

スーパーのコンバーターには何がよいか

たれしも新しく受信機を組もうとするときは、何かすばらしく能率のよい、そして特殊な部品や特別な技術のいらない、しかも同好の士の目を見はせせるに足りる新鮮味のある回路を、たいていは血眼になって探すものである。受信機のできばえは、球数とか構成が同じなら、回路ではほとんど差はないといってよいのに、これもやはり人情であろうか。

経済の方では悪貨は良貨を駆逐するというが、無線では貨幣に縁がないためか（無銭に通じるから）、良い方式あるいは良い部品は次第に悪い方式とか悪い部品を駆逐するものである。それ故、現在広く使われている方式とか部品は、ちょうど戦場で生き残った勝利者と同じに、輝やかしい経歴を持っているわけであるから、それを注意して使えば、特にきょろすかしなくとも、けっこうよいものができるはずである。しかし、ここで注意しなければならないことは、その経歴を知って、使い場所を誤らないことである。適材適所でないと、いくら良貨でも悪貨に劣るかも知れない。

たとえば、同じコンバーター（周波数変換器）にしても、家庭用のラジオと通信用の無線機とでは立場が違うから、通信用の受信機に賞用される方式だからといって家庭用のラジオにも最適とはならない場合があるかも知れない。早い話が、次の3種のコンバーターでどれが一番良いかという問題が提出されたとしよう。

0.1V の入力信号に対し各コンバーターの中間周波出力電圧は、(A)では 10V、(B)(C)では 1V あるという。そして、入力を取り去ると(A)では 3V、(B)では 0.3V、(C)では 0.1V の雑音電圧（実際にくらべると利得にくらべて桁違いに大きいが、そこは話の都合で勘弁して下さい）が出力側に現れるとすれば、家庭用のラジオを作りたいものは(A)を探るだろうし、通信用の受信機を作りたいものは(C)をとるだろう。(B)は利得の点では(C)と同一で、(A)にくらべれば $1/10$ しかなく、しかも信号電圧対雑音電圧の比は(A)と同じだから、一番とりえがないわけである。

これでおわかりのように、コンバーターの方式とか使用球を選ぶ場合には、二つの異った立場が考えられる。すなわち、一つは利得におもきをおき、S/N 比は二の次ぎ、他は利得よりも S/N 比に着目するというわけである。まだそのほかに、組立・調整の難易とか価格などの問題も考えられなければならないが、これらはいまのところ常識判断という部類に入れておいてもらおう。

第1表は各種コンバーター管の変換利得と雑音発生量の概要を示す一覧表である。これをみると現在の市販ラジオがなぜ 6SA7 系（6WC5 は 6SA7 相当管だから）一点ばかりであるかという理由がよくわかると思う。ところで、一部

の臍曲りどもは，“ラジオ・メーカーは黙っているが，その気持ちはよくわかる。しかし，通信機メーカーがなぜ三極管ミクサーを使わないので?”と反抗してくるだろう。

ほんとうに，テレビの受像機が申し合せたように12AT7系を使い，通信型の全波が揃って6SA7系を採用しているのは，単なる右へならえばかりではなく，相当の根拠がありそうだ。テレビの方は問題外だからしばらくおき，6SA7系が通信機に使われる理由を考えてみよう。

この場合，6SA7系で問題になるのは雑音発生量が他にくらべて多いということである。だから，雑音が多く出ても差しつかえないということがわかれれば支障はないわけである。ここで忘れてならないことは，受信機には必ずアンテナをつけて使うということ，アンテナは外来の雑音を拾うばかりでなく，自身でも雑音電圧を発生する（熱擾乱電圧）ということ，必ず1~2段のRF増幅器がついているということの3点である。コンバーターのシグナル・グリッドには，出力側に現れた雑音電圧を利得で割った入力側に換算した雑音入力が，いつも存在していると考えることができるが，同時に，実際の使用状態では，RF増幅器で増幅されたアンテナやアンテナ同調回路で発生する雑音電圧も加わっているわけである。

RF増幅器が有效地に働き利得が相當に大きくなる短波帯では，後者の，取り去ることのできない必然的に存する雑音の方を，前者の，コンバーター管自身の

真空管	利 得		雑 音		局 発	
	変換コンダクタンス	変換利得	雑音抵抗	雑音発生量	発振部コンダクタンス	局発安定度
1R5	250 μ O	25 倍	190,000 Ω	5.5 μ V	(1) 800 μ O (2) 1200	可
6A8	550	55	250,000	6.3	1000	不可
6K8	350	35	290,000	6.8	3000	可
6SA7	450	45	250,000	6.3	4500	良
6L7	375	38	255,000	6.4	他 励	引込現象 少ない
6SJ7	410	* 41	13,000	1.45	〃	〃
6SAC7	2250	*225	2,750	0.67	〃	〃
6AK5	1250	*125	6,800	1.05	〃	〃
6SN7	620	* 4.9	6,500	1.02	他 励	引込現象 多い
955	560	* 4.5	7,100	1.07	〃	〃
6J6	1484	*11.8	2,700	0.66	〃	〃
12AT7	1540	*12.2	2,600	0.65	〃	〃

* 実際にはもっと小さい G_m で働かせるようになるし，局発の注入電圧など理想的にならないので，利得は遙かに下回る

第1表 各種変換管の比較

雑音よりも遙かに大きくすることは楽である——と、いうよりも、最初からそうなるように、受信機を設計してしまう。それにスーパーでは1~2段のRF増幅器は、イメージ比をよくするため、どうしてもつけなければならない。となると、低雑音のコンバーター管を使っても、得られる利益は零、何を好んで厄介な——と、いうわけであろう。

だからこそ、高性能の指向性アンテナが簡単に利用できて外来雑音の影響を軽減でき、しかもRF増幅をつけることが困難だったり、あるいはつけても利得を大きくとれないVHF-UHF帯では、三極管ミクサーが使われるのだと理窟をつけたらいいすぎかな? 実際は、IFTのインピーダンスが低いため、三極管でも利得に大差がないためらしいが。私は、コンバーターはこの回路でなければ駄目とか、この球でなければ使いものにならないなんていいたくはない。どんな人にも欠点がある代りに必ずとりえがあるはずだから、要はいかにして最高能率を発揮させるかである。

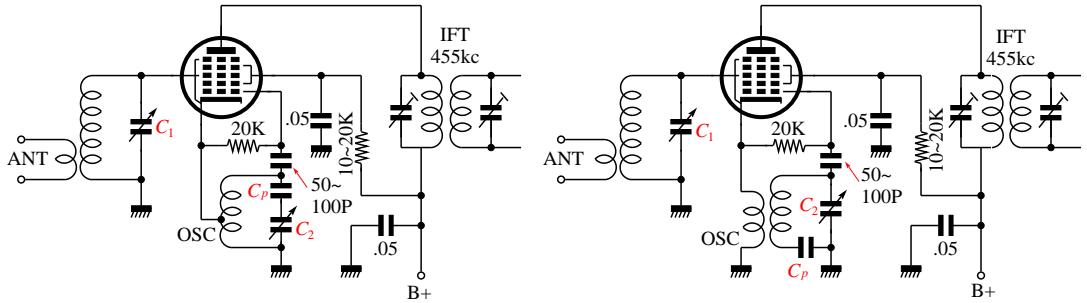
ものの本をひもどくと、コンバーターには、二つの種類があると記されている。(1)は入力・局発を同一電極に加えるもの、(2)は入力・局発を別の電極に加えるものである。(1)には、三極管とか五極管のコントロール・グリッド・インジェクションあるいはカソード・インジェクションとがあり、(2)には五極管のスクリーン・インジェクションまたはサップレッサー・インジェクションとか、5グリッド・コンバーター管がある。

ここで注意を喚起したいのは、同じ五極管をミクサーに使った場合、(1)と(2)では根本的に原理が違うことである。それ故、(1)と(2)では調整に当っての考え方も、また違わなければならない。すなわち、同じミクサーとしての動作点にしても、(1)では特性曲線の下部彎曲部で最も曲率の大きいところ——プレート検波(二乗検波)の最良点に選ばなければならないのに対し、(2)では特性曲線の直線部で相互コンダクタンスの大きいところ——増幅管としての最良点を選んだ方が、得られる変換コンダクタンスは大きい。

それから、コンバーター管を選ぶ場合、セルフのときは発振部の相互コンダクタンスが大きい球を使うことが肝要である。放送波帯だけのスーパーではそう切実に感じないかも知れないが、短波帯では直接に安定度を左右するから、特に気を配ることが大切である。では、最後に私の好きなコンバーター回路を掲げて駄文を終ろう。

6SA7系・自励（第1図）

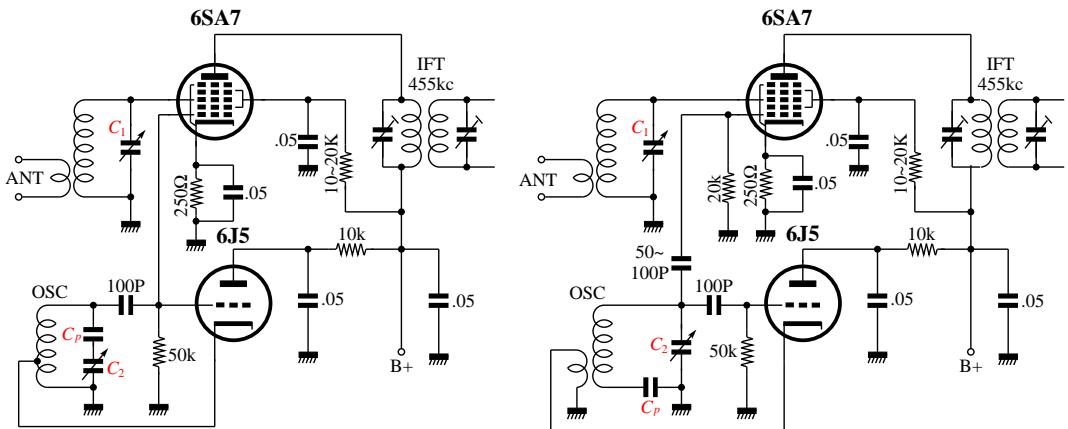
なるべく少い巻数のカソード・コイルで使うことが急所。したがってタップ



第1図 6SA7系自励回路

式よりカソード・コイルをグリッド・コイルの中央に結合させる式の方がよいが、タップ式の方が製作がたやすいため、市販品はほとんどタップ式で占められている。局発の強さは弱すぎるくらいの感じに保った方が無難である。局発の周波数安定度は次の他励にくらべると劣るので、通信用にはあまり使われない。

最少の球数で最大の利得というラジオ用である。



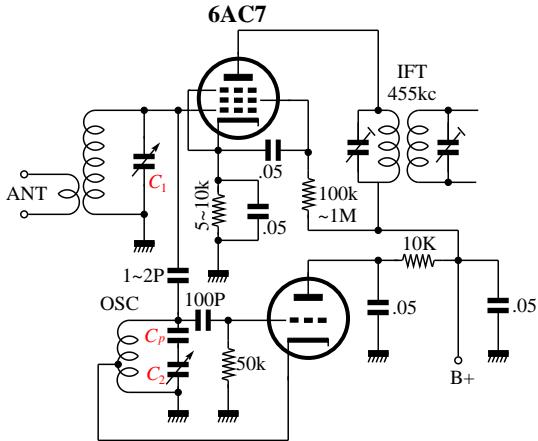
第2図 6SA7系他励回路

6AS7系・他励（第2図）

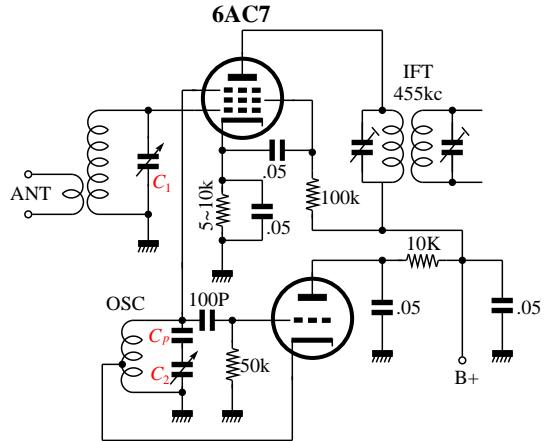
セルフより若干利得は高く安定である。 $G_{2,4}$ 電圧により最高変換利得を与える局発の強さは異なる。ラジオ用としてはRCAのチューブ・ハンドブックに記載された使い方でよいが、通信用のように低雑音を目指すときは、 $G_{2,4}$ 電圧をなるべく低く（電圧降下用直列抵抗 = 100kΩ程度）保つ方がよい。その場合高利得を与える局発の注入電圧もまた小さくなるから、そのつもりで調整しないといけない。

五極管のグリッド注入（第3図）

この回路のコツは、ミクサー管の動作点をプレート検波としての最良点に選び、最適の注入電圧を局発より与えればよいのであるが、実際の調整に当って



第3図 五極管ミクサーのグリッド注入

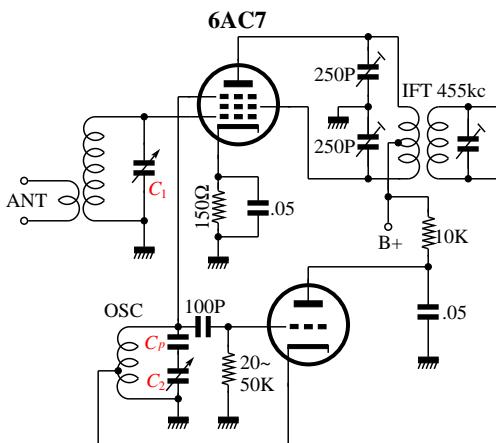


第4図 五極管ミクサーのサプレッサー注入

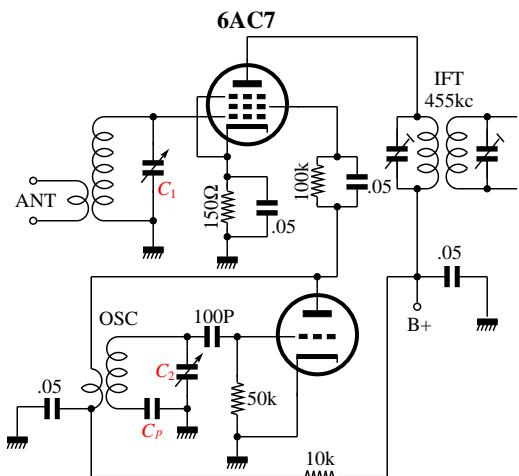
は局発の強さをいじるより、カソード抵抗を $5\text{k}\Omega \sim 10\text{k}\Omega$ 、スクリーン抵抗を $100\text{k}\Omega \sim 1\text{M}\Omega$ （高い方が雑音は少い）の間で変えて最良の状態を求めた方が早い。カソード抵抗が $5\text{k}\Omega$ 以下で良いところがある場合は、局発からの注入電圧が低すぎると考えてよい。

五極管のサップレッサー注入(A) (第4図)

局発電圧が十分得られる短波帯では、五極管を使ったコンバーターとして、調整が簡単で利得も大きいため、私はしばしば採用して良い結果を得ている。サップレッサーは直流的にはアースと同電位で、局発の発振電圧だけ $(+)(-)$ に振れるわけであるが、発振コイルの両端の発振電圧が 30V 以上ないと感度がわるい。



第5図 五極管ミクサーのグリッド注入



第6図 五極管ミクサーのスクリーン注入

したがって発振管の $50\text{k}\Omega$ のグリッド・リークのアース側で 1mA のグリッド電流が得られる程度に局発を調整すれば OK である。入力回路と局発回路の間にスクリーンがあるので引っ張りのような不快な現象はない。

五極管のサップレッサー注入(B) (第5図)

エレクトロニックス誌の1941年1月号にアメリカのVernon H. Aske 氏が発表した新回路で、プレートとスクリーンが出力側でプッシュプルになっているところに特長があり、従来の方式にくらべ変換コンダクタンスが2倍になるので、変換利得もまた2倍得られるという。しかも、雑音は通常より減少する。

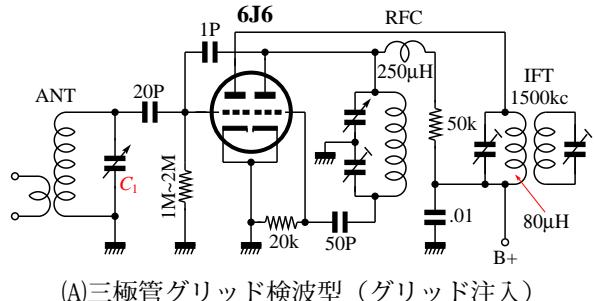
なぜ減少するかというと、理想的な五極管ではプレート電流とスクリーン電流とが等しければ、プレート側とスクリーン側の雑音は大きさ・位相ともに同一となるので、完全に対称な出力トランスを使えば、打ち消すことができるわけだからである。

五極管のスクリーン注入 (第6図)

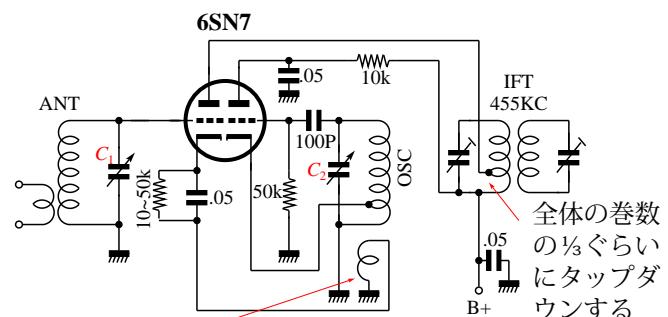
昔、アメリカのナショナルが好んで使った回路で、サップレッサー注入より局発電圧は小さくてよい。注入電極がグリッドとサップレッサーの間にあるように使った感じでも、特長・欠点とも両注入法の中間にあるようである。

三極管ミクサー (第7図)

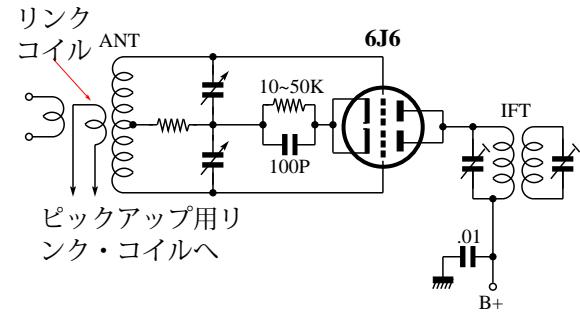
三極管によるコンバーターはテレビの受像機用としていま一番の売れっ子で



(A)三極管グリッド検波型 (グリッド注入)



(B)三極管プレート検波型 (カソード注入)



(C)三極管平衡型ミクサー

第7図 三極管ミキサー

ある。三極管ミクサーの特長は雑音発生が少いこと、欠点は変換利得が低いことである。三極管コンバーターと五極管コンバーターとの優劣については、しばしば尋ねられるところであるが、結論的にいって私は 100～200Mc に両者の分水嶺があるよう思う。

すなわち、分水嶺より高い周波数では三極管、低い周波数では五極管が有利と思う。もっとも、最近の新らしいテレビジョン受像機のように、中間周波数として 40Mc 台を使う場合などは、コンバーターのプレート負荷インピーダンスを高めることがむずかしいが、そのようなときには三極管コンバーターの方が絶対に有利である。

(B)のカソード注入の場合、カソードは発振コイルに結合した小さいリンク・コイルを通じてアースされるが、この導線は極力短くしないと、再生作用のため不安定に陥ることがある。(C)は平衡型と呼ばれ、アースに対し対称であり、プレート回路に入力信号も発振電圧も現われない。そのため S/N 比がよく、動作は安定である。

追記: 第 1 表をみると、いかにも五極管ミクサーはよいところがある。さもあらん——6U8 の出現と相成った次第である。

6U8 の規格

$E_f = 6.3V, I_f = 0.45A,$
 [三極管部] $E_p = 150V, I_p = 18mA, R_k = 56\Omega, r_p = 5k\Omega, \mu = 40,$
 $g_m = 8600\mu\text{A}$
 [五極管部] $E_P = 250V, I_p = 10mA, E_{sg} = 110V, I_{sg} = 3.5mA, R_k = 68\Omega,$
 $r_p = 400k\Omega, g_m = 5200\mu\text{A}$

(斎藤 健)

この PDF は、
 『無線と実験』1953 年 3 月号
 をもとに作成した。

ラジオ関係の古典的な書籍及び雑誌のいくつかを
ラジオ温故知新

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/index.html>
 に、

ラジオの回路図を
ラジオ回路図博物館

<http://fomalhaut.web.infoseek.co.jp/radio/radio-circuit.html>
 に収録してある。参考にしてほしい。