

「発振器の系譜(2)」

- Qなし発振回路の葛藤 -

松本栄寿

発振器の定義にもどろう。発振器とは標準周波数または波形を電気信号として発生させるための電子回路で、正弦波(サインウエーブ)発振器と、非正弦波発振器に分けられる。

正弦波発振器は真空管、トランジスタなどの能動素子とRLCや水晶振動子などの受動素子とからなる。受動素子は発振周波数を定め、能動素子は振動を持続させる役割を果たす。

L(インダクタンス)とC(キャパシタンス)で直列または並列で共振回路がつけられるとき、コイルのLとR(抵抗分)の比、 L/R をQと呼び、Qが大なるほど共振は鋭く安定な発振が得られる。このL、CのQがない発振回路に挑んだ電子回路の設計者がいた。その軌跡をたどって見よう。

LC 発振器

LC 発振器は、LCからなる同調回路と増幅器などの能動回路から構成される。同調回路は発振周波数を定め、能動回路は発振を立ち上げさせ、かつ定常状態にいたったのち、受動素子による損失エネルギーを補う役目を果たしている。

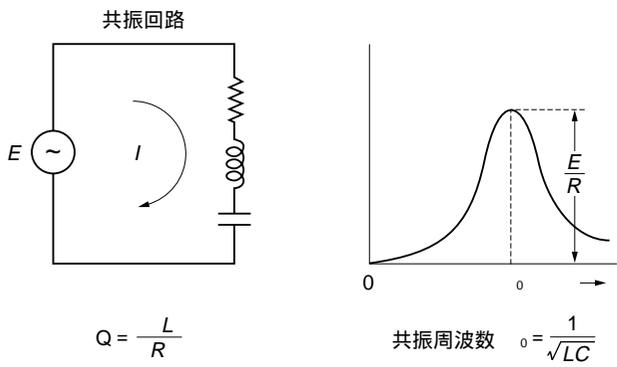


図1 同調回路とQ

その特質は

回路構成が簡単であり、発振するための電力条件が容易に満たされる。

インダクタンスの取りうる値の制約から、発振周波数は比較的高い値に限られる。

LC素子値の不安定さにより、高い周波数安定度を望むことは困難である。

RC 発振回路

RC 発振器は、RC素子と増幅回路から構成される。RC回路は位相選択回路として動作し、その回路における伝送損失を増幅回路が補い、振動を持続させる。

その特質は

回路素子が小さく比較的コンパクトに構成できる。

増幅回路の安定化を図れば、かなり高い周波数安定度をもち、かつ低ひずみ率の波形が求められる。

低周波から高周波までの範囲で発振が可能である。

主なる回路に、ウイーン・ブリッジ発振回路、位相発振回路、並列T形発振回路などがある。

低周波発振器と唸(ビート)発振器

前回まで、LC発振器と水晶振振器にふれた。この双方の発振器ともLC共振、あるいは振動素子のQを利用している。この共振条件のQが高ければ高いほど安定な周波数が得られる。さてこのようなL、CのQに依存しない回路で電

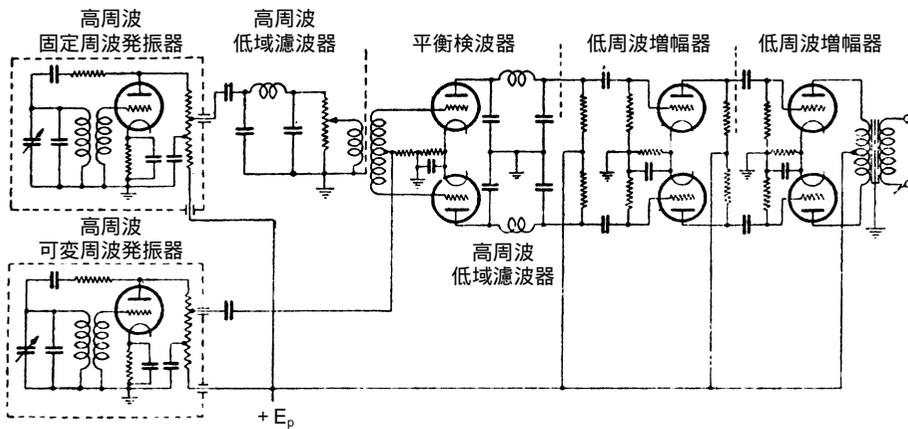


図2 唸(ビート)周波数発振器ブロック図

気振動を起こそうとすることは出来ないだろうか。真空管の能動素子がこの無謀な試みが可能にした。ここではRC発振器を調べて見よう。その発端はオーディオの交流信号を得るためであった。

このような背景からオーディオ周波数領域では、周波数可変の発振器にビート方式を採用することから始まった。LC共振回路は理論式は単純であるが、正確で安定な周波数をうるのは簡単ではない。つまり理想のL、理想のCは実際には作れない。インダクタンスにもわずかな浮遊容量があり、コンデンサのリード線にもインダクタンス分がある。その影響は発振器の周波数範囲によっても変わる。

オーディオ領域の発振器では、内部に2台の発振器をもって、その唸(ビート)から低い周波数を得る唸周波数発振器(ビート方式)が工夫される。これは所用周波数より高い発振器2組をおき、一方を一定周波数で動作させ、他方をわずかに可変にして、両者の信号を変調器で変調すればそれから唸信号を取り出すことができる。可変発振器にLC発振器を採用しても、周波数を変えるコンデンサ容量の変化はわずかにすぎず、普通のバリコンで十分カバーできる。すなわち1個のダイヤルで全周波数を目盛ることができる。

しかし、2組の高周波発振器は必要な周波数に比べて、周波数が高いため微小な変化も唸周波数は大きな周波数変化となってしまう。したがって両回路の構成は同じにつくりにするが、周囲の温

度が変化しても周波数が同様に変わり、目盛を正確に保つことは難しかった。それには低周波の標準器を置いて対処した。つまり固定の標準周波数発振器を組み込んで、使用前にまず唸周波数を標準周波数に一致させて、周波数ダイヤルの調整を行うようにした。周波数標準としては、機械的振動片、水晶共振器、などが使われた。

例えば、図の発振器では、固定周波数発振器より、約100kc、可変周波数発振器より約90kc~100kcを発生させ、ヘテロダイン作用により、20c~10kcの唸周波数を得ている。

HP社、RC発振器とヒューレット

ヒューレット・パッカード社(HP)は、ウィリアム・ヒューレット(William Hewlett, 1913-2001)と、デヴィッド・パッカード(David Packard, 1912-1996)によって1939年に設立された。わずか資本金538ドルの会社が成長して、従業員10万人の世界有数の計測器・コンピュータ企業となった。

ヒューレットは1913年ミシガン州に生まれ、スタンフォードで電気工学を学んだ。師は、無線工学の第一人者フレドリック・ターマン教授であり、そこでパートナーになるデヴィッド・パッカードに出会った。卒業後MTIで修士をとり、師の招きで再びスタンフォードにもどる。やがてヒューレットは同社の最高技術者として同社をリードして行く。ヒューレットは、スタンフォード

在学中の1939年に、RC発振器の特許を申請している。出力安定化にタングステン電球を負帰還回路として採用した方式である。

このRC発振器200Aを武器にHP社を創設した。発振器の最初の大口のお客は、パロアルトの近くにスタジオをもつ、ウォルト・ディズニーであった。彼は映画『ファンタジア』の録音編集のために、オーディオ発振器8台の注文を出したのである。のちに、この発振器シリーズはベストセラーとなり、1986年までの間に50万台を突破したと言われている。

ヒューレット・パッカード社がとったセールスポイントは、一貫してイーザードリングであった。当時の計測器のコンペチターであったゼネラル・ラジオ社(GR)は性能第一主義で、性能の良さ、波形の綺麗さをうたっていたが、プロ用で高価でもあった。HP社はそれとは異なったセールスポイント……発振器にはわずか3個のつまみがあるだけで、使いやすいと顧客に訴えた。価格も同等製品の1/4と廉価であった。この使いやすい機能の計測器マーケットが高級機より広がったようである。結局GR社は競争に破れ、やがてその幕をとじることになる。

ヒューレットは、ターマンとともに計測器への負帰還応用の論文を出している¹⁾。日本の計測器メーカーと技術者たちは、第二次大戦後実物を目にし、負帰還回路とRC発振器の技術キャッチア



図3 HP社RC発振器200A

ップ、製品化に多くの努力を投じた。

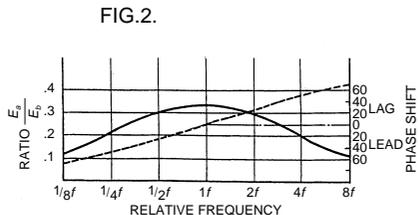
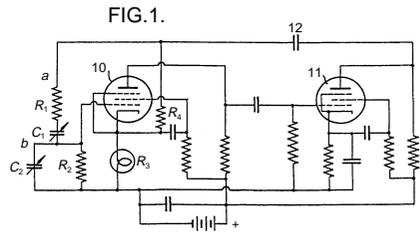
GR社、RC発振器とスコット

東海岸の計測器名門、ゼネラル・ラジオ社(GR)は1915年にケンブリッジに設立された。はじめはX線装置、ラジオ部品からスタートしたが、ほどなく高周波計測器のニーズに取り組み成長した。GR社の製品は日本にも輸入されたが、官公庁はじめ技術者に定評のある製品であった。

全体が黒塗りのデザインのGR計測器はプロ向けの製品が中心であり、万能ブリッジ、発振器、バルボム、レベル計など、国産メーカーは同社の機能を範に製品開発を競った。

GR社のスコット(H. H. Scott, 1909-1975)はオーディオ回路設計の天才であった。スコットはマサチューセッツに生まれ、MITに学び、最初ベル研で映画とHi-Fi放送の研究に従事していた。1931年GR社に入社し、音響関係の多くの計測器を開発している。その中には1937年に特許申請した、オーディオ発振器にもなる周波数選択回路

Jan. 6, 1942. W. R. HEWLETT 2,268,872
VARIABLE FREQUENCY OSCILLATION GENERATOR
Filed July 11, 1939



INVENTOR
WILLIAM R. HEWLETT
BY
W. R. Hewlett
ATTORNEY

図4 ヒューレット特許：2,268,872

の発明がある²⁾。それまでの回路より優れたRC発振器であり、GR社がやがて市場を独占する可能性があった。しかし幾つかの原因でそうならなかった。

GR社の信条は性能第一、お客がどう言おうと価格第二であった。すでに1930年代には性能の優れた幾つかの唸周波発振器をもっていた。唸周波発振器には、周波数レンジ切替スイッチなしにでも、ダイヤルで広い周波数範囲をカバーできる特徴があった。

実はGR社も1939年には608A並列T形RC発振器を作ろうとした。HP社はウイーンブリッジ型でコンデンサをつまみで回して周波数を変える方式であったが、608Aはプッシュボタン型で周波数を選択する方式を選んだ。GR社の608Aは専用部品を使い260\$、それに比べHP社の200Aは一般用部品を使い71.5\$であった。やがて1955年GR社もプラグインユニット方式の発振器1210を作るが、それでも電源部とで180\$、オーディオ発振器ではGR社はHP社の数倍の価格差が解消できず敗退したことになる³⁾。

スコットは多才であった。1946年スコットは独立し、まず放送用の78回転レコード用のノイズサプレッサーを作り成功する。1947年にはスコット社を創り、レコードアンプの製作、さらに放送局級の超高級ステレオ・アンプを設計していく。読者は第二次大戦後のHi-Fiブームをご存知だろうか。まず1960年代にウィリアムソンアンプが出現し、特殊な鉄心の出力トランスと負帰還回路を採用して10Hz～20kHzで0.1%以下の低歪を実現した。ついでLPレコードの出現とともに、アメリカではスコット、フィッシャーなどのアンプが成長する。ありきたりのアンプに飽きたユーザーは超高級アンプを求めた。1970年代になると最高級のマランツやマッキントッシュが出現する。スコットはその先鞭をつけた人物であった。

ユーザーの求めるモノ

HP社製品はSimplicity in Operation を掲げていた。最初の周波数カウンタ524Aの説明書にも明記されていたし、オーディオ発振器には、For Speed and Accuracyとして前面のつまみは3つ、主周波数ダイヤル、レンジ選択スイッチ、出

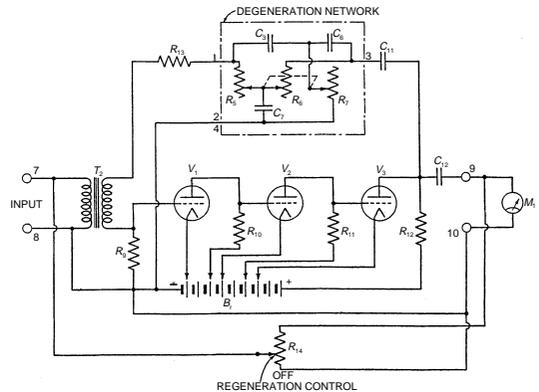


図5 スコットの選択増幅器(発振器の回路)(文献2)より

力つまみだけで「操作の単純さは、生産テスト、保守、開発作業の高価な時間を節約する」と書かれている。また「電源投入の数分後でも周波数は安定、その後もゼロ調は不要」と強調している。

これにくらべるとかつてのGR社の唸発振器は、波形は綺麗であるが、電源をいれてから校正のために標準周波数で調整する、ダイヤルだけでは周波数が分からず、校正カーブで補正するなどの手数が必要であった。

お客の求めるものは何だろうか。歪みのない波形だろうか、目盛りが読みやすい発振器だろうか、スイッチやダイヤルの操作性だろうか、価格だろうか。どんな製品も、お客のすべてを満足するものはできない。GR社は恐らく自社の主力製品や、利益を上げている分野と競うような製品は無意識に避けたのであろう。ヒューレットやスコットのような開発技術者だけでなく、企業の思想が重要である。HP社とGR社の対決にはそれが見え隠れする。市場競争は電卓やパソコンの世界ばかりではない、計測器の世界でもそうである。

参考文献

- 1) F. E. Terman, R. R. Buss, W. R. Hewlett, F. C. Cahill; "Some Application of Negative Feedback with Particular Reference of Laboratory Equipment", Proceedings of IRE, 649 / 655, Oct. 1939
- 2) H. H. Scott; "A New Type of Selective Circuit and Some Applications", Proceedings of IRE, 226 / 235, Feb. 1938
- 3) Alan Douglas; "How General Radio Fumbled the Ball", "The Old Timer's Bulletin", 50 / 51, Vol. 37, No. 2, May 1992