

# 電 圧 3 乗 回 路

佐 藤 浩  
恩 田 善 雄  
大 久 保 治

## 概 要

乱流の速度変動の非線型項を熱線風速計によって測定する場合に必要な電圧3乗回路を試作した。6 箇の双3極管を並列につなぎ、3乗曲線を折線の連続で近似して良好な特性を得た。

## は し が き

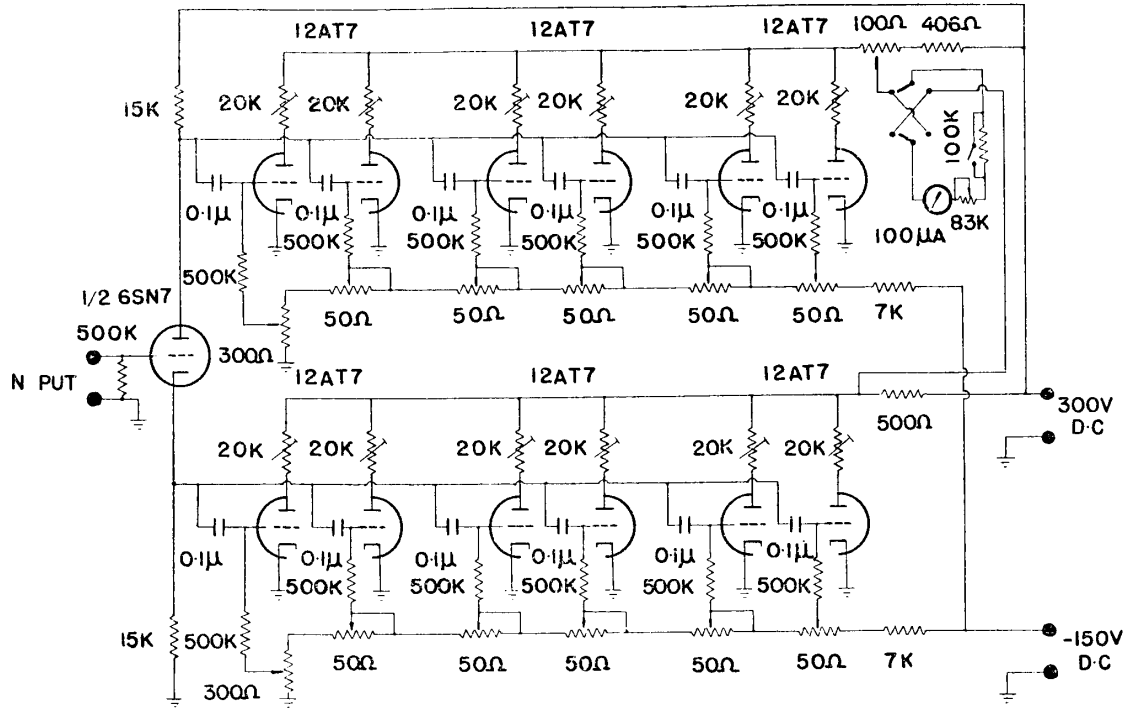
熱線風速計をつかって、気流の中の速度変動を測定するとき、熱線からの出力電圧は必ずしも上下対称の波形にはならないで、いわゆる非線型項  $\overline{u^3}$ ,  $\overline{u^2v}$  のような速度の3乗平均が重要な意味をもつことがある。速度変動が小さい限り、熱線の出力電圧は速度変動に比例していると考えてよいから、測定の問題は変動電圧の3乗をどうやって作るかということに帰着する。たとえば  $e^3 = e^2 \times e$  といった形による測定がなされたことがあるが、精度の点であまり好ましいやり方ではない。

変動電圧の2乗平均をもとめる方法はたくさんあり、真空熱電対をつかったもの、真空管の非直線特性を利用したもの、多くの2極管を並列にして、バイアス電圧を加減し、2乗曲線を折線の連続として近似するものなどがある [1]。3乗のばあいにも拡張できるのは最後のものだけであるが、このやり方の最大の難点は2極管のプレート電流をかなりたくさん流す必要があるので、その前に特性のよいパワ増幅器を置かねばならぬことである。

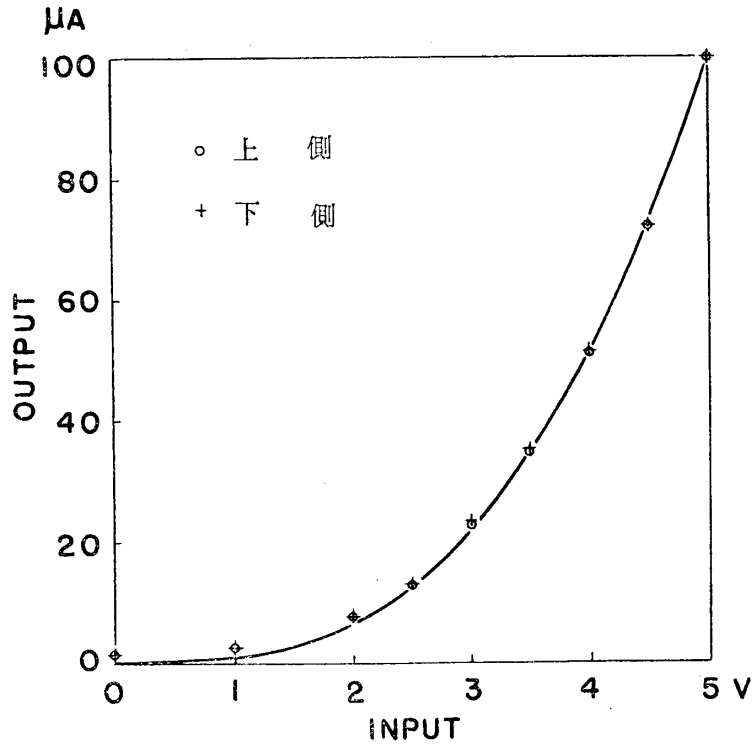
ここに報告するものは2極管群のかわりに3極管群を使用して入力インピーダンスを高めて、パワ増幅器を省略できるようにしたものである。3乗曲線はやはり折線の連続として近似されるが、実際にはその不連続は問題にならず、満足すべき特性がえられた。

## 2. 回 路

乱流の測定で問題になるのはふつう audio frequency の範囲であり、増幅器の出力は数 volt が期待できる。その前提のもとに設計が行なわれ、第1図のような回路がつくられた。上下2列の3極管群はおのおの3乗曲線の正と負の部分を受持っている。各真空管はそれぞれちがったバイアス電圧をあたえられており、入力のないときは、cut-off の状態にある。入力の大きさに応じて左の方の真空管からプレート電流が流れはじめる。バイアス電圧の分布とプレート負荷を適当に調節すれば全プレート電流を各列とも第2図のように入力に対してほぼ3乗の形にすることができる。真空管としては sharp cut-off でかつ相互コンダクタンスが大きく、飽和電流の値もある程度大きいものがのぞましい。12AT7 はその意味で好適である。



第 1 図 配 線 図

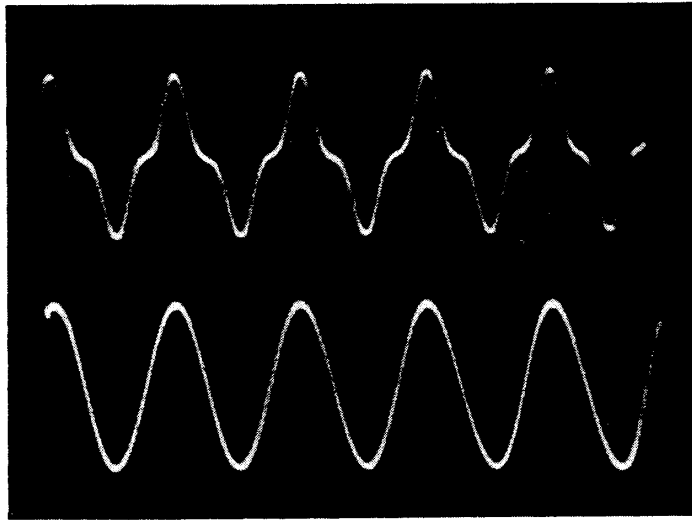


第 2 図 プレート電流特性. 実線は 3 乗曲線

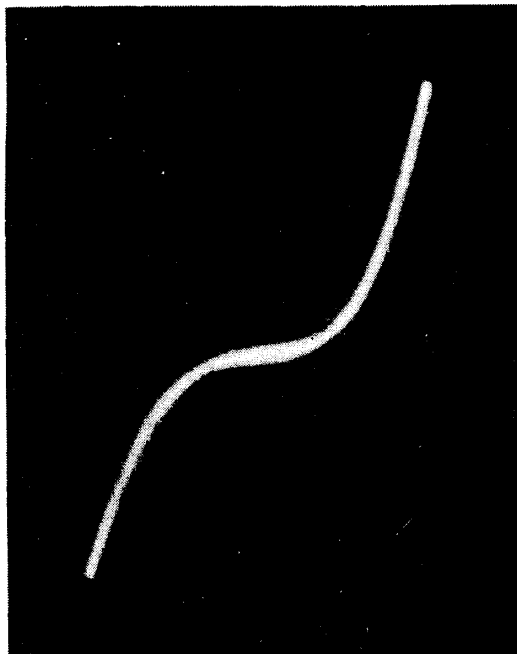
入力電圧の位相が第1段で反転されているから、上下2列のプレート電流、あるいはそれによる電圧降下の差をとれば入力電圧の3乗平均を得ることができる。第2図にみられるように入力電圧が零でもすこしプレート電流が残っているが、差をとることによってそれを消すことができ、原点付近での特性がよくなる。

### 3. 特 性

正弦波や矩形波のように対称な波形のものでは3乗回路の較正を行なうことができない。



第3図 入力波形と3乗波形



(A)



(B)

第4図 Lissajous 図形. 横軸: 入力, 縦軸: 出力.

そこで  $100 \mu\text{A}$  の出力計のかわりに、その両端の電圧を差増幅器に入れて、その出力をオシログラフでみたのが第3図である。下にあるのは入力、上にあるのは3乗された出力である。水平軸を掃引するかわりに、入力電圧を入れて Lissajous 図形をかかしたものが、第4図(A)である。この曲線はほぼ3乗曲線であって良好な特性を示している。第4図(B)は差増幅器のかわりに和増幅器をつかったもので曲線は  $y=|x^3|$  の形になっている。これでわかるように、バイアス電圧やプレート負荷を適当に調整すれば  $y=x^2$  すなわち2乗平均出力計が容易につくられる。2乗曲線は3乗曲線より近似しやすいから真空管の数はへらすことができる。

この回路の安定性はよい。真空管をよくえらべば実際上は drift の心配がない。その原因の一つとしては零点の近くでの不安定性が上下2列の差をとることのためにかなり軽減されていることが考えられる。

1960年1月 航空力学部

## 文 献

- [7] Kovaszny, L.S.G.: Development of turbulence-measuring Equipment. N.A.C.A. Rep 1209 (1954).