

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

جزوه کلاسی درس خطوط انتقال مخابراتی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران جنوب

استاد دکتر محمد باقر علایی

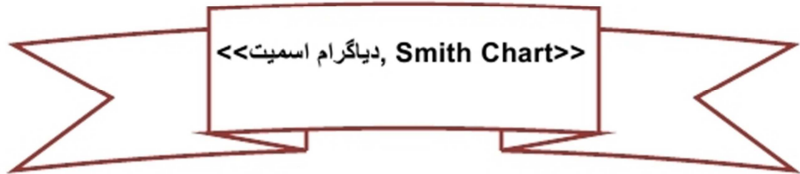
سال تحصیلی 91-92

برگرفته از وب سایت دکتر علایی

تهیه کننده: محسن درویش کسا

شماره دانشجویی 9212912871

www.darvishkasa.blog.ir



<Smith Chart, دیگرام اسمیت>

مقدمه:

برای انتقال هر چیزی خط انتقال لازم است. برای انتقال گاز، خط انتقال گاز لازم است. خطوط انتقال مخابراتی برای انتقال اطلاعات از یک نقطه به نقطه دیگر استفاده می شوند. اطلاعات یعنی صوت، تصویر، فیلم (عکس) و دیتا.

خطوط انتقال مخابراتی عبارتند از: زوج سیم، کابل کوآکسیال، فیبر نوری و فضا.

برای انتقال اطلاعات و استفاده از خطوط انتقال مخابراتی باید اقدامات زیر سازماندهی شوند:

۱. تبدیل اطلاعات به جریان الکتریکی

۲. ترکیب کردن جریان الکتریکی با امواج الکترومغناطیسی برای انتقال از خط انتقال مخابراتی

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه دوم

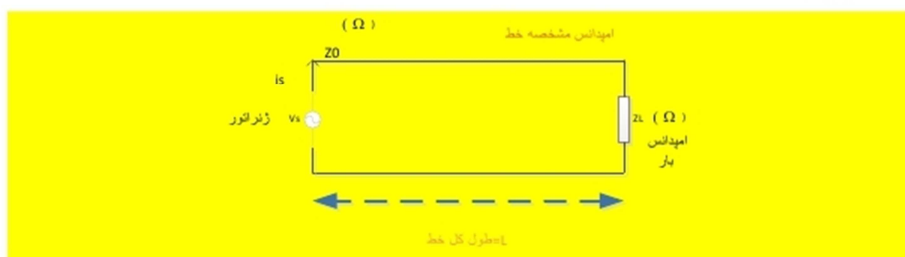
۱۳۹۱/۱۲/۷

درس خطوط انتقال مخابراتی فقط بررسی حل یک مسئله است.

صورت مسئله به شرح زیر است :

در یک خط انتقال مخابراتی به طول L ، منبع ژنراتور (ورودی) با ولتاژ V_s و جریان i_s به بار مختلط Z_L متصل می شود. در این مسئله مقادیر زیر لازم است بررسی شوند:

۱. محاسبه امپدانس نورمالیزه Z_L
۲. محاسبه ادمیتانس نورمالیزه Y_L
۳. مشخص کردن سوسپتانس مورد نظر؛ سوسپتانس یعنی مقدار موهومی ادمیتانس
۴. بدست آوردن ولتاژ و جریان در هر نقطه دلخواه روی خط
۵. محاسبه نسبت موج ایستا (SWR) در هر نقطه دلخواه روی خط
۶. محاسبه انعکاس "Γ" در هر نقطه دلخواه روی خط
۷. محاسبه مقدار سوسپتانس استاب اتصال کوتاه برای تطبیق بار و خط (در مدارهای تطبیق با یک استاب اتصال کوتاه)
۸. محاسبه فاصله استاب اتصال کوتاه تا بار در مدارهای شامل یک استاب
۹. محاسبه سوسپتانس استاب های اتصال کوتاه برای مدارهای تطبیق با دو استاب اتصال کوتاه
۱۰. محاسبه فاصله استاب ها با هم و با بار ((در مدارهای تطبیق با استاب اتصال کوتاه))
۱۱. محاسبه امپدانس هر نقطه دلخواه روی خط وقتی بار اتصال کوتاه است ، یعنی محاسبه Z_{sc}
۱۲. محاسبه امپدانس هر نقطه دلخواه روی خط وقتی بار باز است ، یعنی محاسبه Z_{oc}



خطوط انتقال مخابراتی

جلسه دوم

۱۳۹۱/۱۲/۷

مثال) در یک خط انتقال مخابراتی با مقادیر داده شده مطلوبست؛

$$Z_L = 50\sqrt{2} e^{-j\frac{\pi}{4}} (\Omega)$$

$$Z_0 = 100\Omega$$

۱. محاسبه امپدانس نورمالیزه بار \bar{Z}_L
۲. محاسبه ادمیتانس نورمالیزه بار \bar{Y}_L
۳. محاسبه سوسپتانس ادمیتانس بار \bar{Y}_L
۴. محاسبه ولتاژ و جریان در نقطه A به فاصله x از منبع V_s
۵. محاسبه VSWR (نسبت موج ایستا) در هر نقطه روی خط
۶. محاسبه Γ بر حسب VSWR و بر حسب R (مقاومت خط) و X (مقدار موهومی امپدانس) و به حسب Γ_r
۷. رسم دایره های Γ_r
۸. رسم دایره های Γ_x

حل:

در درس خطوط انتقال مخابراتی همیشه کمیت های مختلط در دستگاه دکارتی نوشته شوند. اگر Z_L یا هر مقدار مختلط دیگر در دستگاه قطبی نوشته شده باشد، ابتدا با استفاده از رابطه اولر آن را در دستگاه قطبی نوشت.

عبارت $Z_L = |Z_L| e^{j\theta}$ یا $Z_L = |Z_L| \angle \theta$ یک کمیت مختلط در دستگاه قطبی است.

رابطه اولر بصورت زیر است:

$$e^{j\theta} = \cos \theta + j \sin \theta$$

$$e^{-j\frac{\pi}{4}} = \cos\left(-\frac{\pi}{4}\right) + j \sin\left(-\frac{\pi}{4}\right) = \cos\left(\frac{\pi}{4}\right) - j \sin\left(\frac{\pi}{4}\right) = \frac{\sqrt{2}}{2} - j \frac{\sqrt{2}}{2}$$

2

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه دوم

۱۳۹۱/۱۲/۷

امپدانس نورمالیزه \bar{Z}_L از رابطه زیر بدست می آید:

$$\bar{Z}_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{50 - j50}{100} = \frac{1}{2} - j\frac{1}{2} \Omega$$

$$\bar{Y}_L = \frac{1}{\bar{Z}_L} = \frac{1}{\frac{1}{2} - j\frac{1}{2}} \times \frac{\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}}{\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}} = \frac{\frac{1}{2} + j\frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} \Rightarrow \bar{Y}_L = 1 + j \quad \text{u}$$

$$\bar{Y}_L = j(\text{u})$$

سوسپتانس



مهم = $\frac{1}{\text{اهم}}$

نکته:

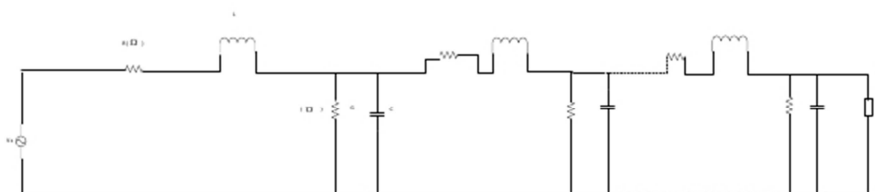
مزدوج کردن عدد موهومی، فقط علامت مقدار موهومی را تغییر می دهیم !!

$$j\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \xrightarrow{\text{مزدوج}} -j\frac{1}{2} - \frac{1}{2}$$

توجه: اگر $\bar{Y}_L = 1 + j5$ ، در آنصورت سوسپتانس برابر "j5" خواهد بود.

برای محاسبه ولتاژ و جریان هر نقطه دلخواه روی خط انتقال مخابراتی، ابتدا مدل خط را رسم می کنیم:

مدل خط انتقال مخابراتی:



3

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه دوم

۱۳۹۱/۱۲/۷

خط انتقال $Z = R + j\omega L$ (Ω)

خط انتقال $y = G + j\omega C$ (S)

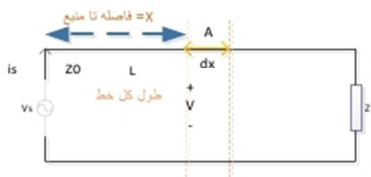
ضریب انتشار $\gamma^2 = z \cdot y = (R + j\omega L)(G + j\omega C) \Rightarrow \gamma = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$

گاما: ضریب انتشار است و واحد ندارد.

طبق تعریف؛ امپدانس مشخصه خط انتقال بصورت زیر است:

$$Z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

برای محاسبه v و i روی خط یک نقطه دلخواه (d_x) را روی خط در نظر می‌گیریم که در آن Z و Y وجود داشته باشد.



برای نقطه خط d_x با مقادیر $z = R + j\omega L$ و $y = G + j\omega C$ وقتی روابط KVL و KCL را بنویسیم معادلات دیفرانسیل زیر بدست می‌آید:

$$\text{معادلات دیفرانسیل خط} \quad \begin{cases} \frac{d^2 v}{dx^2} = \gamma^2 v \rightarrow v = a e^{\gamma x} + b e^{-\gamma x} \\ \frac{d^2 i}{dx^2} = \gamma^2 i \rightarrow i = c e^{\gamma x} + d e^{-\gamma x} \end{cases}$$

پس از قرار دادن v و i در معادلات دیفرانسیل خط ضرایب a, b, c, d بدست می‌آید و v و i بصورت زیر خواهد شد.

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه دوم

۱۳۹۱/۱۲/۷

$$\text{پاسخ معادلات دیفرانسیل خط} \left\{ \begin{array}{l} v = v_s \cos h\gamma x - i_s z_0 \sin h\gamma x \\ i = i_s \cos h\gamma x - \frac{v_s}{z_0} \sin h\gamma x \end{array} \right.$$

برای این محاسبات از روابط نمایی و روابط هیپربولیک " یعنی روابط زیر " استفاده شده است.

$$e^{\gamma x} = \cos h\gamma x + \sin h\gamma x$$

$$e^{-\gamma x} = \cos h\gamma x - \sin h\gamma x$$

وقتی خط انتقال تطبیق نباشد، در اثر برگشت موج در نقاطی از خط ولتاژها ماکزیمم و در نقاطی از خط ولتاژ مینیمم خواهد شد و در بعضی نقاط نیز ولتاژ خط برابر صفر خواهد شد. از این رو ولتاژ نسبت موج ایستا را بصورت زیر تعریف می کنیم:

$$VSWR = \frac{V_{\max}}{V_{\min}}$$

از آنجا که ولتاژ ماکزیمم از حاصل جمع ولتاژ رفت و برگشت بوجود می آید و ولتاژ V_{\min} از حاصل تفریق ولتاژ رفت و برگشت بدست می آید، VSWR ساده خواهد شد.

$$|V_{\max}| = |V_i| + |V_r|$$

ولتاژ برگشت \leftarrow \rightarrow ولتاژ رفت

خطوط انتقال مخابراتی

۱۳۹۱/۱۲/۷

$$|V_{\min}| = |V_i| + |V_r|$$

$$VSWR = SWR = S = \frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i| - |V_r|}$$

$$S = \frac{\frac{|V_i| + |V_r|}{|V_i|}}{\frac{|V_i| - |V_r|}{|V_i|}} = \frac{1 + \frac{|V_r|}{|V_i|}}{1 - \frac{|V_r|}{|V_i|}}$$

$$\Gamma = \frac{V_r}{V_i} \rightarrow \Gamma = \frac{|V_r|}{|V_i|}$$

$$S = \frac{1 + |\Gamma|}{1 - |\Gamma|}$$

و خواهیم داشت: $|\Gamma| = \frac{s-1}{s+1}$

r در حالت کلی کمیتهی مختلط است و داریم

$$\Gamma = \Gamma_r + j\Gamma_x$$

$$\Gamma = R + jX$$

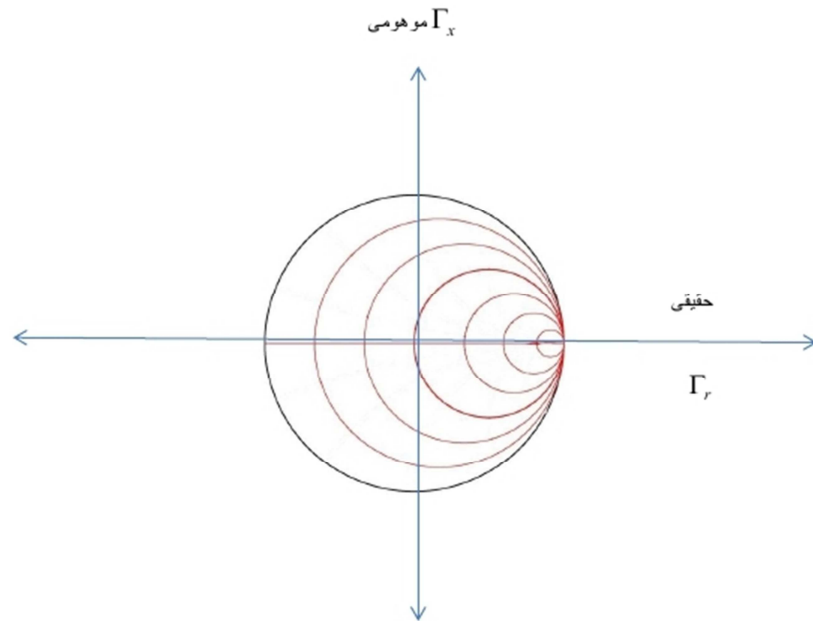
ترکیب $j\omega L$ و $j\omega C$ ← مقاومت خط

با ترکیب مقادیر حقیقی و موهومی Γ در رابطه های داده شده و ساده کردن آنها می توان روابط زیر را به دست آورد:

$$\text{دایره های موهومی ثابت: } (\Gamma_r + 1)^2 + (\Gamma_x - \frac{1}{X})^2 = (\frac{1}{X})^2$$

$$\text{دایره های حقیقی ثابت: } (\Gamma_r - \frac{R}{1+R})^2 + \Gamma_x^2 = (\frac{1}{1+R})^2$$

با رسم این دایره ها به دیاگرام اسمیت دست می یابیم.



$$R=0$$

$$R=\infty$$

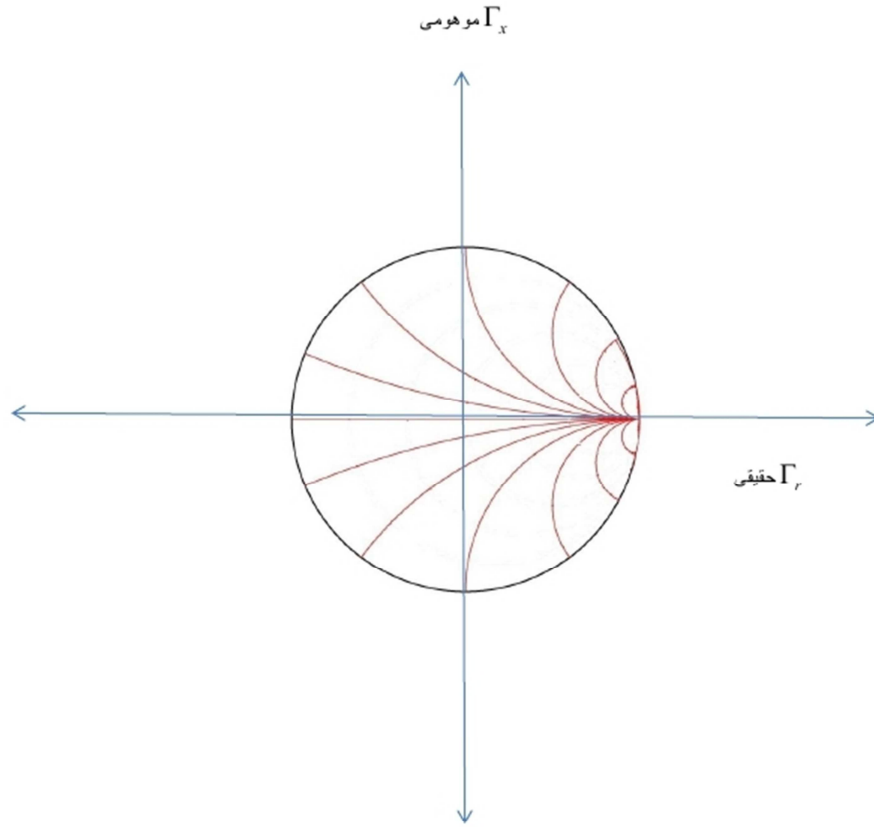
$$R=1$$

$$R=\frac{1}{2}$$

دایره ای به مرکز $(0 \text{ و } \frac{R}{1+R})$ و شعاع $\frac{1}{1+R}$

خطوط انتقال مخابراتی

۱۳۹۱/۱۲/۷



خطوط انتقال مخابراتی

۱۳۹۱/۱۲/۷

$$X = \infty$$

$$X = -\infty$$

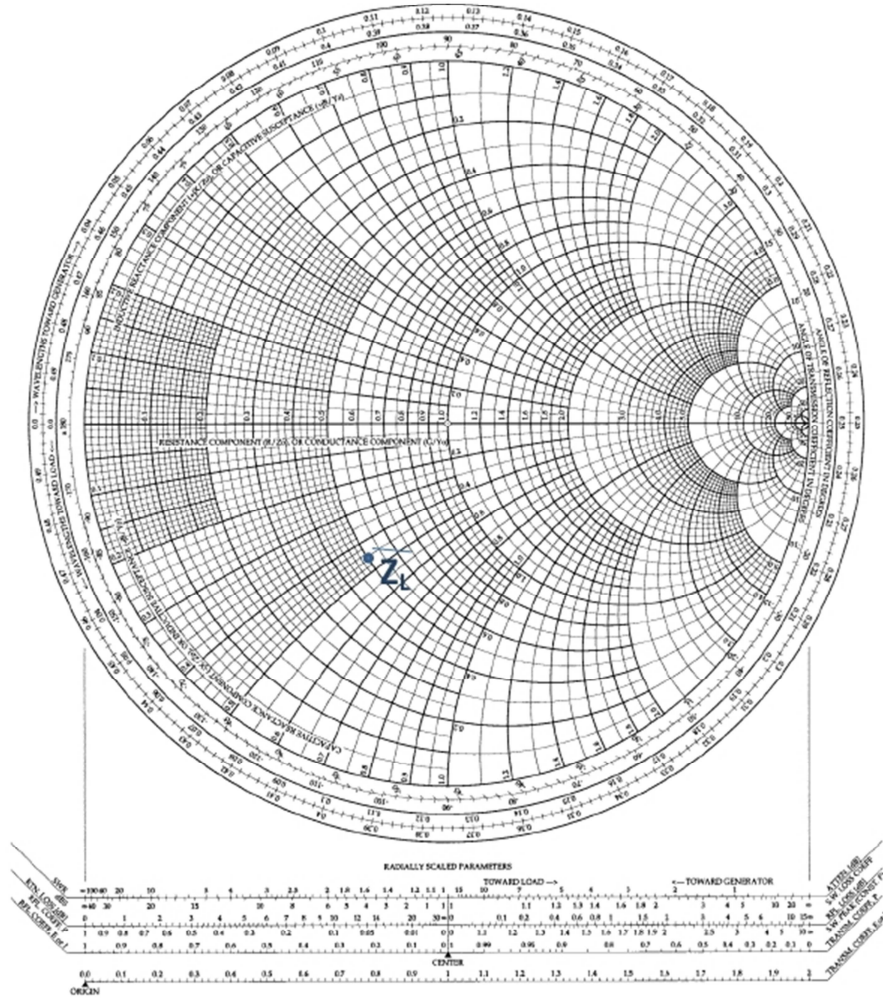
$$X = 0$$

$$X = 1$$

$$X = -1$$

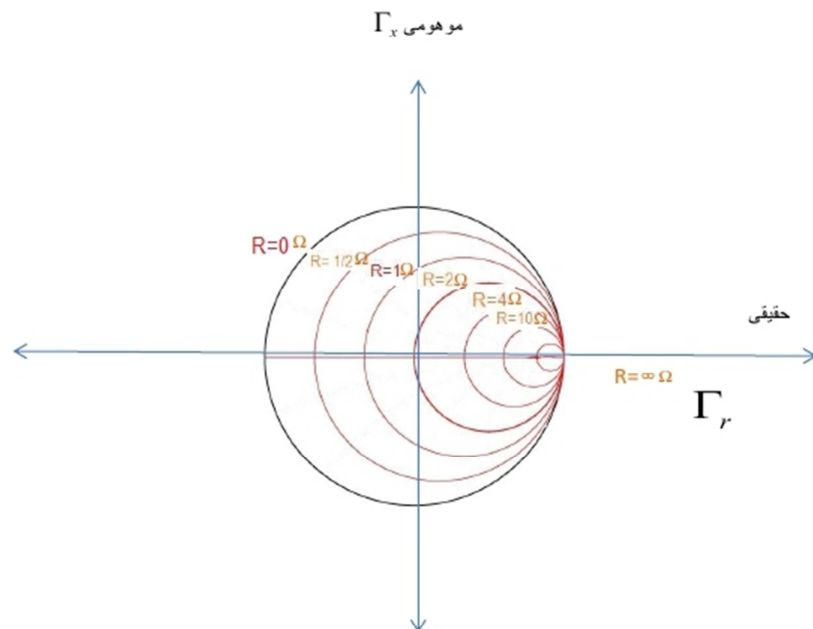
به مرکز $(1, \frac{1}{x})$ و شعاع $\frac{1}{x}$

The Complete Smith Chart Black Magic Design

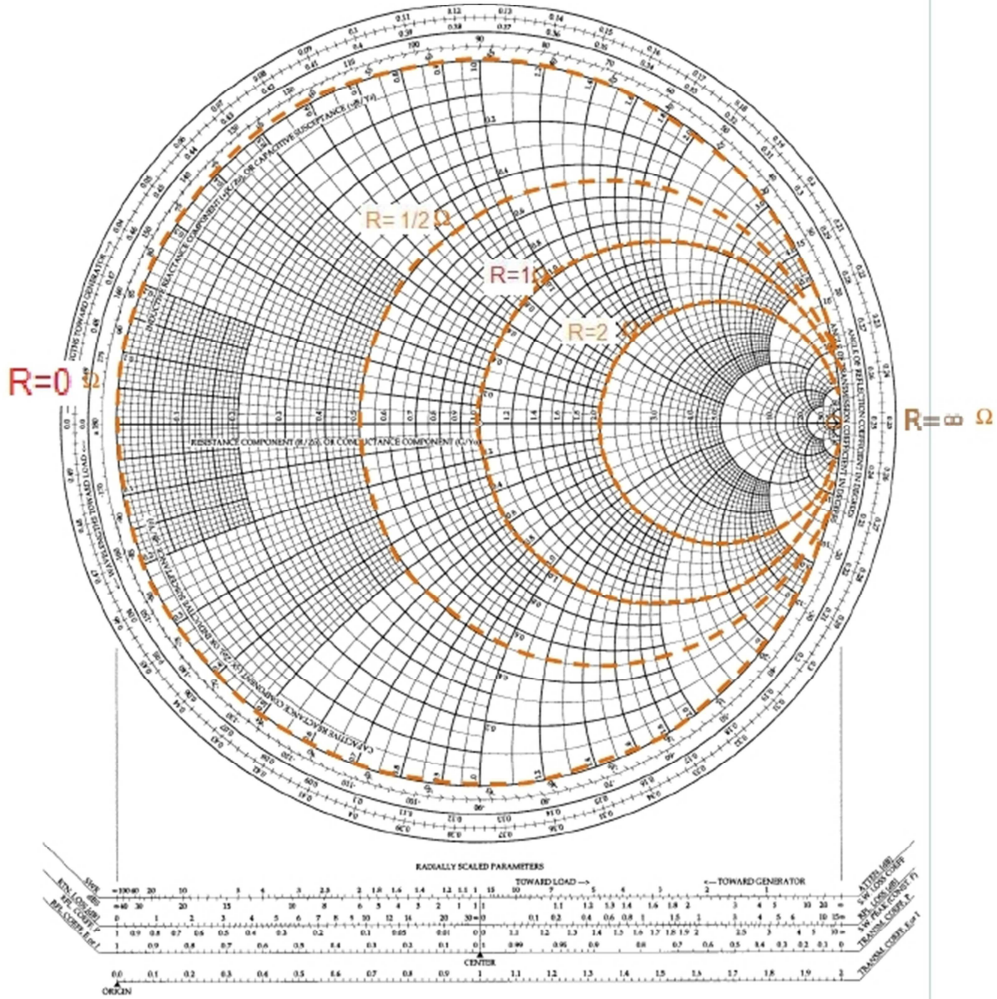


رابطه مربوط به دایره حقیقی ثابت به مرکز $(0 \text{ و } \frac{R}{1+R})$ و شعاع $\frac{1}{1+R}$

$$\left(\Gamma_r - \frac{R}{1+R}\right)^2 + \Gamma_x^2 = \left(\frac{1}{1+R}\right)^2$$



The Complete Smith Chart
Black Magic Design

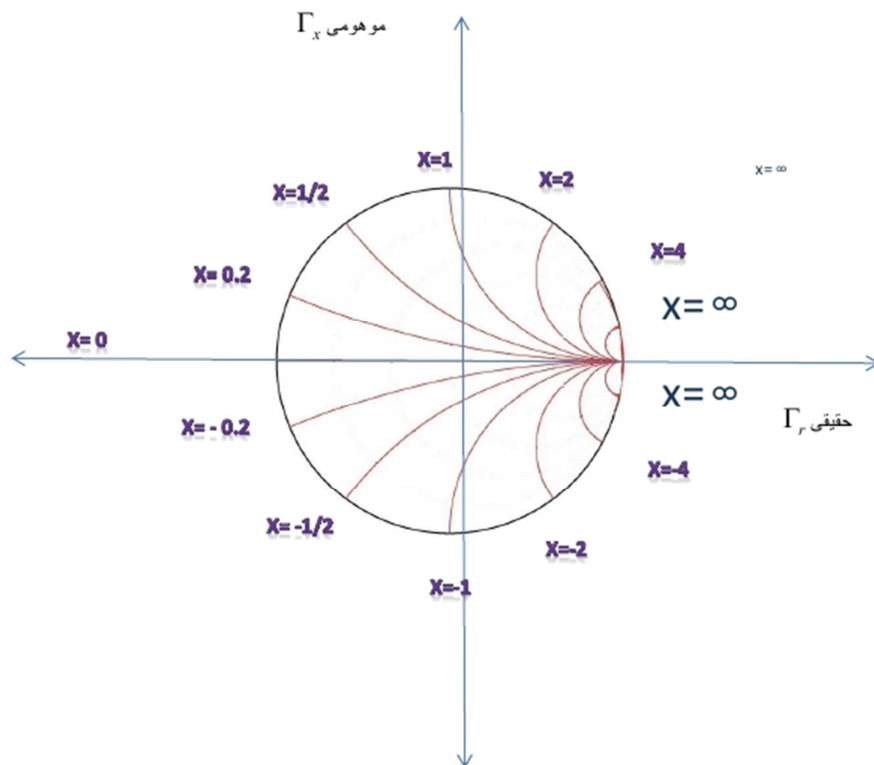


ویژگی های دایره های حقیقی ثابت به شرح زیر است:

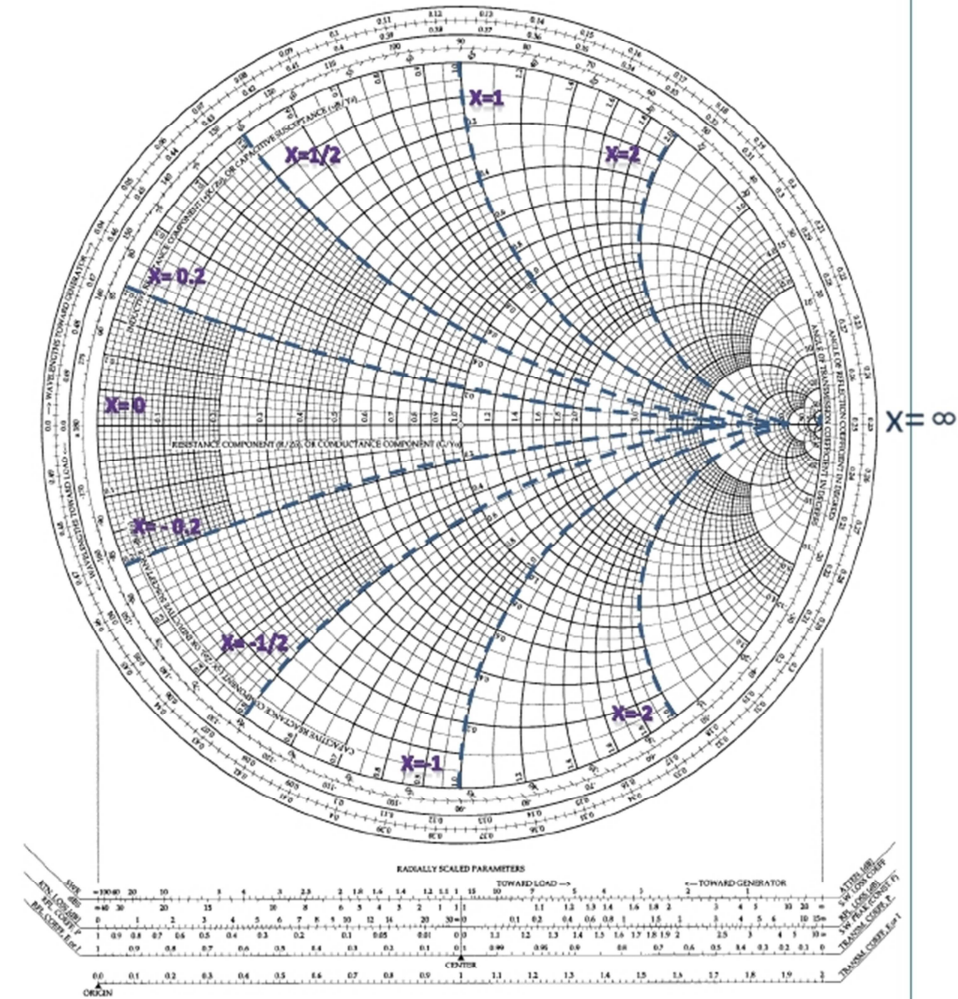
- ۱) همه دایره ها از نقطه $(1,0)$ عبور می کنند.
- ۲) نقطه $(1,0)$ دایره با مقدار $R = \infty(\Omega)$ است.
- ۳) بزرگترین دایره که مرکز آن مبدأ مختصات $(0,0)$ و شعاع آن یک است مربوط به $R = 0(\Omega)$ است.
- ۴) دایره حقیقی ثابت $R = 1(\Omega)$ از نقطه $(1,0)$ و مبدأ $(0,0)$ می باشد.
- ۵) به ازای $R < 1(\Omega)$ دایره ها بزرگ می توانند و از مبدأ به سمت چپ منتهی خواهد شد.
- ۶) به ازای $R > 1(\Omega)$ دایره های کوچک می توانند از مبدأ به سمت چپ منتهی خواهد شد.

رابطه مربوط به دوائر موهومی ثابت به مرکز $(1 \text{ و } \frac{1}{x})$ و شعاع $\frac{1}{x}$

$$(\Gamma_r - 1)^2 + (\Gamma_x - \frac{1}{x})^2 = (\frac{1}{x})^2$$



The Complete Smith Chart Black Magic Design



رابطه مربوط به دوائر موهومی ثابت به مرکز $(\frac{1}{x} و 1)$ و شعاع $\frac{1}{x}$ ویژگی دایره های موهومی ثابت به شرح زیر است :

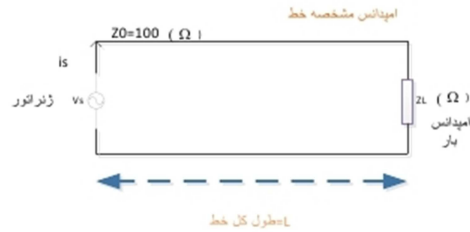
- ۱) همه دایره ها از نقطه $(1 و 0)$ عبور می کنند.
- ۲) نقطه $(1 و 0)$ دایره با مقدار $x = \pm\infty$ است.
- ۳) بزرگترین دایره که مبدأ آن $(1 و \pm\infty)$ است، محور افقی خواهد شد.
- ۴) به ازای $x < 1$ دایره ها بزرگ می توانند از مبدأ به سمت چپ منتهی خواهد شد .
- ۵) به ازای $x > 1$ دایره ها کوچک می توانند از مبدأ به سمت راست منتهی خواهد شد .
- ۶) مقادیر $+x$ دایره های بالای محور افقی ایجاد می کند و مقادیر $-x$ دایره های زیر محور افقی را ایجاد می کند.

۱۳۹۱/۱۲/۱۴

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه سوم

مثال: در یک خط انتقال مخابراتی بار Z_L و امپدانس مشخصه خط (Z_0) بصورت زیر داده شده است. مطلوب است محاسبه \bar{Z}_L و \bar{Y}_L با محاسبه و از روی دیاگرام اسمیت



$$Z_L = 40 - j60 \Omega$$

$$Z_0 = 50 \Omega$$

$$\bar{Z}_L = ?$$

$$\bar{Y}_L = ?$$

حل:

$$\bar{Z}_L = \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{40 - j60}{100} = 0.4 - j0.6$$

$$\bar{Y}_L = \frac{1}{\bar{Z}_L} = \frac{1}{0.4 - j0.6} \times \frac{0.4 + j0.6}{0.4 + j0.6} = \frac{0.4 + j0.6}{0.16 + 0.36}$$

$$\bar{Y}_L = \frac{0.4 + j0.6}{0.52} = 0.76 + j1.15$$

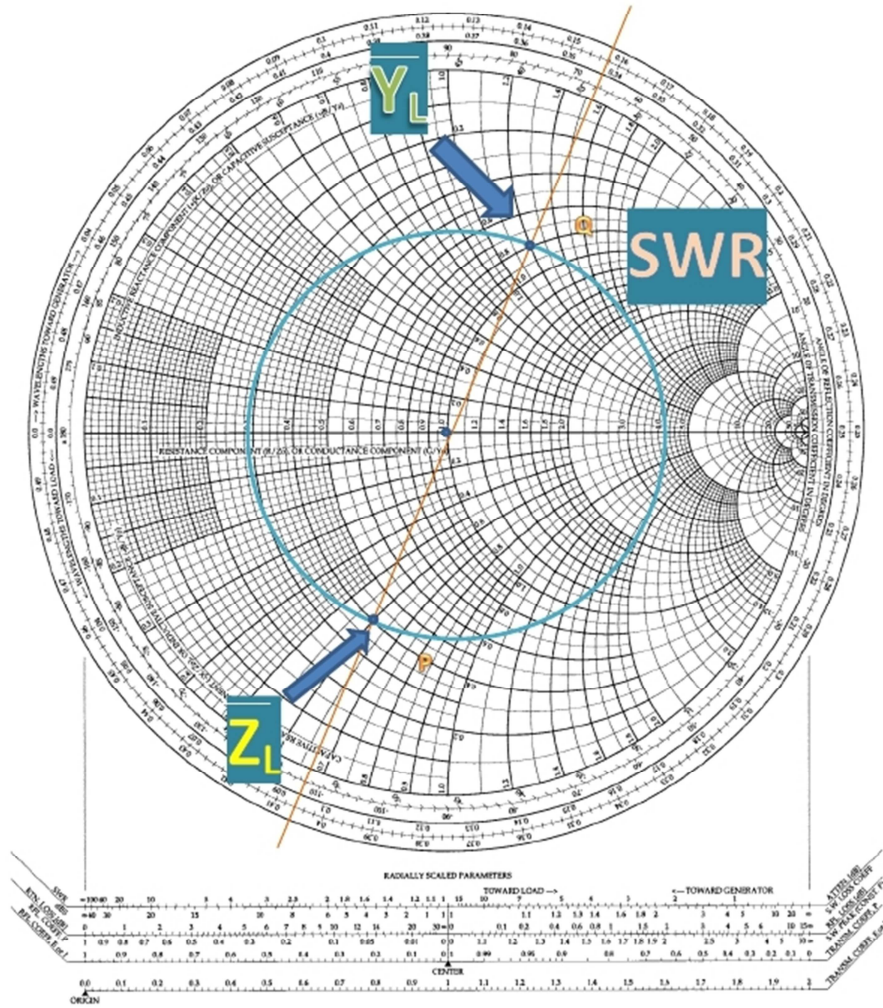
نکته

حتماً علامت موهومی \bar{Z}_L و \bar{Y}_L با هم متفاوت است.

نکته

در دیاگرام اسمیت مقادیر \bar{Z}_L و \bar{Y}_L نورمالیزه است.

The Complete Smith Chart Black Magic Design



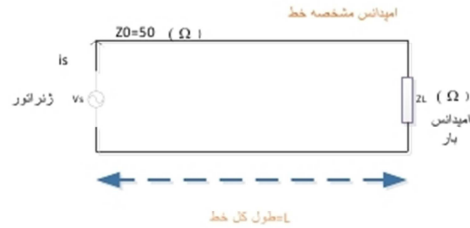
۱۳۹۱/۱۲/۱۴

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه سوم

مثال

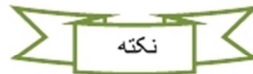
در یک خط انتقال مخابراتی بار امپدانس مشخصه خط $Z = 0$ به صورت زیر داده شده است. مطلوب است مشخص کردن نقطه Q و از روی آن قرانت مقدار \bar{Y}_L در دیاگرام اسمیت؟



$$\begin{aligned} Z_L &= 40 + j60 \Omega \\ Z_0 &= 50 \Omega \\ \bar{Z}_L &=? \\ \bar{Y}_L &=? \end{aligned}$$

حل:

$$\begin{aligned} \bar{Z}_L &= \frac{Z_L}{Z_0} = \frac{40 + j60}{50} = 0.8 + j1.2 = 0.8 + j1.2 \\ \bar{Y}_L &= \frac{1}{\bar{Z}_L} = \frac{1}{0.8 + j1.2} \times \frac{0.8 - j1.2}{0.8 - j1.2} = 0.38 - j0.57 \end{aligned}$$



در تمام مسائل درس خطوط انتقال مخابراتی مراحل زیر باید انجام شود:

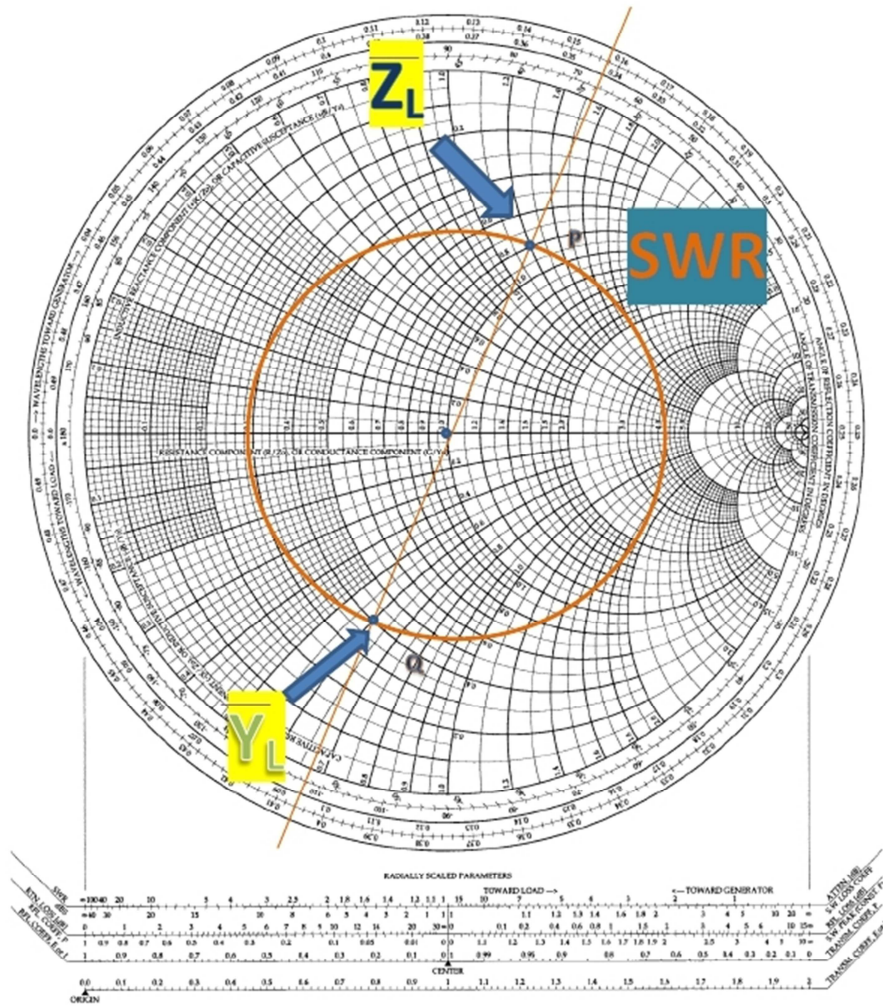
(۱) محاسبه \bar{Z}_L و مشخص کردن محل آن روی دیاگرام اسمیت (مشخص کردن نقطه P)

(۲) رسم دایره SWR مربوط به به مرکز ۰ و شعاع (OP)

(۳) رسم قطر OP نقطه Φ بدست آید و از روی نقطه Φ قرانت \bar{Y}_L

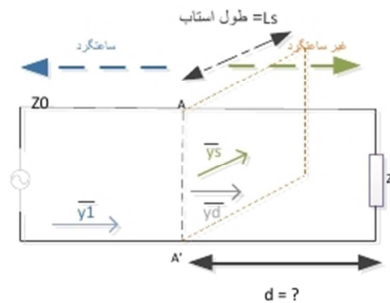
۹

The Complete Smith Chart Black Magic Design



مثال

در یک خط انتقال مخابراتی امپدانس بار Z_L داده شده است. برای تطبیق بار Z_L با خط به طوریکه انعکاس وجود نداشته باشد از روش یک استاب اتصال کوتاه استفاده شده است. اگر امپدانس مشخصه خط (Z_0) با امپدانس مشخصه استاب (Z_{0S}) مساوی باشد مطلوب است فاصله ی استاب تا بار (d) و طول استاب (L_S)



$$Z_L = 120 + j70 \quad \Omega$$

$$Z_{0S} = 100 \quad \Omega$$

$$\overline{Z}_L = \frac{Z_L}{Z_{0S}} = \frac{120 + j70}{100} = 1.2 + j0.7 \Omega$$

$$\overline{Y}_L = 0.62 - j0.36 \quad \Omega^{-1}$$

نکته

برای تطبیق بار با خط باید از محل \bar{Y}_T یعنی نقطه Q ساعتگرد روی دایره SWR حرکت کنیم تا دایره ۱ را قطع کند (در نقطه A) مقدار ادمیتانس نقطه A برابر \bar{Y}_d است.

$$\bar{Y}_d = A = 1 + 0.65$$

پس در نتیجه

نکته

با قرار دادن استاب اتصال کوتاه بطور موازی با بار مقدار موهومی \bar{Y}_d را از بین می‌بریم. بنابراین نقطه مقدار موهومی دارد و نام آن سوسپتانس است. پس از استاب \bar{Y}_r در مرکز دیگرام قرار دارد و فقط دارای مقدار حقیقی ۱ است مقدار موهومی آن صفر است پس خط و بار تطبیق شده است.

بنابراین رابطه \bar{Y}_1 با \bar{Y}_d و \bar{Y}_s به صورت زیر است :

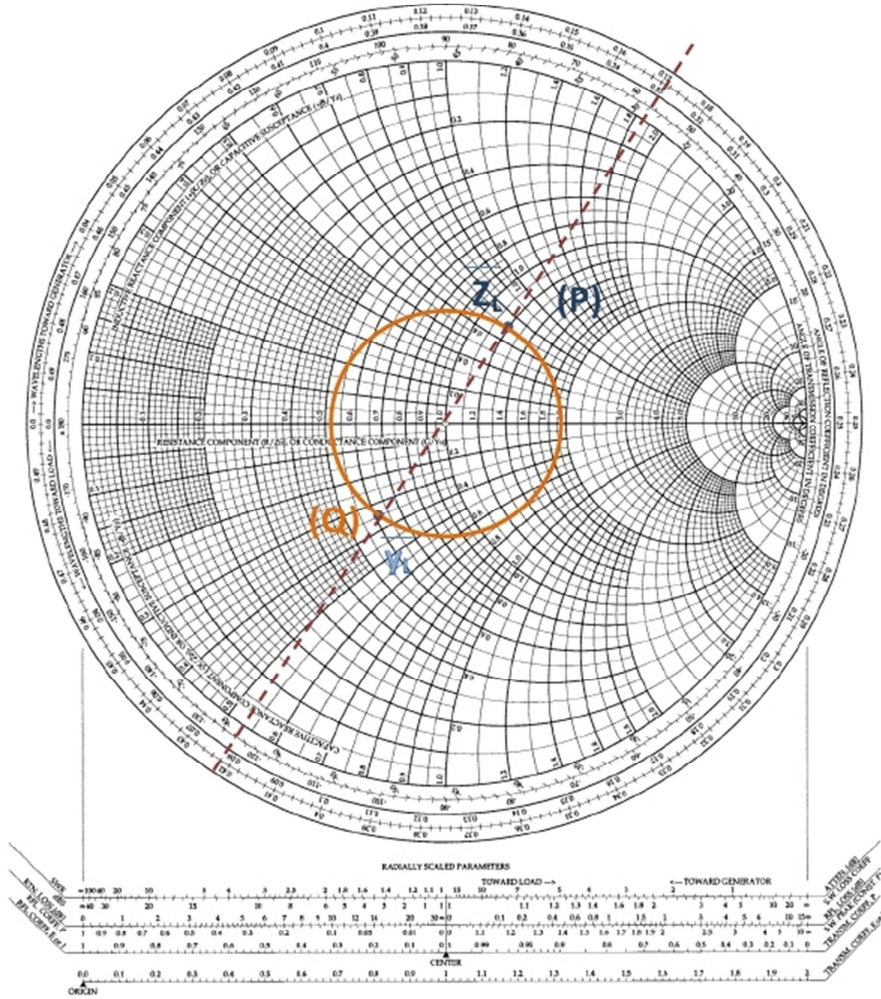
$$\bar{Y}_1 = \bar{Y}_d + \bar{Y}_s \rightarrow \bar{Y}_s = \bar{Y}_1 + \bar{Y}_d$$

از روی مقدار \bar{Y}_s (طول استاب) بدست می‌آید و برابر است با فاصله دست راست محور افقی تا مقدار \bar{Y}_s در جهت ساعتگرد

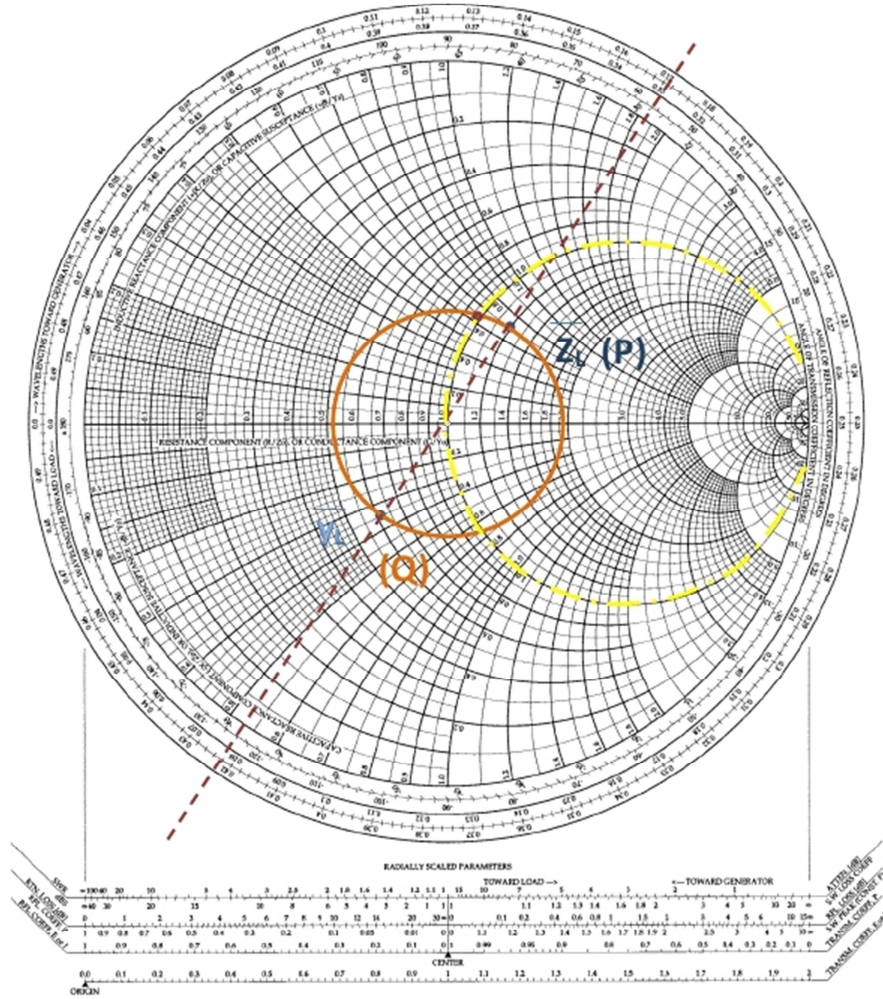
$$L_s = 0.158 \lambda$$

$$d = 0.228 \lambda$$

The Complete Smith Chart
Black Magic Design

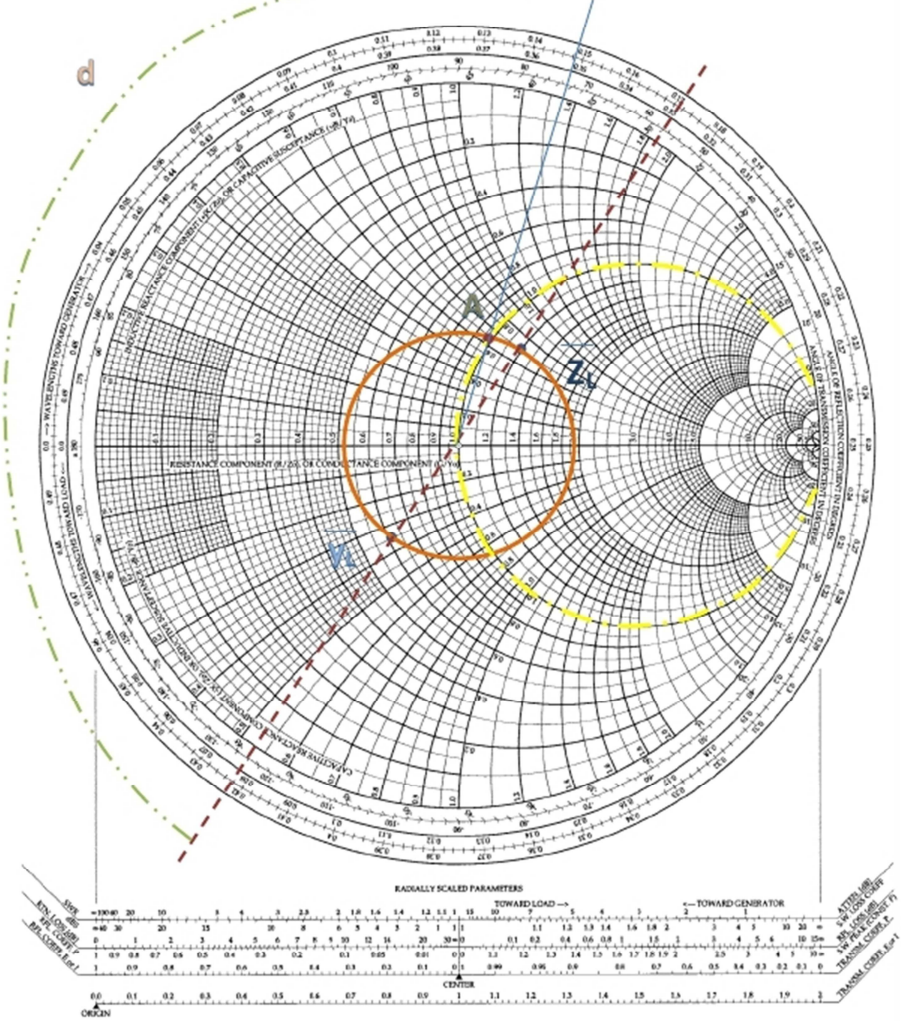


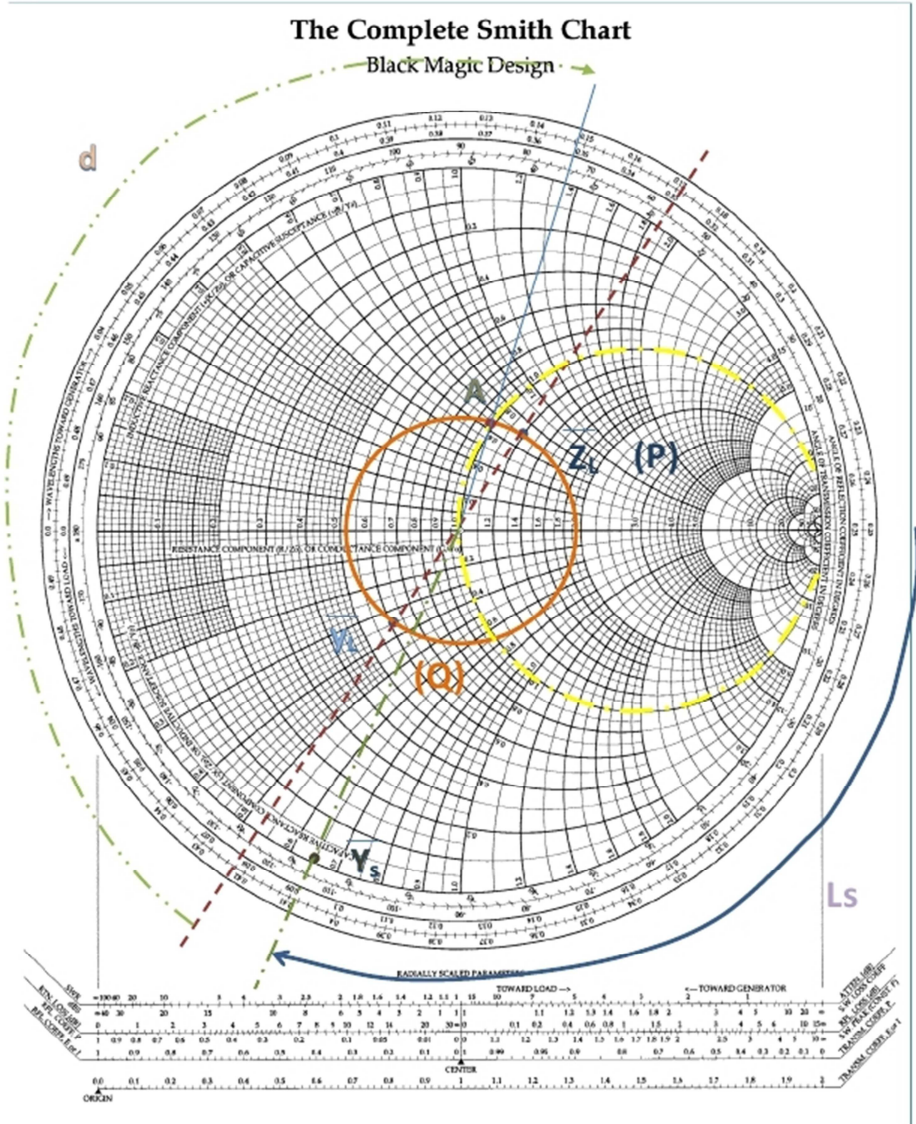
The Complete Smith Chart
Black Magic Design



The Complete Smith Chart

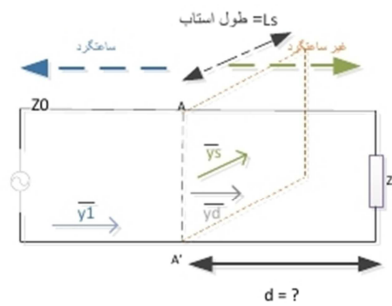
Black Magic Design





تمرین

برای تطبیق بار Z_L با خط انتقال مخابراتی از روش یک استاب کوتاه استفاده شده است. اگر امپدانس مشخصه خط و استاب مساوی باشد و مقدار بار Z_L داده شده باشد مطلوب است محل بار تا محل استاب (d) و طول استاب (L_S)



$$Z_L = 30 - j140 \Omega$$

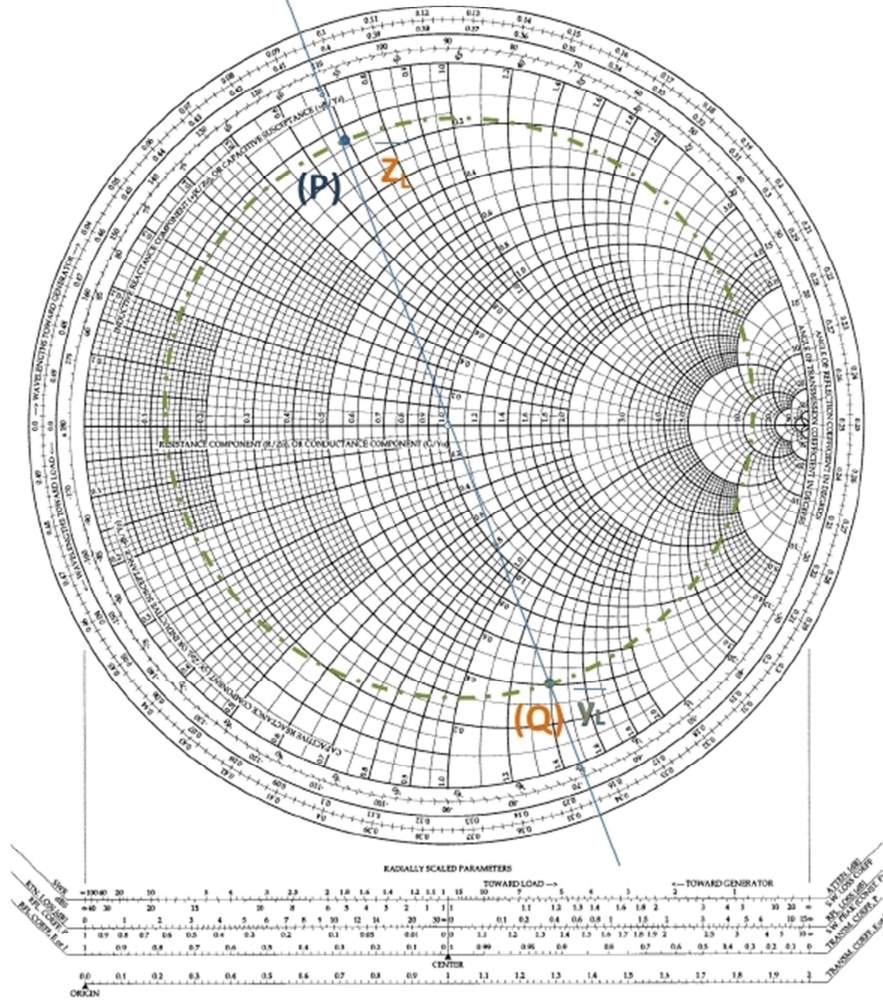
$$Z_{0S} = 100 \Omega$$

حل:

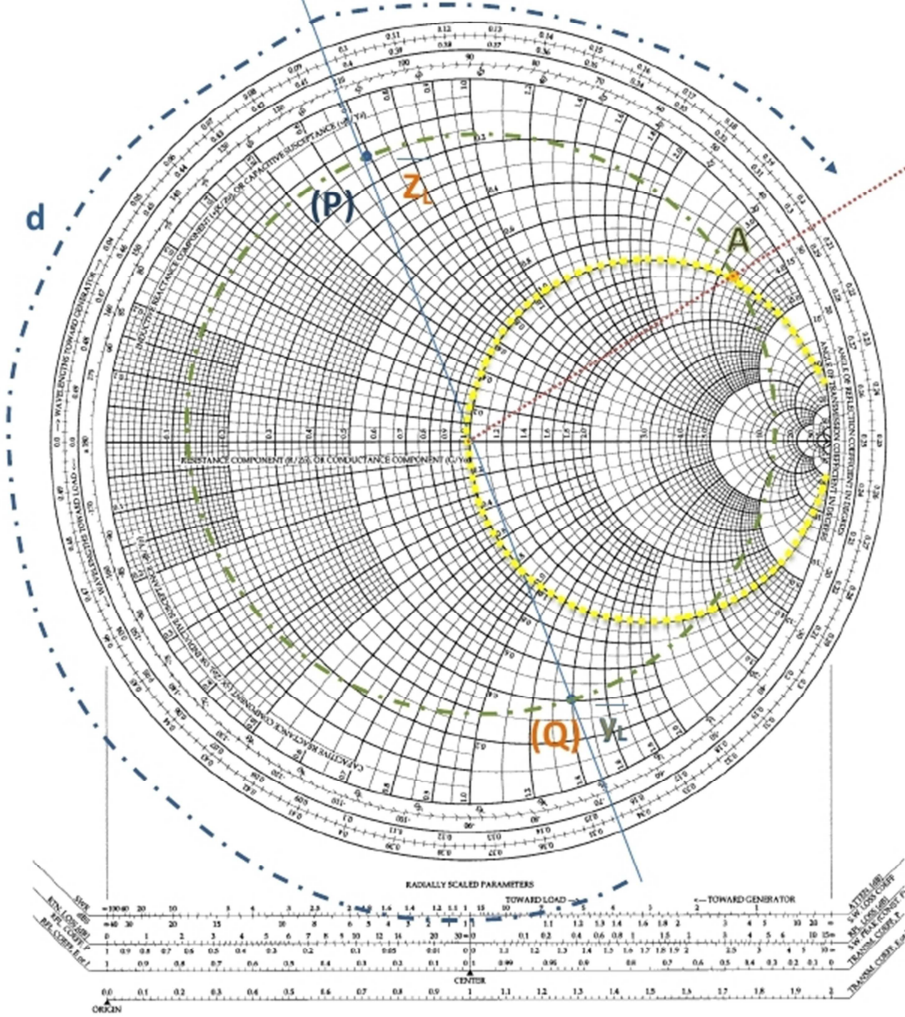
$$\bar{Z}_L = 0.3 - j1.4 \Omega$$

$$\bar{Y}_L = \frac{1}{\bar{Z}_L} = \frac{1}{0.3 - j1.4} = 0.14 + j0.68 \quad \text{ت}$$

The Complete Smith Chart Black Magic Design

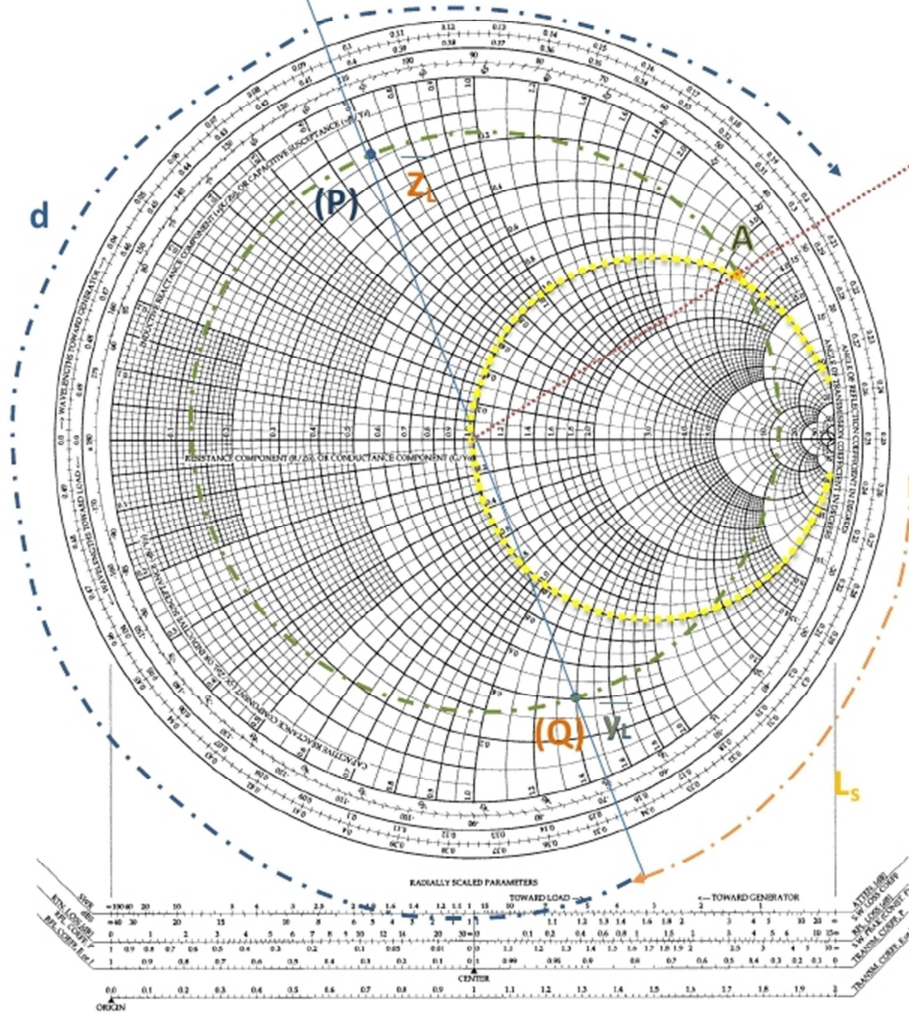


The Complete Smith Chart
Black Magic Design



$d = 0.355 \lambda$

The Complete Smith Chart
Black Magic Design



$$L_s = 0.0945 \lambda$$

خطوط انتقال مخابراتی

جلسه پنجم

1392/1/19

برای تطبیق بار خط انتقال مخابراتی از روش دو استاب اتصال کوتاه استفاده شده است. مطلوب است محاسبه طول استاب ها.

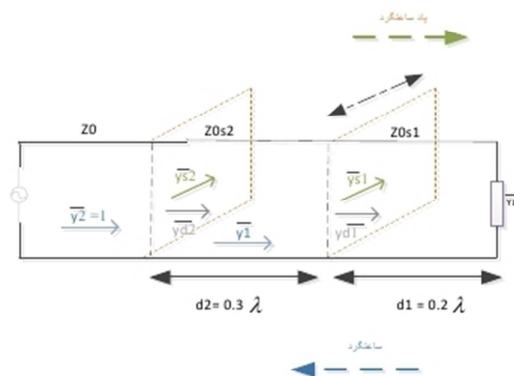
مقادیر داده شده به شرح زیر است :

$$Z_L = 50 + 75j$$

$$Z_0 = Z_{0s1} = Z_{0s2} = 100 (\Omega)$$

$$d_1 = 0.2 \lambda$$

$$d_2 = 0.3 \lambda$$



$$\overline{y}_1 = \overline{y}_{d1} + \overline{y}_{s1}$$

$$\overline{y}_2 = \overline{y}_{d2} + \overline{y}_{s2}$$

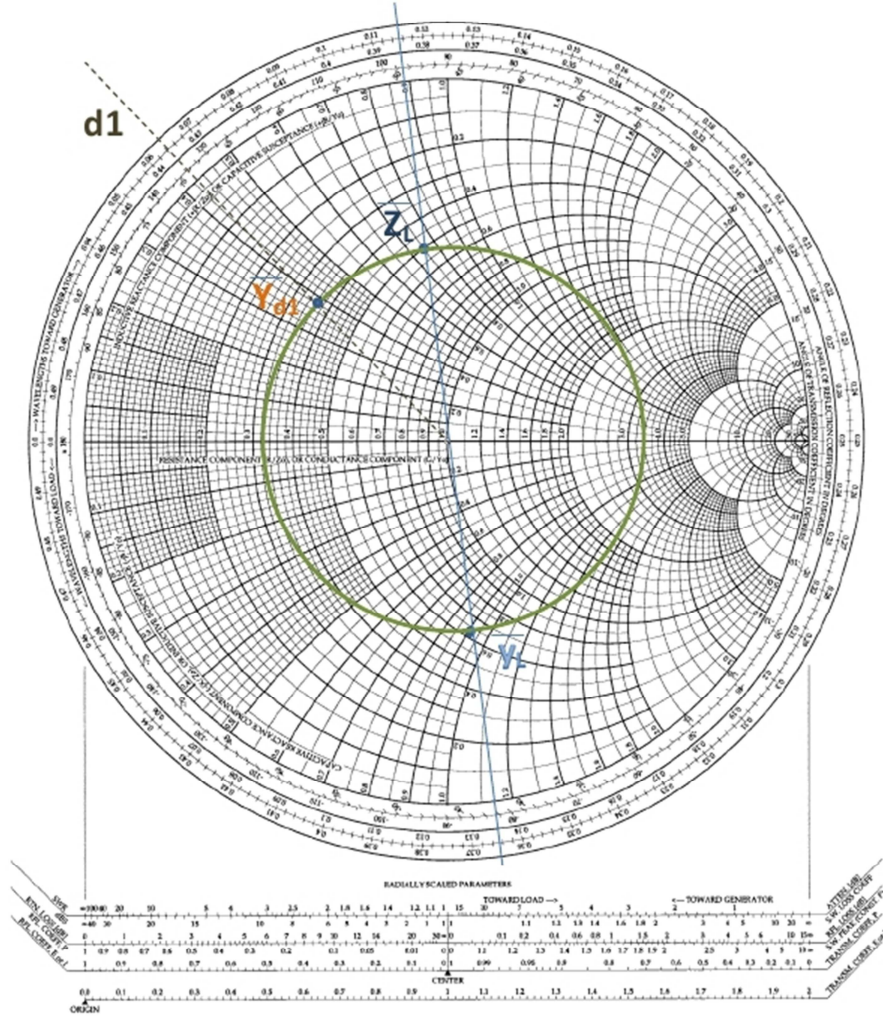
$$\overline{Z}_L = 0.5 + j0.75$$

$$\overline{y}_L = 0.61 - j0.92$$

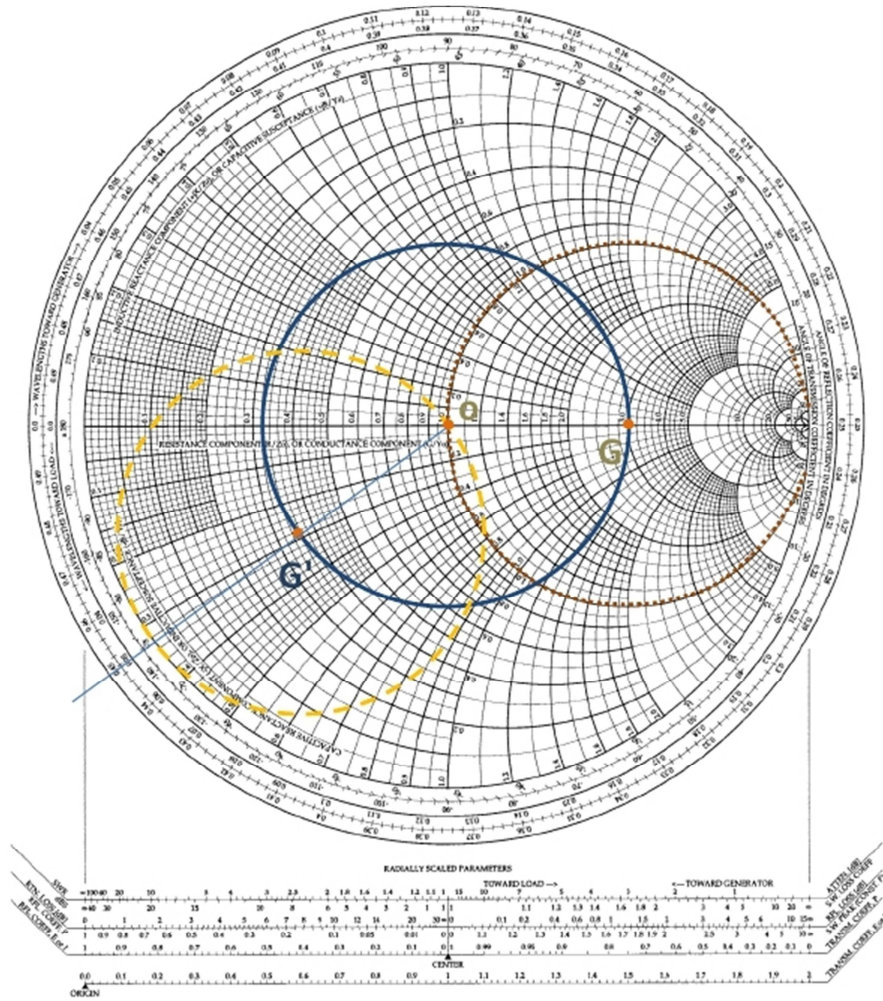
برای محاسبه \overline{y}_{d1} باید \overline{y}_L را روی دایره SWR خود ساعتگرد به اندازه $d_1 = 0.2 \lambda$ حرکت دهیم

$$\overline{y}_{d1} = 0.34 + j0.38$$

The Complete Smith Chart
Black Magic Design



The Complete Smith Chart
Black Magic Design



خطوط انتقال مخابراتی

1392/1/19

برای اینکه حتماً روی دایره 1 قرار گیرد باید دایره 1 را به اندازه $d_2 = 0.3 \lambda$ (پادساعتگرد) حرکت دهیم و $\overline{y_{d1}}$ را روی دایره انتقال یافته 1 بگذاریم. برای این کار روی دایره حقیقی ثابت $\overline{y_{d1}}$ حرکت می‌کنیم تا دایره انتقال یافته 1 را قطع کند، مقدار $\overline{y_1}$ بدست می‌آید.

نحوه انتقال دایره واحد

مرکز دایره واحد (G) را به میزان خواسته شده (پادساعتگرد) جابه‌جا می‌کنیم و سپس به مرکز جدید (G') دایره واحد را رسم می‌کنیم.

$$\overline{y_1} = 0.34 + j0.18$$

$$\overline{y_1'} = 0.34 - j0.84$$

سمت راست محور افقی ساعتگرد تا مقدار $\overline{y_{s1}}$ را مشخص می‌کند.

سمت راست محور افقی ساعتگرد تا مقدار $\overline{y_{s1}'}$ را مشخص می‌کند.

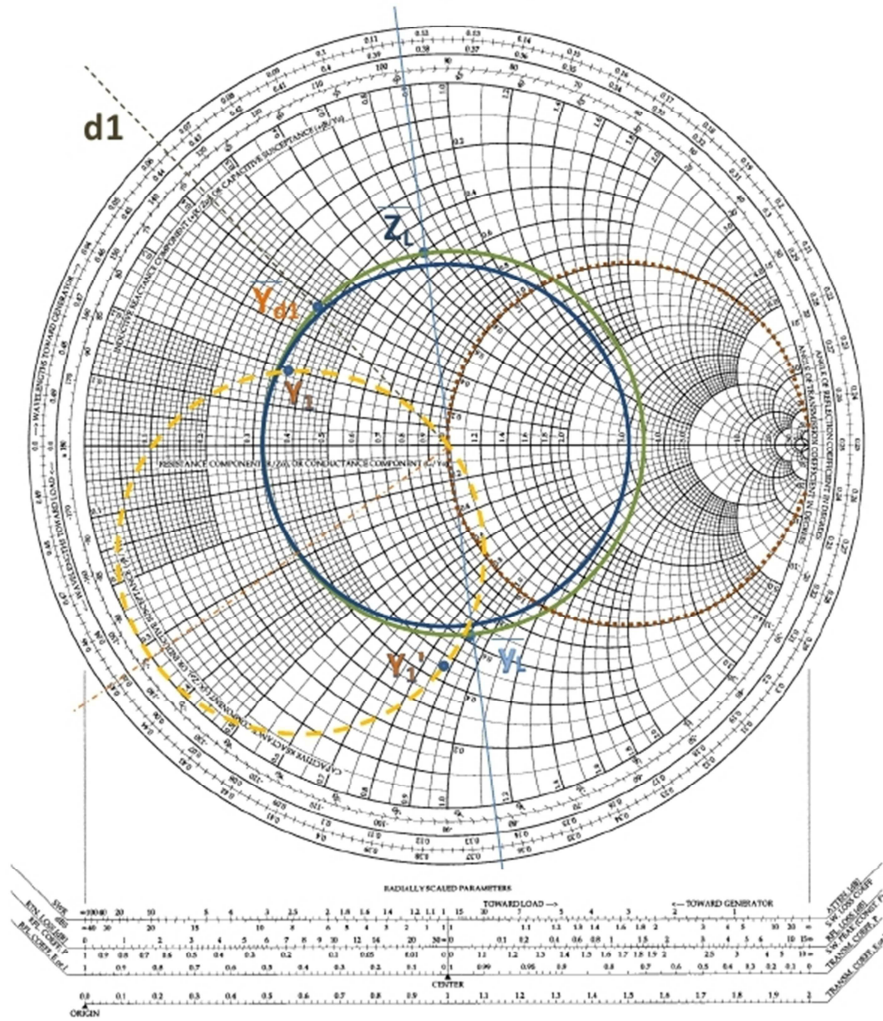
$$\overline{y_1} = \overline{y_{d1}} + \overline{y_{s1}} \rightarrow \overline{y_{s1}} = \overline{y_1} - \overline{y_{d1}} = -j0.2$$

$$\overline{y_{s1}'} = \overline{y_1'} - \overline{y_{d1}} = -j1.22$$

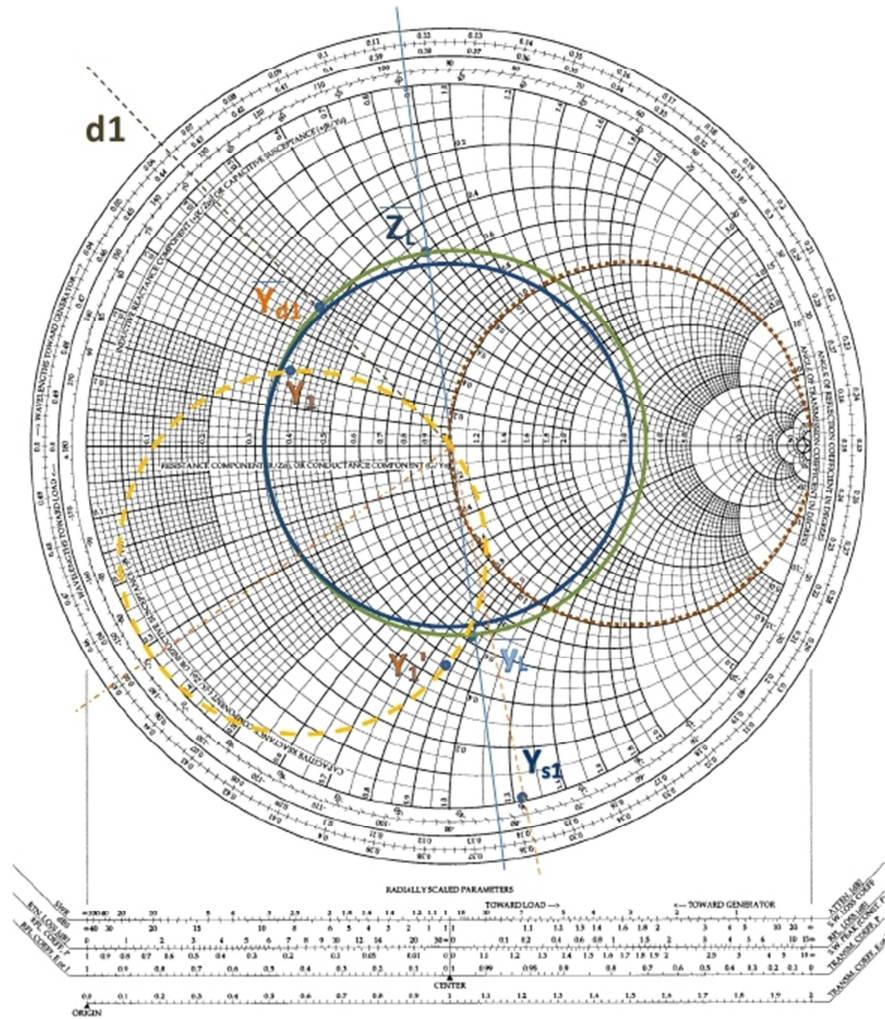
$$\overline{y_2} = \overline{y_{d2}} + \overline{y_{s2}}$$

$$\overline{y_{d1}} = 0.34 + j0.38$$

The Complete Smith Chart
Black Magic Design



The Complete Smith Chart Black Magic Design



خطوط انتقال مخابراتی

جلسه ششم

۱۳۹۲/۱/۲۴

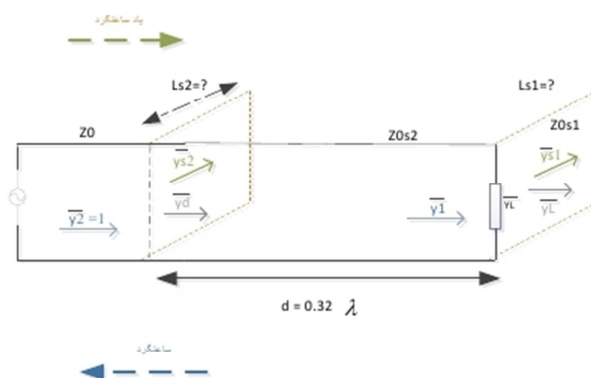
برای تطبیق بار با خط انتقال مخابراتی از روش دو استاب اتصال کوتاه استفاده شده است. اگر استاب اول روی بار باشد و فاصله دو استاب 0.32λ باشد مطلوب است طول استاب ها.

مقادیر داده شده به شرح زیر است:

$$Z_0 = Z_{0s1} = Z_{0s2} = 100\Omega$$

$$Z_L = 60 - j80$$

$$d = 0.32\lambda$$

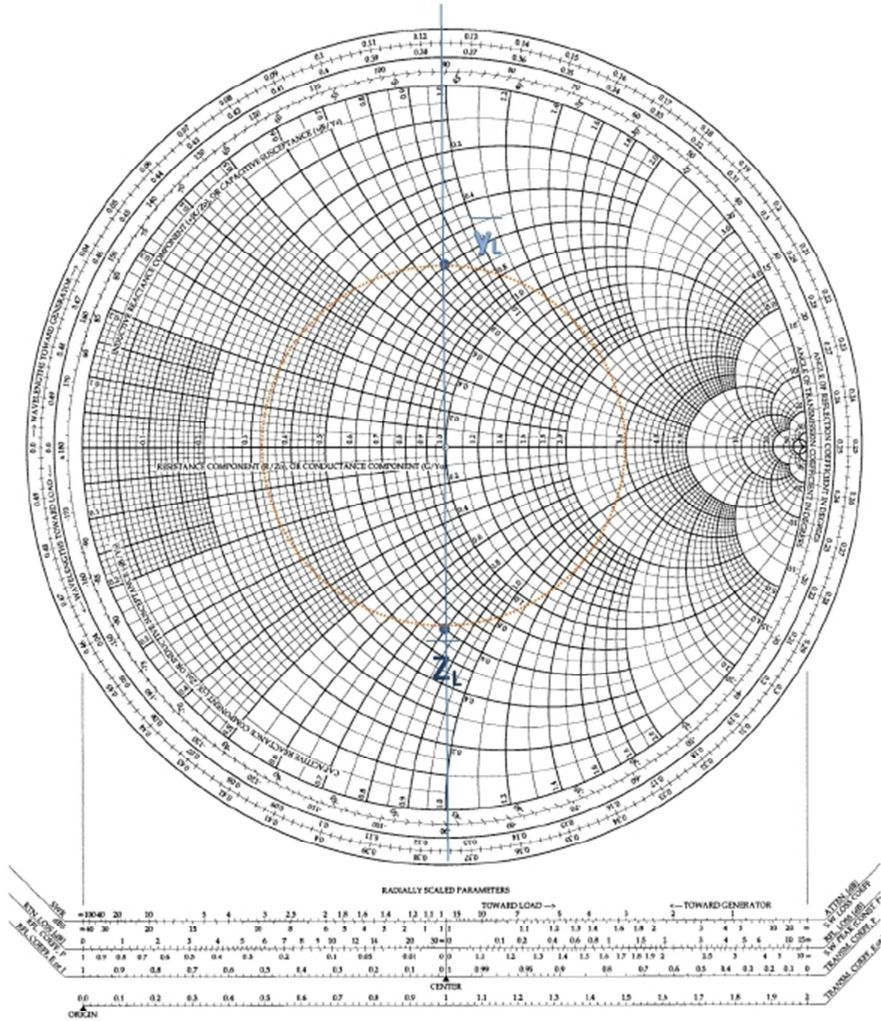


مراحل حل:

$$1- \text{محاسبه } \bar{Z}_L \text{ از رابطه } \bar{Z}_L = \frac{Z_L}{Z_0}$$

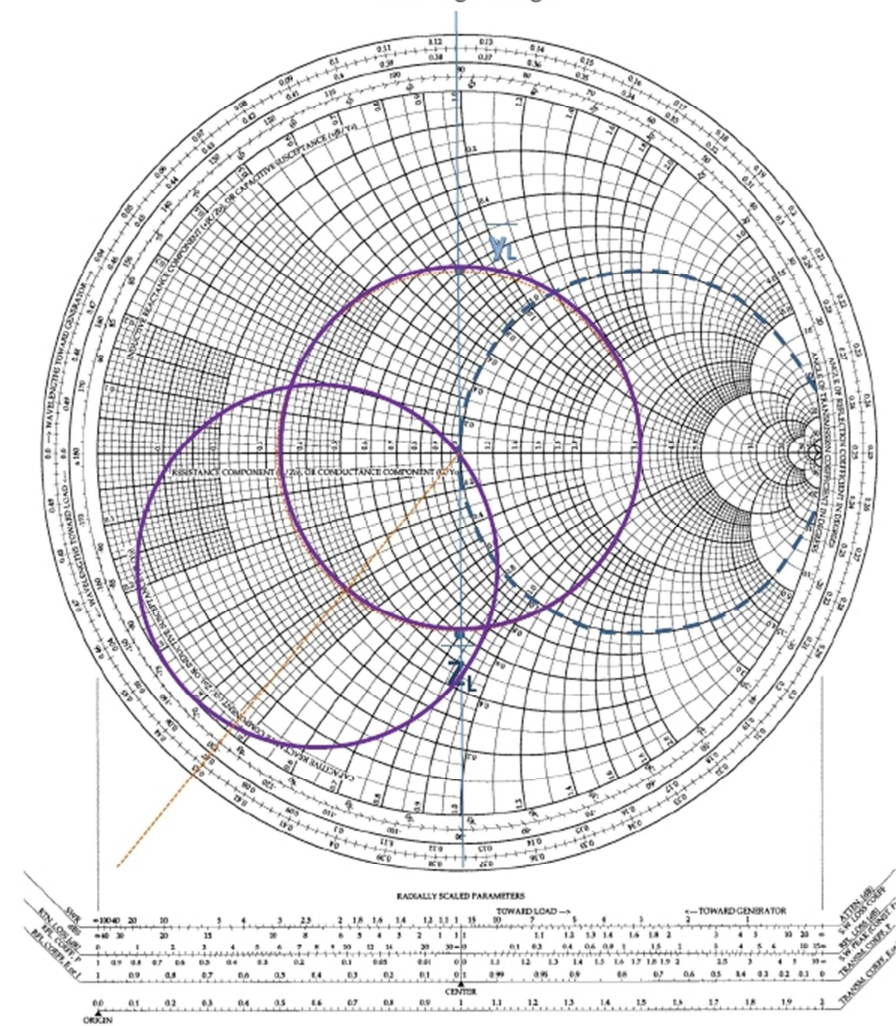
۲- رسم دایره SWR مربوط به \bar{Z}_L و رسم قطر آن که از \bar{Z}_L عبور کند و قرائت مقدار \bar{Y}_L

The Complete Smith Chart Black Magic Design



۳- انتقال دایره واحد ۱ به اندازه $d = 0.32\lambda$ (پاد ساعتگرد)

The Complete Smith Chart Black Magic Design



۴- حرکت روی دایره حقیقی ثابت \bar{Y}_L تا جاییکه دایره انتقال یافته ۱ را در دو نقطه قطع کند. یکی \bar{Y}_1 و یکی \bar{Y}'_1 است.

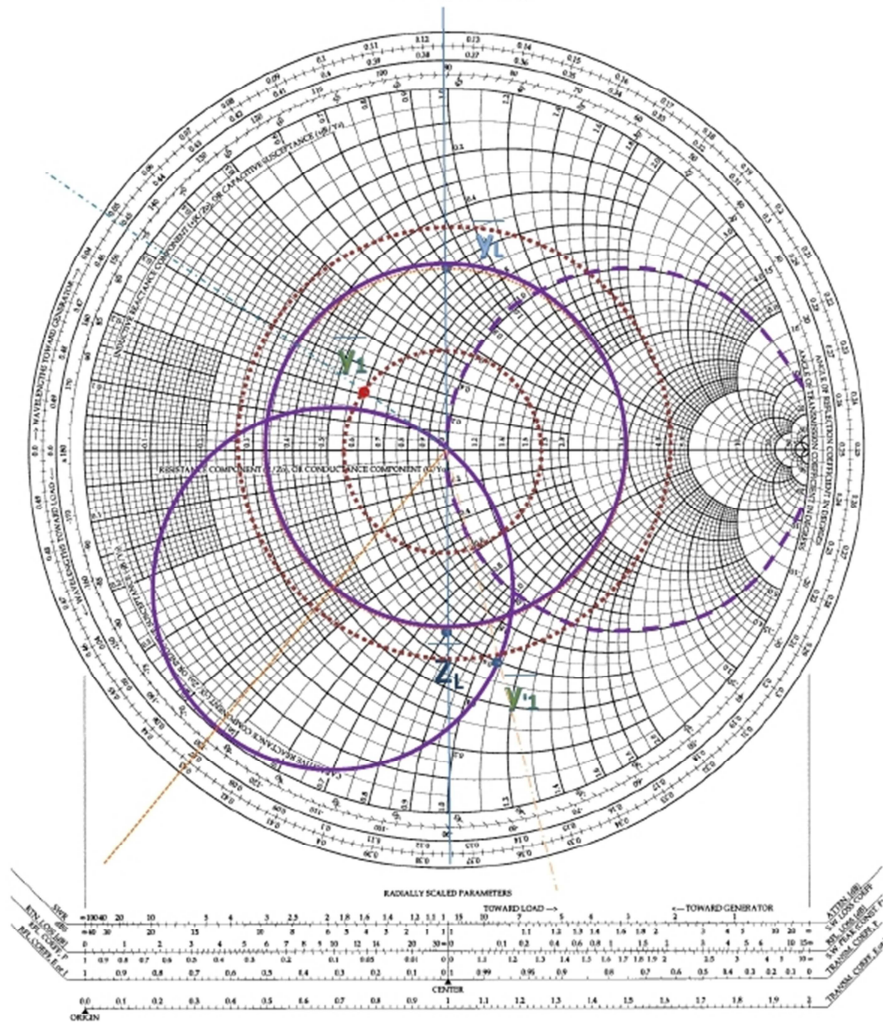
$$\bar{Z}_L = 0.6 - j0.8$$

$$\bar{Y}_L = 0.6 + j0.8$$

$$\bar{Y}_1 = 0.6 + j0.14$$

$$\bar{Y}'_1 = 0.6 - j1.08$$

The Complete Smith Chart Black Magic Design



خطوط انتقال مخابراتی

۱۳۹۲/۱/۲۶

-۵

از رابطه $\bar{Y}_1 = \bar{Y}_L + \bar{Y}'_{s1}$ مقدار \bar{Y}'_{s1} بدست می آید.

از رابطه $\bar{Y}'_{s1} = \bar{Y}_L + \bar{Y}'_{s1}$ مقدار \bar{Y}'_{s1} بدست می آید.

$$\bar{Y}'_{s1} = \bar{Y}_1 - \bar{Y}_L = 0.6 + j0.14 - (0.6 + j0.8)$$

$$\bar{Y}'_{s1} = -j0.66$$

$$\bar{Y}'_{s1} = 0.6 - j1.08 - (0.6 + j0.8)$$

$$\bar{Y}'_{s1} = -j1.88$$

-۶

از روی \bar{Y}'_{s1} مقدار L_{s1} و از روی \bar{Y}'_{s1} مقدار L'_{s1} بدست می آید.

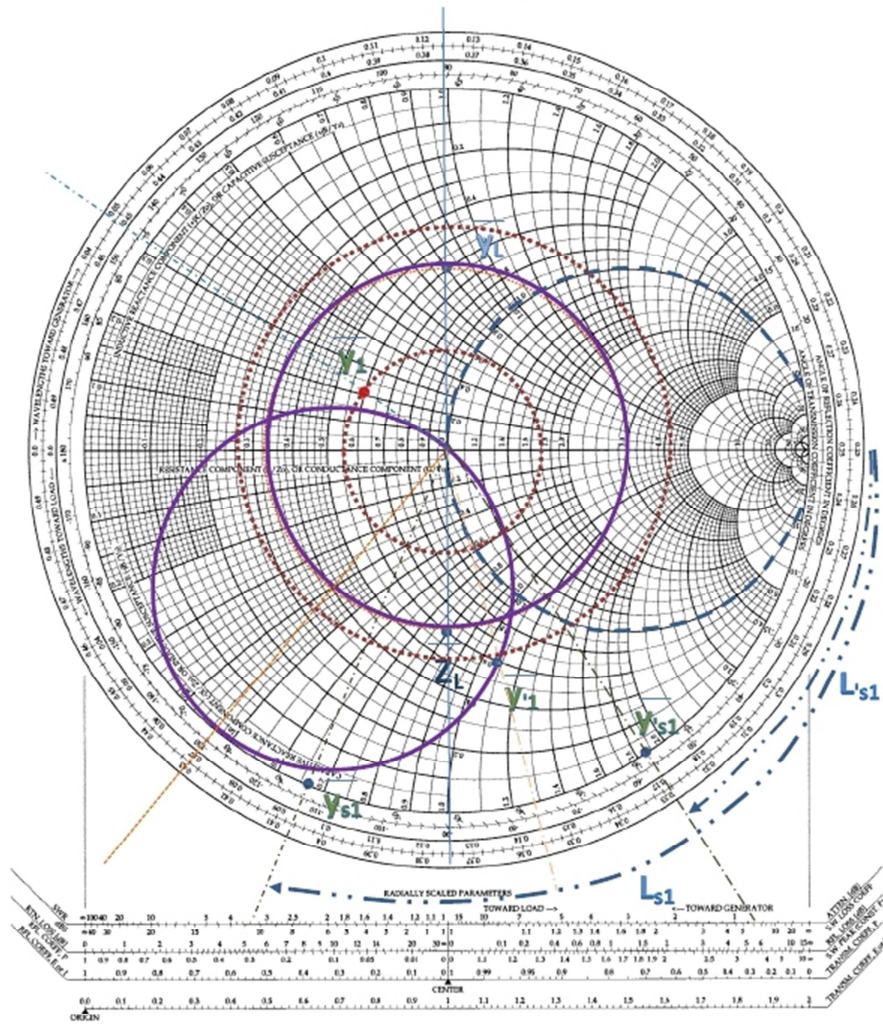
سمت راست محور افقی تا \bar{Y}'_{s1} مقدار L_{s1} را مشخص می کند. (ساعتگرد)

سمت راست محور افقی \bar{Y}'_{s1} مقدار L'_{s1} را مشخص می کند. (ساعتگرد)

$$L_{s1} = 0.157 \lambda$$

$$L'_{s1} = 0.078 \lambda$$

The Complete Smith Chart Black Magic Design



-۷

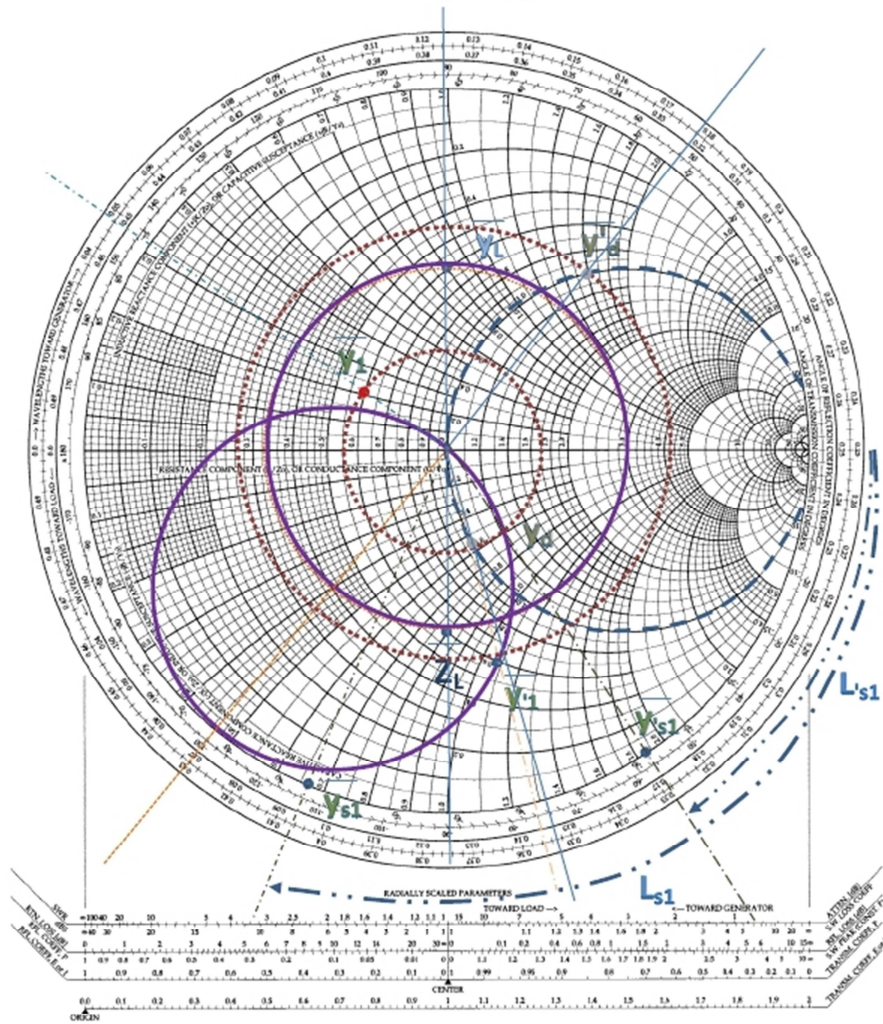
دایره SWR مربوط به \bar{Y}_1 و دایره SWR مربوط به \bar{Y}_1 را رسم کنیم.

از \bar{Y}_1 به اندازه $d = 0.32\lambda$ ساعتگرد حرکت می‌کنیم تا \bar{Y}_d بدست می‌آید.

از \bar{Y}'_1 به اندازه $d = 0.32\lambda$ ساعتگرد حرکت می‌کنیم تا \bar{Y}'_d بدست می‌آید.

\bar{Y}'_d و \bar{Y}_d حتماً روی دایره واحد ۱ قرار دارند.

The Complete Smith Chart Black Magic Design



-۸

از روی \overline{Y}_{s2} مقدار L_{s2} و از روی \overline{Y}'_{s2} مقدار L'_{s2} بدست می آید.

$$\begin{aligned}\overline{Y}_d &= 1 - j0.58 \\ \overline{Y}'_d &= 1 + j1.5 \\ \overline{Y}_{s2} &= j0.58 \rightarrow L_{s2} = 0.328 \lambda \\ \overline{Y}'_{s2} &= -j1.5 \rightarrow L'_{s2} = 0.099 \lambda\end{aligned}$$

The Complete Smith Chart Black Magic Design

