第二輯 第十九卷 第二號

論 文

ラヂオトラッキング用發振機に就て*

藤 原 寛 人, 山 本 掬

此の研究は氣象技師拔山大三及び技手磯野謙治が文部省より與へられたる東亞高層圈の研究用の費用の一部を使用し同問題研究の爲めの一部分として行つたものである。 拔山大三, 磯野謙治

緒 言 氣球追跡を行ふには氣球に發振機をつけて飛ばすのであるが、此の發振機の研究を昭和14年9月より着手し、今年に入つて一應の完成を見たので報告する次第である。こゝに使用される發振機が特に一般の發振機と異り、研究上注意を要するとした點は發振機自體輕量で且つ能率の良好なるを要する所で使用上差支へない範圍で極力小型に作り、而も發振機の能率は増大仕様と努力したのである。従つて各回路定數に對しても一つ一つ検討を加へつゝ製作したのである。

(1) 發振周波數及發振真空管入力の決定

研究に着手する前に使用發振周波數を如何に定めるかは第1の問題である。氣球無線追跡は上層にある自由氣球に付けられた發振機から來る電波の方向を探知する事により、上層の風向風速を知るのであるから、地上に於ける受信結果を良好ならしめる爲めには、受信装置の受信感度を増大せねばならない。而してこゝに使用される方向探知機は其の構造上⁽¹⁾短波の方が望まれるのである。而し使用波長は短い程製造技術的の困難が伴つて來るので、此處では其の點を和する爲短波帶に超短波帶との境界より短波帶へ近い15メガサイクル(20米)の周波數を選定した。此の事に關しては尙氣象三要素測定用の氣球無線觀測裝置に使用される波長が30米から60米の範圍内に在り大氣電場測定の爲に使用される電波の波長が8米前後である事にも左右されて居る。次に發振機設計上の要點である發振機の出力又は入力を如何にするかを決めて取掛るべきだが、これは現在使用中のラヂオゾンデ用發振機の出力(或は入力)と實際飛昇せしめた場合の地上の感度を參考として、受信機の優秀なるものを使用すれば空中にある發振機よりの距離が30軒以内では真空管入力約0.2 Watt(出力は能率50%と見積れば0.1 Watt)で充分であるとし此の入力を得る最簡單な場合として現在ラヂオゾンデに使用中の真空管を使用する事とした。此の真空管は既に研究の結果

* H. Hujiwara and K. Yamamoto: On the Transmitter of the Radio-tracking. 中央氣象臺彙報.

(1) 方向探知機に就て。拔山大三: 航空研究所報告. 第176號.

相當の小型であり能率良く製作してあるから此の儘使用する事を得るとしたものである。以上の如く發振機の周波數と入力とを與へられたものとして試作に着手した。

(2) 電 源 發振機の電源は成可く輕重量で容量の大なるものが要求される。發振機のフィラメント電源は 2 V の 1 次電池を用いたが、プレート電壓は 1 次電池にするか又は現用のラジオゾンデのプレート電源であるブザー變壓器を使用して 2 V の 1 次電池を共用するか其の取捨に迷つたが、1 次電池をプレート電壓として充分な容量のものを得るには現在尙相當大なる重量を要するので⁽¹⁾プレート電壓はブザー變壓器から與へる事とした。之を使用すると發射電波は可聴周波數により自然變調せられ、受信が容易になされる。又ブザー變壓器は既にラジオゾンデの試作の際研究されてゐるので⁽²⁾、其の構造上の特性は簡単に必要の分だけ述べる事にした。

ブザー變壓器の負荷特性 第 1 圖は使用される變

第 1 圖 ブザー變壓器の特性曲線

壓器の無負荷特性曲線及び負荷特性曲線を示し横軸は 1 次電流縦軸は 2 次電壓を表す。圖中測定點が多少曲線より外れて居るのは實驗中に振動片の不規則な振動數變化がある爲である。1 次電流は 90 m.a. が最大で此の場合の 2 次電壓が無負荷で 74 V 負荷で 62 V である。90 m.a. 以上の 1 次電流を流す時は接觸子と振動片との間隔が極度に狭くなり、振動片の振動狀態も不安定になる。使用し得る限度は負荷した場合 2 次電壓が約 60 V である。附圖に示す

負荷 R は第 3 圖に示す如き 15 M.C. の發振機を實際に負荷した場合を略して示したものであり、無負荷の場合はヴォルトメーターのみを負荷したものであり、負荷の場合は R がそれと並列に入れられた場合である。ブザー變壓器の 2 次電壓は正波弦ではないが本實驗に使用した可動鐵片型電壓計の指振の振れは大體電流の自乗の平均値に比例してゐるから、測定値の 2 次電壓は其の儘交流實効値と見做して居る。

直流電壓とブザー變壓器 2 次電壓をプレート電壓とせる場合の出力の相異 ブザー變壓器の 2 次電壓を發振機プレート電壓にして使用した場合と直流電壓をプレート電壓とした場合とでは出力に於て多少相異が認められる。以後種々の實驗を爲す場合プレート電壓は直流電壓を以つてした方が都合が良いから一應ブザー變壓器の 2 次電壓を直流電壓と比較して置く必要がある。實驗回路は第 2 圖に示す如く 15 M.C. の發振回路を用ひ、發振出力は發振回路に疎に一定結合に置いた。閉

(1) 朝比奈貞一、園部正敏：氣象集誌 第二輯，第十五卷 第十號。

(2) 中央氣象臺型ラジオゾンデとその觀測法。山本義一，藤原寛人，山本掬：航空氣象報告 第 2 卷，第 4 號。

回路の電流を測定する事にした。第 2 圖曲線に見られる如く同一出力電流を得るに直流電壓とブザー 變壓器 2 次電壓とは約 10 V の相異がある。第 1 圖の負荷特性に於てブザー 變壓器 2 次電壓は約 60 V が最大電壓であるから、以後の實驗に此の 60 V をプレート電壓とするとせば同じ出力を得る爲には直流電壓に置換へて 50 V である。依つて實驗を簡單にする爲め後述に於ては プレート電壓は常に直流電壓 50 V に一定した。

第 2 圖 2 種類プレート電壓による發振出力の相異

(3) 發振回路 (A) タンク回路 (L, C 回路) の設計 發振回路を設計するに當り特に注意を拂つたのは發振回路の能率であつた。重量を軽くする爲に第 3 圖に示す如き發振回路を用ひた。一般に發振周波數 $\omega = 2\pi f$ は

$$\omega = \sqrt{\frac{1 + \frac{R}{\rho}}{\frac{L}{C}}} \doteq \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

として與へられ ω を決定すべき L, C 各定數の組合せ方法により發振能率は制限を受けるものである。但し R は抵抗, ρ は真空管内部抵抗, L は自己誘導係數, C は静電容量である。3 極真空管に於て最大發振振幅を得るには

$$2\rho = \frac{L}{CR} \quad \dots\dots\dots (2)$$

なる關係即ち同調インピーダンス $\frac{L}{CR}$ を真空管の内部抵抗の 2 倍に與へる事により最大振幅を得られる。(1), (2) 兩式に於て, ω, ρ は與へられてゐるから, R を假定する事により C, L は決定される。R は測定するには困難であり一般に假定して計算する例に従ひ, $R = 10 \Omega$ と假定した。C, L の各定數は以上の方法により $L = 5 \mu\text{H}$, $C = 22.5 \mu\mu\text{F}$ と決定した。此の L 値に相當する線輪の設計に關しては、發振器を小型輕量に製作する爲に理想的高能率の線輪は得られず、幾分線輪自身の能率を犠牲にして、直径 2 種、厚さ 1 耗のペークライトポピンに密巻にした。捲回數の決定には長岡係數を使用した。次に C の設計に當つては發振能率の理想的な空氣蓄電器は重くて容積を要する爲使用出來ず、紙蓄電器其の他固定蓄電器は損失

第 3 圖 發振回路の略圖

が多過ぎるので使用せず、容積、重量共に小である可變雲母蓄電器を使用する事にした。可變雲母蓄電器を使用すれば發振機の發振波長を調整する必要がある場合に役立つ利點がある。

(4) **グリッド偏倚電壓並に相互誘導係數の實驗** 發振回路に於けるブリッド偏倚電壓は發振動作點を決定しグリッド勵振の振幅を大ならしめる事により發振能率を左右するものである。發振回路のプレート回路とグリッド回路とを電磁的に結合する相互誘導係數は發振條件に依りて來る定數であり、發振振幅の増大及安定を左右する定數と考へられる。グリッド偏倚電壓はグリッドリーク R_g により與へ（第 3 圖）、相互誘導係數（以下グリッド結合定數と呼ぶ事にする） L_g （第 3 圖）はタンク回路 L の一部を共用する方法を用いた。 R_g, L_g は實驗的に次の如くして決定した。第 4 圖は此の實驗配線圖である。發振回路よりの出力を測定するに此の回路と充分疎結合にし互に干渉しない様に注意した 2 次回路 C_2, L_2 回路により

第 4 圖 實驗回路

より同調せしめ 2 次回路に流れる電流を測定すれば 1 次回路即ち C, L 回路に直接計器を挿入する事により實驗上の不利を除く事が出来る。グリッド偏倚電壓は發振管の特性曲線上 $-2V$ を與へるべき抵抗 $25 K\Omega$ (R_g) を選定し、他の定數の變化に従つて多少の補正が必要かどうか念の爲に更に次の實驗中に調べて見た。實驗の順序として前項中に設計した $L=5 \mu.H$ に相當

する線輪を製作し、此の線輪より捲數の 1 捲回異なる線輪を次の如く作つた。但し各線輪共にボビンの直徑 2 c.m. ボビンの厚さ 1 m.m.B.S. 26 番二重絹巻線を使用した。

線輪番號	ボビンの捲幅	捲回数
第 1 線輪 (L_1)	13.5 mm	18
第 2 線輪 (L_2)	12.8 mm	17 ($L=5 \mu.H$. に相當する線輪)
第 3 線輪 (L_3)	12.0 mm	16

以上の線輪には夫々グリッド結合定數を決定すべきタップを作り、電壓饋電點を (tap g) 變化する事により L_g の捲回數を最良點に決定する事にした。タップはグリッドコンデンサー C_g 側より捲回數で 5 捲回, 6 捲回, 7 捲回, 8 捲回, 9 捲回, 10 捲回の 6 個を各々各線輪に就て製作した、 R_g は $1 M.\Omega, 500 K.\Omega, 50 K.\Omega, 25 K.\Omega, 10 K.\Omega$ の 5 個の固定抵抗を取つた。各 L_g に對して R_g を異にする同調曲線を作つた一例は第 5 圖に示す。圖は縦軸に 2 次電流を取り、横軸に 2 次同調容量を取つた同調曲線であり、第 1 線輪 L_1 に就て $L_g=9$ 捲回とし前項の 5 個の R_g に就て得た曲線である。圖の如く 2 次電流の大きさは R_g の値により非常に差があり、 R_g の極めて高い側に於ては 2 次電流は減少し曲線は平になる。10 $K.\Omega, 25 K.\Omega, 50 K.\Omega$ の 3 個の R_g に就ては

第 5 圖 二次同調曲線

縦は 6 個の L_g の捲回数を示した。 R_g に就て見れば抵抗の高くなる程 2 次最大電流の値は低く出るが $10\text{ K}\Omega$ と $25\text{ K}\Omega$ とでは此の關係が逆である。高抵抗過ぎる事は勵振點を移動し過ぎる爲に却つて能率の減衰せる事を示すものであり、 $10\text{ K}\Omega$ になると又幾分能率の落ちるのはグリッド偏倚電壓が理想的勵振點より陽側の方へ幾分移動せる爲に發振能率の減退を示してゐる。而して發振管靜特性曲線の負側直線部の中間 -2 V に相當するグリッド偏倚電壓を與ふべき R_g は設計通

り $25\text{ K}\Omega$ が適當してゐるのは圖で明かである。 R_g に関して L_g を異にする場合の 2 次最大電流の値は夫々異つてゐるが大體 7 捲回及其前後の捲回数に見られる、尙曲線全體の最高電流を與

尖鋭度は殆んど類似して居るが最大電流に於て差が認められる。かくの如き曲線を第 1 線輪に就て $L_g=9$ 捲回の他に 5 捲回、6 捲回、7 捲回、8 捲回、10 捲回の 5 個の線輪に就いて行つたが各れも第 5 圖の曲線と類似せるものであるから此處では略す事にする。第 5 圖の R_g を異にせる同調曲線を比較して、2 次電流の大きき即ち發振器の出力を見る爲には同調曲線群が殆んど平行して變化してゐるから、各曲線に就て發振機出力を代表する最大電流の値を一つずつ取り(第 5 圖に於ては R_g の $1\text{ M}\Omega$, $500\text{ K}\Omega$, $50\text{ K}\Omega$, $25\text{ K}\Omega$, $10\text{ K}\Omega$ に對して夫々の最大電流は 24.6 m.a. , 25.9 m.a. , 75 m.a. , 86 m.a. , 84 m.a.)て比較すれば差支へないと思はれる。第 1 線輪に就て L_g のタップを變へ而も各々の L_g に對して R_g を變へて見た場合發振機の出力が如何に變化するかは第 6 圖に示した。第 6 圖の縦軸は前項に述べた L_g を一定とせる同調曲線中より各 R_g に對して一つずつ拾つた最高 2 次電流を示し、横

第 6 圖 第一線輪に關する實驗

へてゐるのは $R_g=25\text{ K}\Omega$ の場合 $L_g=7$ 捲回である。第 7 圖は以上第 1 線輪に就て述べて來た實驗と全く同様な實驗を第 2 線輪に就て行つた結果である。第 2 線輪は $5\mu\text{H.}$ に設計せる線輪であつて設計通りならば、此線輪に於て最大能率の實驗記録が得られる筈であるが圖の如く、 R_g に就て見ると非常に高抵抗のものは、前と同じく最大電流の指示は小であるが、 $50\text{ K}\Omega$, $25\text{ K}\Omega$, $10\text{ K}\Omega$ の 3 個を比較した場合前と異つて $10\text{ K}\Omega$ の方が 2 次最大電流の指示は大であつたから、更にもう 1 個の固定抵抗 $5\text{ K}\Omega$ を選んで比較した結果圖の如く $5\text{ K}\Omega$ にすると著しく 2 次最大電流指示は減少し、發振能率を最大ならしむる R_g は $10\text{ K}\Omega$ となつた。これは第 2 線輪に對して R_g は $10\text{ K}\Omega$ を適當とする事を示すものである。 L_g に關しての 2 次最大電流は何れの R_g に於ても大體 8 捲回にあるが第 1 線輪と異り、曲線に 2 つの山が表はれてゐる。同様な實驗を更に第 3 線輪で試みて見た。此の場合高抵抗の $R_g=500\text{ K}\Omega$, $R_g=1\text{ M}\Omega$, は前の實驗で發振能率悪き爲、此の發振機には不適當である事が明らかであるから此の記録を取る事は中止して、 $5\text{ K}\Omega$, $10\text{ K}\Omega$, $25\text{ K}\Omega$, $50\text{ K}\Omega$ の 4 個の R_g に就て實驗した(第 8 圖), R_g に關しては $10\text{ K}\Omega$, $25\text{ K}\Omega$ 何れも 2 次最大電流の指示を大にするから第 3 線輪では R_g は $10\text{ K}\Omega$, 又は $25\text{ K}\Omega$ を適當と認められ、 L_g は 6 捲回が最良と認められる。偕以上の 3 線輪を比較して見るに、第 1 線輪第 3 線

第 7 圖 第 2 線輪に關する實驗

第 8 圖 第 3 線輪に關する實驗

輪共に L_g に對する最大電流の變化が小さい、(曲線が平である)、これは之等の線輪の L_g が變化した場合も發振が安定である事を示したものである。第 3 線輪は第 1 線輪よりも全體的に最大電流の指示が低い、即ち發振能率が悪い、第 2 線輪は L_g の變化に對して發振が不安定である。故に第 1 線輪が最も良い線輪であり而も $R_g=25\text{ K}\Omega$, $L_g=7$ 捲回の場合が發振能率最大と認められる。處が第 1 線輪の捲回数は 18 捲回であり、他の兩線輪は夫々 17 捲回と捲回数を少く取つた線輪であるから、第 1 線輪を最良線輪と認むる爲には 19 捲回の線輪と更に比較されねば

ならない、この線輪を第 4 線輪とし以上の實驗を爲して得た記録圖は第 9 圖に示す。圖より R_g の最良値は $25\text{ K}\Omega$, L_g の最良値は 8 捲回と求められるが、第 1 線輪と比較して最大電流の指示が平均約 10 m.a. 程低い、此處に於て第 1 線輪は總ての他の線輪より發振能率良きものであり、此の場合の $R_g = 25\text{ K}\Omega$, $L_g = 7$ 捲回であると認められた。

(5) 空中線回路 以上の如く發振回路は定められたのであるが、次に發振回路の勢力を能率よく空中線回路に與へる方法に就て研究した。

一般に空中線結合方法は直接結合及關接結合の二種類である。發振周波數の安定度は後者が良いが、發振能率は調整を完全に取りさへすれば前者が勝れてゐると考へられる。ラヂオトラッキング用發振機は小型、輕量發振能率大なるものが要求されてゐるから、多少の發振周波數の變動は受信機により補ふ事として、發振能率

の大なる空中線直接結合の方法を選んで實驗した。發振回路と空中線回路との相互誘導係數（以下空中線結合度と呼ぶ事にする） Ma を大にする時は空中線出力が大になる、即ち發振能率が大になる、但し Ma を大にすれば發振回路の抵抗が増大する事と直接結合の爲に空中線回路の定數が發振回路に加はつて來る事の爲に全體としての發振能率が低下する處れがある。以上の點を考慮して前述に於て決定せられた發振線輪（第 1 線輪 $L = 18$ 捲回 $L_g = 7$ 捲回）及 $R_g (25\text{ K}\Omega)$ を用ひて空中線結合度の調整實驗を行つた第 10 圖は此の實驗配線圖並に其の記録を示す。空中線結合度 Ma を決める爲に、 L にタップを取り圖の A, T を加減して、

第 9 圖 第 4 線輪に関する實驗

第 10 圖 容量結合空中線方式

空中線結合蓄電器 Cu に接続せる空中線（長さ 10 m）の中央に取付けた高周波電流計を読み、同時に發振波長の變化を測定した。空中線回路が獨立してゐれば、發振周波數の 2 分の 1 の空中線の中央に於て電流値は最大となる筈であるが、空中線回路の定數が發振回路に幾分効いて來る爲に結合度を變へると發振周波數が變化し同時に空中線電流が異つて來る。第 10 圖の曲線に見る如く發振周波數 155. M.C (19.3 m) に於て空中線電流最大となり此の場合の空中線結合度空中結合 タツプ數は發振管プレート側より

數へて 3 捲回 の點である。次に完全な直接結合方式を取り、前と全く同様な記録を取つた（第 11 圖）。最大空中線電流は前よりも約 1 m.a. 増加してゐる、これは結合蓄電器を取除いた爲恐らくそれだけの高周波インピーダンスが減少した爲であらう。圖に於ての空中線電流の最高値は A, T がプレート側より 3 捲回乃至 4 捲回の間にあると思はれる、此の場合の發振波長は約 15.7 M.C (19.1 m) であ

る。空中線結合捲回数に對して周波數の變化は結合捲回数 3, 4, 5 捲回附近が一番少ないこれは此の結合捲回数の附近で發振が安定である事を示してゐるものである。此の理由の基に空中線結合捲回数は 4 捲回にタツプを取る事が至當と認められる。此の場合の發振周波數は 15.3 M.C (19.0 m) であるが、これは空中線直接結合方式を採用せるため空中線の定數が初め設計した發振回路に加はつて來てゐる事を示してゐる。發振波長を 15 M.C (20 m) にするには空中線の長さを変へて實驗しなければならない。而し空中線を少しづつ切斷しつゝ發振回路と整合させる實驗は種々の點で面倒であり、發振波長 15 M.C (20 m) を 15.8 M.C (19.0 m) に僅かすらしても初期の目的には聊かも痛痒を感じない譯である。空中線結合度の調整は以上で最高能率の點に一應決定を見たのであるが、空中線を直接結合した爲にグリッド結合度が前に決定した通りの $Lg=7$ 捲回で差支へないかどうかを更に實驗して見た。これは (3) に於て實驗的に決定された線輪に關しての再檢討にもな

る譯である。第 12 圖は此の實驗配線圖及記録圖を示す。圖は縦に空中線電流を示し横にグリッド結合度を示す。實驗的に求めたる空中結合度 4 捲回を一定とし、 L_g 即ちグリッド結合度を變化せしめたる結果、グリッド捲回数 7 捲回の場合が空中線電流が最大であつた。

第 12 圖 グリッド線輪捲数と出力

これは (3) の實驗で決定せられた L_g の捲回数と同じである。故に空中線をつけた爲にグリッド捲回数を更に調整する必要は無かつた。第 11 圖と第 12 圖と比較すると電流の最大値が 3.2 m.a も増加してゐるが

第 13 圖 15.6 M.C. ラヂオトラッキング用發振器 配線圖並に各部分品重量表

真空管	11.0 g
ブザー・トランス	81.5 g
一次電池	72.0 g
エポナイト板	10.0 g
銅製筐體	31.5 g
コイル	4.5 g
バリオデンス	5.0 g
固定コンデンサー	2.7 g
抵抗器	1.5 g
アンテナ線	8.5 g
オモリ	10.0 g
配線及各金具	15.3 g
全重量	253.5 g

これは空中線の重量を軽減する爲に被覆を去除き裸燃銅線とせる爲に空中線輻射抵抗を減少せしめる事が出来た爲である。此の場合の發射波長は 15.6 M.C. (19.2 m) であつた。以上で總ての實驗は完了したので此の發振器の配線圖並に部分品の重量を第 13 圖に示した。此の發振機は發振周波數 15.6 M.C (19.2 m) 全重量 253.5 g で空中線電流約 22 m.a. であつた。發振能率は空中線出力の測定が困難なる爲測定出来ないが恐らく相當高能率なものと思はれる。

結 語 ラヂオトラッキング用發振機は小型、輕量で能率よき事を眼目として此處に大體其の完成を見たが未だ充分とは思はれない。今後實際に使用した上尙改良研究を續ける心算である。發振機の電源には尙研究の餘地があり使用發振周波數も或は更に高周波のものを選ぶ様になるかも知れない。更に發振機に他の目的を加味させ例へば氣壓計を附加するとか其の他上層氣象觀測も同時に爲す事の出来る様にするにはさらに機構を研究しなければならないと思ふ。此の研究報告は今後の此等特殊發振機設計上の前提として此處に報告する次第である。末尾に此の研究を御指導下さつた拔山先生並に山本義一所長に深甚なる御禮を申し上げ尙諸賢の御叱正を願つて擱筆する次第である。