

送信機昔ばなし

私たちハムにとって、送信機はなくてはならないものです。そして、送信機についての議論も盛んです。

ところで、私たちが現在恩恵に浴している無線送信機の技術は、先人の努力によるものです。そこで、この先人の努力のあとをたどってみるのも、有意義なことといえるでしょう。技術が進歩した現在、昔の技術がそのまま役に立つことは少ないでしょうが、現在私たちに不足している物事を考えるということ、またその方法を、この一文は私たちに教えてくれることでしょう。Ed

国産第1号機

国産放送機の第1号は東京の愛宕山で使用された安中製1kWのもので、大正15年に作られたと記憶しています。これは、UV204というタングステン・フィラメントの出力250Wという真空管を変調用に6本、自励発振の被変調管に6本、音声増幅に1本の計13本使用しており、真空管の損失のみで5kW近くあったので、放送機は電熱器のように熱くなり、扇風機で冷していました。これを当時の雑誌『無線と実験』の主幹であった苔米地貢氏が真空の中にある真赤にやけているプレート^{ガラス}を扇風機で冷すのはナンセンスだと雑誌にかいたので、東京放送局の技術部次席の土岐重助技師との間に公開論争になりました。この頃までは硝子管でも強制通風すると出力が大きくなるということが知られていませんでした。

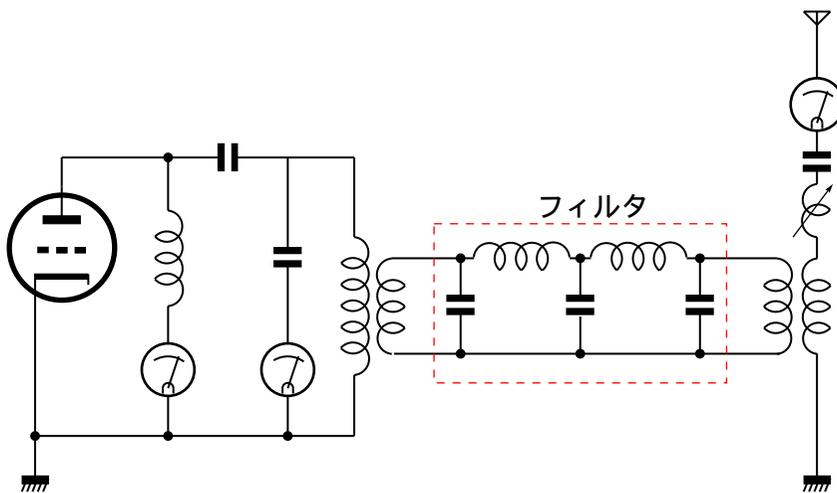
無線送信機的设计理論は昭和の始めでも発表されていましたが、実用的でなく、それで博士になった人が調整しても送信機はうまく動作しませんでした。送信機の調整は根気よくカット・アンド・トライで、幾日も徹夜して行なったもので、学校を出た人よりも、当時^{ガラス}の中等学校(今の高校相当)を出た人で勤がよく根性がある人が活躍したものでした。

東芝第1号機

私は昭和3年熊本の10キ口、昭和6年小倉の1キ口の放送機を担当しました。小倉の1キ口は東芝で作った第1号放送機で、アメリカのRCAで作っていた1B型とほとんど同じで当時としては世界の水準にありましたが、不備なところがたくさんありました。熊本の放送所の逓信省(今の電波監理局)の検査は空中線電力を測るだけ、小倉では空中線電力を測定すると同時にプレート電圧を少し

ずつあげていき，プレート電流がスムーズに増加するかどうかをみて，安定度を判断するだけでした。ブラウン管はできていましたが，ガス入りであったので高い周波数では十分動作しませんでした。特性を測る測定器がなく，あっても高価でしたので，ヘテロダイン周波数計，真空管電圧計，ピーク電圧計，低周波発振器，変調度計，電界強度測定器，インピーダンス・ブリッジ，低周波周波数計などを手製で作って測定しました。昭和7年にはカソード・レイ・チューブ(CRT)が国産化されたので，オシロスコープを作り変調度の測定を行ないました。

東芝より技師がきて一応調整して開局しましたが，電力増幅器のプレート回路の同調をとりプレート電流最小としてタンク回路の電流を最大にしたとき，空中線電流は最大となりません。また，空中線回路を調整して空中線電流を最大にした状態ではプレートのタンクを調整するとプレート電流最小となりません。数10回も徹夜して調整しましたが，納得する状態を得られませんでした。

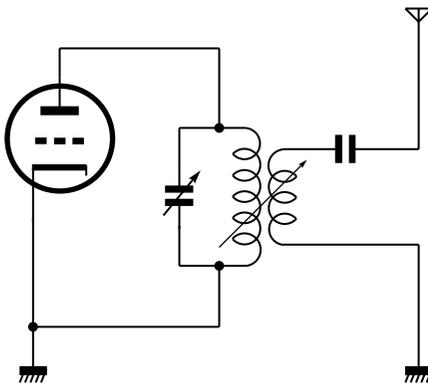


第1図 トラブルの原因となったフィルタ

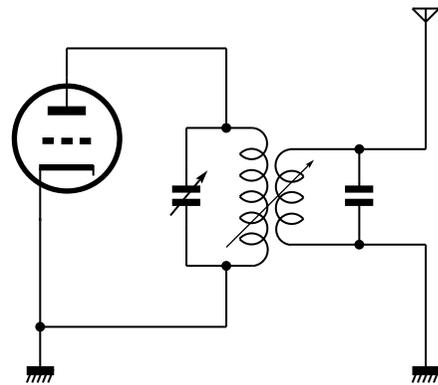
経験としてタンク回路の高周波電流が少なく，プレート入力 3kW で空中線電力 1kW のときが一番変調特性がよいことがわかりました。私が小倉を去って，あとの人も調整に困ったようでした。その後，設計理論がわかってくると，その原因は電力増幅器と空中線の間には第1図のようにフィルタがはいっているのが原因とわかりました。回路が合理的であれば，計算しなくてもカット・アンド・トライでおしつけることができますが，合理的でないといくら努力してもうまくいきません。

もう一つ，カット・アンド・トライでうまくいかない例をあげましょう。昭和

16年に太平洋戦争に突入しそうになり、電波管制のために全国の放送局の周波数を1,600kHzにしようとしたのですが、どうしても空中線電力が出ません。これは、それまでの空中線が $\lambda/4$ に近く、空中線抵抗が低かったので第2図のように空中線回路に直列共振を使用していました。しかし1,600kHzになると空中線が $\lambda/2$ に近くなり、アンテナ抵抗が極めて高くなるので、直列共振では電磁結合の結合度が十分でなく、電力増幅管のプレートインピーダンスが低くならず、出力が出なかったためでした。それで私が第3図のように空中線回路の結合を並列共振にすることをすすめたところ、問題なく空中線に電力を供給することができました。



第2図 直列共振を使用していたので具合が悪かった



第3図 並列共振にすることによってトラブルは解決した

私の設計理論勉強

昭和10年頃になると真空管の動作解析や高周波回路の設計、負^{きかん}饋還、B級変調、少しおくれてドハティ増幅などの理論が次々と発表されました。

昭和13年に現在の川口・鳩谷の大電力放送所が作られ不用となった新郷10キロ放送所(現在の文化放送の放送所)の建物を利用して放送機を改修することになり、私が赴任しました。

放送機の保守には自信がりましたが、設計製作には経験がなかったので、当時発表された文献を次々勉強するとともに、今まで使用されていた放送機の定数を検討しました。一応は動作していますが、合理的でなく、理論的におかしい点が沢山あることがわかりました。たとえば、高周波3段増幅のLC並列共振の各タンク回路のインピーダンスは異なるので、 L/C は当然異なるべきなのに、全部同じ定数を使用していたものがありました。また、回路の $KVA/kW = S(一$

般に Q といっていますが、コイルの Q と区別するために私は S といっています) が 100 以上のものがあり、真空管出力の半分が回路損失になっているものもありました。

今までの放送機は参考にならないので、新しい理論により設計してうまくいくかどうか試みるために、プレート損失 100W の五極管 803 を使用して出力インピーダンスを計算し、 π 型回路を使用した 50W の試作機を作り、各部定数を計算通りにして電源を入れたところ、ほとんど調整しなくても所要の出力が出て、変調も極めて優秀でした。この当時、放送機はカット・アンド・トライで調整しており、少なくとも一週間位はかかったものです。

私の設計第 1 号機

私が最初に作った放送機は、昭和 15 年に設置した広島、熊本の 10kW 放送機であります。大体設計通りに動作し、特性も当時としては抜群で安定度もよかったですので、その後 20 年以上も使用されました。

私が関係する前より、低電力変調方式で作るときまっていたので、それを踏襲しましたが、この頃外国では能率のよい B 級変調方式へと移っていました。この放送機の変わったところは出力回路に π 型を使用して、整流饋還きかんを使用した点でしょう。この頃は、内外ともに電力増幅器のタンク回路には電磁結合を使用していましたが、高調波ろうえいの漏洩がやかましくなってきました。そこで、結合コイルの一次二次間に静電遮蔽を入れて高調波の漏洩をおさえていました。このためにコイル損失が大きくなり、回路能率が 80% 以下のものもありました。

その頃 π 型回路は調整方法が確立しておらず、調整が難しいというので、内外ともにほとんど使用されていませんでした。私は π 型回路の出力をフィード・インピーダンスに等しくとり、このインピーダンスに等しいダミー抵抗を作り、 π 型回路の出力をつなぐことにより、回路の調整を簡単にする方法を考えました。 π 型回路用すると回路能率がよく、高調波は少なく、設計どおりに動作し、安くできる理想的なものと判明しました。

私が設計した放送機は全部 π 型にしましたが、反対する人もたくさんいました。終戦後入手した外国の文献によると外国でも戦争中に π 型を使用し始めていました。現在では内外ともにあらゆる送信機に π 型が使用されるようになりました。 π 型の設計については昭和 13 年に小池勇二郎氏が S を使用して簡単に計算する方法を発表されています。私はこれを拡張してあらゆる高周波回路の

設計法を考えて、発表もしました。今日でもメーカーではこの方法を使用していますが、なかなか便利で、外国で使われている設計法よりすぐれています。

もう一つは整流饋還^{きかん}の応用でした。負饋還^{きかん}を使用すれば機器の特性がよくなることは外国の文献に発表されており、日本電気の田中氏はVHF無線電話送信機や100Wドハティ放送機(現在台湾と大阪で使用されています)にこれが使用されました。この当時負饋還^{きかん}を使用すれば機器の特性がよくなるというので、たくさんの人々がこれを試みて失敗しました。そのためにわが国では負饋還^{きかん}は不安定で、特性改善に寄与しないという悪い印象を残し、一般に長く使用されなかった原因になっています。

私は負饋還^{きかん}のブラックの論文をよみましたが、十分理解することができませんでしたが、外国でやっていることが、できないはずはないという信念でこれを試みました。カット・アンド・トライの末にどうにか整流饋還^{きかん}が16~18dB位はかかるようになり、12~14dBならば安定でしたので実用にしました。このため、歪^{ひず}みや雑音が $1/2$ 以下となり、当時の放送機の特性としては抜群のものを作ることができました。あとで負饋還^{きかん}の理論がわかってくるとカット・アンド・トライできめた回路や定数に拙い点があることを知りましたが、とにかく負饋還^{きかん}を実用にしたのは大きい収穫で、以後の機器には全部負饋還^{きかん}をかけました。

B級変調方式

昭和17年頃使ったわが国の100~500W放送機にはB級変調方式を使用していました。変調器はグリッド電流を流さないB₁級でありました。B₁級は作りやすいが、変調管のプレート能率がグリッド電流を流すB₂級にくらべて低いという欠点がありました。B₂級動作の実験をやった人が相当いましたが、歪^{ひず}みが大きく皆失敗しました。私は昭和12年上海にいったことがあり、その時上海ではB₂級変調の放送機を作っていました。特性はよいと思われませんが、とにかく動作していました。そのとき、たいていの変圧器は上海で作れるが、B₂級動作の変調管の入力変圧器は上海製はだめでアメリカより輸入しているとのことでありました。B₂級動作ではグリッド電流が流れると変調管の入力インピーダンスが急に下るため、副変調管の出力の波形で歪^{ひず}みます。そのため入力変圧器のリーケージ・インダクタンスを少なくする必要があり、その設計に自信がありませんでしたので、その試作をやめて、副変調器と変調器との結合はインピーダンス結合とし、グリッド電流を十分供給できるような回路とし、歪^{ひず}みは負饋還^{きかん}

でおさえるようにし、特性優秀な B₂ 級変調の放送機を完成することができました。最近、SSB の増幅器にグリッド電流を流すべきや流さないべきやとの論争があるようですが、私の 27 年前の実験で結論が出ていると思います。

むすび

放送開始時より終戦頃までのラジオ放送機の進歩を私の体験としてのべました。昭和 20 年頃になると一応の設計調整技術の理論は確立されており、その後基本的には大きい進歩はありませんが、放送機は年々進歩しております。外国では出力 1,000 ~ 2,000kW のものが作られており、その総合能率は 66 ~ 70% にも達しており、わが国の技術に 10 年以上の遅れが感じられます。わが国の放送機は全部国産であり、一応働くものができており、欧米のように競争がひどくないので、高い能力をもちながら武陵桃源の夢⁽¹⁾をむさぼっている感じがします。

(島山鶴雄)

この PDF は、
『CQ ham radio』1969 年 4 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。

⁽¹⁾ 中国・東晋の時代の陶淵明作「桃花源記」は、武陵の漁夫が道に迷って桃林の奥にある村里に入りこむと、そこは戦火をさけた者の子孫が平和で裕福な生活を楽しんでいた仙境であった。そこで歓待されて帰り、もう一度たずねようとしたがついに見つからなかったという話。この話から理想郷を「桃源郷」と言うようになった。