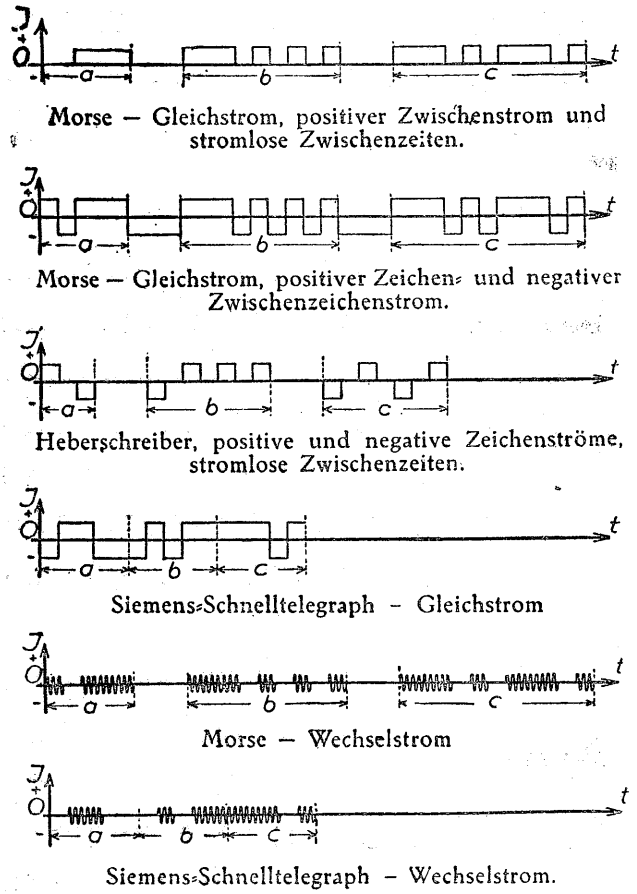
音響周波數交流電信

富士電機製造株式會社
馬場禮次郎

交流電信の如き既に陳腐なる事柄に就て茲に述べんとするに當つては特殊の理由が存するのである。即ち我々は交流電信に對し一の新規にして作働の確實なる制式を提案し、而して此の制式中に新しく且つ大なる要求を有する交流電信が現れた。之は即ち全地下電纜通信に外ならぬのである。

總ての文明國に於て大なる電話用電纜網が擴大器と結付けられて使用せらるゝことは普ねく知られたる事柄である。電話電流の周波數の交流を有する電信——音響周波數を持つ——は今や大なる費用を要することなく同一電纜を通して總ての大なる線又は電信回路に導かるべきである。



第一圖　直流及び交流電信記號

次に余は種々の電信方式の直流組合せ（第一圖）及び之が交流に依つても行ひ得らるゝ事に就て說明せんとする。

モールス電信に於ては送信端より觀察せられて正或は負たり得る處の同一方向の短長記號の連續を有す。此の電流は受信端に於て一の電磁石を作働せしめる。

若し無電流の箇所に於て記號電流に對し方向が逆に置かれ振幅が同一なる中間記號電流を使用し且つ此の際普通の電磁石の代りに有極繼電器即ち永久磁石に依つて豫め磁化せられたる繼電器を使用すれば相當の利益が得らるゝのである。此の有極繼電器はより小なる電流に於て作

働し、より容易に調整せられる。而して實に中性位置卽ち接觸點間の中央位置に於て同一轉振性を有し且つ接觸點の何れか一方に廻される時は其の位置に止まる。記號電流及び中間記號電流が同一の大さを持つ時は繼電器の接極子は作働及び休止接觸點に對し同一の力を以つて吸引せられる。此の事實は一側に於ける調整に於て或は種々の種類の力の平衡に於て達成することが困難なる事柄である。中間記號電流を使用することは此の外に電線の絕緣抵抗の僅かの變動が記號電流並に中間記號電流に對し同樣に影響するが爲め電線の狀態の僅かの變動に際して繼電器の新たなる調整が不必要となる利益を有す。夫れ故に總ての高速度作働電信方式に於ては有極繼電器が使用せられるのである。モールス・アルフアベツトは又海底電纜通信にも使用せられ而して此時には種々の時間を有する電流を要せずして種々の方向を有する電流が要せられ、點は正方向の電流に依り線は負方向の同一長さの電流に依つて表される。記號の間で電纜は接地せられ、此時機械中には電流は流れぬ。夫故に之に於ては三個の相卽ち正及び負の記號電流及び記號電流間の無電流の三者を有するのである。到着電流は挺印字機に依つて紙條に記錄せられる。

現今の高速度電信以例ばシーメンス高速度電信機或はバウドート機の如きものゝ記號は方向の交番する五個の電流衝流の連續によつて構成せられ、負電流衝流を以つて記號電流を表はし正電流衝流を以つて中間記號電流を表はす。總ての送らるべき記號に對し種々の組合せを可能ならしめんが爲めには五個の記號電流を必要とす。從つて

$$2^5=32$$

の組合せを得るけれども實際には此の約二倍の數を必要とする。之は印字機の製作に際して用ゐられたと同一の熟練によつて得らるゝのである。假令へば周邊に於て相並ぶ二列に於て一度は文字が、一度は數字及び記號が持來される印字輪が使用せられる。電流衝動の或る組合せに依つて輪は文字が記號から印刷せられる樣に其の軸方向に移動する。又印字輪の周邊上に交代する文字及び記號が持來され而して一の定まりたる電信組合せに依つて何れかの一が印刷せられた後每に、印字輪は軸に對する配置中に於て一の印刷幅丈け廻轉する。第一の方法は以例ばシーメンス遠隔印刷機及びシーメンス高速度電信機に於て使用せられ、第二の方法はヒューズ及びバウドート機に於て使用せられる。

直流の代りに交流を以つて送信する時は交流の流れる時及び交流の流れざる時のみが交番し得ることは明かである。夫故に二個の相——電流、無電流或は記號電流、中間記號電流——を有する電信記號のみか表はされ、而して最後の場合に於ては正中間記號電流の代りに無電流が現はれねばならぬ。然し余は中性に調整せられた有極繼電器を使用し得る如くに受信接續を構成することが出來ることに就て述べやう。正及び負記號電流及び無電流中間記號電流が使用せられる卽ち三個の相を有する電纜モールス記錄の如き記錄は交流電信に依つて廻送せられぬ。夫故に交流電

信は單にモールス記號及び高速度電信記號に對してのみ使用せられる。

勿論交流に對しては直流機械は明に使用することが出來ぬ。夫故に特殊の交流受信繼電器を使用するか或は交流を整流せねはならぬ。後者の方が一般に用ゐられる。

交流電信は如何なる意義を有するか。或は又何故に我々は之を斯く重要視するか。之に對する理由は——他の利益は後に述べる——種々の電信記號搬送用として種々の周波數を使用し而して此搬送周波數は既に述べた樣に唯だ一つの搬送周波數に該當し或は又唯だ此の周波數のみを通過せしめる所の適當なる共振裝置に依つて互に分離せらるゝが故に同時に同一の電線を通してより多くの電信を送ることが出來るといふ特徴に基いてゐる。共振裝置は機械的或は電氣的のものを使用することが出來る。今日に於ては專ら電氣的共振裝置が使用せられる。之は機械的共振裝置に於けるよりも値の測定及び一定狀態の維持がより良く行はれるが故である。

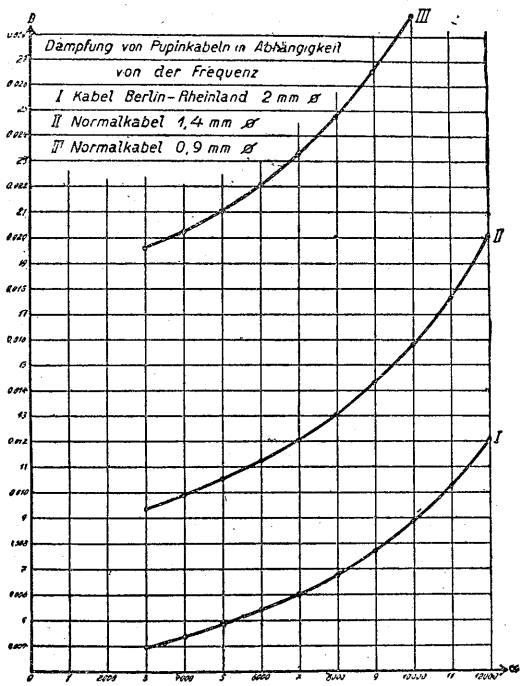
搬送周波數の値が適當なる時は直流繼電器の確實なる作働を得んが爲めに個々の電信記號に對して交番の或る最小値が與へられねばならぬことが先づ明になる。研究の結果一の電流進行に對し之を五個に迄減じた。實地に於ては電流進行に對し最小値として八個を使用する。搬送周波數に對する上記の範圍は使用せられる電線の特性に從つて與へられる。

郵政廳は伯林とフランクフルト間の四ミリメートル直徑の靑銅電線上にゲルシヤフト、フユール、ドラートローゼ、テレグラフキー製の機械を用ゐて當時一秒間 20000－30000 の周波數を以つて同時に六個の電信を搬送した。之よりも高い周波數に於ては電線中の損失は餘りに大なる勢力を使用せねばならぬ程增大する。夫故に上述の周波數は架空線に對して使用せられる最高のものである。

米國合衆國に於ては多重電話に對しては專ら上記の周波數が使用せられるが交流電信に對しては之と反對に每秒 3000 乃至 10000 の周波數が使用せられる。此の周波數を持つ多重電信は架空線上に於て大いに擴張せられてゐる。之に使用せられる機械は一般に私用に貸與せられてゐるモールス機械である。

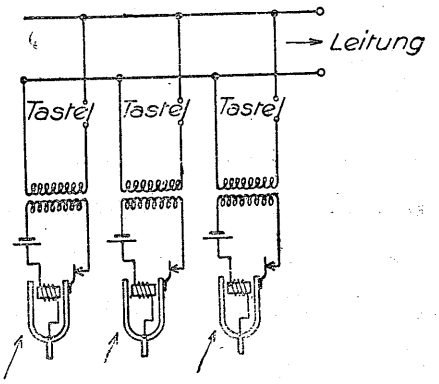
電纜に於ては減幅が强過ぎる爲め此の周波數は使用せられぬ。特殊のピユピン電纜は通話中に含まれるものを越へて存在する周波數に對しては完全に不透過性である。郵政廳の標準電纜中に於て完全に塞流せられる限界周波數は約 16000 の回路周波數の附近に横り之は每分 2500 の周期數に相當する。然し 12000 の回路周波數從つて每分 1900 の周期數に於て既に減幅は之を交流電信に最早や使用し得ない程强くなる。第二圖に於て種々のピユピン電纜の減幅が周波數と關連して表される。

夫故に此の電纜に對しては搬送周波數として約 2500 乃至 10000 個間の回路周波數卽ち每秒 400 乃至 1700 個の周期數が使用せられることが出來る。又此の周波數を以つて既 以前より試驗が行はれた。例へば一九一九年一月ガツターパーチヤ電纜に付いて郵政廳と共にゲゼルシヤ

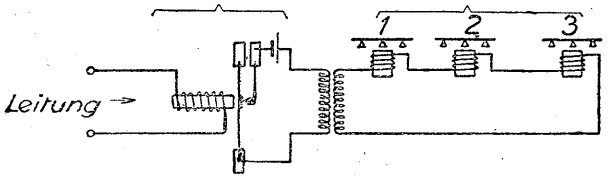


第　二　圖
種々のピユピン電纜の減幅

フト、フユール、ドラートローゼ、テレグラフキーにより、或は一九八〇年代マーキヤヂール及びマグナによつて試驗せられたものゝ如きである。マーキヤヂールは第三圖の如く交流發生機として音叉斷續機を使用し受信機として或る周波數



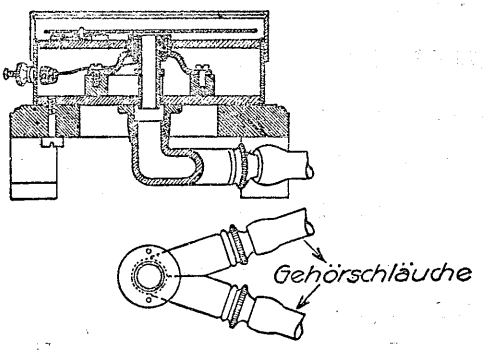
第　三　圖　(a)
マーキヤヂール多重電信——送信機



第　三　圖　(b)
マーキヤヂール多　電　——受信方式

に合調せしめられた單受話器を使用した。始めは此の周波數が試驗せられた。後にマーキヤヂールは單受話器を差働繼電器の一側の電流回路中に接續した。

單受話器が勵磁せられる時は其の抵抗は變化し差働繼電器は休止接觸より作働接觸に轉換せられる。此の式の多重電信は一八九〇年佛國巴里とボルドデユークス間、巴里——ツーローゼ間及び巴里——ジジョン間に於て實地に試驗せられた。之は一方に於ては機械が充分確實に働かなかつた爲めと他方に於ては此の電信の爲めに電話線中に誘導によつて非常なる



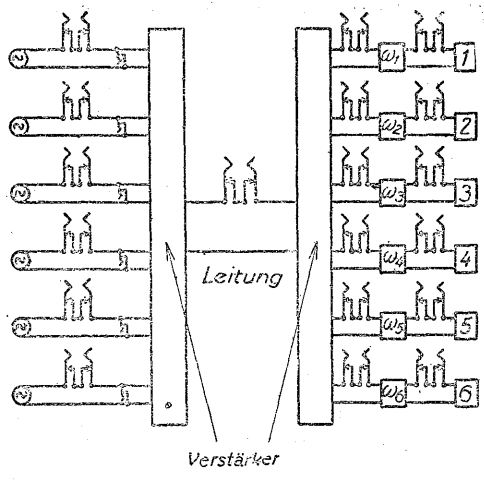
第　三　圖　c)
マーキヤヂール多重電信——單受話器

擾亂が惹起せられたが爲めに放棄せられた。之は現今の電子擴大器の時代よりも高き電壓を使用

せねばならなかつた爲めである。

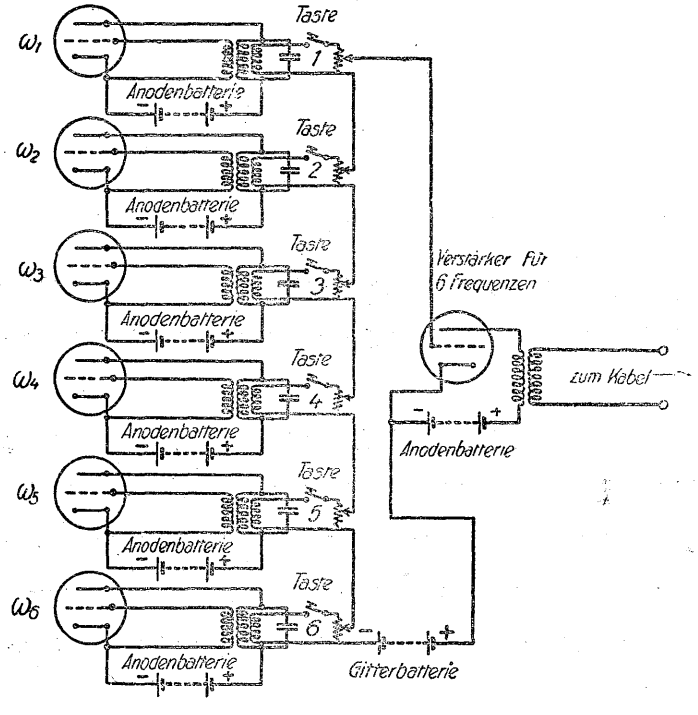
我々が今日高眞空管及び電氣的濾波器を使用して働かしめてゐるが如き型式の交流電信の特殊利益は使用せられる電流の强さが通話電流と同一級のものであることに存す。電流の强さは受信方式に於て最も簡單なる方法に依つて强めることが出來る。之により電信によつて與へられる電話線に對する擾亂は之を最小にすることが出來る。實際の運轉に當つて電纜の發端に於ける周波電壓は 1 ボルトよりも小である。

第四圖ほ音響周波數を持つ六重電信の接續原理を示す。送信機は任意の電信裝置に依つて作働せしめらるゝことが出來、後述する接續に依つて共通の送信擴大器の格子上に作用する。六個の送信機の電流は共通に電線上を進み共通の終端擴大器中に於て擴大せられ濾波器中に於て互に分離せられ整流せられ而して標準受信繼電器に導かれる。



第　四　圖
六重電信の原理

第五圖は送信接續の原理を示す。交流發生機としてマイスネルによつて與へられたゲゼルシヤフト、フユール、ドラートローゼ、テレグラフキーの方法に從つて連結せられた高眞空管が使用せられる。個々の周波數の調整は鐵心が多く或は少く振動回路の線輪中に挿入せられ、之によつて此の線輪の誘導が變化せられることによつて最も簡單に行はれる。圖に於ては簡單の爲め一個の格子を持つ管が示されてゐる。實際に於ては主とし電

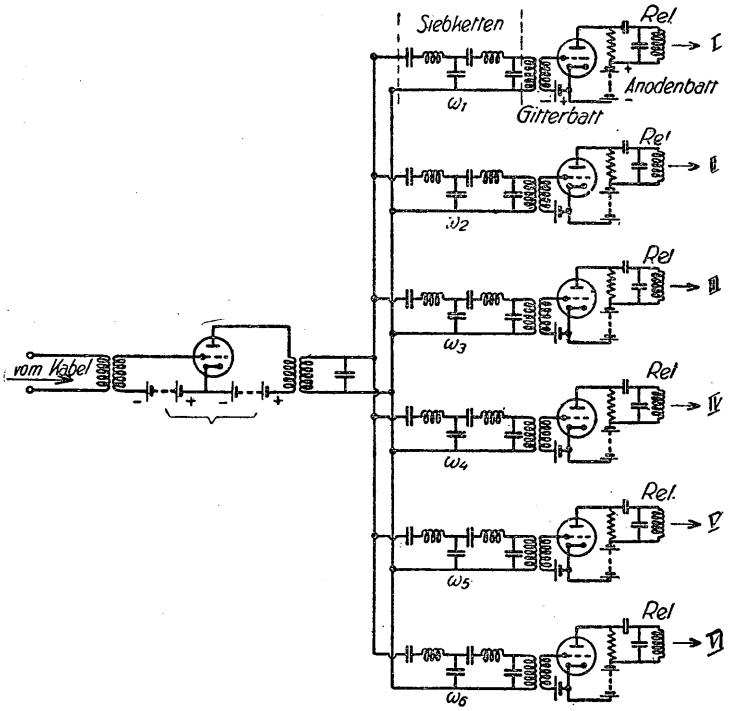


第　五　圖　六重電信に對する送信接續

信局に於て標準として制定せられた標準型式並びに標準電壓を使用し得んが爲めに二個の格子を持つもの或は制御及び保護網格子を持つものが用ゐられる。

種々の機械から送られる交流電壓は共通の擴大管の格子に運ばれ（何故に斯くの如くに行はれるかに就ては後に說明する）而して電流は擴大管の陽極より自働中繼器を通過して電纜中に搬送せられる。

電流は挿入せられた導線卽ち $\beta l=2$ なる平均減幅を有する模擬ピュピン導線を通つて受信方



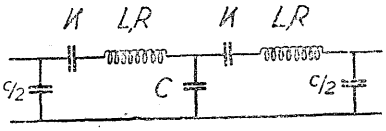
第六圖　六重電信に對する受信接續

式中に進む。電流は共通の受信擴大器中に於て先づ擴大せられる（第六圖）。今や電流は濾波鎖（電池）中に進入し而して此所より其の後方に置かれた方式に對して定められた周波數のみが通過する。

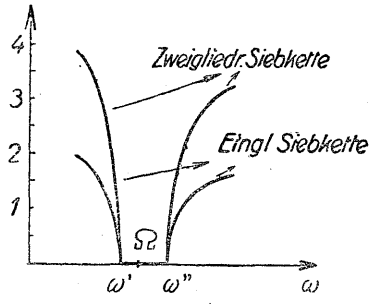
此の接續に於ては容量的に連結せられた二部分より成る濾波鎖をとり（第七圖）、通過せらる可らざる周波數に對する其の減幅は急速に $\beta l=3$ 以上に變化する如くにする。

電流は今や負性の格子電壓を以つて陽極電流回路中の無電流に對して調整せられた管中に於て整流せられる。波列が來る瞬間に於て充電衝流は受信繼電器を休止接觸より作働接觸に轉換する。繼電器と並列に接續せられた容量は交流の尖頭を收容する。波列の停止せる後容量の放電々流は繼電器を休止接觸に戻す。

擴大管及び整流器としては一般に特に急峻なる特性を持つ所の二個の格子を有する管が使用せ

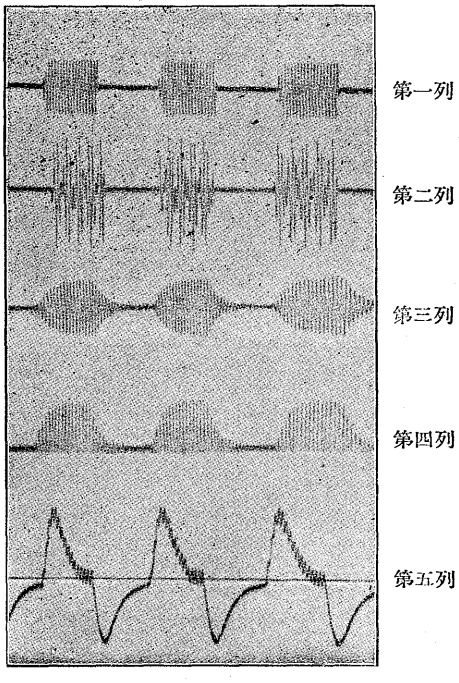


第七圖（a）
二部分より成れる濾波鎖



第七圖（b）
一部分及び二部分より成れる濾波鎖の減輻

られる。1 ボルトの格子電壓の變化に對し陽極回路に於ける電流の變化は、一格子管は約 0.5 乃至 1.0 ミリアンペアなるに對し、玆に使用せられる管に於ては 3.8 ミリアンペアである。



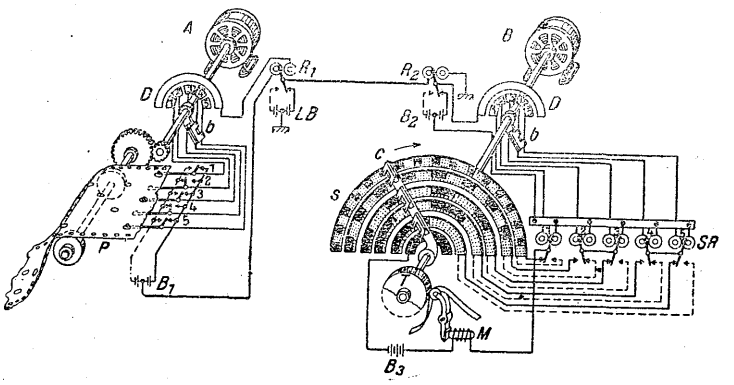
第八圖
電信電流のオシログラム

第八圖は交流電信記號の經過をオシログラムを以つて示す。之に於て第一列は送信端に於けるものを示し、第二列は電線中の他の周波數と交りたるものを示し、第三列は濾波鎖の後方のものを示し、第四列は整流器の後方のものを示し、第五列は繼電器中のものを示す。

我々は此の方式を次の裝置（第四圖）のみを以つて行はんとする。即ち周波數（1）は普通のモールス印字機により——自働シーメンス、モールス送信機によりて送られたる——、周波數（2）はシーメンス高速度電信機により、周波數（3）はシーメンス振子電信機により、周波數（4）はシーメンス遠隔印刷機により、周波數（5）は音響電信機により、周波數（6）はシーメンス高速度モールス機によつて行ふものとする。

電信學專門家以外の人々の爲めに、玆に、多數に分岐せられたる電信網に於ける裝置の原理、通信能力、及び使用範圍に就て簡單に說明せんとする。

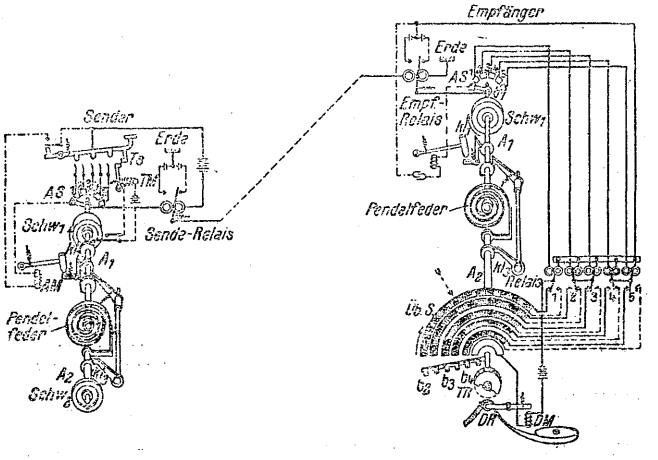
第九圖はシーメンス高速度電信機の作用の原理を示す。之に於て、最初述べたるが如く、各文字に對し五個の電流衝流の組合せが使用せられる。送信機及び受信機には二個の同樣の接續盤Dがあつて周期的に廻轉せる滑動刷子によつて接觸せられる。滑動環並びに一の特殊の孔中に穿た



第　九　圖　　シーメンス高速度電信機

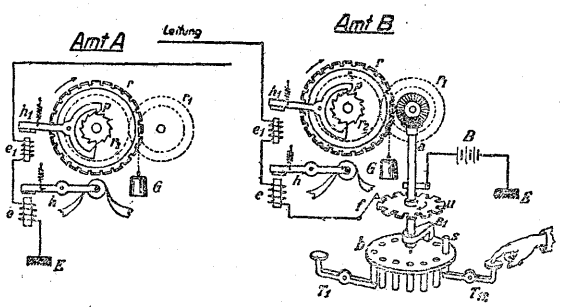
れた孔條片を通過して反對に置かれた送信機及び切替開閉器の接觸片を越へて送信繼電器は制御せられる。送信繼電器は一の記號に對し孔條片に相應する五個の電流衝流を電線中に送る。受信繼電器は受信裝置の滑動環及び接觸を越へて五個の受容或は轉錄繼電器を制御する。次の廻轉に於て繼電器組は轉錄盤に向つて接續せられ而して第二の繼電器組は電線に向つて接續せられる。次の記號が電線を通つて第二の繼電器組に運ばれる間に第一の組の組合せに相當する記號は記錄せられる。即ち轉錄盤及び接觸及び繼電器の刄を越へて、記錄せらるべき記號が記錄圓筒に對向せる瞬間に、紙條片を記錄輪に向つて打つ所の印字磁石は接續せらる。印字條片に接し尙ほ送信機條片に相當する孔條片が設けられ、之を用ゐシーメンス高速度電信機或はシーメンス振子電信機により電信を他の電線中に發送することが出來る。高速度電信機の最高出力は一分間に 1000 記號を計上するけれども實地に於ては一般に 600 乃至 700 字を以つて働かしめられる。

シーメンス振子電信機（第十圖）は一の萬能記餘鍵盤の助けにより手を以つて作用せしめられる。之は高速度電信機と同樣の電流衝流によつて作用せられ而して電流衝流は上記高速度電信機に於ると同樣に接續盤を越へて電線に導かれる。電流衝流は五個の繼電器によりて受容せられ記錄接續磁石は繼電器の刄及び接觸並びに轉錄盤によつて作用せしめられる。此の裝置は繼續的に廻轉せずして各記號毎に特に釋



第　十　圖　　シーメンス振子電信機

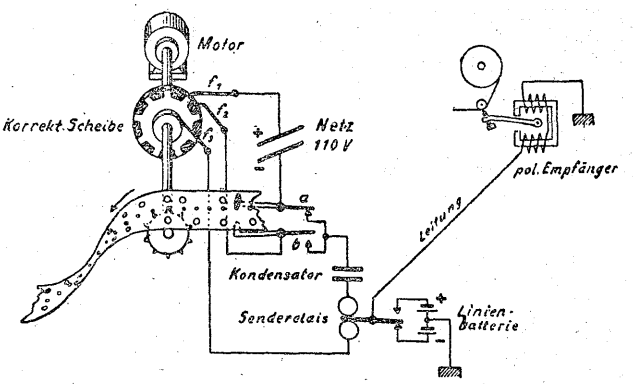
放せられる。送信機及び受信機は各々二個の分離して支持せられた軸を有す。釋放後振子撥條の張力によつて軸は一廻轉する。內方に向つて緊張せられた振子撥條は軸廻轉の第二の半分間に無張力狀態に達す。廻轉質量の爲め軸は全一廻轉を爲し同時に外方に向つて振子撥條を緊張する。此の經過の間に五個の電信電流衡流が發せられる。同時に第一の軸の閉塞によつて第二の軸は釋放せられ、原動機によつて運轉せられる補助撥條の共働作用の下に同樣に一廻轉を行ひ、其の際振子撥條は再び內方に向つて緊張せられる。第二の軸の廻轉中に受信機中では記號が記錄せられ、送信の側では接續せられた電鍵は釋放せられる。手を以つて作働せしむる外に、此の裝置は一の孔條片を以つて作用せしめられ、受信裝置は印字條片と共に尙ほ孔條片を供給する。夫故に此の裝置はシーメンス高速度電信機の搬送裝置として使用せられる。之と反對に、自働送信裝置の助けによりシーメンス孔條片は振子電信機導線上に發送することが出來る。其の最高出力は一分間に 240 字に達するを以つて之は中位の通信に適す。



第十一圖　シーメンス遠隔印刷機

シーメンス遠隔印刷機（第十一圖）は廻轉作働型接續構造を有す。同樣に作られたる送信及び受信機の印刷輪の軸は撥條によつて運轉せられる廻轉機構によつて作用せしめられる（圖に於ては重量によつて表される）。制動裝置の閉塞によつて廻轉は妨げられ電鍵の接觸によつて電流衡流の一列が導入せられ、之が前記接續磁石を働かしめる。此の電磁石の作用により、送信裝置に於て廻轉運動がピンによつて中止せしめられる迄、制動裝置から一齒宛釋放せられる。今やより長き電流によつて印刷磁石は働き記號は印刷せられる。鍵盤はアルフアベツト的に裝置せられる。此の裝置は明に教養のない人々によつても使用せられることが出來る。遠隔印刷裝置は市內電信網に於て非常に擴まつてゐる。其出力は一分間 120 字である。

シーメンス高速度モールス方式（第十二圖）は自働ホヰートストーン型送信裝置の代用品として役立ち、後者と反對に裝置が簡單である。後者に對し前者

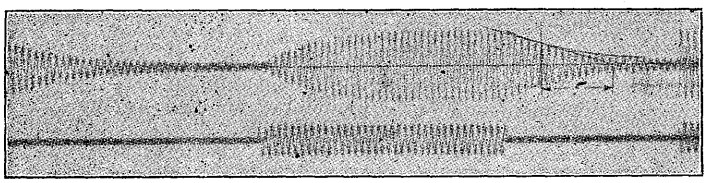


第十二圖　シーメンス高速度モールス方式

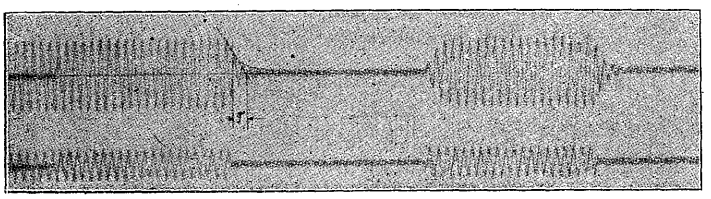
の新規とする點は或は起り得べき條片の不調整を整理する爲めの修正盤を接續せる點である。送信裝置を働かしめる容量の充電及び放電は撥條 f_1 或は f_2 が丁度盤の細き導電片上に横る時に起ることが出來る。夫故に假令へば、打貫かれた孔が幾らか過大に作られ、(a) に於ける接觸が既に閉ぢられ、且つ他方に於て撥條が尙ほ絕緣片上に横る時、該繼電器は、撥條が導電片に達する時、始めて切替へられる。之によつて最も簡單な方法で記號を與へることの非常な正確さが得られる。送信機は近來無線迅速通信の如きものに對して使用せられて非常な良結果が得られた。

余は上記方式の發達に際して現れた特殊困難に就て一言し且つ濾波鎖の設計並びに送信及び受信接續の撰擇に關して批判的注意を與へんとする。經濟的な結果を得んが爲め六重電信は每秒約 400 乃至 1700 の狹い周波數範圍從つて 1300 個の範圍中に限らねばならぬことによつて特殊の困難が存在するが、一方に於て、例へば米國に於ては、交流多重電信に電纜を用ゐなかつたが爲めに架空線上に每秒 7000 個の範圍を行ふことが出來た。

第八圖に示した樣な記號に就て再び研究せんとする。フーリアーに從ひ如何なる周波數が記號中に含まれるかを研究するに、之は搬送周波數を含むのみならず附近の周波數の列を有し、且つ急に昇る程之を多く有することが知られる。夫故に高速度電信が可能なる程の迅速な記號の昇りを得んと欲すれば、濾波鎖に或る孔幅を與へねばならぬ。六個の搬送周波數の制定に際し、僅小なる周波數範圍に持來されんが爲めには、出來るだけ確實度の範圍に近づけねばならぬ。何となれば充分迅速な振動經過を得んが爲めに孔幅を廣く選ぶ程、搬送周波數は互に遠ざからねばならぬ故である。振動經過の迅速に對しては之れ以外に減幅が影響を持つ。減幅が大である程振動經過は迅速である。此の減幅が損失減幅として濾波鎖中に置かれる時は、選擇度の値は自由になる。濾波鎖自身は出來る限り減幅作用なく而して全減幅は、出來得れば、適當なる導入及び導出回路に於て有用減幅として存在するを良しとする。濾波鎖中の振動進入經過卽ち孔幅と濾波鎖の減幅との關係に就ては實地的研究が行はれた。第十三圖及び第十四圖は斯る關係の一例を示す。



第十三圖　不適當なる使用に於ける振動經過

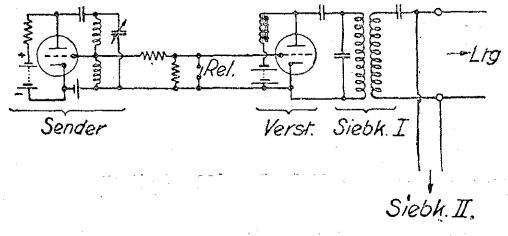


第十四圖　適當なる使用に於ける振動經過

之に關してクラウセ及びクラウシング氏はヴイツセンシヤフトリツヘン、フエルエツフエントリツフング、デス、シーメンスコンチエルン (I. Band, Heft 3) に於て詳細に報告した。濾波鎖の孔幅は搬送周波數以外に上下で之より每秒 15 個或は 2π 秒に

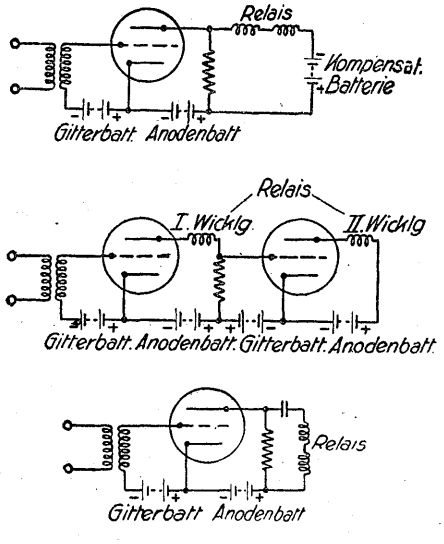
100 個丈け相異する周波數が孔幅に含まれる樣に設計せられる。近接周波數の內で濾波鎖を通過するものは通過せめられる搬送周波數の振幅の最高$\frac{1}{15}$のものが搬送せられることが許される。

送信接續に於ては送信機は相互に影響し合はずして各送信機は常に同一の電壓を以つて電線上に働き而して他の送信機が働いてゐるとゐないとに全く無關係である。第十五圖は如何にして米國に於て之が達せられるかを示す。比較の爲めに余は我々の使用せる接續（第五圖）を再び示す。之は米國のものに比して非常な長所を有する。卽ら本接續に於ては總ての周波數に對して唯一個の送信擴大器にて足りるに反し米國の接續に於ては各周波數に對して一個の特殊の送信擴大器を必要とするのである。之は本接續に於ては擴大器の格子回路中に電流が流れないで之が爲め何れかの送信機の格子に與へられる電壓が他の送信機に電壓變動を影響しないことによつて可能になるのである。此の外本接續に於ては送信機に濾波鎖を要しない。



第十五圖　米國式送信接續

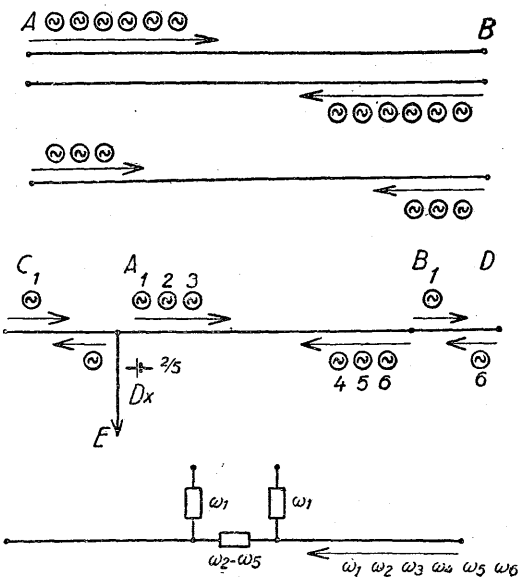
受信接續に於ては第十六圖に表された三個の主要接續が知られてゐる。上記した三個のものは、總て、繼電器が中性に調整せられ從つて電信記號の來ない時、電信電流に反對に置かれた同一の中間記號電流によつて、繼電器が其の休止接觸に轉換せられることを目的とする。最初の二つの接續に於ては電池より取られる特殊の補償電流によつて之が達せられる。此の接續に於ては止め電流を用ゐる。第三の接續に於ては繼電器は蓄電器の充電及び放電に依てのみ切替へられ保持磁石の力によつて固持せられる。繼電器を反撥なく確實に切替へること、及び第三の接續で第一及び第二の接續によると同樣によく之を達することは不可能である。保持電流なくして働かしめ或は繼電器を蓄電器の充電或は放電によつて切替へんとすれば、電流の最大値は保持電流を用ゐる時の約二倍にせねばならぬ。之が爲めより大なる出力の管を用ゐねばならぬ故非常な不利である。然し之は今問題としてゐることではない。第一の接續に關し、正中間記號電流より負記號電流に至る反動は第三の接續に於て管を通過せねばならぬ充電衝流と丁度同一大である。第二の接續に於ては、繼電器の半分の捲線が使用せられるが故に、繼電器を切替へるに第一



第十六圖　受信用整流裝置

の接續に於けるものゝ二倍或は第三の接續に於けるものと同一の電流を必要とする。補償に對しては管 II の格子上に働く電壓降下が役立つ。夫故に他の二つの接續に於けると同じ出力の管を使用する。第三の接續は最も簡單であつて且つ何れの時にも調整が最も容易である故之が最も都合がよい。之は補償の調整及び後調整を要せぬ。各電信手は繼電器を普通の方法で調整することが出來る。

普通の受信擴大器は電線の發端に於て總て送信方式を同一電壓に調整し得る爲めにより強く減幅せられたより高き周數數のものをより低き周波數でより少く弱められたものよりも多く强める樣に設計せられる。



第十七圖　多重電信に對する接續種類

第十七圖は交流多重電信に對して可能なる種々の接續を示す。六個の電信を一方向に送ることも或は三個を一方向に他の三個を他方向に送ることも出來る。電線の終端に於て電信を繼電器によつて廻送することが出來、また之は交流或は直流の何れにても行ふことが出來る。又ワグネル氏の所謂電氣的轉送器によつて中間區間に於て電信を互に分離し、之を種々の道に導くことが出來る。要するに、此の段運轉の可能は非常に多方面の用途を有してゐる。此の配置は丁度必要なる出力を與へる機械を使用して最も廣い範圍に於て通信要求に適應する。圖を參照して、種々の裝置を如何に運轉するかゞ了解せられるであらう。

前記した利用可能性の多方面は單信高速度電信機（其の典形的にして最良のものとして知られてゐるものはシーメンス高速度電信機である）と多重電信機との競爭に關して遂に一般的に前者の方が好都合のものであると決した。之に就て尙ほ一言せんとする。

多重高速度電信に於ては良く知られてゐる樣に種々の機械は廻轉分配裝置によつて逐次に電線上に持來され一の機械が電線に橫る時に電信記號は送られ、殘餘の時間に之が印字せせられる。三個の同期廻轉分配盤を有する A,B,C の三個所間に段運轉を裝置し例へば二個の分配扇輪を A B 間の通信に、二個を AC 間の通信に、二個を BC 間の通信に役立たしめることが出來る。然し此の運轉が甚だ簡單でないといふことは明である。二個の代りに三個の分配機盤を同期せねばならぬことは運轉の非常なる困難と複雜とを意味する。之が爲めに歐洲に於ては此の裝置は餘り用ゐられず、又ウエスタン、ユニオン會社が此の原理による裝置を非常な範圍で使用した米國に於

ても段運轉は決して使用せられなかつた。米國に於ては扇輪を交番的に異る方向に運轉することを斷念した。米國式の裝置に於ては斯る運轉に於ける電流の遲延を平衡する接觸片を得ることが出來なかつた。そこで交番方向に於ける運轉に際し二重接續を用ゐねばならななかつた。そこで長いピユピン電線に於ては交番運轉は電流遲延の爲めに最早や使用することが出來ず、從つて交番通信に多重高速度電信機を用ゐることは全然問題にならぬことが明になる。

交流電信に於ては繼電所の代りに擴大器接續が現れる。之には注目すべき長所が存在する。ウオリス氏は直流繼電器轉寫によつて各電流歩は約 0.002 秒丈け短縮せられ從つて十個の轉寫に際しては 0.02 秒丈け短縮せられ、之は丁度一分間 600 個の記號に於けるシーメンス高速度電信機の電流歩の期間に相當するといふことを唱へた。夫故に 10 個の轉寫を有する電線を通して最高約 300－350 記號を電信することが出來る。交流電信に於ては繼電所として電話に於けると同樣の擴大器接續を採用することが出來る。此の擴大器接續は撰擇的に形成せられぬ故實際的に振動時間を任意に小にすることが出來る。夫故に繼電所は電信速度を少しも妨害せぬ。

總ての國に於て電話に對するピユンピン電纜網が時々現れる。架空線の延長し得ないこと、電氣鐵道よりの誘導電壓の影響を避けんとする要望、擴大器を使用して電纜に對する費用を著しく減少せんとする可能性（之は伯林――ラインランド間の電纜の如く 2 及び 3 ミリメートルの强さの導線の代りに之よりも相當に細い導線を使用することが可能であつて、郵政廳は例へば 0.9 及び 1.4 ミリメートル直徑の導線に決定したのである）等の事柄は大部分既に實施せられてゐる國內及び國際電話電纜網の建設に對し普ねく大規模の計畫を喚起せしめた。

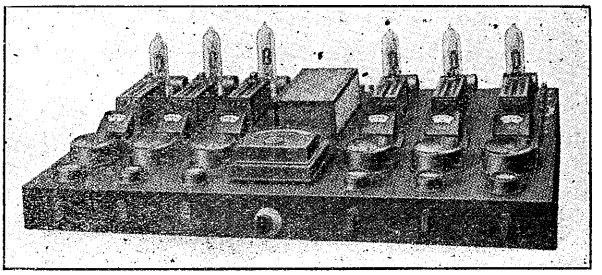
電信網に關して述べんに、電話線の電纜化に至つたと同一理由の下に、我々は電信線の電纜化に進まねばならぬ。歸路を大地に取つてゐる單線通信は、電氣鐵道の增加につれて、總ての大なる線に於ては次第に二線通信に移らねばならぬので、總ての單架空線路は電纜中の二線に移らねばならぬ。之が爲め電信は如何なる方法をとられるかといふに、搬送周波數を持つ多重電信は其の解決法の一であつて、之に於て電信は其の姉妹たる電話から標準電線の 217 回線の內より極く僅かな布施を受くべきのみであつて、一個の對（ドツペル）線から六個の電信回路が得られるのである。實地からして其の一例を擧げんに、伯林――ハンノーフエル區間に於て 78 回線を有するラインランド電纜がある。當時 217 回線を有する標準電纜が布設せられた。從つて全體で 295 回線がある。此の區間上を 42 の電信線が通過する。此の電線に對して

$$\frac{42.2}{6}=14$$

の回線が必要である。卽ち電話は電信に對して自己の導線の唯だ 4.7% 丈けを與へればよいのである。然し電纜中の通信は確實であつて且つ通信が何等擾亂を蒙らないことを顧みれば、電信通信の出力容量の非常な向上が結びつけられてゐることが知られる。

電話線の廣大なる電纜化かピユピン方式及び擴大器の使用の下に行はれるであらうといふことを確めた後、フイルマ、シーメンス、ウント、ハルスケはウエルネル、ウエルケの中央實驗所に於て一九二〇年の初め頃ピユピン電纜に對する交流電信方式を製作せんと企てた。此の製作中クラウシンダ氏は特に功績を顯はし、偉大なる送信接續を案出した。一九二一年九月より十二月迄郵政廳の許可を得て伯林——ラインランド間の電纜で通信試驗を行ひ、同時に六個のシーメンス高速度電信機によつて $\beta l=2.3$ の減幅を有する電線を通して確實な通信を行ふことが出來た。此の試驗の際、我々はウオルリンの豐富な通信經驗によつて特に援助せられた。其の幾ケ月後交流電信は伯林とハンノーフエル間に於てピユピン電纜中で實施せられ、最初から段運轉が達成せられた。伯林より發せられる周波數によりハンノーフエルに於て繼電器が動作し、之は二重接續に於てドルトムンドに向つて直流電信電流を廻送する。ドルトムンドより交流電信に對する電鍵繼電器がハンノーフエルに於て動作する。近き將來に於て更に多くの周波數の通信が同一電線を通じて受容れられるであらう。茲に提出せらたものと同一の裝置(第十八圖及び第十九圖)は既に設置せられた。將來總ての裝置は電話擴大器と同じ樣な配置に持來さるべきものである。我々は之を擴大局に設置することが出來る。電信手は此の機械を是迄と全く同樣に取扱ふことが出來、而して此の裝置が交流電源或は直流電源の何れによつて記號を搬送するかを知るを全く要せぬ。

第十八圖　六周波數に對する送信裝置



第十九圖　六周波數に對する受信裝置

獨逸郵政廳は恐くはピユピン電纜中に於ける音響周波數の交流多重電信を實施した最初のものであつて、之によつて地下電纜に關する範圍に於ては將來の一般的電信方式と認められる所の電信方式を採用した。

(Elektrotechnische Zeitschrift. Heft 1 und 2, 1923)

e-Front runners

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。