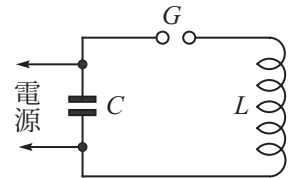


火花式送信装置

中村豊吉

1. 火花式送信装置

火花式送信装置と云うのは、第 1 図の如く蓄電器 C (condenser)、インダクタンスコイル L (inductance coil) 及び火花間隙 G (spark gap) を接続し、或る高圧電源で蓄電器を充電すると、蓄電器に蓄えらるる電気は増し、従って蓄電器の電圧も増すのである。其電圧の低い間は火花間隙



第 1 図

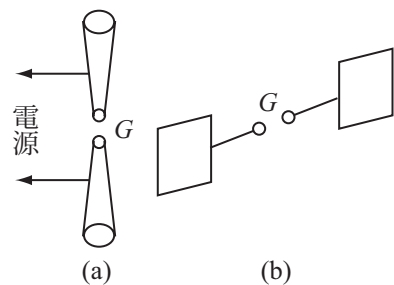
の絶縁耐力の方が大きいから蓄電器の充電は進むが、蓄電器電圧が火花間隙の絶縁耐力以上になると火花間隙の絶縁は破れて、蓄電器は放電するのである。此の場合に火花間隙には張烈な光を發して火花が飛び、大なる音響を發するのである。而して此放電によって、電気振動が起るのである。かかる電路を振動電路と云うのであって、此の場合に発生する振動電流は減幅振動で、其週期 T 、周波数 f 、及び波長 λ はそれぞれ次式で表わされる。

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{CL}}$$

$$\lambda = 2\pi v\sqrt{CL}$$

又かくの如き振動電路によって発生した振動は周囲のエーテルに電磁波を起すが、其の傳播は極めてよくない。換言すれば、電波の發射がよくない。そこでヘルツ氏は第 2 図の様な形状をして居る電波発生装置を用いたのである。之をヘルツ發振器 (Hertz oscillator) と云う。即ち二個の導体を相對し、之に正負の電氣を与えて充電し、其電位の差を大きくする時は、間隙を通して火花放



第 2 図

電をなしここに減幅振動を起し、電波は之を中心として四方に發射せられるのである。此簡單なる装置はヘルツ氏が電波の性質を研究するに用いたもので、且つ電波の存在することを實地に証明した処のものである。

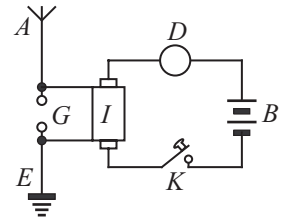
マルコーニ氏 (Marconi) は之を改良して、第 3 図の如く数十乃至数百尺の高さに電線を空中に懸垂し(図の A)、其下部に火花間隙の一方の電極を結び、他の電極を接地したのである(図の E)。而して誘導線輪 I の二次線を此等に接続し、火花放電によって AGE の電路に電気振動を起し、之から電波を発射して实用無線電信に成功したのである。此高き電線を空中線 (antenna or aerial) と云う、今空中線の大地に対して持つて居る電気容量を C 、放電電圧を V 、一秒間に生ずる火花数を N とすれば、其送信電力は

$$\frac{1}{2}CV^2N$$

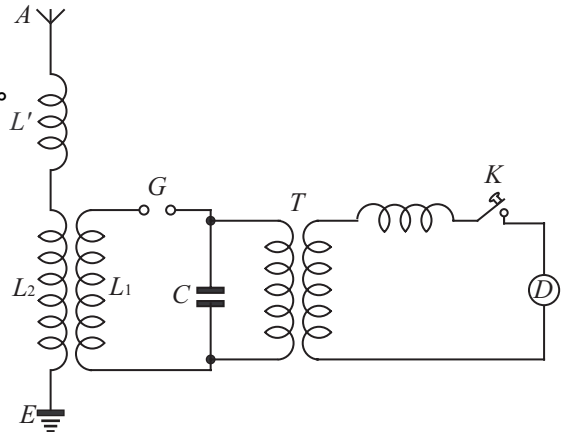
である。 N は通常 100 乃至 1,000 で、 C は空中線の大きさによるが、其値は極めて僅少であるから、送信電力を増大するには火花間隙の長さを増大して、其放電電圧 V を大とする外途がない。而して火花間隙長を増す結果として火花抵抗が増すから、強度の減幅振動となり、損失が多くして能率が悪いのみならず、他の通信に妨害を与えることが大きいのである。且つ火花間隙長を大とすると、これを通して放電せしむる電圧にも自ら制限がある(高圧を発生することは機械の絶縁の点から制限される。又空中線を電柱から吊げるのに絶縁を要するが、これも碍子の絶縁上の制限がある)から、此方式に於ては大なる電力を使用することが出来ないのである。此装置をマルコニー・プレーン・エリアル (Marconi plain aerial) と云うて居るが、実際には使用されて居ないのである。

実際に使用されて居る送信装置は第 1 図の如き振動電路と第 3 図の如き空中線電路とを組合せて用いるのである。即ち第 4 図の如く、両電路を L_1L_2 なる一種の変成器で結合するのである。図に於て D は交流発電機、 T は電力用の変圧器で、蓄電器 C を充電するのに用いられる。 CGL_1 は振動電路で、 $AL'L_2E$ は空中線電路である。而して此両電路の固有波長は同じ、即ち同調して置いて、疎に結合して単一電波を発射する

様にしてある。 L' は振動電路 CGL_1 と空中線電路との固有波長を同一とする為め、即ち両電路を同調する為めに挿入したコイルで、之を同調用コイル (tuning



第 3 図



第 4 図

inductance coil) 又は送信用インダクタンス・コイル (sending inductance coil) と云うて居る。又 K は電鍵であって、之を電信符号に応じて上下することによって送信装置を働作して、通信を行うことが出来るのである。

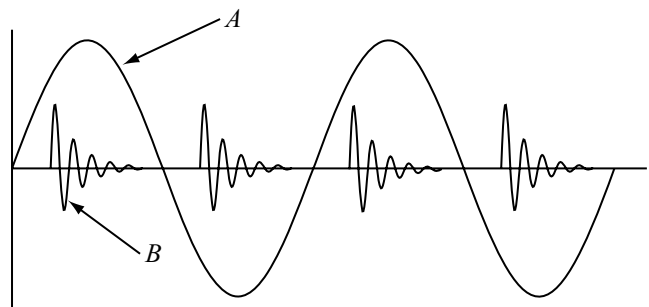
2. 火花式送信装置の電源

蓄電器を充電して火花間隙を通して放電するには、高压電気を必要とするのである。何故かと云えば電力は此放電電圧の二乗に比例するから相当の電力を用いるには高压を要する訳である。又火花間隙の絶縁抵抗は其火花間隙長によって異なるが、此絶縁をつき破って放電するには高压電気を必要とするのである。

電力の極めて小さい時は蓄電池と誘導線輪 (induction coil) とを用いて高压電気を発生せしめるのである。然るに電力が大となると、交流発電機と変圧器とを用いるのである。

交流発電機の電圧は其大きさによって違うが、普通 100 乃至 500 ボルトで、変圧器によって之を 2,000 乃至 30,000 ヴォルトにして蓄電器充電をして居るのである、又交流発電機の周波数は 50 乃至 600 サイクルである。50 サイクル又は 60 サイクルのものを低周波 (low frequency) と云い、500 又は 600 サイクルのものを高周波 (high frequency) と云うて居る (真空管増幅器に於て云う所の低周波増幅と云うのは、吾々の耳に聞える様な周波数、即ち 50 位から 2,000 位の周波数を云うのであって、之はまた可聴周波 (audible frequency) とも云う。而して高周波増幅と云う場合の高周波は数万サイクル以上のものを云うので、之を無線周波 (radio frequency) とも云うて居る。混同するおそれがあるから茲に附記する。) 従って火花式を分けて低周波火花式と高周波火花式との二つに分類することが出来る。

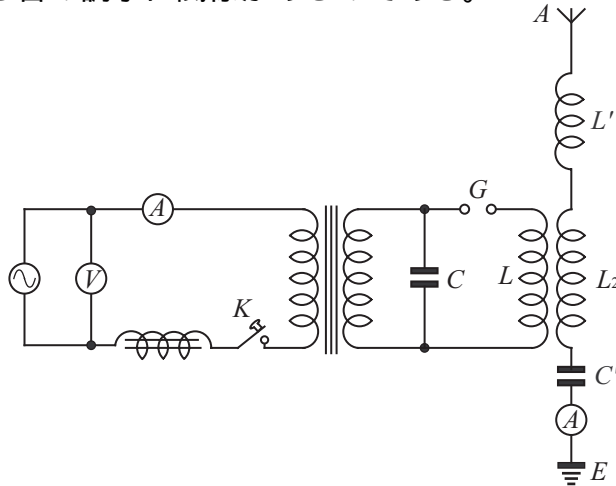
電源に低周波を用いる火花式から発射せられる電波を受信すると蛙の鳴く様な低い調子の音が受話器に聴えるが、高周波火花式無線電信からの電波を受けると音楽の様な調子の高いよい音が聴える。それ故に高周波式のことを楽音火花式 (singing



第5図

spark system) とも云うのである。蓄電器を充電して、之が放電して、火花の飛ぶ回数は電源の周波数に大体比例するものであるが、送信機の調整をよく取れば、其火花の飛ぶ回数は一秒間に周波数の二倍となるのである。たとえば、電源の周

波数が 50 ならば一秒間に 100 回火花が飛び、周波数が 500 ならば一秒間に 1,000 回火花が飛び、その都度減幅振動が起るのである。第 5 図に於て A は電源の電圧曲線であって、 B は火花が飛んで振動電路に起った減幅振動の曲線である。此振動電流の周波数は電源の周波数とは全く関係がなく電路の電気容量やインダクタンスによって定まるとは前節に説明した通りである。しかし一秒間に起る所の減幅振動の回数は電源の周波数に依るものであって、普通一秒間には電源の周波数の二倍に相当する回数である。而して一秒間に於ける火花放電の回数が相手局の受話器に与うる音の調子に関係があるのである。



第 6 図

3. 火花式送信機

火花式送信機を形成る機器は第 6 図で示す如く、大体次の様なものである。

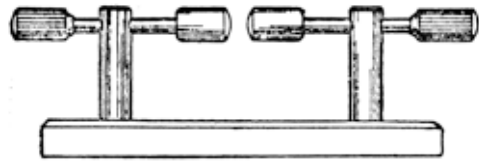
- (1) 火花間隙 (G)
- (2) 送信用蓄電器 (C)
- (3) 振動電流変成器又は特斯拉・コイル ($L_1 L_2$)
- (4) 送信用インダクタンス・コイル (L')
- (5) 空中線蓄電器 (C')
- (6) 熱線電流計 (A)
- (7) 電鍵 (K)
- (8) 送受轉換器 (図に示してない)
- (9) インピーダンスコイル (L)

電鍵を押えれば変圧器の一次電路が閉じられて、ここに変圧器は働作して、蓄電器を充電し、其電圧が高まると火花間隙を通じて放電し、茲に火花放電が起って振動電流の発生を見るのである。此振動電流は特斯拉・コイルを経て、空中線

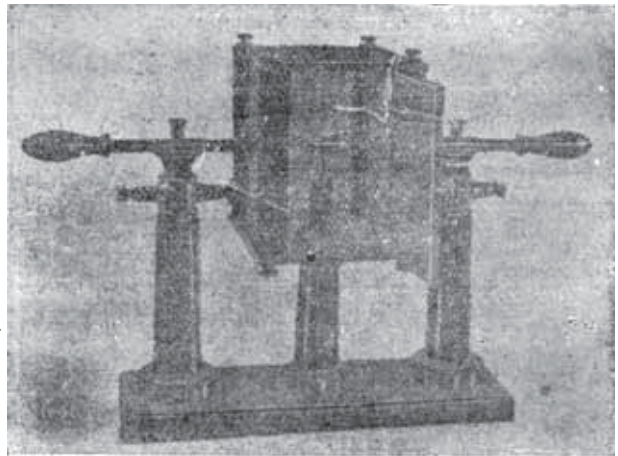
電路に伝達されるのである。空中線電路の波長を閉振動電路の波長に合せしむるために、送信用インダクタンス・コイル又は空中線蓄電器を用いるのである。又電線電流計は空中線に如何程の電流が通って居るか観るために、常に挿入されるものである。又此電流計によって閉振動電路と空中線電路との同調を知ることが出来るのである、即ち同調した時に空中線電流が最大であるから、容易に同調の如何を見ることが出来る。

4. 火花間隙 (spark gap)

火花間隙の役目は蓄電器が或る高い電圧に充電される迄は、振動電路に於て、放電しない様に振動電路を保って置いて後、ある高い電圧に達すると、それで始めて放電をなし、火花が飛ぶと其間隙は火花で接続されて電導性を帯びて、振動が発生するのである。振動が終れば再びもとの絶縁を恢復して、次の蓄電器充電を十分なさしめる様にすべきものである。従って一回の火花が飛んで其熱の為に火花間隙にアークが出来て、もとの絶縁状態を恢復しない様な火花間隙は、何の役にも立たないのである。従って火花式送信機の最も大切な機器は、此火花間隙そのもの



第 7 図



第 8 図

である。即ち送信能率の如何は、主として此火花間隙い かんに関係するのである。無線電信発明当初から種々の火花間隙が發明考案されたが、大体次の三種に分類することが出来る。

- (1) 普通火花間隙 (Ordinary spark gap)
- (2) 廻転火花間隙 (Rotary spark gap)
- (3) 瞬滅火花間隙 (Quenched spark gap)

現在に於ては普通火花式及び廻転火花式は殆んど用いられて居ない。瞬滅火花式は多数の船舶局に用いられて居るが、之は以前から用いられた関係であって、今後は真空管式がだんだんと船舶局にも用いられる様になるのである。

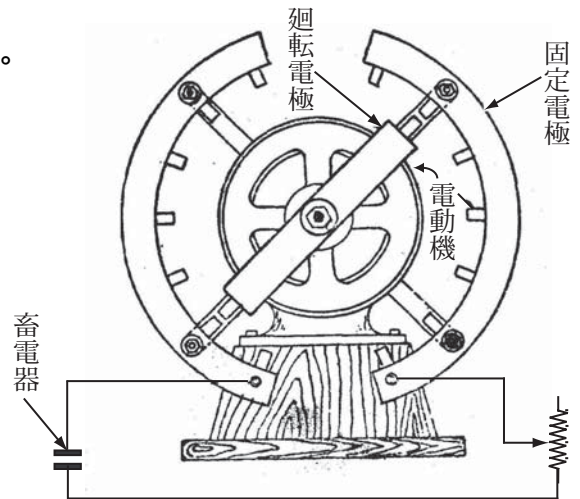
火花間隔 の長さ センチ メートル	放電電圧 (キロヴォルト) 電柱の直径 (センチメートル)			
	0.5	1.5	2.0	5.0
0.1	7.8	4.8		
0.2	7.4	7.4		
0.3	11.3	11.4	11.4	
0.4	13.8	14.4	14.5	
0.5	15.7	17.3	17.5	18.4
0.6	17.2	19.9	20.4	21.3
0.7	18.3	22.0	23.2	24.6
0.8	19.0	24.1	26.0	27.4
0.9	19.6	25.6	28.6	30.1
1.0	20.2	26.7	30.8	32.7
1.5	22.0	31.6	39.0	46.0
2.0	23.0	36.0	47.0	58.0
3.0	24.0	42.0	57.0	77.0
4.0	25.0	45.0	64.0	92.0
5.0	26.0	47.0	69.0	105.0

(1) 普通火花間隙 第7図及第8図は何れも火花間隙の図である。第7図は是も簡単なもので、唯二本の真鍮しんちゆう或は銅の棒が相對して絶縁台の上に立って居る丈けである。火花抵抗は電波に減幅を生ぜしむる最も著しい原因であるから成るべく之を小とせねばならぬ。然るに火花抵抗は一個の長い火花を使用するよりは之を分割して数個とし、其各所の長さが所定の火花長になる様にした方が遙かに抵抗が小さいから第8図の如き所謂マルチ・ギャップ (Multi gap) 式に作ることもある。

此種の間隙に於ては火花の爆音、電極の腐蝕、及電弧の発生等の缺点がある。此爆音を防ぐために、火花間隙を硝子の箱又は陶器製の箱に入れ、サイレンサーを付けて音を防ぐものもある。電極の腐蝕を少なくするには、特殊の合金を用いることもあるが、普通は真鍮しんちゆうを用いる、電弧の発生を防ぐには寒冷なる空気を圧搾して、之を以て間隙を吹き電弧を吹き消すのが最も有効であるから、一般に此方法が用いられて居る。無電弧金属 (non arcing metal) を用いても多少の効果がある。

火花間隙の放電電圧は火花間隙を形成して居る電極の種類、形状、大きさ、電極の周囲の気体の種類、圧力並に其間隙長に関するものであるが、普通の空気中に於て火花放電を起す場合、其間隙長と放電電圧との関係は左表に示す通りである。

(2) 廻転火花間隙 普通火花間隙は電極が熱の為め腐蝕し、従って火花が飛

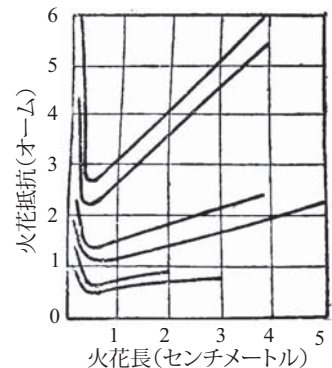


第9図

んでから其間隙に電弧が発生し、為めに火花間隙としての役目を果すことが出来ぬ様になることがある。此等の缺点を補いたるものに廻転火花間隙と云うものがある。これはマルコニー氏の発明した物で、第9図の如く廻転電極と固定電極とあって、廻転電極は電動機の軸に取付けられ、速度は調整器で任意に加減し得るのである。固定電極と廻転電極とが相對した時に火花が其間隙(二ヶ所ある)を通じて飛ぶのである。廻転電極は廻転して行くから次の火花は次の固定電極と廻転電極とが相對した時に飛ぶのである。従って火花が飛んでから、電弧が発生することは絶対にないのである。此火花間隙に依る火花の放電数は固定電極と廻転電極との相對する数に關係するのである。そして廻転電極をまわす電動機のを加減して、電源の交流の周波数の半サイクル毎に廻転電極と固定電極とが相對する様にすると、交流の半サイクル毎に一回火花放電をする。かかるものを同期廻転火花間隙 (synchronous rotary gap) と云う。然も火花は常に交流の半サイクルの最大である時に、発生する様に調整するのである。實際に於ては同期電動機で廻転電極をまわすか、又は廻転電極を電源たる交流発電機と同一軸に取付け其電極数は交流機の電極数と同一としてるのである。

此同期火花間隙の利益は、火花の発生が整一である為め對手局に与うる受信音が清らかなる事、大電力に使用しても電弧が発生せぬこと、及廻転するから自然と風を起し、電極を冷すことである。加之交流が最大値となつた時に火花間隙が最も小となり、此所で火花が飛ぶが、此点を過ぎると火花間隙は大となり急に抵抗が増すから、一極の瞬滅作用(瞬滅火花間隙の處で説明する)を持って居るとも謂われて居る。

(3) 瞬滅火花間隙 ^{ドイツ} 独逸人ウィーン教授が、極めて小さい火花間隙を有する振動電路では、振動電流が発生しても直ちに減衰して無くなって仕舞う、即ちダンピング (damping) の非常に大きい振動が起ると云うことを発見した。之は極めて小さい間隙を有する火花間隙の火花抵抗 (spark resistance) が非常に大きい為めである。一体火花間隙の絶縁抵抗は元来甚だ大であるが、一度火花が飛ぶと電極が熱せられ且其間の空気も熱せられて良導體となり、恰も電線で間隙を結んだような状態となる。此場合の火花の持つて居る導體抵抗を火花抵抗と云うのである。此抵抗は火花間隙の長さによって異なるもので、其關係は第10図に示す通りである。即ち振動電路の電氣容量が小さい時は間隙の長さが約3ミリメートル、電氣容量



第10図

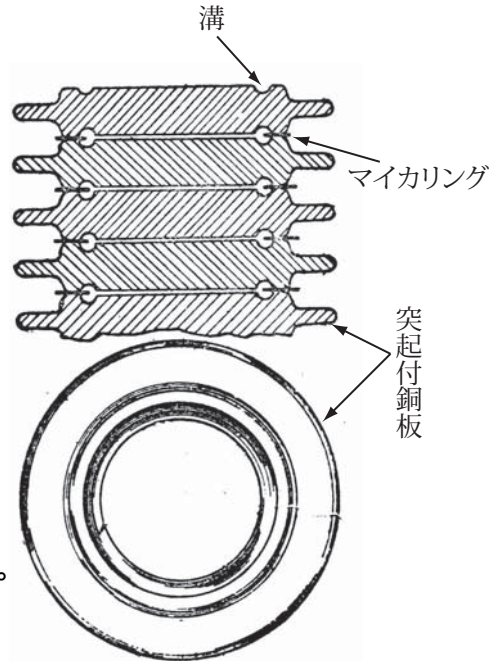
の大きい時は間隔の長が約6ミリメートルの時に最小であって、之より間隔が長くなっても短くなっても、其火花抵抗は増すのである。而して間隙長が短くなる時は急に火花抵抗が増し、其間隙が0.3ミリメートル以下になると、火花抵抗は殆んど無限大となるのである。斯く云う間隙長の極めて小さい火花間隙を有って居る振動電路に火花放電を起す時は、其抵抗が非常に大きい故、振動は数回の振動をなすのみで、直ちに衰滅するのである。斯く云う火花間隙を瞬滅火花間隙と云い、其作用を瞬滅作用と云うて居る。

今閉振動電路(又は一次電路)に瞬滅火花間隙を用い空中線電路(又は二次電路)と結合して、火花放電を行う時は、閉振動電路に於ては振動が起って瞬間に消滅して仕舞う。之に反し空中線電路には、ダンピングの少ない単一振動電流が発生するのである。(普通火花の時はテスラ・コイルの密結合の時は二つの波長を異にせる電波が発生するが、瞬滅火花の時は密結合を用いても長短二電波を発生しないのである。)

瞬滅火花間隙の構造は種々あるが、独逸テレフンケン式のもの第11図の如くである。銅の円板を図の如く数個集めその間にマイカ・リングを挿んで絶縁し、中央の円板間に火花が発生するので、其間隙の長さはマイカ・リングの厚さに等しいのである。熱を発散する為めに銅板に大きい縁がつけてある。我逡信省式のもの第12図(a)に示す如く電極としては同形の銅板(火花発生面には銀の薄板が蝸付けされて居る)二個を用い、其間に厚さ約0.1ミリメートルのマイカ・リングを置き、互に絶縁してある。斯くして作られた幾組の火花間隙を支持金物で組合せて使用するのである。而して歯車装置で一方の電極を徐々に廻転して火花放電面を更新し、間隙のある一点で火花が出来て、之が短絡する事を防ぎ、且つ圧搾空気をアルコールの瓦斯体となったものと共に間隙に吹き込み、電極を冷却すると同時に電弧の発生を防ぎ、放電を有効とする様に出来て居る。

此方式が普通火花式に優る点を列挙すれば次の通りである。

(a) 普通火花式にては単一電波を発生せんとせばテスラ・コイルの結合を疎とする必要上、自然能率を悪くするが、此方式では或程度迄結合を密とするも単



第11図

一電波を発生することが出来るから送信能率がよい。

(b) 発射電波のダンピングが少ないから受信側に於ける同調鋭敏であって混信を避け易い。又他に妨害を与うことが少ない。

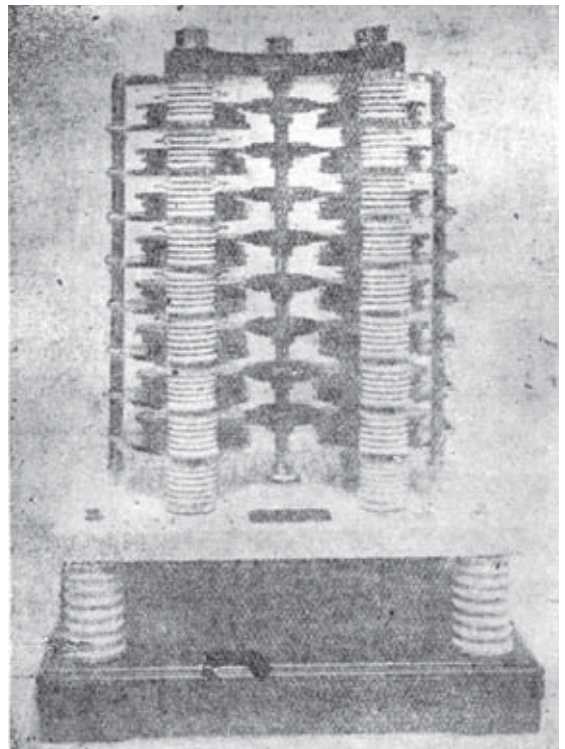
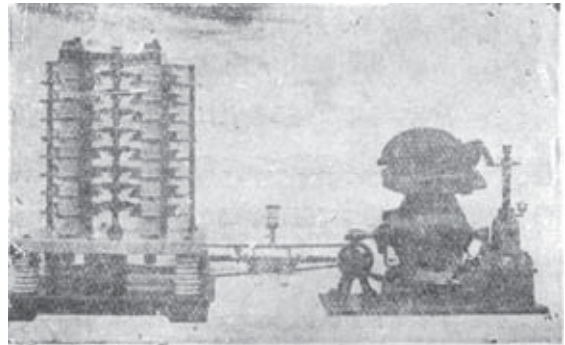
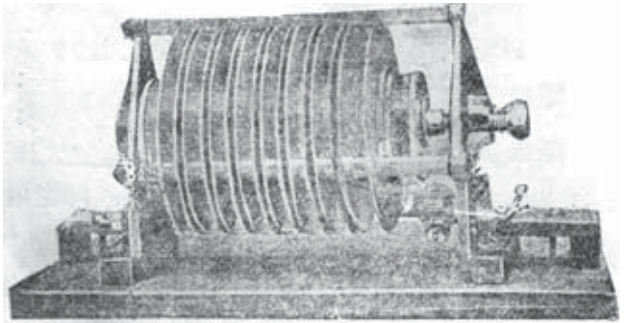
(c) 火花放電による音響が普通火花に比べて、至って低く、送信に際し通信の漏洩ろうえいを防ぐことが出来る。又船舶に於ては安眠を害することがない。

(d) 間隙一個につき約500ヴォルトで有効なる火花放電をなさしめることが出来るから、普通火花に於ける如き高圧を使用せず、比較的低い電圧でよいから、送信用蓄電器、電力変圧器の絶縁を低くし得て価格が著しく軽減される

(e) 電源に高周波を用いて楽音火花を発生し易いから、受信側に対して美妙なる音色を与えることが出来るのみならず、空中電気と容易に聞き分けることが出来る。

5 送信用蓄電器

送信用蓄電器は送信電力に応じて、其電気容量及び耐圧力が違うものである。何となれば蓄電器に貯えられるエネルギーは $\frac{1}{2}CV^2$ (C は電気容量、 V は電圧)であるからである。実際に於て電圧は数千乃至数万ヴォルトであるから、蓄電器は此の高圧に充分耐え得る絶縁耐力を持って居らねばならぬ。又電気容量を大きくするには、誘電率の大きいものの方が蓄電器の



第12図

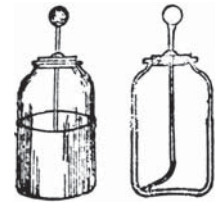
ねばならぬ。又電気容量を大きくするには、誘電率の大きいものの方が蓄電器の

形が小さくて済む利益があるが、ダイエレクトリック・ロス (Dielectric loss) が多くなり勝ちである。此の点を考慮に入れて、送信用蓄電器の誘電体として最も好ましい条件は凡て次の通りである。

- (1) 誘電率の大きいこと
- (2) 絶縁耐力の大なること
- (3) ダイエレクトリック・ロスの少なきこと
- (4) 永く使用するも変質しないこと
- (5) 価格低廉にて取扱い簡便なること。

此等の条件を盡く満す物質はないが、次に挙げる物質は送信用蓄電器の誘電体として、普通用いられるものである。

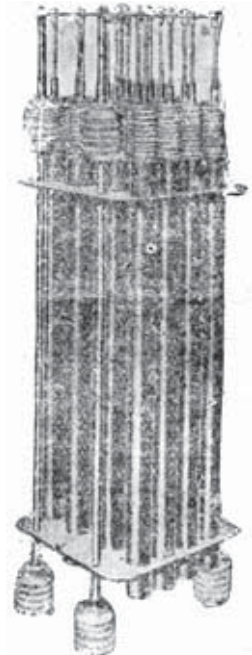
(1) 硝子 誘電率は硝子の種類によって異なるが、凡そ7(4乃至10倍)である。其絶縁耐力も可なり大で、一ミリメートルにつき28,000ボルト位であるから蓄電器の太さを可なり小さくすることが出来るが、ダイエレクトリック・ロスが多く、永く使用すると、其の質を損ずると云う缺点がある。



第13図

(2) マイカ 誘電率は種類によって違うが約8(4位のものもあるが)である。而して其絶縁耐力は非常に高く一ミリメートルにつき約60,000ボルトであるから形が最も小さく出来る。

(3) 空気 絶縁物として、他の物質を用いず、ただ単に電極を空气中に置いたものがある。之はダイエレクトリック・ロスは無いから、理想的であるが其の誘電率は1で絶縁耐力は一ミリメートルにつき約3,000ヴォルトであるから、蓄電器の形が非常に大きくなり、場所を広く取ることと、取扱が非常に不便であると云う缺点がある。



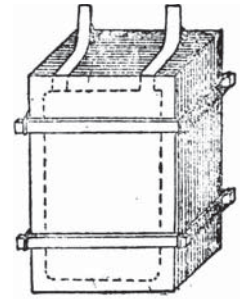
第14図

送信用蓄電器の種類はいろいろあるが、大体次の通りである。

(1) レイデン瓶 (Leiden jar) 之は第13図の如く硝子瓶の内外に錫箔をはったもので、一個の容量はあまり大きくないから、数多く並列に使用するのである。最近に於ては殆んど用いられない。

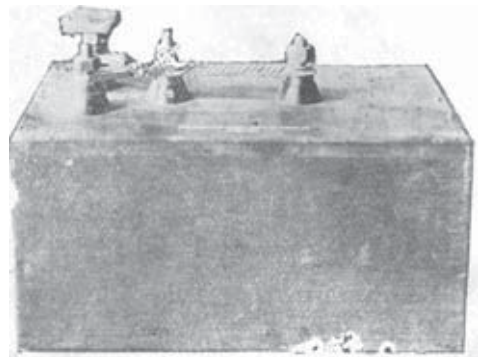
(2) モシキー蓄電器 (Moscicki condenser) これは第14図の如く、硝子の管の内外面に錫鍍金をしたもので、幾本も一所にして、之等を並列に接続して使用する。独逸のテレフンケン会社では之を用いて居た。

(3) 平面板硝子蓄電器 (Parallel plate glass condenser) 之は第 15 図の如く硝子板とブリキ板とを交互に組合せ、ブリキ板からはターミナルを出し、此ターミナルは一板おきに一所にして一を陽電極、他を陰電極とするのである。ブリキ板と硝子板との間に空気が入って居ると硝子板が破れ易いから、全体を油の中へ入れる。之を油入蓄電器と云うて居る。又油の代りに、蓄電器全体を壘詰とする。即ち黄蠟、松脂、及パラフィンの混合物を熱で溶かし液体状にして、蓄電器の隅々迄此壘を入れ、冷却して凝結した後用いるのである。之を壘詰蓄電器と云うて居る。此種の蓄電器は最も広く使用されて居る。



第 15 図

(4) マイカ蓄電器 (Mica condenser) 之は絶縁体としてマイカを用いたもので、ジュビリエー (Dubilier) 会社で作るからジュビリエー蓄電器とも云うて居る。マイカの絶縁耐力が大きいから非常に小型に出来るのが、此蓄電器の長所で、最近に至って広く使用せられる様になった。第 16 図は此蓄電器の写真である。

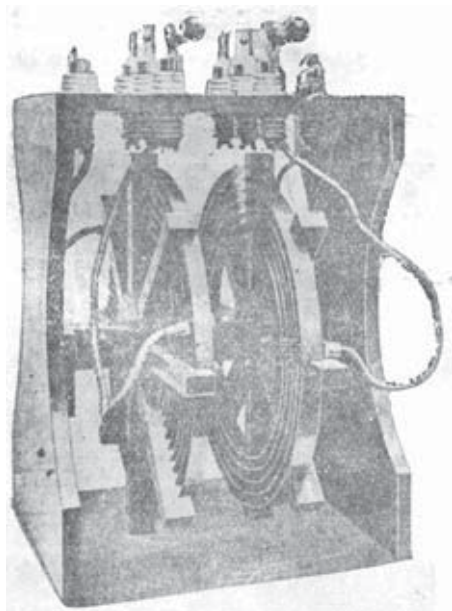


第 16 図

(5) 空気蓄電器 (Air condenser) 受信には主として空気蓄電器を用いるが、送信用に用いるのは稀である。普通大きなブリキ板を相対して空気中に置き、(勿論絶縁物で天井から吊すとか、床と絶縁して取付けるとかしてある) 一板おきに一所に結び付けて一方を陽電極、他方を陰電極とするのである。

6 振動電流変成器

振動電流変成器は一次閉振動電路に発生した振動を、空中線電路へ伝うるものであって、一次電路のエネルギーを二次電路へ伝達するのが其役目の主要なるものである。それと同時に之等振動電路のインダクタンスとしても働くのである。

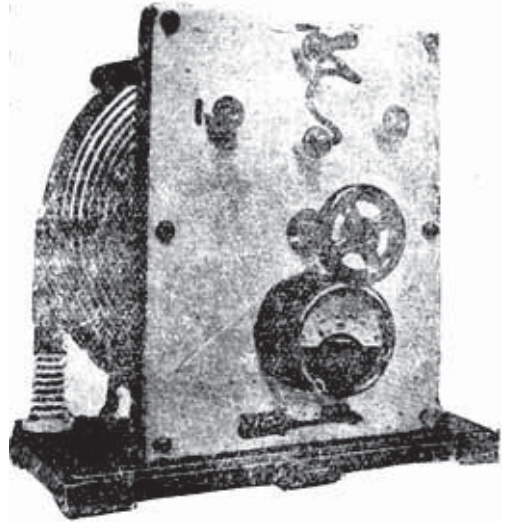


第 17 図

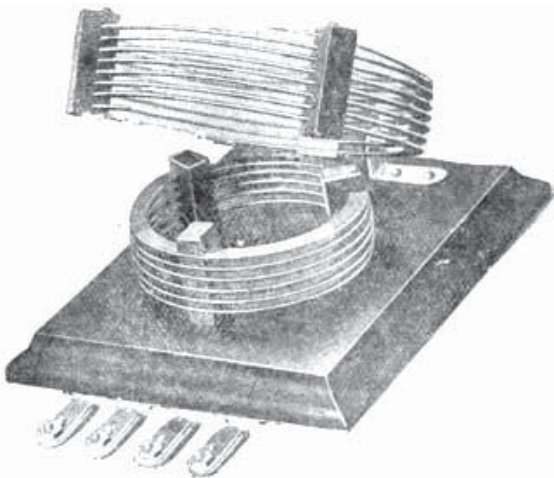
普通火花式に用いられるものは第 17 図に示す如く二個の銅帯をスパイラル型に巻き、之等を相對せしめ、其距離を変えることよつて、結合度を変えて単一電波を発生する様に調整の出来る様に作られて居る。

瞬滅火花式に使用せられるものは第 18 図の如く、単に一個のコイルであるが、其内の一部を一次捲線として用い、他の部分（一次捲線は共通に）を二次捲線として用いるのである。即ち単捲変圧器である。前面の大理石盤にスイッチを置き、これを切り換へることによつて捲回数を変へ、従つて電路の波長を変えることが出来る。又ハンドルによつて捲回数を少し変へて同調を取ることが出来る様に作られて居る。

コイルがヘリックス型のものもある。（第 19 図）



第 18 図



第 19 図

一次電路と二次電路とを結合する場合には、両電路の固有波長を同一とし、送信装置を働作して発射せられる電波を電波計で検出して、若し長短二波（一は固

有波長より長く、他は固定波長より短し)が発射せられて居るならば、テスラ・コイルの両捲線を今少しはなして結合係数を小とし、単一電波の発射せらる迄調整するのである。此事柄を式で示せば次の通りとなる。

$$\lambda_1 = \lambda_0 \sqrt{1+k}$$

$$\lambda_2 = \lambda_0 \sqrt{1-k}$$

但し $\lambda_0 =$ 固有電波長

$\lambda_1 =$ 発射電波中の長きもの

$\lambda_2 =$ 発射電波中の短きもの

$k =$ 結合係数

k が小さくなるに連れて λ_1 と λ_2 とは λ_0 に接近して来て、 k が零の時は

$$\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_0$$

となるのである。

長短二波発射せられることは有害無益である。何となれば、

(a) 相手の受信機は一般に只一波を受信し得る様に調整されるから、一波のみ有効で他は無益である。

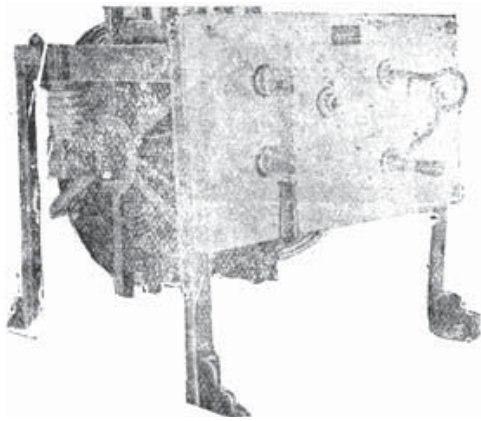
(b) 無益であるのみならず、他局に妨害を及ぼすから有害である、通信に役立つ電波が他に妨害を与うことは己むを得ない(成るべく少い方がよいが)としても、通信に役立たない電波の発射により、他が妨害されることは忍ぶことの出来ぬことである。

7 送信用インダクタンス・コイル

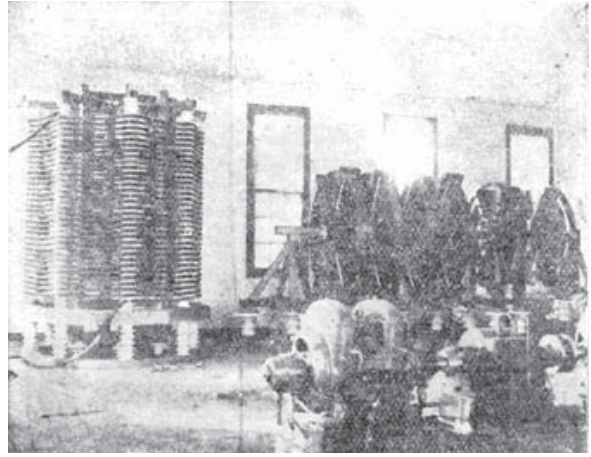
此コイルは空中線電路に挿入して、一次電路と同調を取るが為めに使用されるのである。故に之を空中線同調コイル (Antenna tuning coil) とも云われて居る。又一个の空中線を用いて数種の異なる電波長の電波を発射せしむるには、此コイルの捲回数をかえることによって容易になされるのである。勿論之と同時に一次電路の蓄電器容量なりテスラ・コイルの一次線の捲回数を変えて、一次二次両電路を同調せしめるのである。

空中線の固有波長(空中線に何も接続せざる場合の空中線が有って居る波長)は空中線の大きさ、形状によって一定であるから、之よりも長い電波を使用し度い時には、空中線に直列にインダクタンス・コイルを挿入するのである。

インダクタンス・コイルは第 20 図の如く、銅帯をスパイラル型に捲いたものと、第 21 図の如くドラム型に捲いたのとある。之等は其捲線の途中からタップ



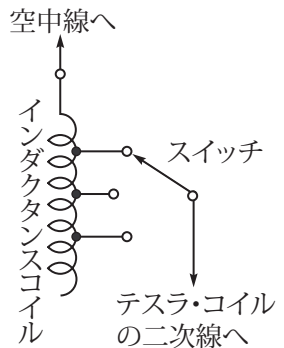
第 20 図



第 21 図 磐木無線局のドラム型インダクタンス

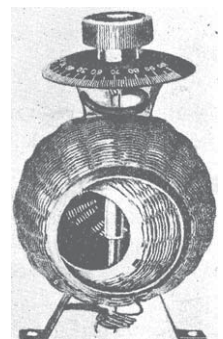
が取ってあって、之を変えることによって使用巻回数をスイッチで容易に変更することが出来る。(第 22 図参照)

インダクタンス・コイルの一種でバリオメーター (Variometer) と称する可変インダクタンスがある。之は二個のコイル間の相互誘導係数を少しづつ変更することによって、インダクタンスを極めて僅かづつ連続して変更し得るものである。普通インダクタンス・コイルと直列に接続して用い大体の処はインダクタンス・コイルの巻回数を変えてなし、極めて精密なる調整はバリオメーターで正確に行うのである、即ちバリオメーターの勝れる点はインダクタンスを連続的に変化出来るから極めて微細の同調を容易に取ることが出来ること、及其の値を変化する時に於ても、スイッチを切りかえないから、送信を中止したりすることがないことである。



第 22 図

バリオメーターの構造は種々あるが、二個のコイルを対立させて之を直列に接続し、其距離を加減してインダクタンスをかえるものがある。又二個のコイルを第 23 図の如くコイルの内側に置き、前者は廻転し得る様にし、後者は固定してあるのである。此場合に於て、バリオメーターのインダクタンスは $L_1 + L_2 + 2M$ から $L_1 + L_2 - 2M$ 迄に連続的に変更することが出来るのである。但し L_1 は固定コイルのインダクタンス、 L_2 は廻転コイルのインダクタンス、 M は両コイルの相互インダクタンスである。



第 23 図

而して両コイルの面が一致ししか而も巻き方が同じであれば、インダクタンスは最大

で $(L_1 + L_2 + 2M)$ となり、両インダクタンスが直角の位置にある時は $(L_1 + L_2)$ となり、尚お廻転コイルをまわして両コイルの面が一致するが捲き方が反対となればインダクタンスは最小で $(L_1 + L_2 - 2M)$ となるのである。

8 空中線蓄電器

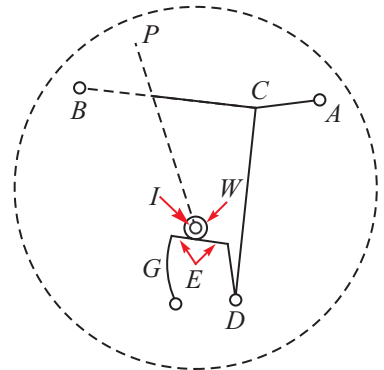
空中線の固有波長が所要の使用電波長よりも長い場合には空中線に蓄電器を直列に入れて、其目的を達することが出来る。何となれば蓄電器を空中線に直列に入れば、全体の電気容量が小となるから、波長も小となるからである。其構造は送信用蓄電器と同じであるが、普通平板硝子蓄電器を用いるのである。

実際に於て空中線蓄電器を用いることは望ましいことではない。寧ろ空中線を小さく作った方がよいのであるが、そうすると長波長の時に非常に沢山のインダクタンスを用いねばならぬから、所要波長の最も大切なるものに適当な空中線を作り此波長より長いものに対してはインダクタンス・コイルを多く入れ、此波長より短いものに対しては空中線蓄電器を使用するのが普通である。

9 空中線電流計

空中線電路に通ずる電流を空中線電流と云い、其大きさは空中線の根基に於て熱線電流計を以て測るのである。云う迄もなく此電流は振動電流であるから、之を測定するには熱線式のものでなければならぬ。

熱線電流計の構造は種々あるが独逸のハルトマン・ブラウン (Hartman Brown) 会社で作るものは第 24 図の如き原理を有するものである、図に於て AB は白金と銀との合金で造った細い強い電線（之を熱線と云うて居る）で之に CD なる他の細い線が附けてある。 B と D とでは唯電線が止めてあるだけであるが、 A の処には一つのスプリングがあって、之で AB の張り具合が加減出来る。 CD には E なる細い糸が附けてあって、此糸は W なる小さい車にまきつけら

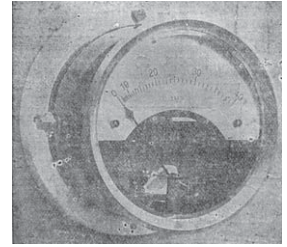


第 24 図

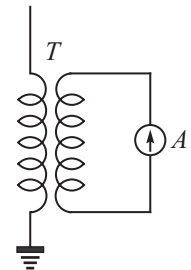
れて、之が G なるスプリングで左方に引張られて居る。 W なる車の軸 I に指針が取り付けられてあって熱線に電流が通って居ない時には、指針が 0 を指す様に AB の張り具合が定められて居る。然るに AB に電流が通れば之に熱が発生して（熱は電流の自乗に比例する）為めに熱線が膨張し、従って CD 線が弛むから E なる糸は G なるスプリングの力で左方に引かれる。其結果 W は左の方に廻るから指針 P は右の方に動いて、或目盛を指すのである。此指針の振れる度合は熱線に通る

電流によって違うので電流が大なれば大なる程、沢山振れるのである。

実際に於て熱線としてあまり太い線を用いないから、之に大電流を通ずることは出来ぬから、此熱線とシャントに抵抗を入れ、大部分の電流はシャントの方を流れ、一小部分の電流が熱線を通る様に作られて居る。然し此シャント抵抗は普通直流又は低周波の交流に用いる様な熱線電流計の如く単に一定の電気抵抗を持って居れば、其形状はどうでもよいと云うことは出来ないのである。何となればシャント抵抗が若しインダクタンスを少しでも持って居れば、其リアクタンスは周波数によって違うから、同じ電流を測る場合に於ても其周波数又は波長に依って熱線とシャント抵抗とに分配される電流が違うから指針は同一の振れをせずして、異なる読みを与えるのである。之れ故に大電流を測定する熱線電流計は第 25 図の如く、ドラム型に作られ各熱線をか



第 25 図

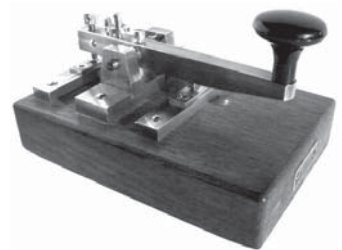


第 26 図

ず各熱線に一樣に分流するから、其内の一本の熱線に指示装置（第 24 図の如き）を付けて置けば周波数に関係なく、振動電流の大きさを正確に読むことが出来るのである。然し非常に大なる電流例えば何百アンペアと云う様なものに対する電流計は、型が非常に大きくなるから、第 26 図の如く変流器 (Current transformer) と小型の熱線電流計とを用いる方がよい。但し電流計には実際に於て小なる電流が通るけれども、其目盛は空中線に通る大なる電流によって、目盛されて居るのである。

10 電 鍵

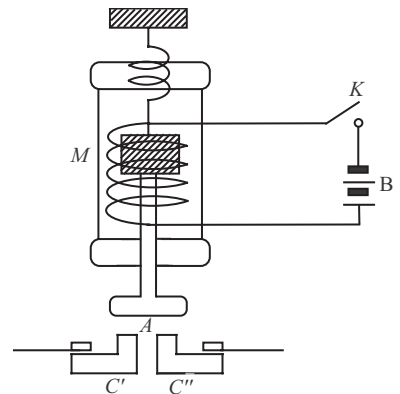
電波を単に発射するのみでは通信が出来ないから、電波の発射を電信符号に従って発射せしめる必要がある。此電信符号即ち長短の点を組合して、或る文字を表わす所の符号を出すには、確實敏速に之を行わねばならぬ。之を行うには電路の開閉を電鍵と云う一種のスイッチでなすのである。有線電信に於ては其取扱う電流が小で且つ電圧も低いものであるから、小さい接点を持った電鍵で十分であるが、無線電信に於ては電圧も電流も大であるから、電鍵も之に応じて、設計せられねばならぬ。



第 27 図

電力が約三キロワット以下である場合は交流機から変圧器に至る間に電鍵を直接入れて、之を開閉するのである。電力が3キロの場合に於て電圧が250ボルトなれば電流は12アンペアであるから電鍵の接点はこの電流を断続するに十分な面積を有し、電流による熱のために損焼せないものでなければならぬ。接点には白金が最もよいが、高価であるから銀を用いるのが普通である。第27図は其一例である。

電力が3キロ以上に於ても、電鍵によって直接変圧器の一次側を開閉することが不可能ではないが、電鍵が大きくなり、之を動作するのに可なり手が労れるし、早く動作することが出来ぬから、此場合に於ては第28図の如く中介電鍵 (Relay key) を用いるのである。Kは手動電鍵で之は小さなものでよいのである。之を直流電源Bと中介電鍵のコイルとの回路中に入れて、此電路を開閉すると其れに応じて中介電鍵のブランジャー (図のAであるが其上部のみ鉄である) は上下するのである。即ち電鍵を押せばコイルに電流を通じブランジャーは下方に引き下げられるからC', C''はAで接続せられ、ここに交流回路は閉じられるのである。Kを上ぐればコイルに電流が無くなり、ブランジャーを引き下げる力が無くなるから、上部のスプリングの力によって上方に動き交流回路は開かれるのである。



第28図

接点の大小は断続する電流の大小によって定まるのであるから、電流の大なるに従って接点の面積を大きくするのであるが、あまり大きいものであると早く動作することが出来ない、それ故に高速度通信に用いる電鍵は成るべく動作部分を軽く作り接点の面積が小さい場合には、こういう中介電鍵を数個並列に使用するのである。此場合には各中介電鍵の動作が一様である様に調整することが極めて必要なことである。何となれば其中の一つでも動作が遅れるとせば、残りのもので全部の電流を開閉するから一個当りの電流が増す為めに接点が悪くなるからである。

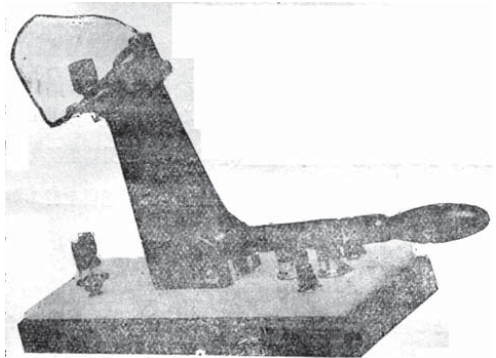
数百キロワットと云う大電力を用いる場合の電鍵装置は二段にも三段にも中介電鍵を使用するのである、即ち最初の電鍵は極めて僅かな電流を断続し、之によって副中介電鍵を動作し此中介電鍵の接点は主中介電鍵のコイルに通ずる電流を断続し、其結果主中介電鍵の接点しごうが閉閉するのである。而して主中介電鍵の接点は交流回路に入れられてある。

変圧器の一次側に電鍵を入れるのと、二次側に入れる場合とある。電力が小で、中介電鍵を用いない場合は必ず変圧器の一次側即ち低圧側に入れるのである。高压側に入れると危険であって、人体に危険を及ぼすからである。中介電鍵を使用する場合に於ては高压側に入れてもよい。高压側に入れる利益は同じ電力の場合に於て電流が少いから接点が小さくても損焼することがないという点である。然し高压に耐えるだけの充分の絶縁が必要である。

11 送受転換器

無線電信は有線電信と異なり、無線電信で電信符号を出すと、其電波は四方に発射せられるから何処でも之を受けることが出来る。従って自局で通信して居る時、自局の受信空中線には極めて強勢な電波が感じ受信機を焼いて仕舞うことがある位であるから、遠方の相手局からの電波を感受することはとても出来ないのである。即ち二重通信は出来ないから、普通は単信通信をして居るのである。而して一つの空中線を以て或時は之を送信機に接続して送信をなし、送信が終つて相手局で完全に受信したか、其返事を聞いたり、又相手局から電報を受けるのである。此場合には勿論空中線を受信機に接続するのであるから、空中線を送信機から受信機へ、又受信機から送信機へ迅速に切り替える装置が必要である。此目的に使用せらるる器具を送受転換器と云う。

送受転換器の構造はいろいろあるが、其一例を示せば第 29 図の通りである。此送受転換器は単に空中線を送受信機に切替える役目のみならず、空中線が受信機に接続されて居る間は、電鍵を押しても火花が出ない様に送受転換器の所で変圧器の一次電路が切断されて居る。送受転換器を送る方にやるとそこで変圧器の一次電路が接続され、電鍵を押すと火花が飛んで通信が出来るのである。



第 29 図

空中線が受信機に接続されて居る時に、電鍵を押して火花が発生する時は、受信機に強勢な電流が発生して、之を焼く虞れがあるから、若し誤って電鍵を押しても、此場合には送信機が働かせぬ様にしてあるのである。又火花間隙に空気を送るとか、火花間隙の電極を廻転する様な時には、送受転換器を送信側に倒せば、此等の電動機電路が出来て、電動機が廻転し圧搾空気を送るとか、電極をまわすとかするが、受信側に倒した時には此等の電路は切断されて、送風

機や電極廻転用の電動機は停止するのである。之は受信の時に不用なものを働作して置くのは不経済のみならず、受信の邪魔となるからである。

大電力を使用する局に於ては送受転換器を働作するのに小さい電動機によるので、遠方からスイッチを入れたり切ったりすることによって、電動機を働かして送受転換器を操縦するのである。しかし一般に大電力は送信局と受信局とを相当距離を離して設置し二重通信を行うから、送受転換器は不用である。

12 インピーダンス・コイル

交流発電機と変圧器との間に入れる鉄心入のコイルであって、大なるインピーダンスを持って居る。交流回路に於ける電流はインピーダンスによって異なるものであるから、電気容量の多い回路にはインピーダンス・コイルを入れて回路の力率を良くすることが出来る、即ち此コイルを入れて交流回路のレゾナンスを取ることが出来るのである。

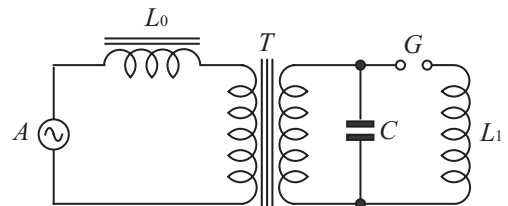
此コイルは火花式送信機の大切な部分ではないが、送信機の調整上には缺くべからざるものである。(次節交流回路の調整を参照せよ)

13 火花式送信装置の調整

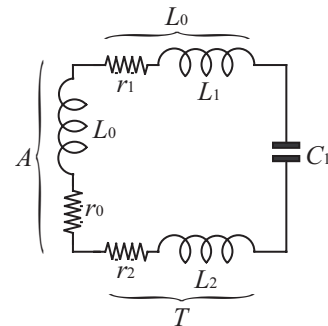
火花式送信装置の調整の内には(1)交流回路の調整と(2)振動回路の調整とある。

(1) 交流回路の調整

交流回路と云うのは交流発電機、変圧器及蓄電器を含む回路を云うのであるが、此回路は交流発電機の周波数に対してインピーダンスの大きいものでは、蓄電器充電に対して不都合である。然し火花が飛んで間隙が火花で短絡される時には、第30図の AL_0TGL_1 なる回路は交流に対して、高いインピーダンスを持つてることになり、振動が起ってこれが減衰して仕舞うた後は、火花間隙の処は電弧が出来ない様にせねばならぬ、之が為めには漏洩リアクタンスの大きい変圧器を用いるのも一つの方法であるが、変圧器の漏洩リアクタンスは少くし、別に交流発電機と変圧器との間に鉄心入りのコイル(第30図の L_0)を入れるのである。此コイルのインピーダンスの大きさを如何にすればよいか。此値を適当とすること



第30図



第31図

が、取りも直さず交流電路の調整である。第30図の電路を簡単にすれば、第31図の如くなる。但し変圧器の二次側のインダクタンスや抵抗等は一次側の等価インダクタンスや抵抗に変えることは勿論である。図に於て

$A =$ 交流機の発電機 (インダクタンス L_0 と抵抗 r_0 を持って居る)

$r_1 =$ 変圧器両コイルの抵抗 (但し凡て一次側に換算してあるから一次コイルの抵抗を r_1 , 二次コイルの抵抗を r_2 , 変圧比を n とすれば, $r_1 + \frac{r_2}{n}$ である)

$r_2, L_2 =$ インピーダンス・コイルの抵抗及びインダクタンス

$C_1 =$ 蓄電器容量、(一次側に換算したものであるから nC である)

而して此電路の固有周波数が交流発電機の周波数に殆んど等しい様するのである。然るに蓄電器の容量は使用電力と火花放電電圧 (変圧器の電圧は之以上とする) とによって決定されるから、インダクタンスを調整して此条件を満すより外ないのである。第31図のような電路に於て、交流発電機の起電力が V で周波数が f である場合には電流 I は

$$I = \frac{V}{\sqrt{(r_1 + r_2 + r_3)^2 + \left\{ 2\pi f(L_0 + L_1 + L_2) - \frac{1}{2\pi f C_1} \right\}^2}}$$

もし

$$2\pi f(L_0 + L_1 + L_2) - \frac{1}{2\pi f C_1} = 0 \quad (1)$$

であれば電流は最大となり蓄電器電圧も最大となるのである、此場合を称してレゾナンス (resonance) と云うのである。(1) を書きかえれば

$$f = \frac{1}{2\pi \sqrt{C_1(L_0 + L_1 + L_2)}} \quad (2)$$

即ち $\frac{1}{2\pi \sqrt{C(L_0 + K_1 + L_2)}}$ は交流回路の固有周波長で之が電源の周波数 f に等しい時にレゾナンスが起るのである。

(2) 振動電路の調整

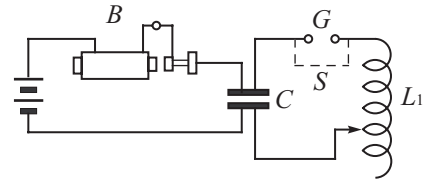
蓄電器容量は使用電力火花放電電圧及一秒間の火花数によって決定されるから、閉振動電路のインダクタンス、即ちテスラ・コイルの一次巻回数は使用波長に

よって定まる。今蓄電池容量を C とし、使用波長を λ とせばインダクタンス L は

$$L = \frac{\lambda^2}{4\pi V^2 C}$$

である。設計する場合は此関係から L を求めればよいのであるが、実際の送信機の調整に当っては、空中線電路を切りはなし、火花を飛ばして閉振動電路から電波を放射し、其波長を電波計で測定し、若し所要の波長より長すぎる時はコイルの巻回数を減じ、短かすぎる時はコイルの巻回数を増し、^{ついに} 終に所要の波長を得る迄、コイルの巻回数を加減するのである。

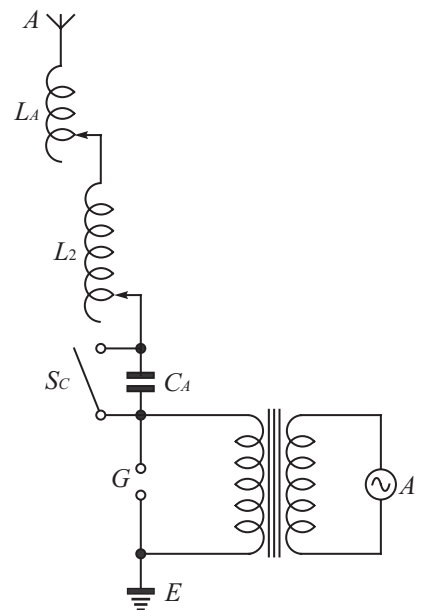
電源としてバザーを用いても簡単に調整が出来る。第 32 図は其接続を示すものである。此場合には火花間隙を短絡して置かねばならぬ、バザー B を働かして CL_1 電路に微弱なる振動を起し、此電路から放射せられる電波を電波計で測定し、前



第 32 図

述の如くして、所要の波長を得る迄コイルの巻回数を加減するのである。波長測定の際に強電流を用いて火花を飛ばしてやる場合は電波計の同調指示装置は熱線電流計又はランプ等であるが、バザーを電源とする場合に於ては電波計の同調は鉱石検波器と受話器とを用いるのである。

次に空中線電路の調整も同様であつて、火花間隙 G (第 33 図) を空中線 A と地気 E との間に入れて、火花放電を起し、電波計で之を受けて其波長を測定するのであるが、先ず第一に蓄電器 C 及空中線インダクタンス・コイル L_A を、電路から取除き (又は短絡してもよい) L_2 のみを空中線電路に入れて、波長を測定し、其波長が所定の波長よりも短い時にはインダクタンス・コイルを入れて、波長を長くし、コイルの巻回数を増して、^{ついに} 終に欲する使用波長とするのである、若し L_2 のみ入れたのに空中線電路の波長が使用波長よりも長い時には L_2 の巻回数を減するのであるが、之は或る巻回数より減ずるとは出来ない。何となれば L_2 はテスラ・コイルの一次巻線と結合して、高い電圧を空中線に誘起せしむる役目をなすであるからである。従つて此場合は L_2 を或る点に止め、蓄電器を空中線に直列に入れ、之を加減して、所要波長を得る手続は前述の



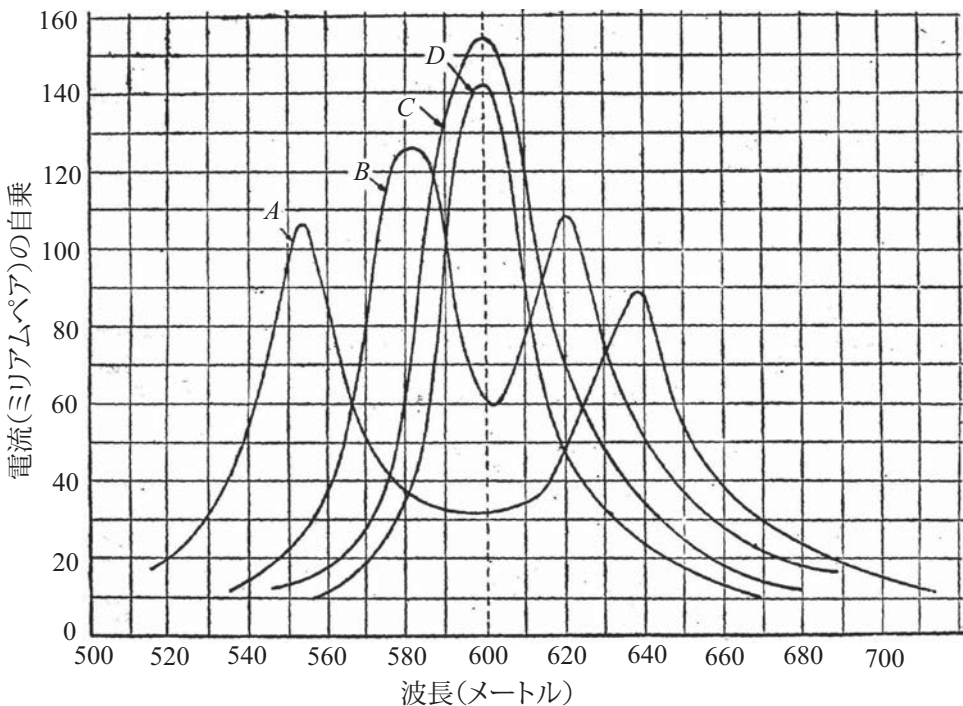
第 33 図

通り、一々火花放電を行い、其の都度波長を電波計で測定するのである。

かく一次電路と空中線電路とが調整出来れば（両電路の波長を同一とする事は勿論である）此両電路を結合し、実際に火花放電を行うて、空中線から発射せられる電波を電波計で測るのである。此時に長短二波が表われるならば、結合が密であるから、テスラ・コイルの一次と二次コイルを少し引きはなし、電波計で再び波長を測定し、此方法を繰り返し終に単一電波となる迄、テスラ・コイルの両捲線をはなすのである。此距離以上に両捲線を引きはなすことは不利益である、何となればエネルギーの損失となるからである。

第 34 図は、此調整を行うた場合に得た同調曲線である。横軸は電波計の波長で、縦軸は之に対する電波計電路に誘発された電流の大きさである。曲線 A はテスラ・コイルの両捲線の距離が 7、B は 12、C は 26、D は 30 センチメートルの時、A 及び B の時は長短二波が発射せられるが C、D の時は単波長となるのである。此場合 C の処で止めて、之以上距離をはなす（D の場合の如く）ことは不可である。

瞬滅火花式に於てオート型振動電流変成器を用いる場合に於ては前述の如く L_1 と L_2 との距離を変えることは出来ない。然し其調整の手続は略同様である。即ちオート型テスラ・コイルの一部分を L_2 とし他の部分を L_2 とせばよいのである。



第 34 図

初め蓄電器と L_1 とを以て一次電路を形り、次に L_2 と空中線及びインダクタンス・コイルを用いて、空中線電路の波長を調整し、次に両者を結合するのである。結合した時に於て、更に送信装置を働かし、電波計で長短の二波が発生して居ないかを検出するのである。瞬滅火花式の場合は結合が可なり密であっても二波は表われない。而して波長が単一である範囲内に於ては結合を密にする方が得策である。而してオート型テスラ・コイルに於ける結合度の疎密は一次二次両コイルに供用する部分の多寡に依るのである。

尚お波長の調整の外、音調の調整 (Tone tuning) をするのである。蓄電器の充放電により、減幅振動が発生するのであるが、其火花放電が規則正しく交流電源の半サイクルに一回づつ行われるならば、受信音は規則正しき調子の音を発するのである。然るに普通の電路の状態では電鍵を接下して負荷をかけると電圧降下し、反対に電鍵を上げると電圧が昇り、送信中電圧が不同であるために交流の半サイクル毎に一回火花放電が行われず電圧の高い或時には、半サイクルの間に二度も火花放電が起ると云う様なことがあって火花放電が不規則に起れば、受信に当って受話器に与える音の調子も不規則になるのである。此火花放電回数を規則正しくするには交流回路のレゾナンスを取り、然る後に無誘導抵抗を挿入し、一方過大の電流を防止すると同時に負荷の変化による電圧の変化を小ならしめ、実地に於ては第 35 図の如き、簡単なる受信装置で (音調試験器と称す) 受信しながら調整するのである。抵抗を入れるから、幾分損失が起り、空中線電流は若干減ずるも、受信側於ては受信音が澄んで、音色がよいために却って利益である。



第 35 図

14 火花式送信装置の波長電力及通達距離

火花式送信機の波長は使用電力によって異なるも、大体 8,000 メートル以下である。小電力を使用するものは 100 乃至 250 メートルで 1 キロ乃至 7 キロ位のもは 300 乃至 2,000 メートル、其以上の電力の場合は 2,000 メートル以上に使用するのが一般の標準である。

小規模無線に於ては 200 乃至 500 ワット、船舶局にては 1 キロ乃至 7 キロ、海岸局は 3 キロ乃至 15 キロである。遠距離通信をなす固定局にては 25 乃至 100 キロ位の電力を使用するが、持続電波式無線電信が発達したので、遠距離用には使用されない、又混信を甚しく及ぼすから、固定局通信には火花式を用いることは禁ぜられる様になる。

高周波瞬滅火花式の使用電力に対し空中線電流が如何程であるかと云うに、之れは送信機の能率、空中線抵抗の大小等によって違うが、数千トン位の船舶に装置した場合は凡そ次の値を持っている。

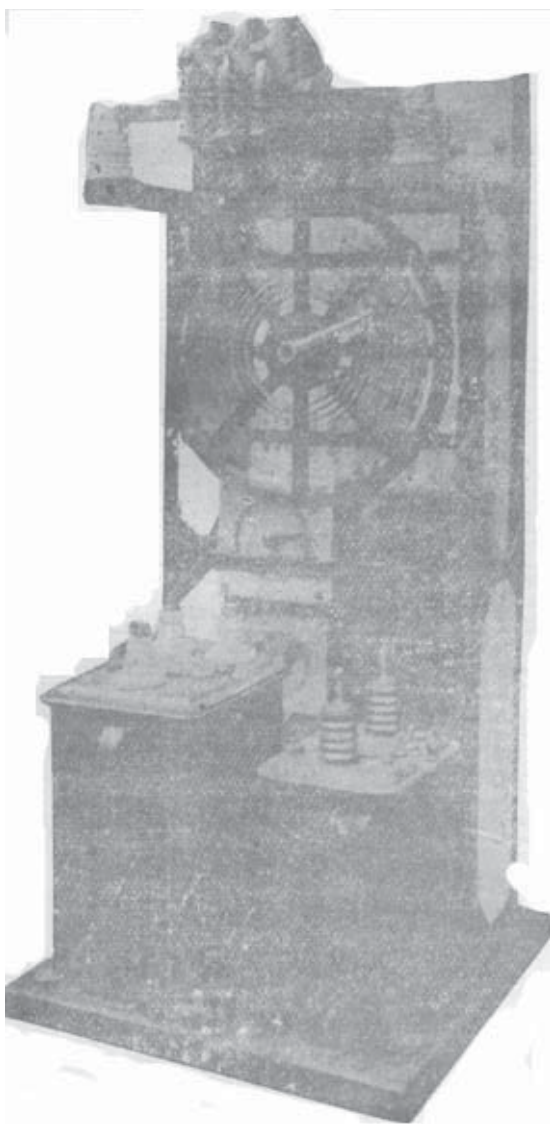
使用電力 (ワット)	空中線 電 流 (アンペア)	通常通 達距離 (キロメートル)
250	3	150
500	4	200
1,000	6	400
2,000	10	600
3,000	14	800
5,000	17	900
7,000	22	1,000

陸上局に於ては空中線抗抵が船舶局のものより大きいから、一般に前記の値より二三割位は少いのである。

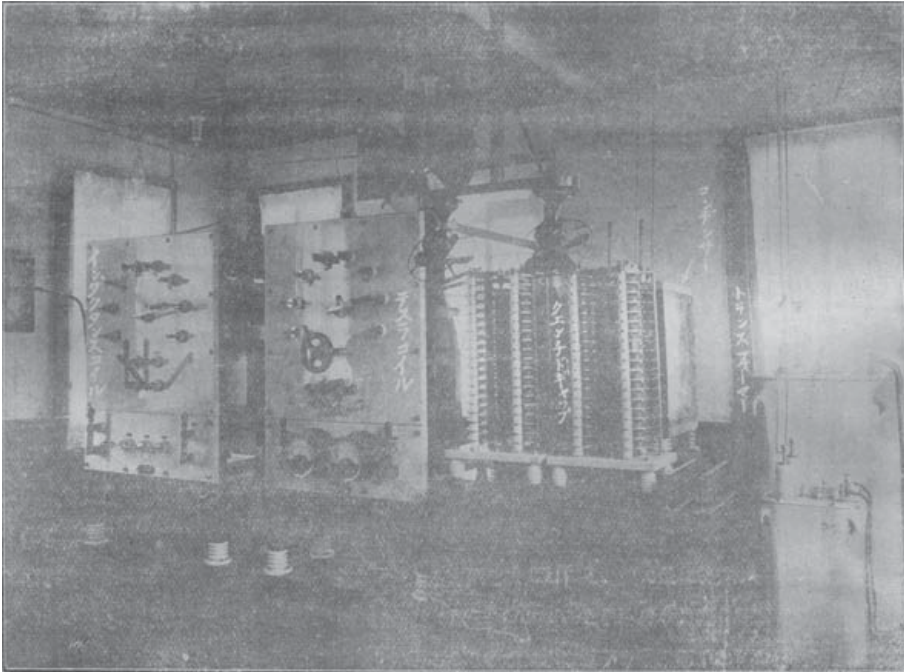
次に通達距離は空中線の高さ、使用電波長、受信機の感応の良否、送受信局間の地勢等によって非常に違うものであるが、受信機は増幅機を有って居ない真空管受信機で、送受信局間に大した遮蔽物がない場合に於ては大体前表に掲げた位のものである。使用電波長 600 メートルで、空中線は此の波長に都合のよい大きさのものを用いた場合の値である。

15 火花式送信機の実例

火花式送信機を構成する機器は成るべく場所を取らない様に組立てられる。第 36 図は逓信省瞬滅火花式 3 キロワット送信機、第 37 図は大電力火花式装置の写真図である。



第 36 図



第 37 図

本 PDF は、

『無線科学大系』(誠文堂無線実験社, 1930年5月第8版) 所収
を元に作成したものです。

PDF 化にあたって、旧漢字は新漢字に、仮名遣いは新仮名遣いに変更した。漢字の一部には振り仮名をつけた。

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://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/>

に、収録してあります。

ラジオの回路図を
ラジオ回路図博物館

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/radio/radio-circuit.html>

に収録してあります。