

スミスチャートの基礎



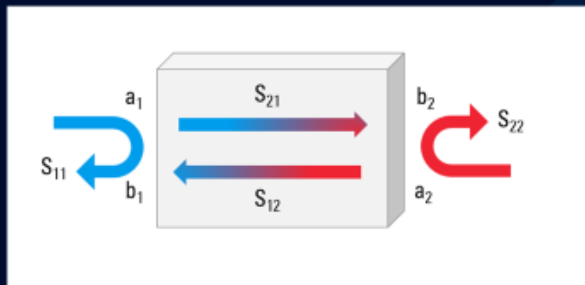
ROHDE & SCHWARZ

Make ideas real



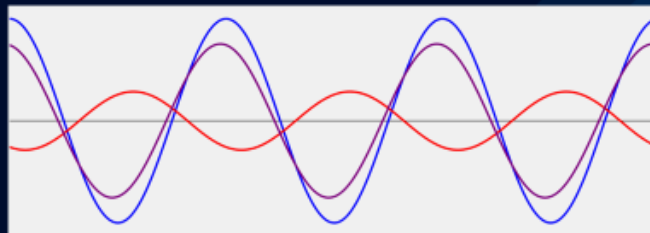
前提条件

Sパラメータの基礎



ROHDE & SCHWARZ
Make ideas real

VSWRおよびリターンロスの基礎



ROHDE & SCHWARZ
Make ideas real



スミスチャートの起源

- ▶ 発明者であるフィリップ H. スミスにちなんで名付けられた
- ▶ 1939 年 1 月に Electronics 誌で最初に紹介された

Transmission Line Calculator

TRANSMISSION line problems are greatly simplified if the line is terminated by an impedance equal to its characteristic impedance. Standing waves of current and voltage are then eliminated, and if losses are neglected, the input impedance, current, and voltage at all points along the line are constant. Computations for the current and voltage under these conditions are based simply on Ohm's law. In communication systems this special condition is usually considered most conducive to efficient trouble-free operation.

There has long been a need for a simple means, without recourse to

BY P. H. SMITH
*Radio Development Department
Bell Telephone Laboratories*

resistance, Z_r , is the load impedance, and Z_s is the input impedance.

The independent variable Z_s will be a constant for any particular line, and consequently may conveniently be combined with Z_s and Z_r in the form of a ratio. With this transformation, the equation becomes:

$$Z_s/Z_r = \frac{Z_r/Z_s + j \tan 2\pi L}{1 + j(Z_r/Z_s) \tan 2\pi L}$$

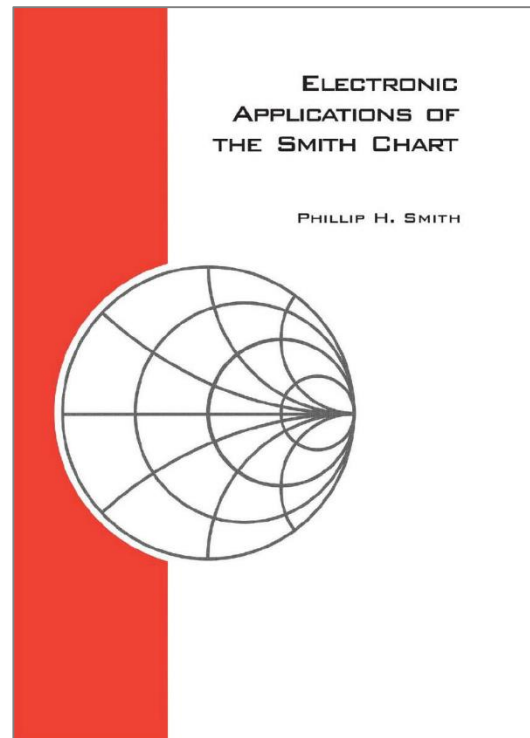
the curve corresponds to another value of Z_r , when L is taken as zero at that point. This other value of Z_r , when substituted in the above equation, will give the same curve but with a different position for the point of $L = 0$. These curves, therefore, cannot be completely designated by a single value of Z_r/Z_s . It will be noted, however, that each curve gives a minimum and maximum value of Z_s/Z_r which are the two points where the curve crosses the resistance axis. The ratio of the minimum to the maximum value of Z_s/Z_r , which is the same as the ratio of minimum to maximum Z_s , is different for each curve, so



フィリップ H. スミス(1905–1987)

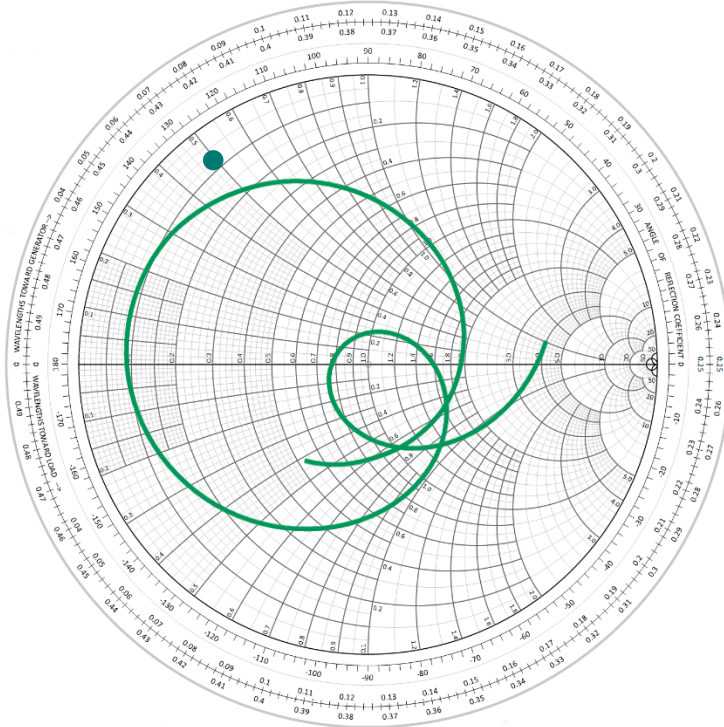
スミスチャートの応用

- ▶ スミスチャートには**多くのアプリケーション**がある
- ▶ 最も一般的なアプリケーションには、インピーダンスマッチングとマッチングネットワークの設計などがある
- ▶ コンパスや定規を使用して、鉛筆などでスミスチャート上に描く事で、問題を解決できる
 - 以前に比べて重要性が低下している
- ▶ インピーダンスの視覚化や、マッチングネットワークの性能を調整または検証する際に、非常に役立つ

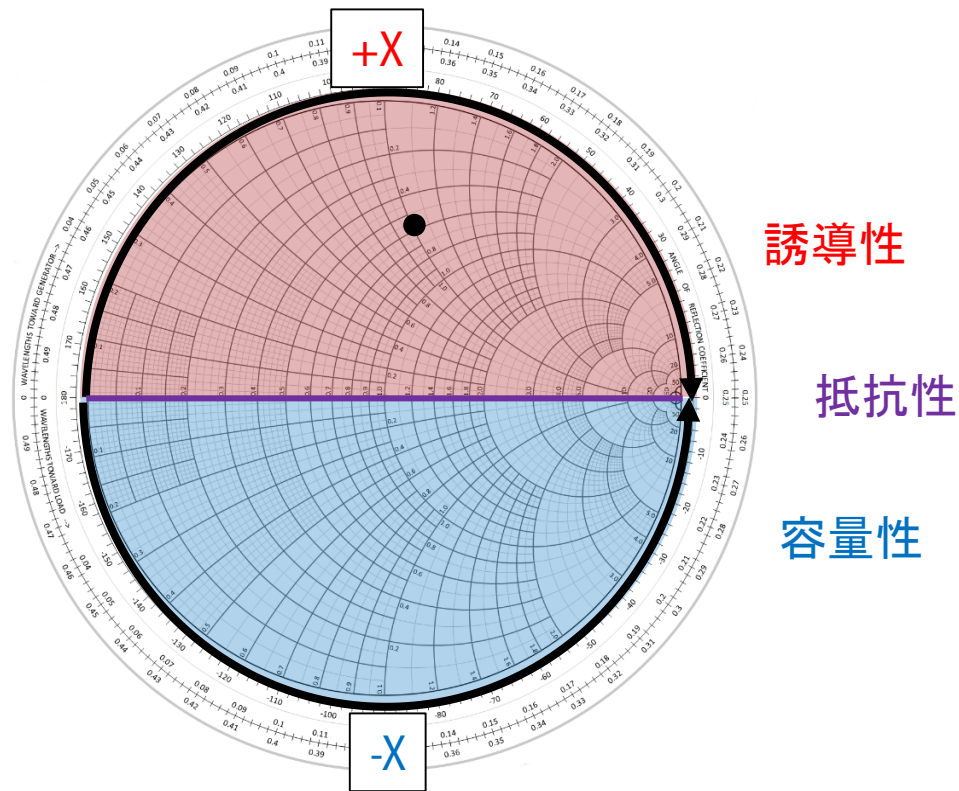
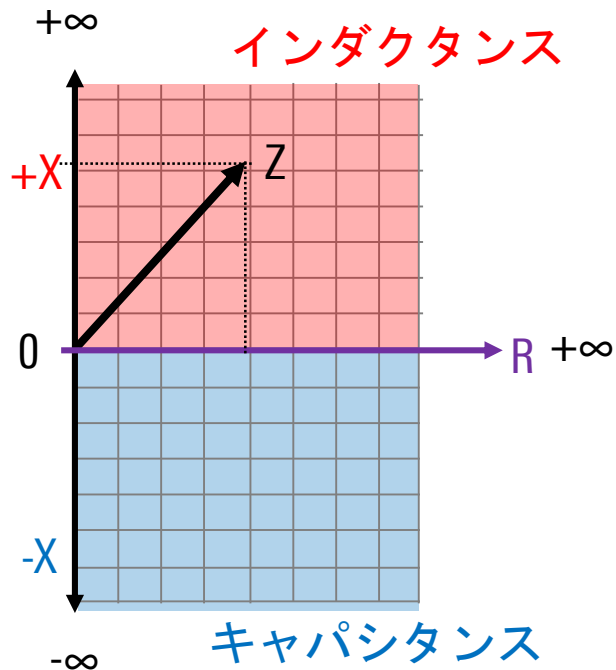


スミスチャートとは

- ▶ 1ポート測定時に使用
 - 反射係数 (S_{XX})
- ▶ スミスチャートは、 Z_0 に対する Z_L を示している
- ▶ 複素インピーダンスを簡単に視覚化できる
 - 個別ポイント
 - トレース (インピーダンス vs. 周波数)

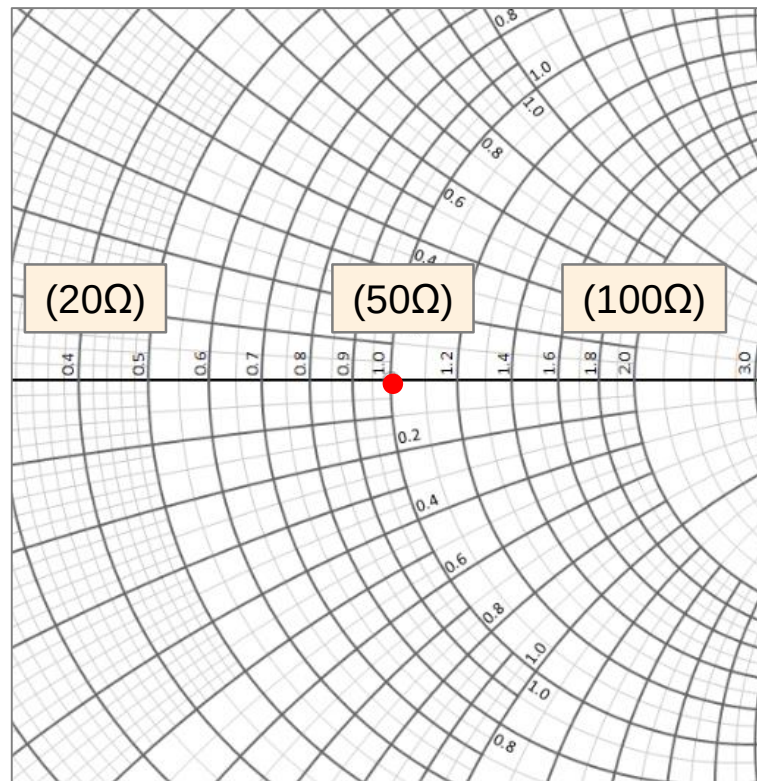


直交座標からスミスチャートへ



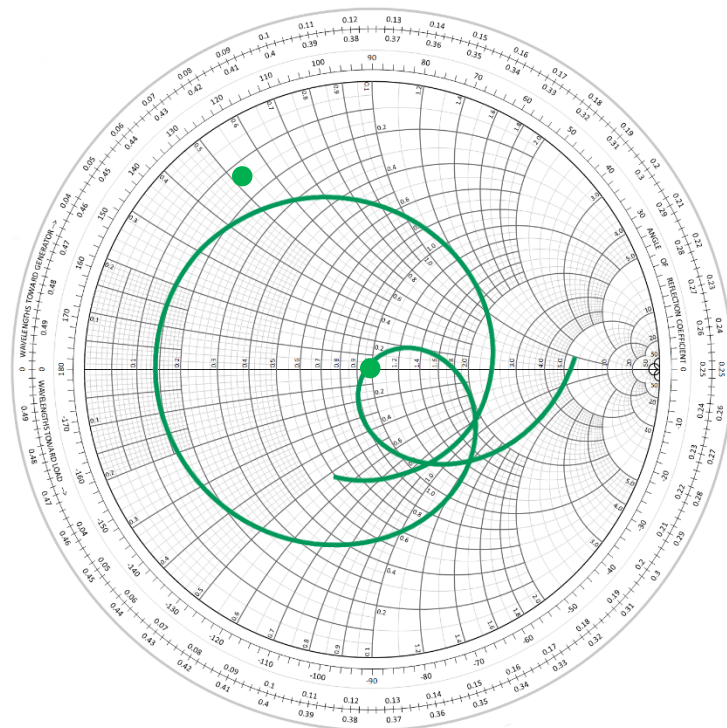
プライムセンター

- ▶ チャートの中心 (プライムセンター) は、ソースインピーダンス Z_0
 - ほとんどのRFシステムで $50\ \Omega$
- ▶ 値は 1.0 に正規化される
 - $50\ \Omega / 50 = 1.0$
- ▶ スミスチャート上のすべての値は、この同じ値で正規化される
 - 任意のシステムインピーダンス (例: $75\ \Omega$ に同じスミスチャートを使用可能)



プライムセンターの意義

- ▶ 理想的には、 $Z_L = Z_0$
- ▶ 測定された Z_L がスミスチャートにプロットされる
- ▶ 測定された Z_L が中心(Z_0)に近いほど、インピーダンスマッチングは良好
- ▶ 中心から離れるほど mismatch が大きくなる
- ▶ マッチングネットワークなどを使用して、 Z_L を中心に移動することが多い
- ▶ デバイスは、トレースが中心を通過して移動する周波数で共振する

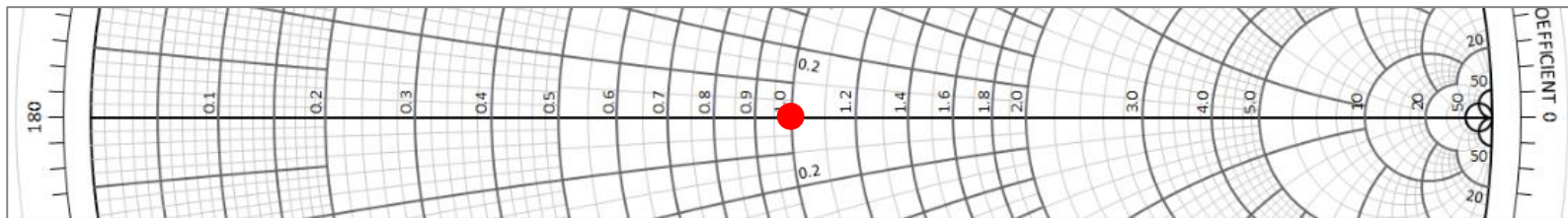


抵抗軸

$0\ \Omega$ - ショート回路

$(50\ \Omega)$

$\infty\ \Omega$ - オープン回路



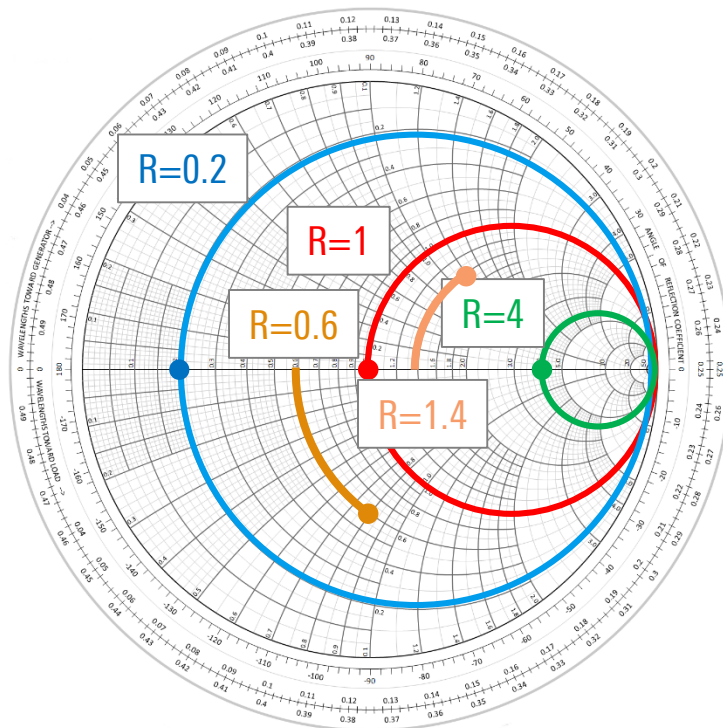
VSWR = ∞

VSWR = 1

VSWR = ∞

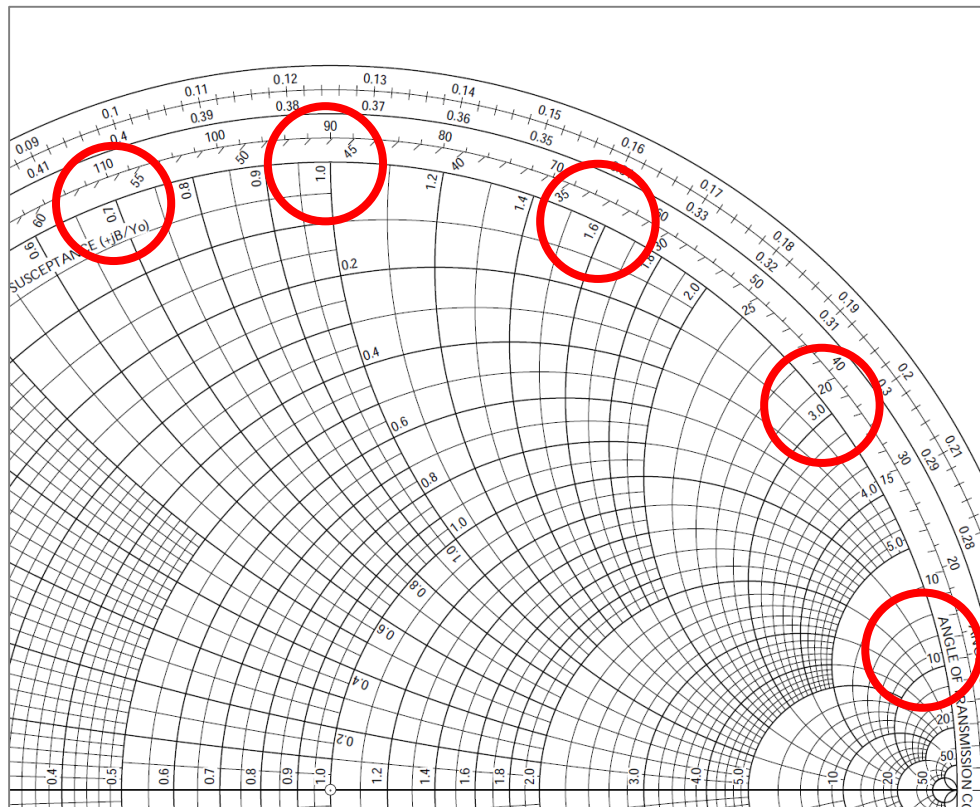
定抵抗円

- ▶ 複素インピーダンスは、水平方向の抵抗軸 ($R + jX$) に沿わない
- ▶ 正規化された抵抗は定抵抗円として表示される
- ▶ 円に沿ったすべての点には、同じ抵抗部分または実部がある
- ▶ 任意のポイントで正規化された抵抗値は、定抵抗円を横軸に沿ってたどり、値を読み取ることで検出できる



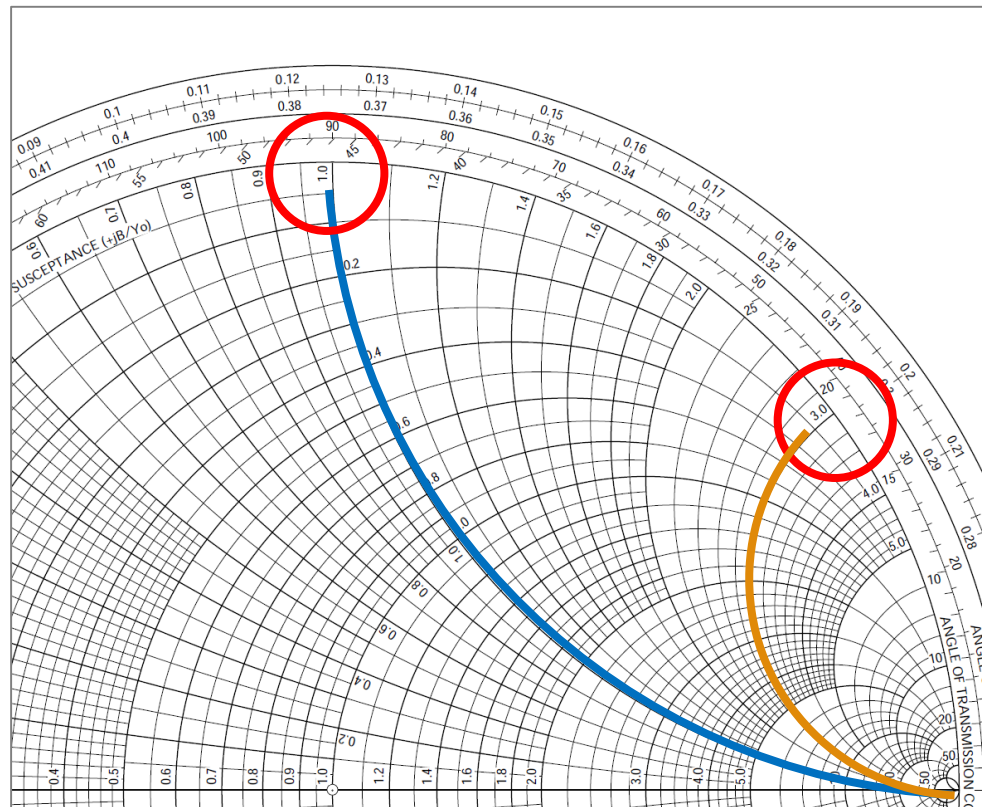
リアクタンス軸

- ▶ リアクタンス軸はスミスチャートの円周に沿っている
- ▶ 値は軸上にラベル付けされている



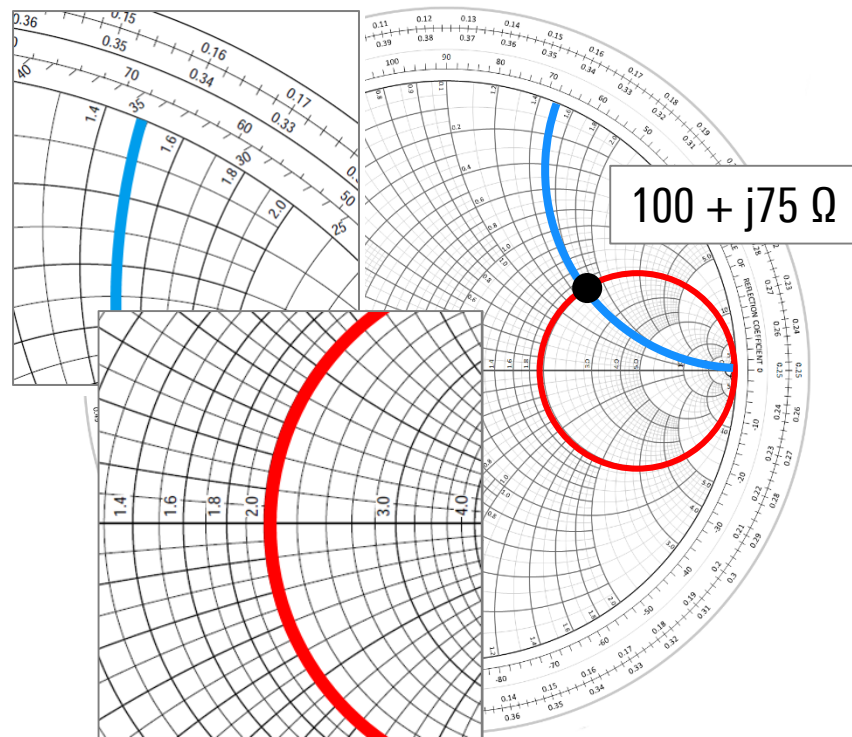
リアクタンス曲線

- ▶ 正規化されたリアクタンスはリアクタンス曲線として表示される
- ▶ 曲線に沿ったすべての点は、同じリアクタンス成分または虚数部を持つ
- ▶ グラフの上半分の値は正 (誘導性)
- ▶ グラフの下半分の値は負 (容量性)



スミスチャートにインピーダンスをプロットする

- ▶ 複素インピーダンス: $Z = R \pm jX$
 - $100 + j75 \Omega$
- ▶ Z_0 で除算してインピーダンスを正規化
 - $(100 + j75) / 50 = 2 + j1.5$
- ▶ 抵抗円を見つける
 - $R_{\text{normalized}} = 2$
- ▶ リアクタンス曲線を見つける
 - $X_{\text{normalized}} = 1.5$
- ▶ インピーダンスは円と曲線の交点にある



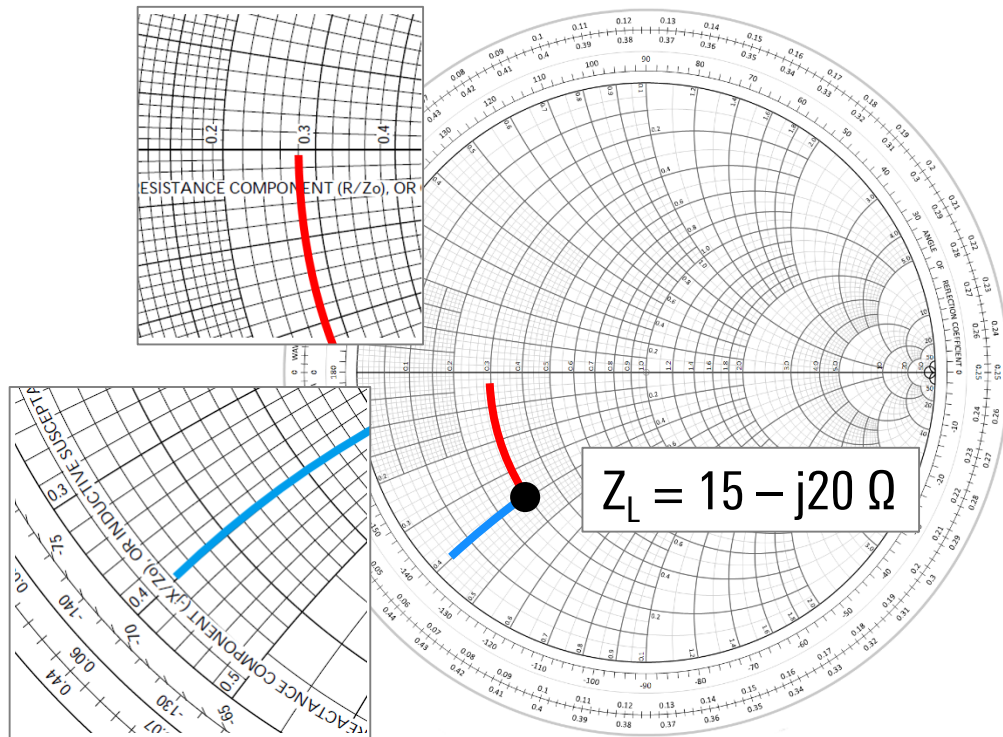
スミスチャートからインピーダンスを読み取る

▶ スミスチャートからのインピーダンスの読み取り:

- ポイントがどの抵抗円上にあるかを決定する
- ポイントがどのリアクタンス曲線上にあるかを決定する
- 正規化された値にソースインピーダンス (Z_0) を掛けて実際の値を求める

$$R = 0.3 \quad X = -0.4$$

$$Z_{\text{normalized}} = 0.3 - j0.4$$



まとめ

- ▶ スミスチャートは複素インピーダンスを表現
 - 個別ポイント
 - トレース (値と周波数)
- ▶ インピーダンスマッチングを求めるなど、グラフィカルに行うことができる
 - コンピュータが発達する以前に重宝された
- ▶ スミスチャートは以下で構成される
 - 抵抗軸とリアクタンス軸
 - 抵抗円とリアクタンス曲線
 - 値はシステムピーダンスに対して正規化される



世界初のネットワーク・アナライザR&S Z-g