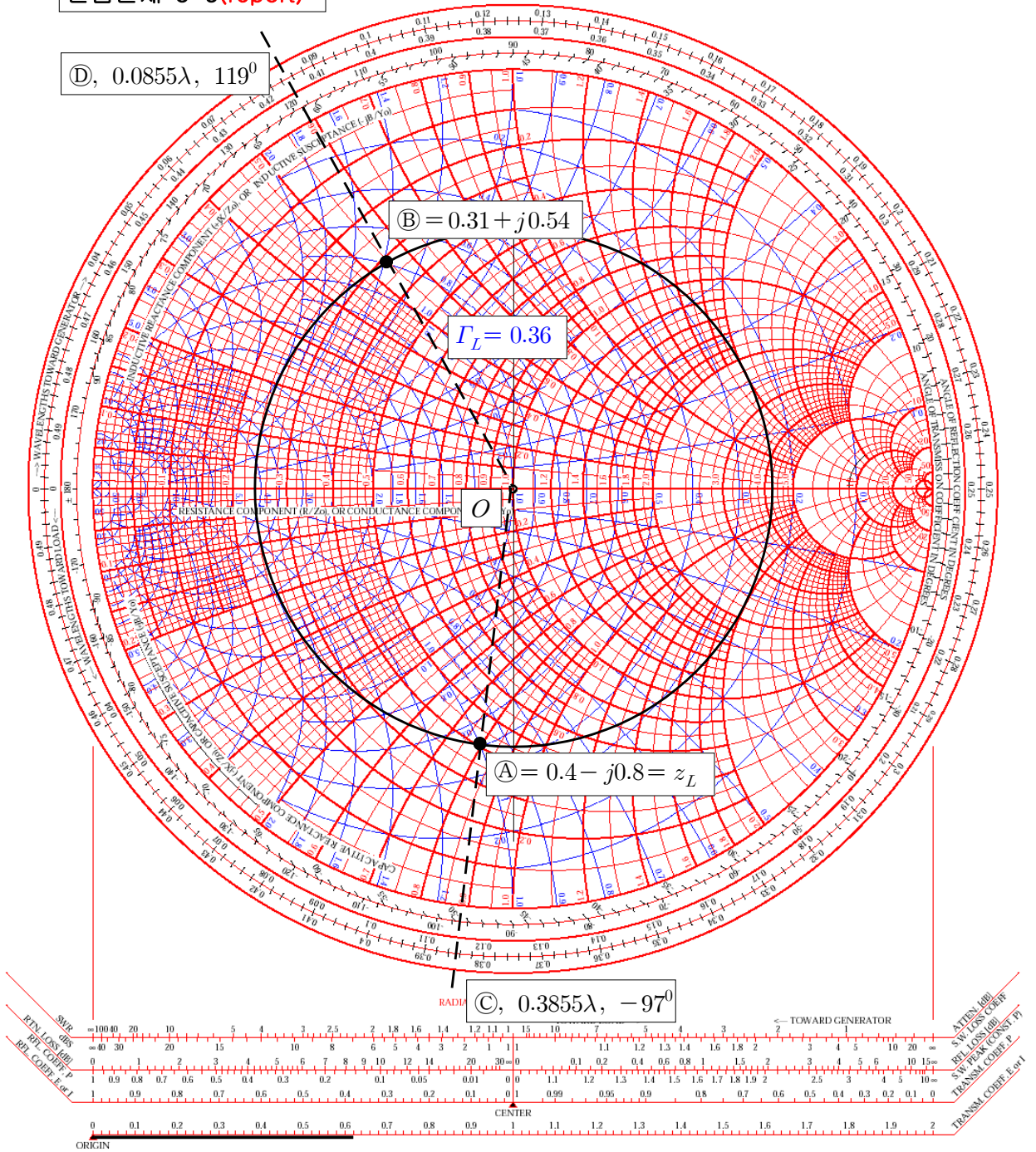
$$1.0855\lambda - (2 \times 0.5\lambda) = 0.0855\lambda \rightarrow \textcircled{B} \text{점}$$

$$\therefore \Gamma_{in} = 0.62 e^{j119^\circ}$$

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES

연습문제 3-6(report)

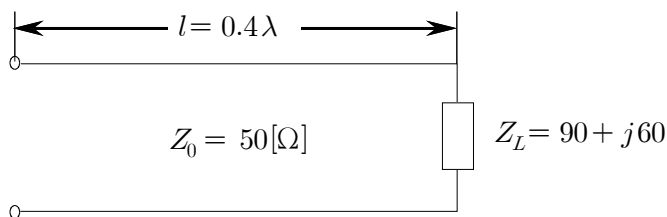
㉔, 0.0855λ , 119°



8) 교재 연습문제 4-1(report)

특성임피던스 $Z_0 = 50[\Omega]$ 인 전송선로의 $Z = 90 + j60$ 일 때 다음을 구하여라

sol)



(1) 선로에서의 SWR

① $Z_L = 1.8 + j1.2$ 점을 표시 $\rightarrow A$

그러므로 SWR $\rightarrow B=2.8$

(2) 부하에서의 반사계수

$$\Gamma_L = 0.48 \angle 33^\circ$$

(3) 부하 어드민턴스

직접 계산에 의해

$$Y_L = \frac{1}{Z_L} = \frac{1}{90 + j60} = \frac{90 - j60}{90^2 + 60^2}$$

; 직접 계산하면 smith chart point와 상이함

$\Rightarrow$ smith chart는 normalize한 것이기 때문

$$Z_L = \frac{90 + j60}{50} = 1.8 + j1.2$$

그러므로 어드민턴스는

$$y_L = \frac{1}{Z_L} = \frac{1}{1.8 + j1.2} = \frac{1.8 - j1.2}{1.8^2 + 1.2^2} = \frac{1.8 - j1.2}{4.68} = 0.38 - j0.25$$

Smith chart에서

① $Z_L = 1.8 + j1.2$ 점을 표시 $\rightarrow A$

② 점 A의 대칭인점을 표시 $\rightarrow C$

③ C점의 값 $= y_L = 0.38 - j0.25$

$$Y_L = 50 y_L = 50(0.38 - j0.25) = 19 - j12.5$$

(4) 선로의 입력임피던스

= A점의 파수 + 선로의 길이

$$= 0.204\lambda + 0.4\lambda = 0.604\lambda$$

$$0.604\lambda - 0.5\lambda = 0.104\lambda$$

그러므로 입력 임피던스는

$$\therefore z_{in} = 0.54 + j6.3 \rightarrow D\text{점}$$

$$\therefore Z_{in} = 50(0.54 + j6.3) = 27 + j32$$

(5) 부하로부터 첫 번째 최소전압까지의 거리

최소전압 $V_{\min} = E$ 점

즉, 부하로부터이므로 A점의 파수로부터 E점까지의 파수

$$\therefore d_{\min} = 0.296\lambda$$

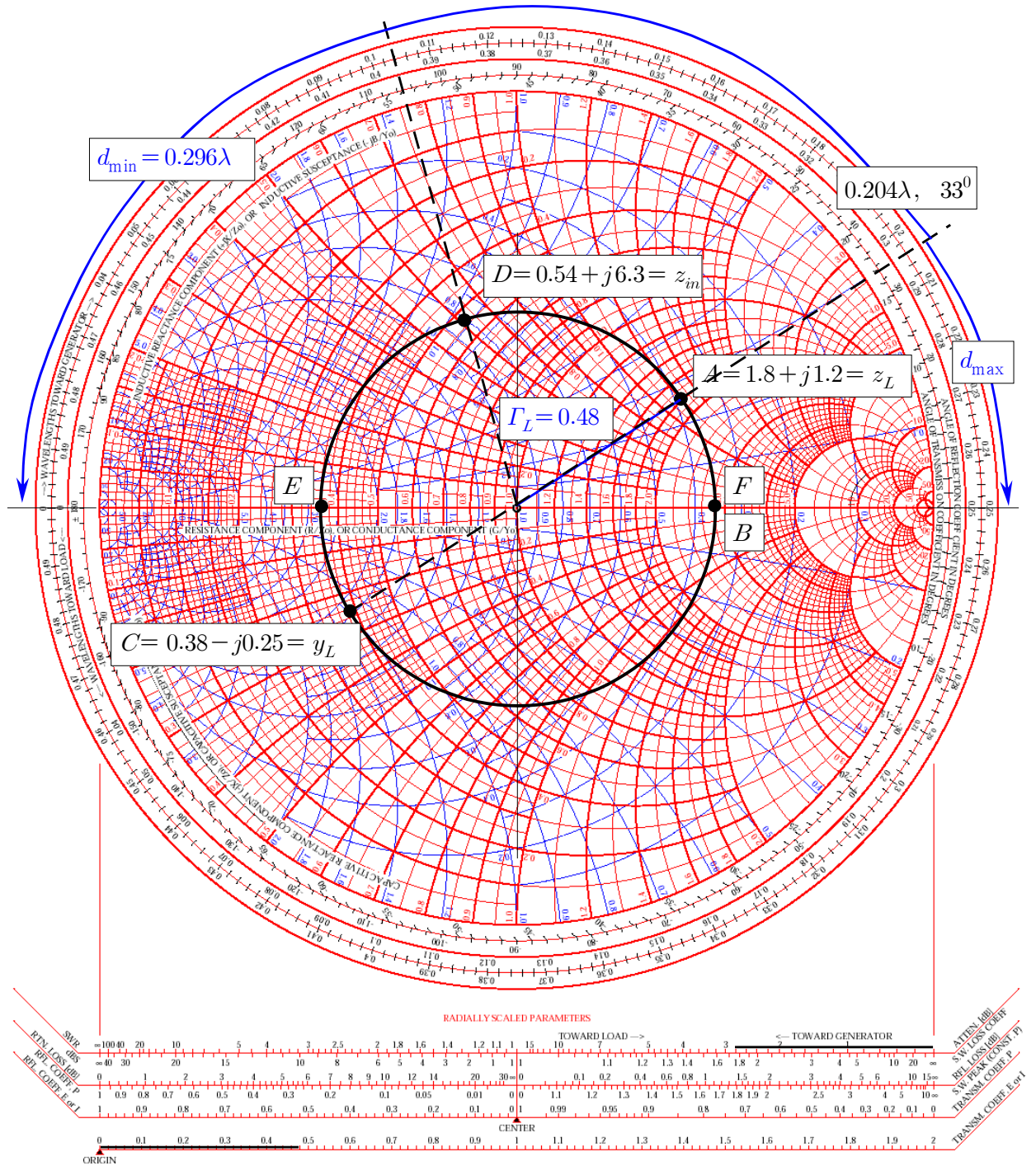
(6) 부하로부터 첫 번째 최대전압까지의 거리

최소전압 $V_{\max} = F$ 점 = B 점

즉, 부하로부터이므로 A점의 파수로부터 F점까지의 파수

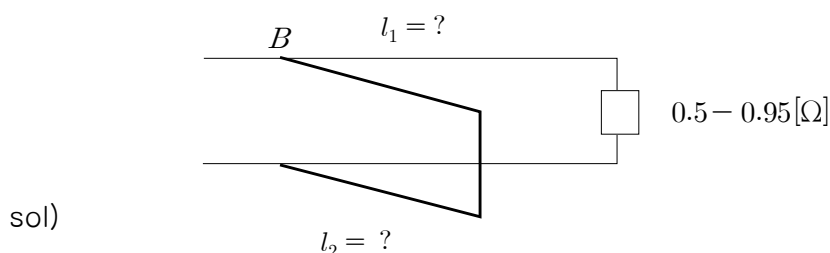
$$\therefore d_{\max} = 0.25\lambda - 0.204\lambda = 0.046\lambda$$

NORMALIZED IMPEDANCE AND ADMITTANCE COORDINATES



9) 10월 6일 수업시간 ex문제

ex) 부하 임피던스 $Z_L = 0.5 - j0.95$ 과 정합시키기 위한 필요한 Stub의 위치와 길이?



1. $Z_L = 0.5 - j0.95$ 를 Smith chart 상에 표시 $\rightarrow P_1$ 점

P_1 을 반경으로 하는 원을 그림

y_L 을 구함. 즉, P_1 의 대칭점 $\rightarrow P_2 = 0.43 + j0.82 = y_L$

$$\text{즉, } y_L = \frac{1}{z_L} = \frac{1}{0.5 - j0.95} = \frac{0.5 + j0.95}{0.5^2 + 0.95^2} = \frac{0.5 + j0.95}{1.1525} = 0.43 + j0.82$$

2. P_2 에서 시계방향(송단방향)으로 회전 $\rightarrow$ Conductance($g=1$)인 원과 교점 $\rightarrow P_3$

$P_2 = 0.43 + j0.82 = y_L$ 와 $g=1$ 인 원과의 교점 $\rightarrow P_3 = 1 + j1.5$

• P_3 점 파수 = $P_3' = 0.176\lambda$

그러므로

$\Rightarrow$ 부하로부터 stub의 위치 $l_1 = \overline{OP_2'} \sim \overline{OP_3'}$ 의 파수 = $0.179\lambda - 0.118\lambda = 0.058\lambda$

3 stub의 길이를 구하기 위해 $P_3 = 1 + j1.5$ 의 서셉턴스, $b_{P_3} = j1.5$ 이므로 $-j1.5$ 첨가 $\rightarrow P_4$

Short stub 이므로 $y_L = \infty = P_{SC}$ 에서부터 계산해야

그러므로

$\Rightarrow$ stub의 길이 $l_2 = \overline{OP_{SC}} \sim \overline{OP_4}$ 의 파수 = $0.344\lambda - 0.25\lambda = 0.094\lambda$

$$\therefore l_2 = 0.094\lambda = j \tan \beta l_2$$

2. P_2 에서 반시계방향으로 회전 $\rightarrow$ Conductance($g=1$)인 원과 교점 $P_5 \Rightarrow$ Report

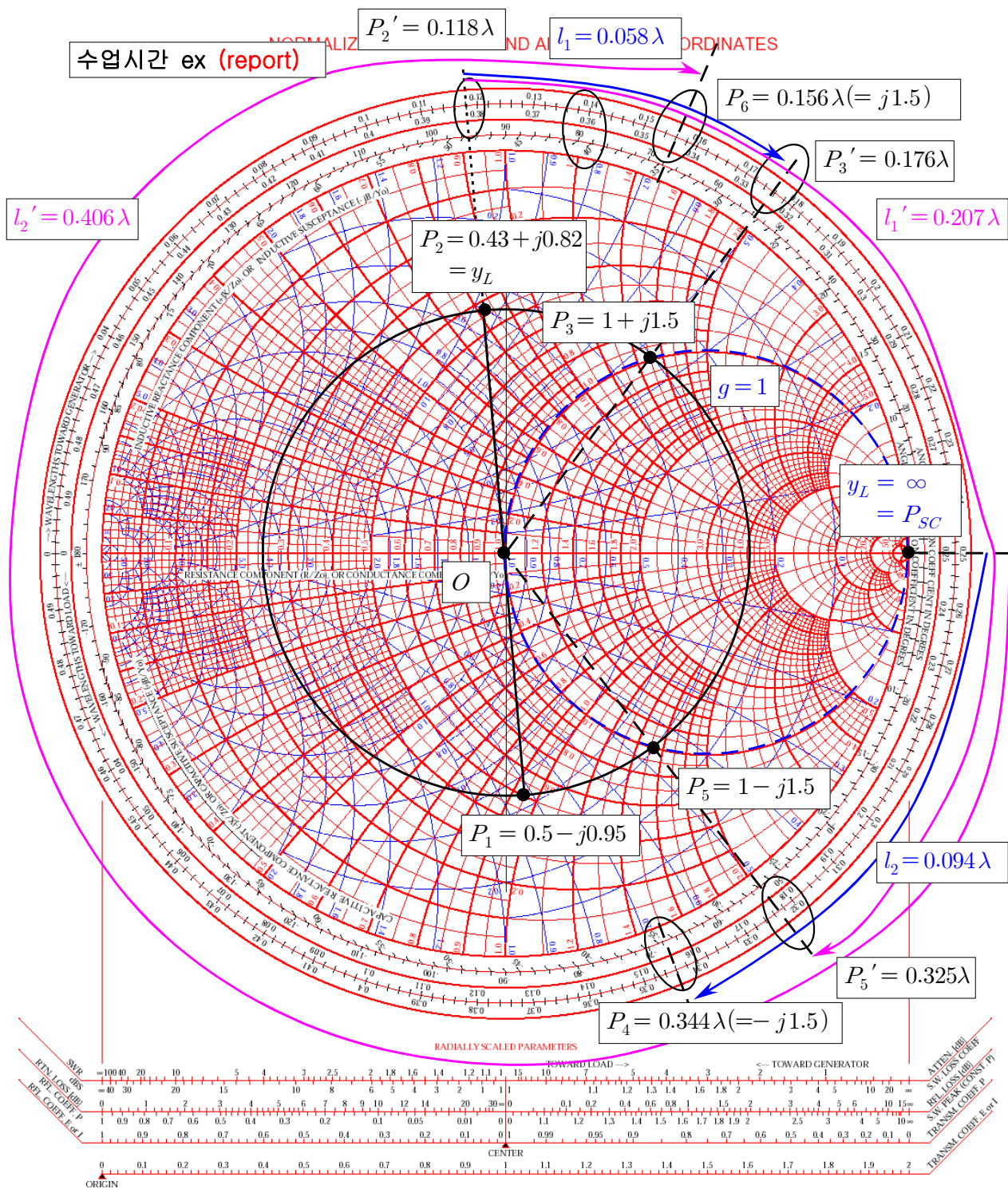
$\rightarrow P_5 = 1 - j1.5$ 점 파수 = $P_5' = 0.325\lambda$

$\Rightarrow$ 부하로부터 stub의 위치 $l_1' = \overline{OP_2'} \sim \overline{OP_5'}$ 의 파수 = $0.325\lambda - 0.118\lambda = 0.207\lambda$

3 stub의 길이를 구하기 위해 P_5 의 서셉턴스, $b_{P_5} = -j1.5$ 이므로 $j1.5$ 첨가 $\rightarrow P_6$

$\Rightarrow$ stub의 길이 $y_L = \infty = P_{SC}$ 에서 P_6 점까지

$$\therefore l_2' = \overline{OP_{SC}} \sim \overline{OP_6}$$
의 파수 = $0.25\lambda + 0.156\lambda = 0.406\lambda$



예제 4-5 Open circuit의 stub

단일 스테브 튜너를 사용하여 $Z_L = 15 + j10[\Omega]$ 인 부하를 특성임피던스가 $50[\Omega]$ 인 전송선로에 접합하고자 한다. $f = 2\text{GHz}$ 의 주파수에서 부하가 정합되었다고 할 때 단일 스테브에 의한 정합회로를 설계하고 이 회로의 반사계수에 대한 주파수 특성을 도시하라. 여기서 주파수 범위는 $1\sim 3\text{GHz}$ 이다.

sol 2) $y_L = 2.30 - j1.54$: Report

$$\text{Imp. Matching} = y_L = 2.30 - j1.54 \rightarrow "1"$$

즉, $g = 1$ 인 원상으로 y_L 을 이동 $\rightarrow y_{L2}$

$$y_{L2} = 1 + j1.3$$

y_L 을 y_{L2} 로 이동하기 위해서는

$$y_L \text{의 파수} = 0.284$$

$$y_{L2} \text{의 파수} = 0.171$$

$$\therefore l_1 = d_1 \lambda$$

$$d_1 = (0.5 - 0.284) + 0.171 = 0.387$$

$$\therefore l_1 = 0.387 \lambda$$

이제 $y_{L2} = 1 + j1.3$ 을 “1”로 해야

즉, $-j1.3$ 을 추가한다.

$\therefore -j1.3$ 의 값을 갖는 Stub의 길이는 파수에서 구해지므로

$$y = 0 \text{ 점}(P_{OC}) \text{에서 } -j1.3 \text{의 파수까지} = 0.353$$

$$\therefore l_2 = d_2 \lambda = 0.353 \lambda$$

