

# 初心者にもできる製作の手びき……………

(小電力送信機)

## 6AR5 シングル QRP-TX

### の製作を検討・補足



■ JA1FG 梶井 謙一

相沢さん (JAIGB) の力作「QRP-TX」(小電力送信機) の記事を大へん面白く読ませていただきました。まことにお説のようにこの種の送信機は初心の方の手はじめとして、また経験者の予備機として格好なもので、推奨に値する記事と存じます。

ところで、このような初心者向きの記事を書かれるとき、ここをもう少し詳しく書いて頂きたかったとか、ここはこう考えた方がよいのではないかと思われる点を、この記事の趣旨を生かすために書き添えさしていただきたいと筆をとりました。

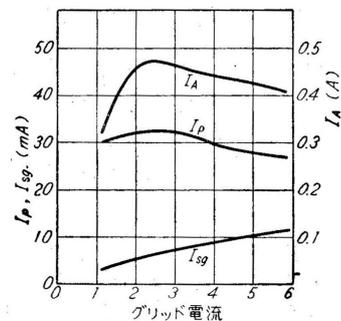
#### (イ) 回路中の電圧分布

回路図に真空管の電極(プレート・SGあるいはカソード)の直流電圧値および要所の直流電流値を書き添えて頂きたかったと存じます。というのは、セットを設計したりまた、出来ぐあいの見当をつけるのに、これらの電圧および電流値が大切なことは送信機も受信機もおなじことで、初心の方の目安として特に付記した方がよくはなかったかというわけです。

それでは、これらの電圧および電流値がどれ位大切なものが考えてみましょう。

#### 1) 送信機終段管 6AR6 の過負荷の検討

受信用真空管を送信に使うときは注意しないと過負荷のため短命に終らす場合があります。特に Sg は外側から見えにくいので知らない間に赤熱してガス放出の原因になり易いのです。



$I_A$  …… 空中線電流 プレート電圧 250V  
 $I_p$  …… プレート電流 SG 抵抗 15K  
 $I_{sg}$  …… SG 電流 グリッド抵抗 20K

7Mc  
 垂直空中線 10m  
 カウンターポイズ使用

第1図 送信機終段としての6AR5のグリッド電流に対する特性

ところで、本送信機の終段管は6AR5であり、そのプレート供給電圧は280Vであることが本文に書いてあります。送信機のプレートのソケット端子にテスターのリード・ワイヤを触れると動作を乱すので、プレート供給電圧をプレート直流電圧と見なすのが常道なので、ここでも280Vをプレート電圧といたしましょう。

『マツダ真空管ハンドブック』の6AR5の項を見ますと、プレート電圧最大250V、プレート損失最大8.5Wとあります。この最大とはこれ以上の使い方をすると真空管のためによくはないという意味です。

しかし、プレート電圧の方は少々無理がきくので本文の280Vで差支ないとし(これ以上は無理でしょう)、プレート損失の方を規定以下に押さえることにしましょう。この程度のプレート電圧では6AR5は第1図のように30mA位のプレート電流ではたらかせるのが能率よくそのときの能率を60%と仮定し、無理はないので、プレート損失は入力40%と見ることができます。すなわち

$$\begin{aligned} \text{プレート損失} &= 280 \times 30 \times 0.4 \text{mW (ミリワット)} \\ &= 3.36 \text{W} \end{aligned}$$

であって、規定の最大損失 8.5W よりはるかに少なく、安全に使うことができます。

このときのプレート出力は入力 の 60% なので

$$\begin{aligned}\text{プレート出力} &= 280 \times 30 \times 0.6\text{mW} \\ &= 5.04\text{W}\end{aligned}$$

実際の出力はこれからタンク回路やアンテナ絶縁物による損失が差引かれるので、相沢さんが空中線電力を 4W とされたのはこの辺から見当をつけられた値で、適当なことがよく判ります。と同時にプレート電流を付記しておく大切さも判っていただけるでしょう。

ところで過負荷に特に弱い SG の方はどうでしょうか。回路図によりますと SG には 280V の供給電圧から 10kΩ の抵抗で電圧を降下して電流を供給しています。V<sub>sg</sub> を SG 電圧、I<sub>sg</sub> を SG 電流としますと

$$V_{sg} = 280 - I_{sg} \times 10000$$

SG 損失 W<sub>sg</sub> は V<sub>sg</sub> と I<sub>sg</sub> との乗積なので

$$\begin{aligned}W_{sg} &= V_{sg} \times I_{sg} \\ &= (280 - I_{sg} \times 10000) \times I_{sg}\end{aligned}$$

そこで I<sub>sg</sub> を 0 から 20mA まで変えて検討しますと W<sub>sg</sub> は第 1 表のごとく、I<sub>sg</sub> が 14mA のときに最高の 1.96W となります。これは規定の最大値 3.5W より小さいので、SG 電流の如何にかかわらず、SG 損失は安全な値であることが判明しましたので、相沢さんの設計は OK ということとなります。

第 1 表 6AR5 のグリッド損失

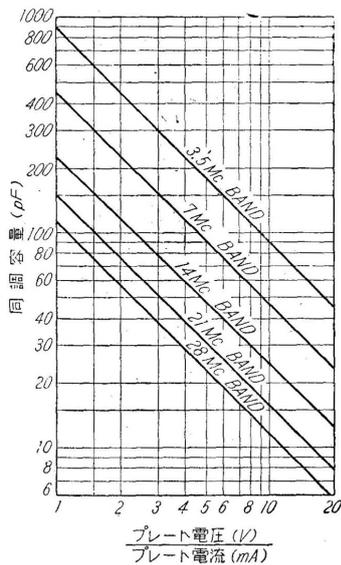
SG 電流 (I <sub>sg</sub> )	SG 電圧 (V <sub>sg</sub> )	SG 損失 (W <sub>sg</sub> )	備 考
mA	V		
0	280	0	
2	260	0.52	
4	240	0.96	
6	220	1.32	
8	200	1.60	
10	180	1.80	
12	160	1.92	
14	140	1.96	最大損失
16	120	1.92	
18	100	1.60	
20			

なお SG 損失が最大になる SG 電圧はいつも供給電圧 (ここでは 280V) の半分の 140V であることを覚えておきましょう。また SG 損失の許容値が大きい点で 6AR5 は特に有利な真空管であります。

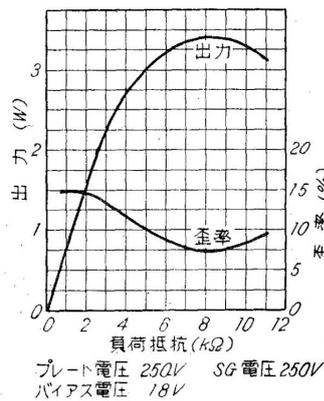
## 2) プレート・タンク設計の検討

相沢さんはプレート・タンクの同調容量は使用周波数とプレート電圧・電流の比から定まり、それをチャート (図表) から求めることができ、それが正しい設計であると申されておられます。これは事実です。そしてよい加減に捲いたコイルやそれにあわせて同調した容量では良い送信機はできません。

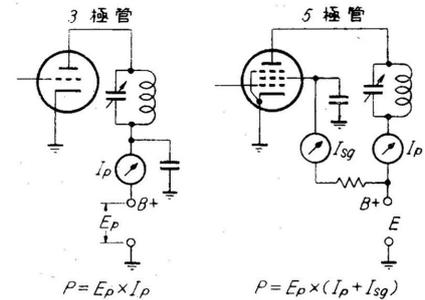
しかし、「本機の場合は 50pF です」とあるだけでは、折角のご趣旨が通らないうらみがあるので、ちょっと補筆させていただきます。



第2図 タンク・コイルの同調容量を計算する図表



第3図 出力管としての6AR5の特性



第4図 終段管に要する直流電力

相沢さんのいわれるチャートとは第2図のようなもので、ARRLのハンドブックから借りたものを掲げておきました。終段管6AR5のプレート電流を30mAとすると

$$\frac{\text{プレート電圧 (V)}}{\text{プレート電流 (mA)}} = \frac{280}{30} \approx 9$$

チャートの水平軸9の点に垂直に線を引き、7Mcの線に交わらして、この点から水平に線を引くと相沢さんの指定される50pFになります。この要領で他のバンドにおける同調容量もすぐ判定できることがよくお判りでしょう。

なお、このチャートから求めた同調容量には終段管の出力容量も含まれておりますので、バリコンの容量としては求めた容量から出力容量を差し引いた値となります。出力容量とはプレートと他の電極との間の容量のことで6AR5では約6pFです。

コイルのインダクタンス算出法として簡単な公式をあげると

$$L = \frac{25330}{f^2 \times c} \quad (1)$$

ただし  $L$ …インダクタンス  $\mu\text{H}$

$f$ …使用周波数 Mc

$c$ …同調容量 pF

ここで

$$L = \frac{25330}{7^2 \times 50} = \frac{25330}{49 \times 50} = \frac{25330}{2450} = 10.3$$

となって、相沢さんのいわれる約10 $\mu\text{H}$ になります。

$L$ を算出した上記の公式は下記のように転用でき便利です。よく覚えておいて下さい。

$$f^2 = \frac{25330}{L \times c} \quad (2)$$

$$c = \frac{25330}{f^2 \times L} \quad (3)$$

無線のことにくわしいような顔をしていて(矢札)この公式を知らたい人が案外多いのにはおどろかされます。

### 3) 変調器の検討

変調器は設計の原則を個条書にして進めることにいたしましょう。

- A) 変調管は歪が小さくて出力がよく出る使い方をします。変調管が 6AR5 なので、『マツダ真空管ハンドブック』のその項を見ますと第 3 図のような特性が出ています。これによると負荷抵抗が 6 ないし 10kΩ であれば歪が少なく、出力が大きいたことがよくわかります。
- B) 変調器の出力は変調管の出力から変調チョーク・コイルあるいは変調トランス (のような結合器) の損失を差引いたものであります。この損失は 10 ないし 15% であります。6AR5 の出力はプレートおよび SG 電圧 250V、バイアス 18V のとき 3.4W であります。このときの供給電圧は  $250 + 18 = 268V$  で、本送信機の場合はこれが 280V なので下記のような電圧配分および出力となります。

プレート電圧	261V	
SG 電圧	261V	(出力 3.7W)
バイアス電圧	19V	
261 + 19 = 280V		

チョーク・コイルの損失を 10% とすると、変調器出力は約 3.4W になります。

- C) 変調に要するオーディオ電力は第 2 表のようになります。

第 2 表

変調度	変調に要する電力	算出方法
100%	$0.500P$	$(\text{変調度})^2 \times \frac{1}{2} \times P$
90%	$0.405P$	
80%	$0.320P$	
70%	$0.245P$	
60%	$0.180P$	

ただし、 $P$ ... 終段管に要する直流電力 (第 4 図参照のこと)

本例では

プレート電圧... 280V

プレート電流... 30mA

SG 電流... 6mA (仮定)

終段管に要する直流電力...  $280 \times (30 + 6) = 10.08W$

変調管をフルにはたかせたときの変調度...  $\sqrt{\frac{3.4}{10.08 \times \frac{1}{2}}} = \sqrt{0.607} = 0.78 = 78\%$

終段管の入力 10.08W のときは約 5W のオーディオ電力があれば 100% 変調ができるのですが、3.4W でも 80% 近くの変調ができます。

ハイシング変調法では 100% 変調ができないことは相沢さんがいわれる通りで、この例の 80% は深い方といえるでしょう。

- D) 終段管が示す等価オーディオ抵抗  $R$  は

$$\text{三極管の場合} \quad R = \frac{E}{I_p}$$

$$\text{五極管の場合} \quad R = \frac{E}{I_p + I_{sg}}$$

(ともに第 4 図参照のこと)

本例では

$$R = \frac{280}{30 + 6} = 7.8k\Omega$$

で、(A) の最適抵抗の範囲に入っており、上記の計算で差支ないことが判ります。

しかし変調管から見ると、変調チョークが並列に入るので、オーディオ周波数が低いと抵抗負荷でなく誘導負荷となるので、チョーク・コイルのインダクタンスをある程度以上に保って歪の発生を防ぎます。

E) 変調チョーク・コイルあるいは変調トランスのインダクタンス  $L$  は下記以上にとること。

$$L = \frac{R}{2\pi \times f}$$

ただし  $L$ …… インダクタンス, H  
 $R$ …… 負荷抵抗, (D) 項参照のこと  
 $f$ …… オーディオ周波数の下限  
 $\pi$ …… 円周率, 3.1416

本例では  $R = 7.8k\Omega$  なので、300 サイクル以上のオーディオ周波数に使うとすると、

$$L = \frac{7800}{2 \times 3.1416 \times 300} = \frac{7800}{1885} = 4.1\text{H}$$

となって、相沢さんのいわれるインダクタンス 3~5 ヘンリーが適当ということになります。

F) 変調管が十分にはたらく程度の増幅度を備えること。

本例では変調管のグリッド・バイアスは 19V なので、マイクの出力電圧をピーク値で 19V まで増幅してやらねばなりません。

クリスタル・マイクの出力電力は約 30cm の距離で中声で話して約 0.01V なので、所要増幅度  $A$  は

$$A = \frac{19}{0.01 \times \sqrt{2}} = 1340 \text{ 倍}$$

これを 2 段で増幅するとすれば 1 段当り  $\sqrt{1340} = 36$  倍で、これは相沢さんの設計 12AU7(各段約 12 倍) では少し不足なようです。ここは

- a) 6AU6-6C4( $\frac{1}{2}$ 12AU7) ( $150 \times 12 = 1800$  倍)
- b)  $\frac{1}{2}$ 12AX7- $\frac{1}{2}$ 12AX7( $60 \times 60 = 3600$  倍)

とし、ボリュームを適当に絞って使うのがよいでしょう。

G) 6AR5 のバイアス抵抗供給電圧が 268V(B 項参照) のときバイアス電圧が 18V、プレート電流 33mA、SG 電流 10mA(ともに入力最大時) ですから、バイアス用抵抗は

$$\frac{268}{33 + 10} \approx 400\Omega$$

であり、本例のごとく供給電圧が 280V でも大差ないので、原設計 420 $\Omega$  で差支えないでしょう。

H) 変調チョーク・コイルの電流容量

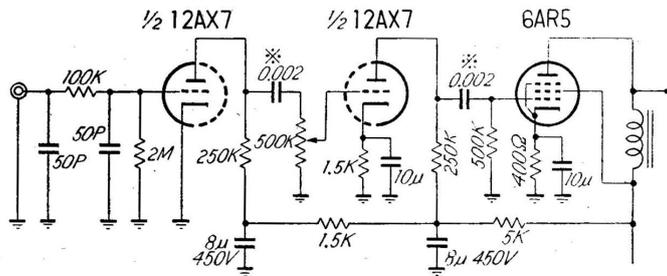
送信機終段管として	$36+6=36\text{mA}$	(C 項参照)
変調管として	$33+10=43\text{mA}$	(F 項参照)
	$79\text{mA}$	

したがって変調チョーク・コイルとしては直流 80mA を安全に流し、しかも所定のインダクタンスをそなえているものが入用です。

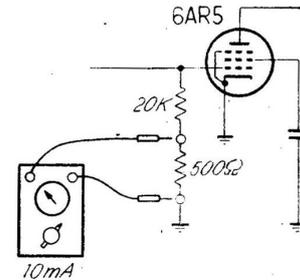
以上 (イ) 項では

1. 送信機終段管の過負荷
2. プレート・タンク的设计
3. 変調器

の 3 項にわたり、電圧電流値が設計全般に影響があることを明かにしました。これからは回路図に電圧電流値を記入するようにいたしましょう。



第5図 12AX7を使った変調器



第6図 送信機終段管のグリッド電流を計る方法

## (ロ) 回路の設計

1) 6AR5は $C_{gp}$ (グリッド・プレート容量)の大きい真空管なので、本例のようにグリッド・SGとで水晶発振をおこない、プレートを同調する方式では、水晶周波数とプレート同調周波数とが同じであると、えてして不安定な動作をしやすいのです。

本例では送信周波数(7Mc)の1/2に水晶周波数(3.5Mc)がえらんでありますから、よく注意して下さい。

なお電圧降下用抵抗15kΩはRF用の要はなさそうです。

2) 送信機の前段は終段のグリッド電流が最大になるように同調し、しかもそのときのグリッド電流が適正值であるように前段の出力を(たとえば電圧降下用抵抗を加減して)調整するのが原則であり、またこの調整法が初心者への勉強になります。

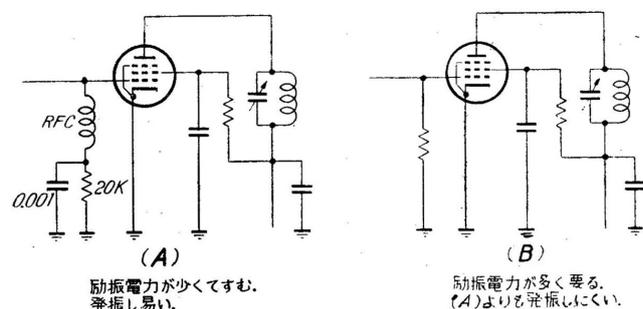
ここを今少しく詳しく説明してほしかったこと、および終段6AR5のグリッド電流を測る手段をつけてほしかったことを申し添えておきます。

なお私が測定したところ、本例のごとく、グリッド抵抗が20kΩの場合、グリッド電流の適正值は2~3mAで、これ以上流すとかえって出力が減少しました(プレート電圧250V、SG抵抗15kΩの場合)。

3) 前述のごとく6AR5は $C_{gp}$ が大きいので、本例のごとく終段をストレート・アンプに使うと自己発振をおこし易いようです。

自己発振の検出法は記述のとおりで結構ですが、自己発振をおこし易いのはグリッド抵抗に直列にRFCを入れた(この方が本式)回路であって、第??図のごとくRFCを使っていない回路の方はそれよりも安全です。ただしRFCを使った回路の方が励振電力が少なく、RFCを使わない方は励振電力が多く入要です。理由は本当の励振電力以外にグリッド抵抗20kΩが消費する高周波電力を余分に供給する要があるためです。

本当は6AR5は中和して使うべきで、中和は面倒なものではありません。これはまた別の機会にゆずりましょう。



第7図 送信機終段管の発信

## (ハ) セットの作り方

よくまとめて作ってあります。感心いたしました。そのかわり初心のお方にはこの真似はちょっと困難で、相沢さんのお説のとおり今少しゆっくり作った方がやさしいでしょう。

ちょっと気になるのはバリコンのシャフトで、これは絶縁物の柄がついていますが、横からノック(留めピン)が打ってあるはずで、うっかり握ると電撃を受けそうに思われますが、いかがでしょうか?

なお、シャーシは部品をとりつける前に速乾ニスでも塗っておくと、ホコリがついても汚くなりません、

---

またキャビネットへ入れるようにしておきたいものです。

## あ と が き

批評をたのまれ書いているうちに重大な事故にであい、十分に意をつくすことができませんでした。そのため折角の力作の良い点をつくすことができず、かえって失礼しましたが、初心者用にと作られた相沢さんのお手伝いをしたつもりであることをお汲みとり下さい。

(『無線と実験』1958年1月号)