

送信機閉回路の設計図表

波々伯部 稔

The Computation Diagram for planning the Transmitter Closed Circuits

Sunao HOOKABE

When we plan and adjust a transmitter, it is the most important that we make the vacuum tubes operate in the best condition. Above all, it is one of the most important factors to adjust the out-put load circuit.

The author thought that, on planning a transmitter, it is very convenient for us to get its component values with the computation diagram without computation and adjust the transmitter easily to the expected condition.

Therefore the author composed the computation diagram, I will be very glad to give something useful to you from my diagram.

1 緒 言

送信機を設計乃至調整する場合に、第一に直面する問題は真空管をして最適状態にて動作せしめることであり、これには出力負荷回路の調整が重要な因子となる。殊に被変調器より以後空中線にいたる間にあっては、各回路の調整如何は出力および変調特性に非常なる影響をもたらす。また出来上った送信機における調整の主要部分は、出力負荷回路にあるといってもよい。

筆者は実際機器を調整する場合、一つ一つ計算する代りにこれを図表に作りあげて、それから必要値を求めるようにしたならば、極めて容易に所期の状態に調整出来て、便利であると感じたものである。かかる動機からこの図表を作ってみたのでここに紙面を汚す次第である。

2 閉回路の三要素と図表

最も代表的な負荷回路は図1に示すように、 L 、 C 、 R の三要素からなり、一見変わった形の回路も結局は大体この基本回路に誘導できる。さて図において並列同調回路のインピーダンス Z_P は周知の如く

$$Z_P = \frac{L}{RC} \quad (1)$$

となる。いま S なる量を考え $S = X_L/R$

とすれば (1) 式は

$$Z_P = SX_C \tag{2}$$

$$= \frac{1+S^2}{S} X_L \tag{3}$$

$$= (1+S^2) R \tag{4}$$

で表わされる。これら式中に含まれる S の持つ物理的意義は後述するが、この S の値の如何によって回路の性質を左右することになる。上式 (2), (3), (4) を図表で示すと表 1, 表 2, 表 3 となる。真空管の動作状態を求めることによって、或いは回路により

その整合を考えることによって、必要な Z_P がわかってくるので S の値を合法的に選べば、これに適合する X_C, X_L, R の値はそれぞれ図表より直ちに見出すことができる。

負荷の二次回路が直結合の場合は勿論のこと、図 2 のように電磁結合の場合でも一次および二次回路の定数はこれらの図表より求められるが、このときの結合係数 X_m なる余分の因子が介在することになる。臨界同調の場合

$$X_m = \sqrt{R_1 R_2} \tag{5}$$

であるから、これも図表にしておくことにする。表 4 がこれである。以上で閉回路を構成する三要素と負荷インピーダンスとの相互関係を図表上より数値的に自由に求めることができる。

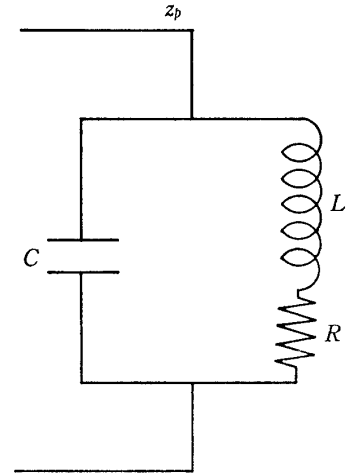


図 1

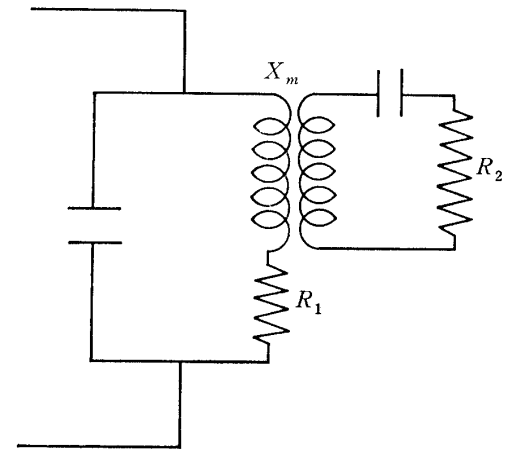


図 2

3 S の 意 義

上式に含まれる S はいろいろの意義を有しており並列同調回路の性質をあらわしている。すなわち

(1) 回路の無効電力は $KVA = I_L^2 X_L = I_C^2 X_C$ であり、消費される電力は $KW = I_L^2 R$ であるから S は $S = \frac{KVA}{KW}$ で S は回路に蓄積されるエネルギーと、1 サイクル中消費されるエネルギーとの比をあらわすから、回路のフライホイール・エフェクトを示している。

(2) 受信機と同調回路では真空管格子に加わる電圧と、回路に誘起した電圧との比が S となる。ループ・アンテナを使用して受信する場合には、回路に誘起する電圧 E_1 は電界強度 e とループ・アンテナの実効高 h との積であり、真空管の格子に加わる電圧 E_2 は SE_1 である。

送信機閉回路の設計図表

$$E_2 = SE_1 = S_{ch}$$

S は真空管の格子に加わる電圧 E_2 と回路に誘起した電圧 E_1 との比であるから回路の電圧増巾率という。

受信機では Q の大きいコイルを使用して、回路の S を大きくし電圧増巾率を大きくすることが望ましいが、送信機の高周波増巾器は電力増巾であるから S を大きくすることは無意味である。

(3) S が大きくなれば回路の同調が鋭敏となり、高調波は除去されるが、側波帯が切断されるから周波数特性が悪くなる。この点からみて S は 10 以下にすべきである。

(4) S が大きくなれば側波帯の位相回転を生じる。多少の位相歪は明瞭度を害するには至らないが、変調波のエンベロップの位相回転を起すから、これを検波すれば、音声電流に対しても同じ角度の位相歪を生ずるから、整流きかんとを困難にする。

(5) 閉回路の C, L の大きさは、回路の無効電力により定まる。出力 KW と S との積が回路の無効電力 $KVA = S \times KW$ であるから、 S が大きいほど C, L の容量が大きくなり、無用の損失を増加することになる。

4 閉回路の性質と図表

閉回路の設計如何は負荷の過大による振幅歪、側波帯通過率、側波帯位相変転に伴う変調歪および高調波含有率などに影響することは、 S の意義で述べたようになかなか問題が多い。従って設計にあたっては以上の各項を考慮して定数を決定せねばならない。

まず閉回路における側波帯の切除について考えると、変調時側波帯が完全に通過することが望ましいのであるが、回路が基本波に同調しているため、側波帯はそれだけ離調して、インピーダンスの低下だけ切除される。

側波帯通過率を α で表わすと

$$\alpha = \sqrt{\frac{1 + nS^2}{n^2S^2 + (n^2S^2 - S^2 - 1)^2}} \times 100\% \quad (6)$$

ここに $n = \frac{f_0 + f_m}{f_0}$ で f_0 は搬送波、 f_m は変調周波数である。(6) 式において合法的省略を試みると近似的に

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + 4S\left(\frac{f_m}{f_0}\right)^2}} \times 100\% \quad (7)$$

となる。この式から明らかなように変調周波数の高い程、また S の大きい程切除は大となる。表 5 は (7) 式を表わしたものであり、これより側波帯通過の割合がわかる。

つぎに高調波含有率の問題であるが、一般送信機にあつては第二高調波のみについて考えれば充分である。閉回路におけるその通過率を α_2 とすれば、(6) 式より近似的に

$$\alpha_2 = \frac{2}{1 + 9S^2 - 2} \quad (8)$$

となる。表6はこれである。B級増巾器において増巾管の動作をも含めたとき基本波に対する第二高調波の含有率を知りたい場合は、この図表から求めた値に0.423を乗ずればよい。なおこの図表ではSが2より小なる場合は誤差が大となるから、Sが小さい値のときは使用できない。なお上記の α および α_2 は負荷の両端間における値であるから注意されたい。側波帯の位置変転による変調歪は事実上微々たるものであるから考察は省略する。

また負荷過大に基く振幅歪に関しては真空管の動作状態の如何により最適負荷が求まるので設計或いは調整に際し誤りなきよう注意することによって解決する。Sに関しては表5、表6からわかるように側波帯切除と高調波含有率とは互に反対に働くので、閉回路の設計にあたってはSが制限をうけることが理解できる。変調波増巾器負荷閉回路ではSを10程度に選ぶのが普通である。

5 使用例

(1) 図3において $Z_p = 3000 \Omega$ を要求された場合の設計

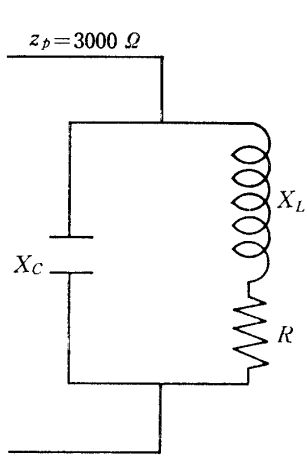


図 3

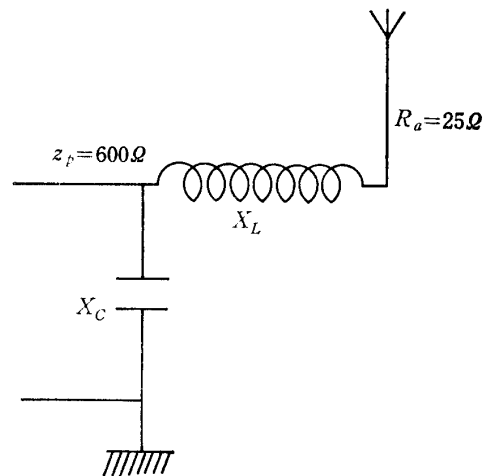


図 4

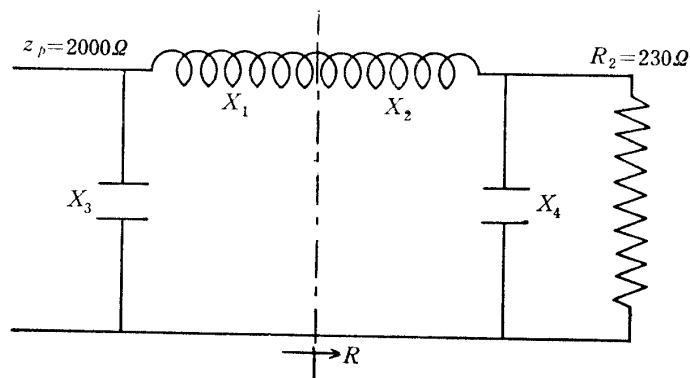


図 5

送信機閉回路の設計図表

$S=10$ に選べば

- 表 1 より $X_C=300\Omega$
- 表 2 より $X_L=295\Omega$
- 表 3 より $R=30\Omega$
- 表 5 より $\alpha=98.1\%$ ($f_m/f_0=0.01KC$)
- 表 6 より $\alpha_2=6.7\%$

(2) 図 4 において $Z_P=600\Omega$, $R_a=25\Omega$ の場合の設計

- 表 3 より $S=4.85$
- 表 1 より $X_C=122\Omega$
- 表 2 より $X_L=118\Omega$
- 表 5 より $\alpha=99.6\%$ ($f_m/f_0=0.01KC$)
- 表 6 より $\alpha_2=14\%$

(3) 図 5 において $Z_P=2000\Omega$, $R_2=230\Omega$ の場合の設計

$S_1=8$ に選べば

- 表 1 より $X_3=248\Omega$
- 表 2 より $X_1=243\Omega$
- 表 3 より $R=31\Omega$
- 表 3 より $S_2=2.45$
- 表 1 より $X_4=93\Omega$
- 表 2 より $X_2=76\Omega$

(4) 図 6 において $Z_P=2000\Omega$, $R_2=500\Omega$ の場合の設計

$S_1=10$ に選べば

- 表 1 より $X_{C1}=200\Omega$
- 表 2 より $X_{L1}=198\Omega$
- 表 3 より $R_1=20\Omega$

$S_2=2$ とすれば

- 表 1 より $X_{C2}=250\Omega$
- 表 2 より $X_{L2}=195\Omega$
- 表 3 より $R_2=100\Omega$
- 表 4 より $X_m=44.5\Omega$

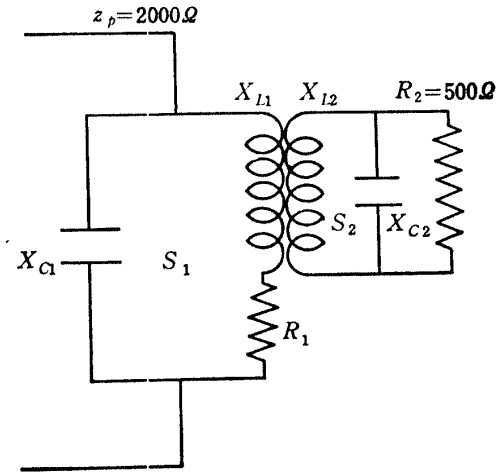


図 6

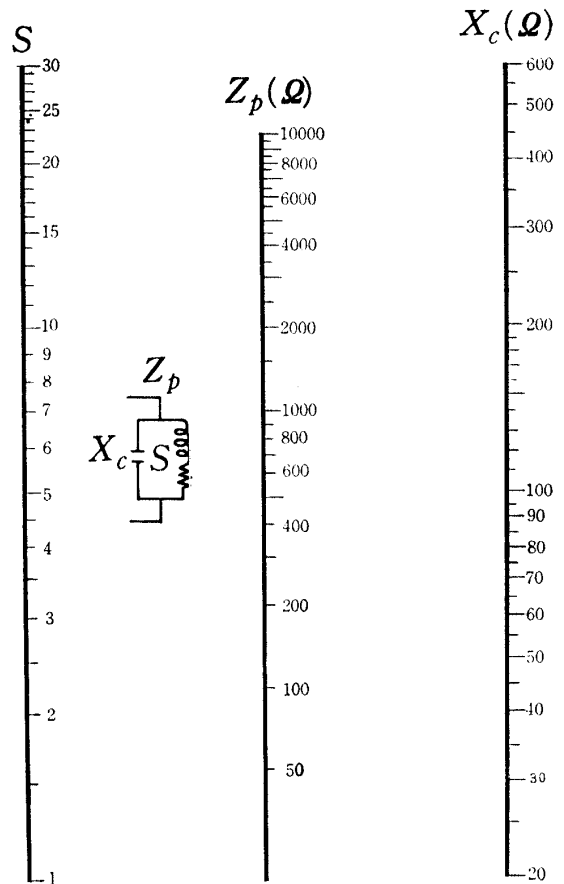


表 1

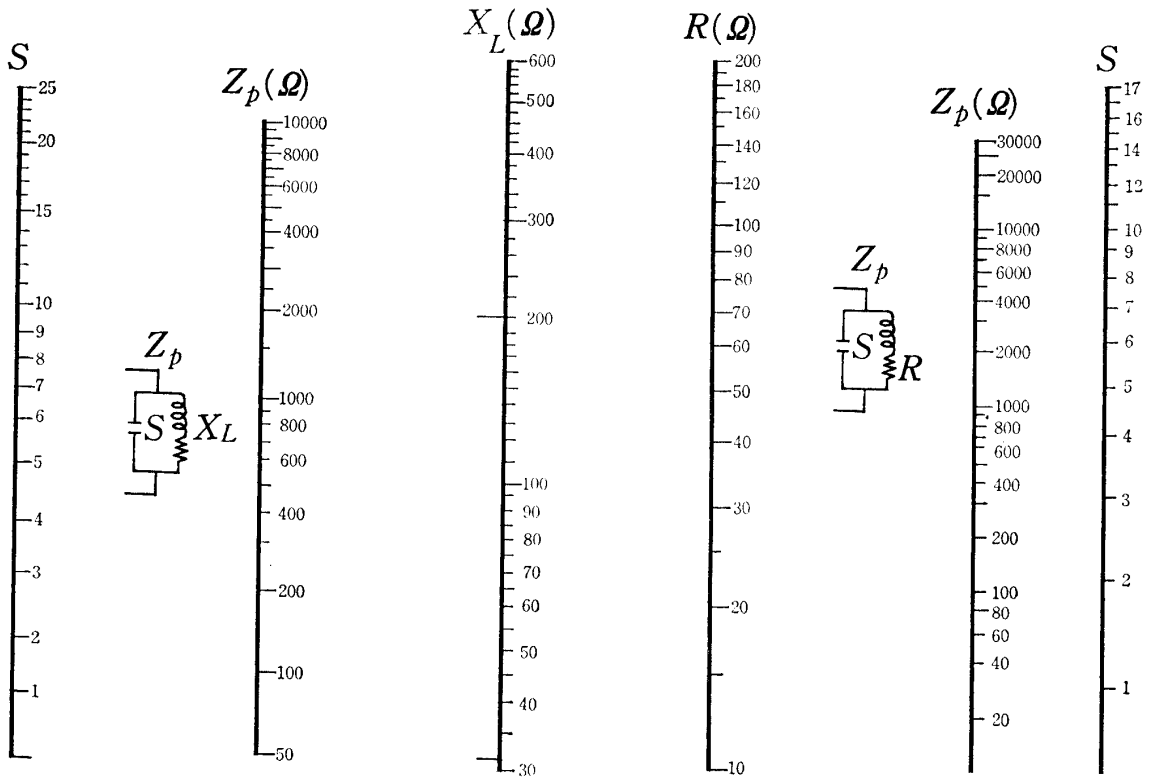


表 2

表 3

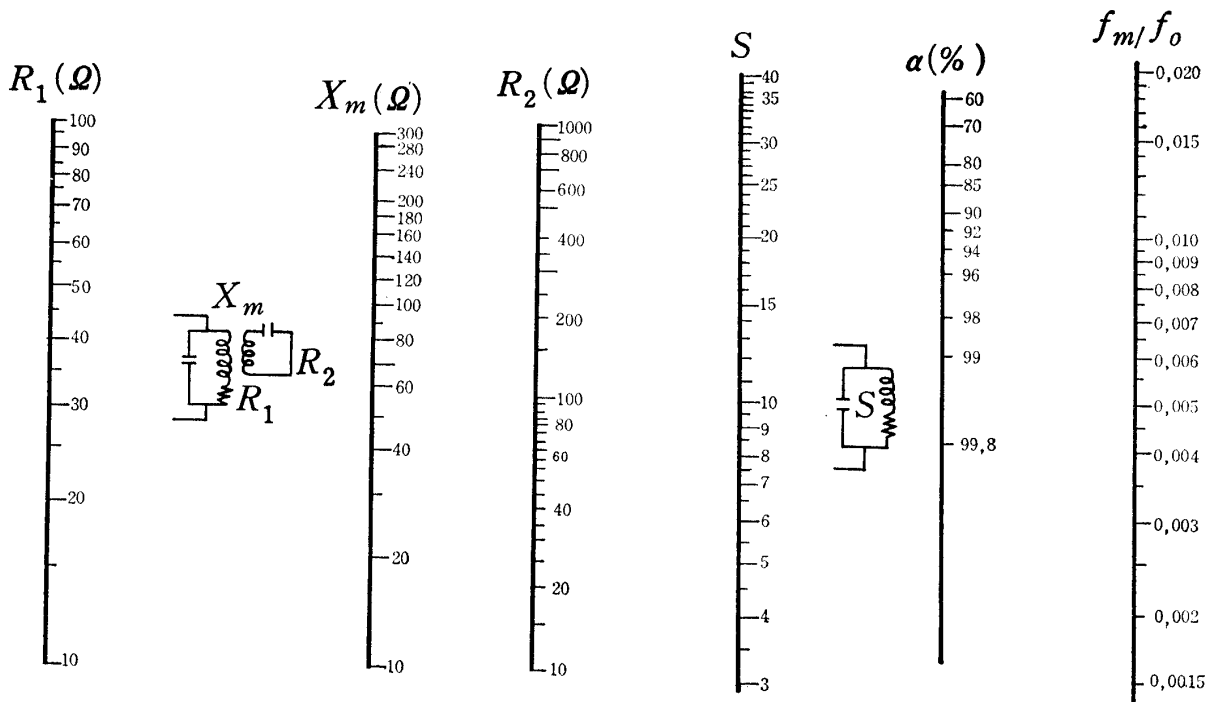


表 4

表 5

6 む す び

使用例からもわかるように図表を用いるときは、閉回路の設計を極めて簡単に行なうことができる。しかしこの図表を余り利用することにより、形式的に走りすぎて理論を忘却するおそれがある。よって正確なる数値を知りたいときは紙上での計算が必要である。

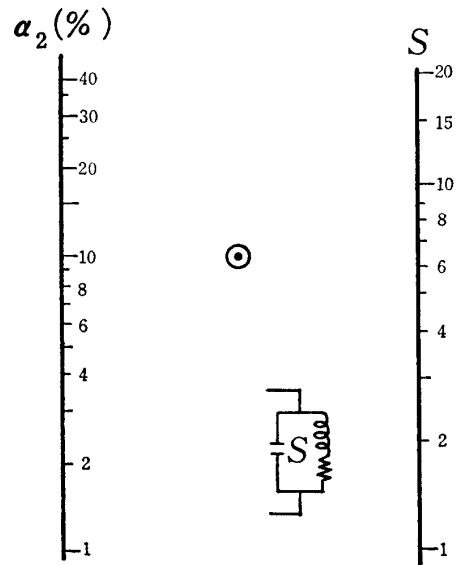


表 6

参 考 文 献

- 1) 波々伯部, 是此田: 放送機閉回路の設計図表, ラジオの日本35, p. 144 (1942.9)
- 2) 島山鶴雄: 放送機, 日本放送出版協会
- 3) 小池雄二郎: 信学誌 (1938.8)

(著者 電気工学科 昭和47年3月16日受理)