

REALE ACCADEMIA D'ITALIA

SCRITTI

DI

GUGLIELMO MARCONI



ROMA

REALE ACCADEMIA D'ITALIA

1941-XIX

NUOVI METODI PER LA PRODUZIONE DELLE OSCILLAZIONI ELETTRICHE CONTINUE E PER LA LORO UTILIZZAZIONE NELLA RADIOTELEGRAFIA (*)

(*) In " Rendiconti della R. Accademia dei Lincei ", Classe di Scienze fisiche, matematiche e naturali, Anno CCCXI, 1° marzo 1914.

Può affermarsi che, dal suo inizio sino ad oggi, la radiotelegrafia è stata praticamente realizzata mediante l'utilizzazione di oscillazioni elettriche discontinue, cioè di gruppi successivi di oscillazioni di ampiezza decrescente, prodotte dalla scarica di un condensatore o bottiglia di Leyda.

Le onde elettriche prodotte dalla scarica di un condensatore furono intravedute da Henry e da Lord Kelvin, poi studiate matematicamente da Clerk Maxwell e finalmente rilevate sperimentalmente da Hertz.

È ora ben noto che, allorchè due conduttori a differente potenziale vengono messi elettricamente in contatto l'uno con l'altro, per esempio, mediante una scintilla, dato che la resistenza del circuito non sia troppo elevata, i conduttori raggiungono il medesimo potenziale solo dopo un numero più o meno grande di oscillazioni elettriche e per conseguenza i conduttori divengono per breve tempo sede di una corrente alternata che può essere di altissima frequenza.

Se uno dei conduttori è la terra e l'altro un filo verticale, si ha la parte essenziale del sistema col quale iniziai nel 1895 le mie prime esperienze sulla radiotelegrafia. Perfezionamenti successivi hanno aumentato la sicurezza e la portata di trasmissione degli apparecchi. A tale riguardo è assai notevole il progresso assicurato alla radiotelegrafia dall'accoppiamento sintonico dell'antenna ad un circuito oscillante, come è indicato nel mio brevetto inglese dell'aprile 1900 e nella conferenza che tenni alla Society of Arts di Londra il 15 maggio 1901.

Lo smorzamento o il decremento delle oscillazioni generate nel modo al quale ho accennato e l'intervallo di tempo che separa i gruppi di oscillazioni consecutivi (intervallo reso necessario dal tempo relativamente lungo richiesto per la carica dei condensatori) presentano alcuni inconvenienti in riguardo alla radiotelegrafia, ed altri molto più seri in riguardo alla radiotelegrafia; ed è perciò che molti cultori di questo ramo della scienza si sono dedicati alla ricerca di un metodo che permetta di produrre e di irradiare onde continue.

Esistono due metodi, ora abbastanza bene conosciuti, per la produzione delle onde continue. Uno è il cosiddetto arco musicale del Duddell perfezionato dal Poulsen, e l'altro l'alternatore ad alta frequenza, come, per esempio, l'alternatore del Goldschmidt.

Non è mia intenzione di esaminare ora in dettaglio questi due sistemi; ma accennerò solo che esistono difficoltà pratiche in riguardo ad entrambi, le quali ne hanno sinora ostacolato la pratica applicazione.

Il primo dispositivo col quale ottenni di produrre oscillazioni continue secondo il mio brevetto inglese dell'11 aprile 1907 è indicato nella figura 1 e consiste di un disco metallico A isolato, che è fatto ruotare a grandissima velocità a mezzo di una turbina o di un motore elettrico. In vicinanza dell'orlo di questo disco, che chiamerò disco centrale, sono montati altri due dischi C1 e C2, che chiamerò dischi polari e che sono pure fatti girare ad alta velocità. I due dischi polari sono connessi rispettivamente per mezzo di spazzole alle armature esterne di due condensatori K, collegati in serie, e questi condensatori sono a lor volta collegati attraverso a resistenze e induttanze ai serrafili di una dinamo H a corrente continua ad alto potenziale oppure ad una batteria di accumulatori ad alto potenziale.

Il disco centrale è collegato alle armature interne dei due condensatori e fa parte di un circuito oscillante formato dal condensatore E in serie con l'induttanza F, la quale è collegata direttamente o induttivamente al filo aereo G.

Caricando i condensatori mediante un generatore od una dinamo di potenziale abbastanza elevato, si stabilisce una scarica elettrica fra i dischi polari e quello centrale (la quale scarica non è una scintilla e neppure un arco ordinario) e nel circuito relativo vengono prodotte oscillazioni elettriche continue, la cui frequenza dipende dall'induttanza e dalla capacità del circuito medesimo.

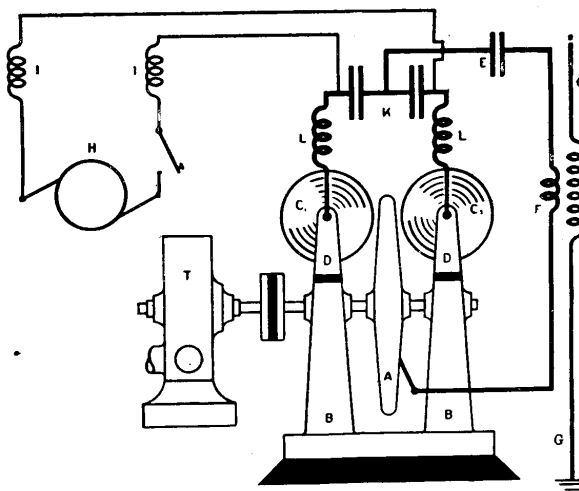


Fig. 1

L'apparato funziona probabilmente nel modo seguente:

Immaginiamo che l'elettrogeneratore H carichi gradatamente il doppio condensatore K, e che il potenziale ai dischi C1 e C2 venga ad aumentare, per esempio, C1 positivamente e C2 negativamente; ad un certo istante, questo potenziale dà origine ad una scarica attraverso ad uno dei piccoli spazi esistenti, supponiamo fra C2 ed il disco centrale A. Questa scarica dà origine, a sua volta, ad una oscillazione attraverso l'induttanza F e il condensatore E, e questa oscillazione, nell'invertire la sua polarità, passerà di preferenza dal disco A al disco C1, il quale si trova già caricato ad un potenziale opposto. La carica del condensatore E cambierà nuovamente di segno, prendendo, energia, ad ogni inversione di segno, dalla carica dei condensatori K, tenuti carichi dal generatore.

Lo stesso ciclo può continuare indefinitamente; le perdite che hanno luogo nel circuito oscillante o radiante, vengono sostenute dal generatore H.

Se si tiene fermo il disco centrale, si stabilisce subito un arco ordinario attraverso gli spazi esistenti fra i dischi, senza che avvenga alcuna produzione di oscillazioni.

Questo sistema è stato riconosciuto applicabile finora per piccole potenze, ma presenta l'inconveniente di una non perfetta costanza di funzionamento.

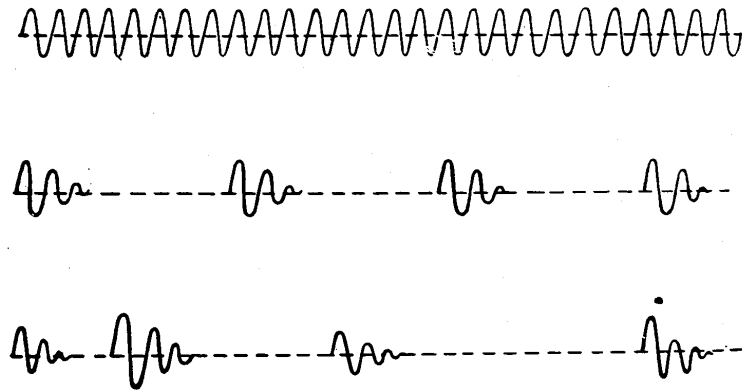


Fig. 2

Un altro mio dispositivo per la produzione di oscillazioni continue, che è attualmente impiegato nelle trasmissioni transatlantiche, mediante il quale possono utilizzarsi potenze illimitate, si basa sul principio di riunire successivamente fra di loro in perfetta fase diversi gruppi di oscillazioni generate dalla scarica di appositi circuiti oscillanti.

Con l'aiuto della figura 2 cercherò di spiegare meglio la mia concezione.

Nella terza linea di questa figura sono indicati gruppi di oscillazioni smorzate, separate da spazi irregolari. Nella seconda linea sono indicati gruppi di oscillazioni ravvicinati e separati da intervalli eguali, e in prima linea sono indicate oscillazioni continue.

Nella terza linea abbiamo le condizioni che esistevano nei vecchi sistemi a scintilla, ove i gruppi di oscillazioni si susseguivano ad intervalli irregolari.

Le oscillazioni a gruppi vicini e regolari, che rappresentano un grandissimo progresso nell'arte della radiotelegrafia, sono ottenute mediante l'impiego di un apparecchio illustrato nella figura 3 che consiste di un disco metallico isolato *a* avente prominentezze metalliche fissate a regolari intervalli sulla periferia e perpendicolari al piano del disco. Il disco è fatto girare a grande velocità, mediante un apposito motore, fra due altri dischi *b b*. Le prominentezze del disco centrale sono di lunghezza tale da toccare quasi i due dischi esterni, chiudendo in questo modo il circuito a regolari intervalli. La chiusura subitanea del circuito diminuisce notevolmente la resistenza della scintilla, con relativa diminuzione dello smorzamento delle onde, mentre poi il subitaneo aprirsi del circuito, appena le prominentezze del disco centrale si allontanano dalla periferia dei dischi laterali *b b*, smorza le oscillazioni che ancora potessero esistere nel circuito del condensatore, per modo che, dato un giusto valore di accoppiamento fra il circuito del condensatore e il radiatore, l'energia del circuito del condensatore passa tutta al radiatore, senza che avvenga la nota reazione fra circuiti accoppiati.

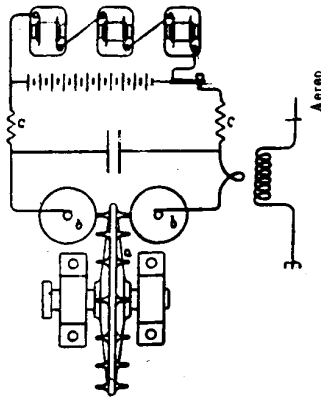


Fig. 3

Il vantaggio di questo sistema è che vengono irradiati gruppi regolari di oscillazioni elettriche, l'intervallo fra i gruppi essendo tale da produrre nel ricevitore una nota musicale facilmente distinguibile dai suoni e dai rumori prodotti dai disturbi causati dalla elettricità atmosferica.

Il sistema di onde discontinue, alle quali ho ora accennato, è quello attualmente in uso in tutte le stazioni ultrapotenti impiantate dalla Compagnia Marconi.

Il concetto che ho avuto nell'adottare i dispositivi che ora descriverò è stato quello di ottenere gruppi di oscillazioni sufficientemente ravvicinati e in fase fra di loro in modo tale che il loro effetto induttivo su di un circuito risonante sia quello di indurvi e mantenervi una corrente alternata ad alta frequenza.

Il sistema di onde continue, a cui ora mi riferisco, è basato sull'effetto cumulativo di un cielo di scariche allo stesso periodo e tutte in fase, che agiscono induttivamente su di un comune radiatore.

Infatti, se consideriamo bene il sistema indicato nella figura 2, linea seconda, risulta evidente che, se si potessero sufficientemente riavvicinare fra di loro i vari gruppi di oscillazioni, si potrebbe ottenere una oscillazione continua; ma a ciò si oppongono due ostacoli negli apparecchi ordinari.

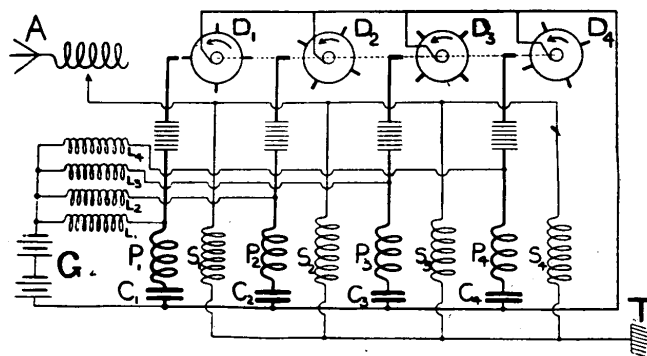


Fig. 4

Il primo ostacolo è causato dal tempo richiesto per la carica del condensatore, essendo ovvio che il condensatore, non può venire caricato e scaricato al medesimo tempo; e il secondo ostacolo è causato dal fatto che i gruppi successivi di oscillazioni debbono essere in fase gli uni con gli altri, come pure coll'oscillazione che si produce nel radiatore.

Tentativi di ottenere gruppi assai ravvicinati, senza riguardo alla loro fase, sono già stati fatti da vari studiosi sperimentatori. Io credo di aver risolto il problema facendo uso dell'apparecchio che descriverò con l'aiuto della figura 4.

In questo sistema vengono impiegati un numero di circuiti oscillanti 1, 2, 3, 4, caricati mediante la medesima sorgente di energia attraverso le rispettive induttanze. Ogni circuito di scarica comprende una ruota metallica dentata, D1, D2, D3, D4, un condensatore e una induttanza collegata induttivamente al radiatore o ad un circuito intermedio il quale in questo caso è accoppiato al radiatore.

Le ruote dentate sono isolate fra di loro, ma montate rigidamente su di un medesimo asse e disposte in modo che i condensatori vengono scaricati e ricaricati successivamente a regolari intervalli uno dopo l'altro, cosicchè, a date velocità, l'intervallo fra il principio della scarica di un condensatore e il principio della scarica del condensatore successivo sia eguale al periodo di oscillazione dell'aereo o del circuito intermedio, oppure sia un multiplo esatto di detto periodo di oscillazione.

Per assicurare che il principio di ciascuna scarica avvenga esattamente al tempo prestabilito, viene fatto uso, nel circuito di scarica, di una scintilla ausiliaria fatta scattare mediante un altro disco, che per semplicità è omesso nella figura: questa scintilla avviene ad un potenziale maggiore di quello della scarica principale ed è ottenuta mediante piccoli condensatori ausiliari.

L'effetto finale di questo sistema è indicato nella figura 5, ove sono indicate le oscillazioni prodotte in ordine di rotazione dai quattro circuiti e la oscillazione continua risultante, indotta nell'aereo.

Riguardo a tale sistema di produzione di onde continue, la Commissione tecnica nominata dal Governo inglese per riferire sui meriti dei sistemi esistenti di radiotelegrafia a lunga distanza, ed in particolare sulla loro capacità per continue comunicazioni attraverso distanze di 2000 miglia, dichiarò nella Relazione Ufficiale del 30 aprile 1913, che il sistema sopra descritto è il solo che sia stato visto dalla detta Commissione applicato con successo per lunghe distanze.

Potrebbe sembrare che con dischi giranti alle più grandi velocità praticamente realizzabili dovesse essere impossibile ottenere una frequenza abbastanza alta per scopi radiotelegrafici; ma questa difficoltà più non si presenta in riguardo alle stazioni funzionanti a distanza di 4000 o più chilometri, nelle quali oscillazioni di frequenza superiore ai 50.000 periodi non trovano utile impiego.

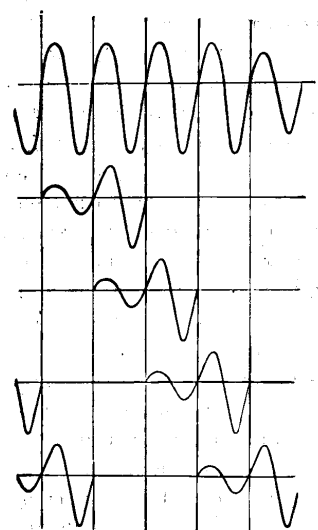


Fig. 5

Sino a quando si credette necessario di dover adoperare onde di centinaia di migliaia di periodi, come quelle prodotte dalle scariche dei condensatori ordinari, vi fu pochissima speranza di poter costruire alternatori o altri macchinari capaci di produrre oscillazioni di sì alta frequenza.

Dieci anni or sono si credeva generalmente che per la radiotelegrafia fossero necessarie frequenze elevate, di almeno 100.000 periodi al secondo. L'esperienza da me acquistata nelle trasmissioni attraverso le grandi distanze mi ha dimostrato che frequenze superiori a quella di 40.000 periodi offrono un rendimento assai minore di quello assicurato dalle frequenze più basse; io ho potuto, in pari tempo, scoprire che onde lunghe dieci o più chilometri si propagano a distanza assai maggiore, a parità di energia, di quella raggiunta con onde di un chilometro o meno. Questa scoperta ha grandemente facilitato e incoraggiato lo studio e la costruzione di alternatori ad alta frequenza ed anche quello degli altri sistemi che ho più sopra descritto. Per meglio illustrare il principio mediante il quale ho trovato possibile di riunire consecutivamente in fase una serie di gruppi di oscillazioni in modo da produrre oscillazioni continue, eseguirò un pratico esperimento che spiegherò con l'aiuto della figura 6.

Mi è però impossibile il dimostrare qui in funzionamento un dispositivo identico a quello che ho già descritto, mancando la corrente continua ad alto potenziale.

In luogo dei condensatori caricati ad alto potenziale, faccio qui uso di una induttanza L_1 caricata, mi si permetta l'espressione, con una corrente fornita da una batteria B .

Quando la spazzola K è in contatto con un dente del disco D , una corrente passa attraverso a L_1 e quando, in conseguenza del movimento rotativo del disco, il contatto è rotto, l'energia del campo magnetico L_1 è trasferita induttivamente al circuito L_2C , e per conseguenza il circuito L_2C comincia ad oscillare con la frequenza del suo proprio periodo elettrico. Se viene disposto che la velocità del disco dentato D sia tale che i denti successivi facciano e rompano contatto con la spazzola K in modo tale che le oscillazioni susseguenti siano tutte in fase con le oscillazioni precedenti, allora tutti questi gruppi di oscillazioni, se sufficientemente vicini, agiranno in modo da sommare i loro effetti producendo oscillazioni continue sul Circuito L_2C .

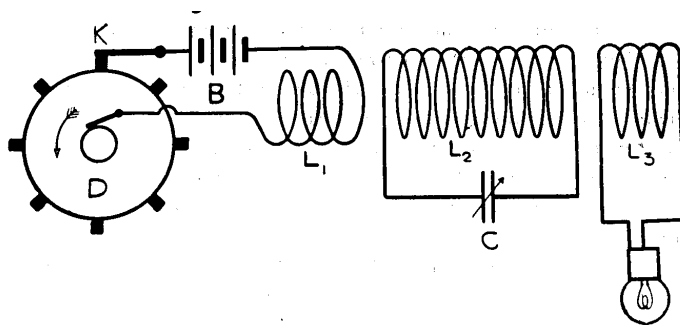


Fig. 6

Appare evidente che la produzione delle oscillazioni continue può solo avvenire quando la velocità del disco è tale che le oscillazioni prodotte nel circuito L_2C siano in fase fra di loro, altrimenti i diversi gruppi di oscillazioni tenderebbero a neutralizzarsi ed interferire a vicenda.

Ora vedremo come una lampada si accenda in virtù delle oscillazioni indotte nel circuito L_2C quando tali oscillazioni siano in fase fra di loro.

Da tale esperimento si rileva altresì:

1. che il massimo e il minimo valore di corrente si ottiene variando la capacità del condensatore C sino a dati valori, cioè variando opportunamente il periodo elettrico del circuito mentre la velocità del disco è mantenuta costante;

2. che inoltre il massimo e il minimo valore di corrente sono ottenuti quando il periodo del circuito è mantenuto fisso, mentre la velocità del disco è variata sino a dati valori.

* * *

L'uso che ora si comincia a fare delle onde continue o persistenti non è affatto dovuto, come qualcuno crede, a proprietà speciali possedute da queste onde, in virtù delle quali tali onde otterrebbero di superare grandi distanze con minor spesa di energia di quella richiesta dalle onde discontinue, ma è piuttosto dovuto al desiderio di ottenere, nei ricevitori, migliori effetti sintonici, atti a permettere:

1. di rendere minimi i disturbi causati dalla elettricità atmosferica;
2. di rendere possibile il funzionamento di un numero maggiore di stazioni vicine, senza disturbo reciproco.

In riguardo alla eliminazione dei disturbi atmosferici, ho trovato che, in pratica, una accurata sintonia e un accoppiamento lasco fra i circuiti del ricevitore giovano pochissimo per diminuire l'influenza dannosa di questi disturbi.

Le onde elettriche prodotte dalla natura - delle quali sappiamo invero, al giorno d'oggi, pochissimo - hanno la proprietà di dare impulsi elettrici ai sistemi aerei dei ricevitori facendoli vibrare elettricamente col periodo proprio degli aerei stessi, che è di necessità quello dell'onda che si desidera ricevere.

L'effetto perturbatore di queste onde naturali, chiamate spesso " intrusi " dai radiotelegrafisti, diviene rapidamente più intenso coll'aumentare della lunghezza d'onda per la quale il ricevitore è accordato. Di ciò si trova probabilmente la spiegazione nello stesso fatto che le onde lunghe attraversano grandi distanze con minori perdite che non le corte.

L'effetto ottenuto indebolendo l'accoppiamento dei ricevitori si risolve, in pratica, in una riduzione presso a poco in eguale proporzione tanto dei segnali quanto degli intrusi; e per conseguenza con tale procedimento si ottiene ben poco vantaggio. Tuttavia esistono alcune differenze fra le onde prodotte dalle scariche atmosferiche e quelle utilizzate per la trasmissione dei segnali radiotelegrafici; tali differenze ci permettono di eliminare almeno una buona parte della influenza dannosa delle onde perturbatrici.

Colle onde discontinue, quando si fa uso di un sistema a disco come quello indicato nella figura 3, la successione dei gruppi di onde produce nel telefono ricevitore una nota musicale caratteristica facilmente distinguibile dai suoni prodotti dai disturbi atmosferici. Il poter far produrre un suono chiaro e caratteristico è importantissimo; e sinora io non ho trovato alcun sistema che dia risultati tanto sicuri quanto quelli nei quali si fa uso della nota musicale.

Il cosiddetto " intruso " in generale consiste di un impulso elettrico o di una piccola successione di impulsi irregolari producenti un effetto induttivo istantaneo assai rilevante.

I suoni prodotti nel telefono dell'apparecchio ricevitore dalle scintille elettriche cosiddette musicali, sono causati da un numero rilevantissimo di piccoli impulsi succedenti a brevi e regolari intervalli.

I ricevitori moderni sono costruiti in modo da usufruire della differenza esistente fra gli intrusi e i segnali; così l'effetto dannoso dei disturbi atmosferici viene in gran parte eliminato.

Il ricevitore del quale è stato fatto uso per oltre due anni nelle stazioni adibite alle comunicazioni transatlantiche, è schematizzato nella figura 7. In questa figura, P è il primario di un trasformatore di oscillazioni collegato all'aereo ricevente; S è il secondario.

1 e 2 sono due cristalli sensibili o valvole di Fleming disposti in modo, con i relativi potenziometri, che, quando uno di essi è regolato per la massima sensibilità mentre l'altro è distaccato dal circuito, entrambi collegati insieme producono effetti opposti in maniera tale da non rilevare nè segnali nè intrusi. Si trova allora che se la regolazione del potenziometro P2 è variata in modo tale che la forza elettromotrice in senso opposto prodotta da P2 sia appena sufficiente da lasciare il cristallo 2 in istato non conduttivo per i segnali che si stanno ricevendo, le oscillazioni ricevute verranno efficientemente raddrizzate da 1, mentre i disturbi o i segnali di intensità maggiore faranno sì che impulsi di corrente del cristallo 2 si oppongano a quelli del cristallo 1.

Rendendo la resistenza di 2 un po' minore di quella di 1 si possono anche migliorare i risultati.

L'esperienza acquistata nell'uso delle onde continue, specialmente mediante l'impiego delle scintille ausiliarie, ha suggerito un nuovo metodo di ricezione per tali onde continue, studiato da Mr. H. J. Round.

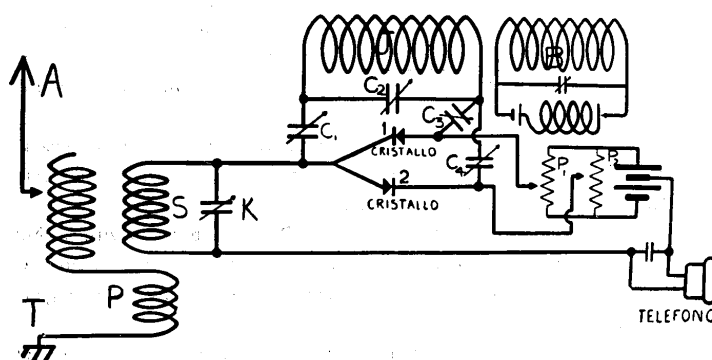


Fig. 7

Questo metodo è stato adottato con successo nelle trasmissioni a lunghissima distanza; esso offre il vantaggio di usufruire dei principi utilizzati per la recezione delle onde discontinue e di produrre nei ricevitori una nota caratteristica, dipendente dal periodo di oscillazione delle onde trasmesse. Il dispositivo impiegato è semplicemente una modificazione del mio ricevitore che ho già sopra descritto; con tale dispositivo viene utilizzato il sistema, da me ideato, dei due rivelatori in opposizione (fig. 7).

Questi rivelatori sono disposti in modo che i loro effetti vengono a contrastarsi, ma in maniera che ognuno di tali rivelatori può solo ricevere i segnali se questi sono assai forti. I cristalli o rivelatori sono allora sottoposti all'azione di un vibratore in un circuito B che emette un'onda assai corta, di modo che, per brevissimi intervalli di tempo, i cristalli sono resi conduttori.

In tal modo si ottiene l'effetto di liberare l'energia immagazzinata nel circuito S K per brevissimi intervalli. Si rileva allora che se i gruppi di onde prodotte dal vibratore hanno un periodo di poco differente da un sottomultiplo del periodo dell'onda da riceversi, allora i segnali sono ricevuti con una chiara nota musicale.

Cosicchè, se la frequenza dell'onda da riceversi è di 50.000 periodi ed il vibratore produce 4900 gruppi per secondo, una scarica avviene, attraverso il telefono, ogni 10 oscillazioni, col risultato che la nota ricevuta avrà un periodo di 1000 al secondo.

Questo metodo di recezione ha qualche analogia col mio sistema già descritto per la produzione delle onde continue.

A mio parere, i metodi di ricezione delle onde continue, che sono all'inizio del loro sviluppo, aprono un nuovo e grande campo sperimentale, promettente un importante passo nel progresso della radiotelegrafia e della radiotelegrafia.