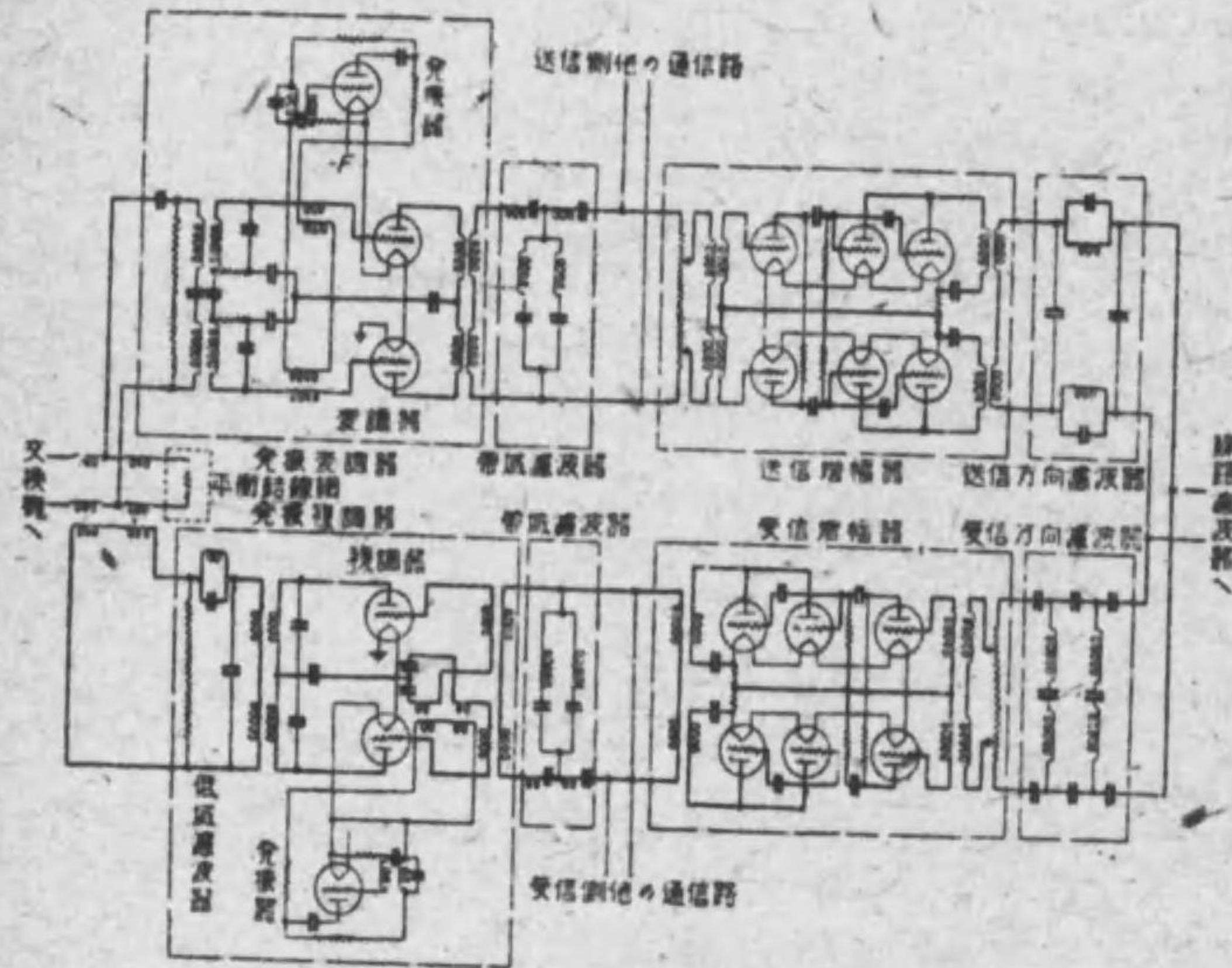


装置とこれに使用せられる真空管用の電源として蓄電池を要するため、創設及維持費比較的高く短区間に用ひては有利でない。地方的諸種の事情により異なるが、大體一通路式で 50 km, 三通路式で 200 km を重疊区間の経済的最近距離と考へられて居るが、装置の簡易化と、エリミネーター或は酸化銅整流器を使用して蓄電池を省略する等経済化につき色々考案せられて居る。

傳送せられる側帯域周波の廣さは、商用通話にあつては 300~2400 \sim で充分であるが、放送プログラムの傳送には少くとも 100~5,000 \sim を均等に傳送するを要し、從て濾波器、増幅器等に特殊の設計を必要とする。

現在廣く用ひられる各種型式の搬送周波並に傳送周波帯域等は第 54 圖に示す如きものである。



第 55 圖 C 型三通路搬送電話局装置接続略圖

第 55 圖はウェスタン電気會社 C 型端局装置の一回路分の接続略圖である。搬送周波阻止式を特長とし、音聲周波側は三接線變成器により、高周波側は方向濾波器により送受話電流を分離する。變調器、復調器及増幅器は孰れも真空管をプッシュプルに接続し、搬送周波は變調器の出力變成器接線内で打消され、且側帯域周波の内上部又は下部側帯域周波のみを濾波器により送受し、受信端に發振器を置き原搬送周波と等しい高周波電流を供給して音聲周波を再生する。從て送受兩端の發振する周波数は 20 \sim 以上の差を生ぜしめてはならない。尙變調器に於ける搬送周波阻止作用は蓄電池により調整することが出来るが、傳送せられる側帯域周波電流 2mA に對し約 7.5% 以下ならば差支ない。

呼出信號方法は 1000 \sim 電流を 1 秒につき 16~20 回斷續したものを以て搬送周波電流を變調して送出し、受信端に於て 1000 \sim 同調回路の變電器群により 16~20 回斷續する直流に整流して信號を受信する。

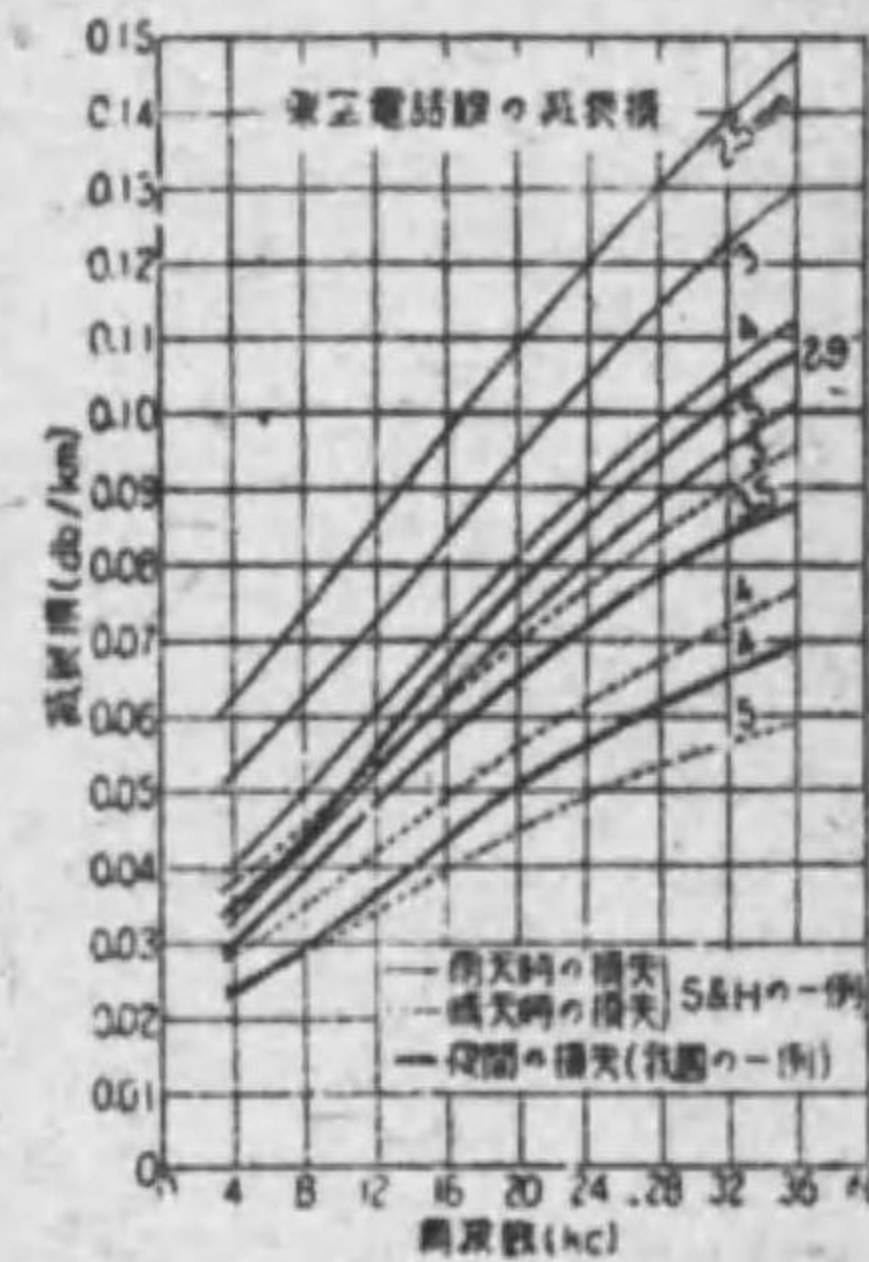
送信並に受信増幅器は同一利得(約 30 db)で三通路路に共通に用ひられる。通話電力レベルは送信端 +20 db, 受信端 -25 db 以内とし、從て線路損失最大 45 db の區間(3.5 mm 鋼線約 400 km に相當する)に用ひられ、より以上線路損失の大なる場合は途中に 30 db 又は 45 db の利得を有する中繼装置を用ひる。

4. 搬送式電話中繼装置 搬送周波傳送式にあつては、各通路路毎に送受兩方向の中繼器を使用するが、搬送周波阻止式にあつては三通路路に共通に送受兩方向の中繼器を使用する。

C 型に於ては送信端及受信端の増幅器と同様の構成のものを用ひ、送話周波群と受話周波群は方向濾波器により分離する。真空管はプッシュプルに接続し不要な高周波を阻止する。普通に用ひる増幅器は出力約 1 W, 全利得約 20 db であるが、更に大なる利得を要する場合は約 15 db の利得を有する補助増幅器を附加使用する。

5. 高周波に對する線路特性 従来の電話線路は、音聲周波に適するやう構成せられて居るからこれに高周波を用ひる搬送式電信電話を重疊する場合は、線路特性がこれに適するか否かに特に注意を要する。

a. 波衰損失 周波数の高くなるに従ひ増加するが、線径の太さ、線径間隔、導子の種類、交叉方法等により大體一定して居る。然し天候、季節により増減し、その變化は周波数の高い程著しい。或る周波数に於て特に著しい損失を生ずる場合があり、これを吸收作用と稱し、主として交叉の不良に基くものである。第 56 圖は吸收作用のない架空線路の減衰損失の一例を示す。ケーブル回線の減衰損失は架空線路に比し非常に大きいから、これに高周波裝荷法を施さねばならぬ。高周波裝荷法は米國では、929 呎毎に 0.0041 mH の裝荷線輪を挿入し、兩終端は特種の補償回路を有する裝荷線輪を挿入する補償裝荷法を用ひ、獨逸では 200 m 毎に 3 mH の裝荷線輪を挿入する。我國では普通のケーブルに對しては 300 m 毎に 3.5 mH の裝荷線輪を挿入し、長距離裝荷ケーブルに對しては 1200 m 毎に 3.8 mH の裝荷線輪を挿入する。



第 56 圖

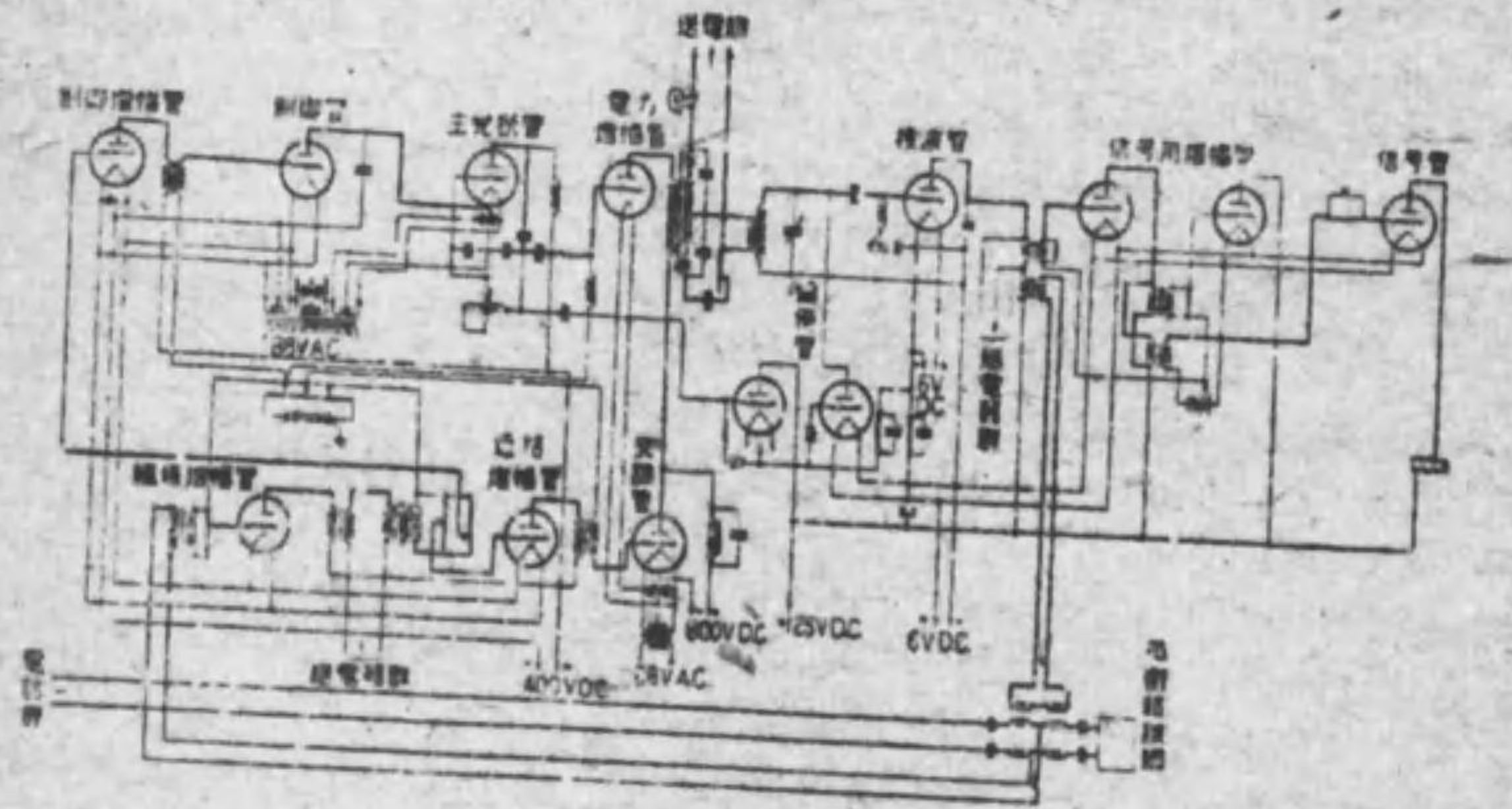
b. インピーダンス 一樣な構成の線路にあつては線路のインピーダンスに不整はないが、一部分にケーブルを有するやうな線路にあつては、ケーブルに高周波裝荷法を施すか或は接続點に適當な變成器を挿入してインピーダンスの不整を除くことが必要である。大體 20% 以上のインピーダンスの不整なからしめなければならない。

c. 漏話量 同一線路の數回線に搬送電信或は電話を重疊する場合は、搬送電話回線相互の漏話につき特に考慮を要する。搬送周波或は傳送周波帯域が異なる場合には雜音妨害として現れる。漏話量は周波数により變化し、大體周波数の高くなるに従ひ増加する。交叉を適當に増すことにより或る限度まで減少することが出来る。大體次の値以下ならば差支ないものとされて居る。

- (1) 搬送電話回線相互間の近端漏話量
 - 同一型式の搬送電話回線相互間 500 漏話単位
 - 異型式の搬送電話回線相互間 2500
- (2) 搬送電話回線より他電話回線への吸収作用 15000
- (3) 1600 Hz に於ける音響周波漏話量 500
- (4) 10 Hz 搬送電信回線相互間の近端漏話量 1000
- (5) 5.5 kc に於ける搬送電信回線と C 型搬送電話回線との間の近端漏話量 200

第 10 章 電力線に適用する高周波電話

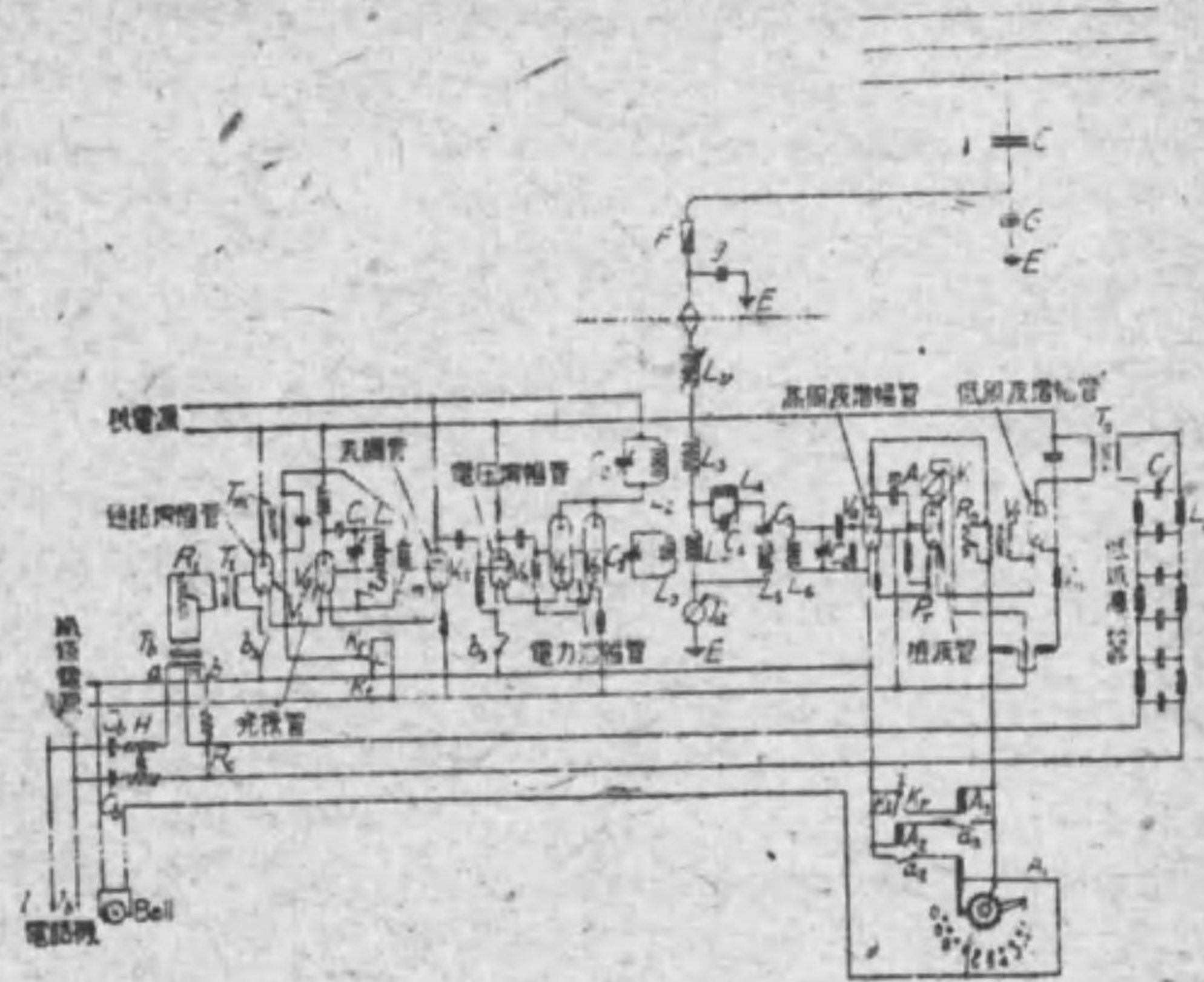
1. 方式及回路 電力線に適用される高周波電話は製造所によつて夫々電力線への結合法、搬送電波の發振法、信號法等は相違してゐるが、現今實用されてゐる装置の主なものゝ電気試験所型、⁽¹⁾ G. E. 社型、⁽²⁾ テレフンケン会社型、⁽³⁾ ウェスチン電気会社型、ドイツ・テレホン・ヴェルケ・ウント・カール・インダストリー会社型であつて我國で現在實用されてゐるのは前三者である。



第 57 圖

第57圖は G. E. 社型の一つの接続回路略圖である。この方式では送話勢力の一部に依つて搬送周波發振管を制御するやうになつてゐる。即ち制御管のプレート端子は發振管の磁束側に接続せられ、この兩管のプレート端子は直列となり、これにプレート電壓が加へられてゐる。制御管は通話の無い時は制御管のグリッドに高い負電壓が加へられてプレート抵抗は非常に高くしてある。送話時に音聲が加へられたならば送話器よりの勢力の一部は制御管のグリッドに増幅せられ、その出力電壓が制御管のグリッドに加はり、プレート抵抗は低下されて發振回路の抵抗は低くなり、搬送周波が發生されることになる。搬送周波電流は電力増幅管で増幅せられ、變調管のプレート端子に加へられ、通話増幅管で増幅された通話電流により變調せられ、共振回路變成器を通じて電力線に送出される。受信の場合は電力線よりの受信電流はその共振回路を経て直ちに檢波管のグリッドにかゝり、整流されて音響周波の脈流としてプレート回路を流れ、變成器の二次側に於て普通の音響周波電流となり、三

極線變成器を通じて受話器に達する。信號は送信に於ては搬送周波のダイヤル・インパルスが送出されるのであつて、受信に於てはダイヤル・インパルスが信號増幅管で増幅されて信號管回路で適當なインパルス電流として信號繼電器を通過せしめ、繼電器は自己呼出のインパルスなる場合信號電鈴回路を閉路するのである。第 58 圖はテレフンケン型の接続



第 58 圖

回路略圖である。その動作は送話の場合受話器を上げると送信回路の繼電器群は動作して真空管回路を點火し送話状態にする。送話器よりの音響電流は先づ減衰器で適當の大きとし、入力變成器を経て通話増幅管で一段増幅を受け、次いで結合線輪で搬送周波と合して變調管のグリッド端子に加へられる。變調管よりの被變調波は電壓及電力の二段増幅を受けた後、共振變成器を通り結合蓄電器を経て電力線に送出される。受信の場合は電力線よりの被變調波は共振回路の共振變成器を経て高周波増幅管で一段増幅を受けた後檢波管で整流せられ、次に低周波増幅管で増幅せられ音響周波となり低域濾波器を経て受話回路に導かれる。信號は選出信減法によるもので、ダイヤル・インパルスの高周波は受信回路に入り、檢波管で整流せられインパルス繼電器を通りセレクター・スイッチを動作せしめ、電鈴回路を閉路せしめるのである。

2. 結合方式⁽⁴⁾ 搬送式電話法を重疊せんとする電力線は一般に數萬ヴォルト以上の特別高壓である爲に、電話装置と電力線との結合には高絶縁の結合装置を必要とする。又異常電壓の發生或は結合装置の故障の爲に高電壓が引込線にかゝるやうな場合に、これを直に接地して電話装置や取扱者に危險電壓のかゝらぬやう充分の保安設備が必要である。通話電流の結合方式としては、以前は送電線の下部に數百メートルの長さに並行線條を設け電力線との間の静電容量を利用した所謂アンテナ・カップリングの方式が使用されたが近來は高絶縁の結合蓄電器即ちキャパシトル (Capacitor) が製作されるやうになつて専ら

これら使用されてゐる。キャパシトルには容量の大小、形態の如何によつて屋外用、懸吊用、埋付用等の種別がある。米國では次の種類のキャパシトルが實用されてゐる。

- (1) マイカ・キャパシトル (Mica capacitor)
- (2) 磁器キャパシトル (Porcelain capacitor)
- (3) 油入ケーブル・キャパシトル (Oil-filled-cable capacitor)
- (4) 油入タンク・キャパシトル (Oil-filled-tank capacitor)

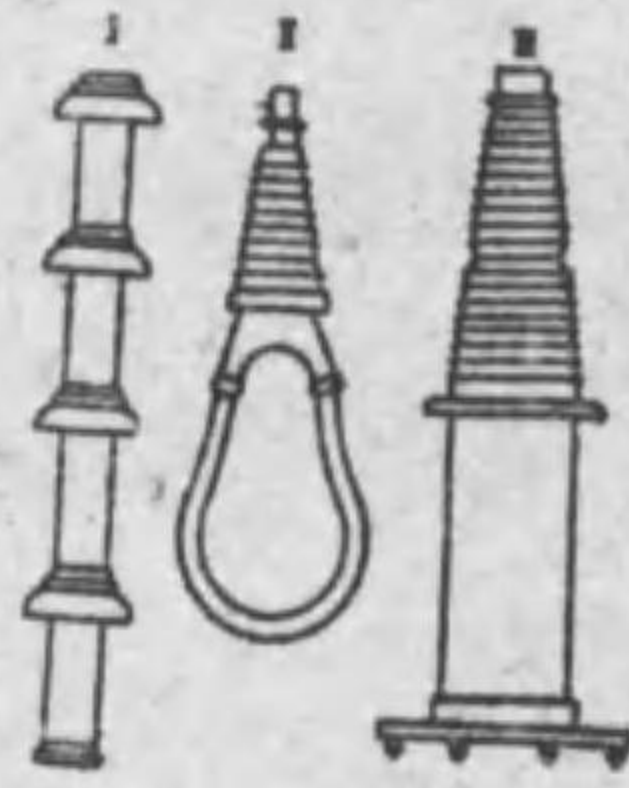
マイカ・キャパシトルは誘電體としてマイカを使用したもので第 59 圖 I はその外形を示す。この種のもは 88 000 V 程度に適し 4 箇のエレメントが大々に連結されており、各面に 22 000 V が加ふるやうになるのである。

磁器キャパシトルは磁器を誘電體として使用し、套管より導かれたり込線は磁器管内面の金属板に接続され、これに對して磁器誘電體を透過して外面に張られた金属板は電話装置より来る導線に接続される。

油入ケーブル・キャパシトルは第 59 圖 II の外形を有するもので蓄電器部は約 4~5 m 長の環状ケーブル部分であつて高壓線より来る導線は套管を経てケーブルの心を作り、外部の鉛被は搬送電話装置の出力變成器に接続される。ケーブル心と鉛被とは紙絶縁であつて、或る壓力の油が填充されてゐる。頭部には温度により油の膨縮に備へる爲のレザークラップが装置されてゐる。

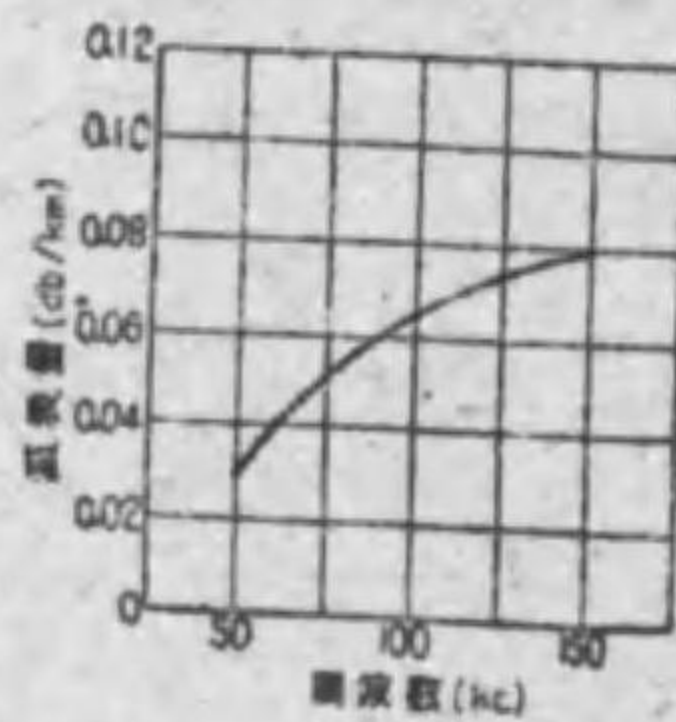
油入タンク・キャパシトルは磚子上に据ゑられた油入タンクのタンク壁と内部の導體筒との間の静電容量を以て結合静電容量としたもので、200 kV 以上の特別高壓の送電線に使用される。第 59 圖 III はその外觀である。

本邦では住友電線製造所に於て絶縁油を含浸せしめた紙絶縁ケーブル・キャパシトルが製作され、日本陶器會社よりは磁器絶縁キャパシトルが製作されてゐる。



第 59 圖

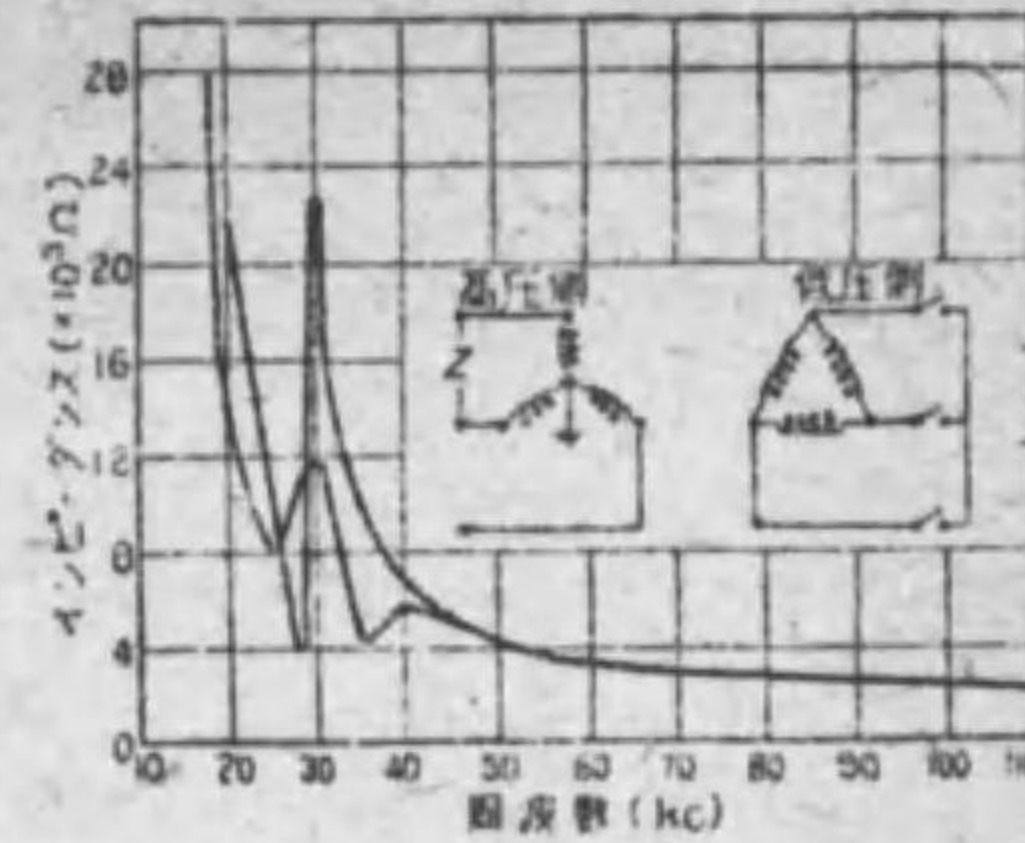
3. 通話距離⁽²⁾ 通話距離は兩端の送受信装置により外線に許容する電力と電力線の搬送周波に對する減衰量によつて定まる。送信端に於て電力線に送出される電力を P_1 とし、受信端に於て電力線より受信装置に入る電力を P_2 とすれば、送電線の減衰量 A (db) は $A = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$ となる。今送電線の 1 km 當りの減衰度を α とすれば A/α は通話距離となる。搬送式電話法を送電線に重疊する場合、歸路を送電線の他の一線にとる場合即ち導體回路による場合と、大地を歸路とする場合とあるが、孰れも表皮作用のために實効抵抗は著しく増大する。殊に大地を歸路とする場合は著しい。第 60 圖は半径 6 mm なる送電線の周波特性である。



第 60 圖

4. 線路の特性⁽²⁾ 送電線のみによつては一樣な線路であるからそのインピーダンス曲線は周波數に對し平滑な曲線であり、殊に搬送周波の範圍では殆ど一定値となるが終端に變壓器が接続されると變壓器の周波特性や負荷特性が加はる爲に、50 kc 以下の周波數に於ては著しい変動が現

れる。從て搬送式電話を重疊する場合に 50 kc 以下の周波數を搬送周波に使用することは不適當である。第 61 圖は送電線變壓器のインピーダンス特性曲線である。搬送式電話の重疊された回路が導體回路なるか大地を歸路とする回路なるかによつて特長を異にし、大地を歸路とする回路に於ては導體回路に比し單位長の減衰度は大、又無線通信との干渉や空電の妨害を受けることも大であるが、通信の安定度に於ては勝つてゐる。



第 61 圖

第 11 章 裸 線 路

1. 電 柱 電柱には不注入掬又はクレオソート（或は硫酸銅）注入杉を最も多く用ひる。柱間距離は市内電話線路では 40 m を標準とし、電信及市外電話線路では 45~55 m である。電柱の寸法及根入の深さを示すと第 11 表の通りである。この外河越、谷越等には A 柱、H 柱又は人形柱を用ひる。

第 11 表

長さ (m)	市内電話線路		電信及市外電話線路		長さ (m)	市内電話線路		電信及市外電話線路	
	末口 (cm)	根入の深さ (m)	末口 (cm)	根入の深さ (m)		末口 (cm)	根入の深さ (m)	末口 (cm)	根入の深さ (m)
6.0	14	0.9	—	—	9.5	10	1.4	21	1.8
6.5	"	1.0	—	—	10.0	"	"	22	2.0
7.0	"	1.1	14	1.4	10.5	17	1.5	23	"
7.5	15	1.1	15	1.6	11.0	"	"	"	2.2
8.0	"	1.2	17	"	11.5	"	1.7	24	"
8.5	"	"	18	1.8	12.0	"	1.8	"	2.4
9.0	16	1.4	20	"					

2. 腕 及 磚 子 市内電話線路には主として腕金を用ひ、電信及市外電話線路には腕木を用ひる。腕金には角鐵材を、又腕木には主として樺材を用ひる。第 12 表はこれ等の種別及寸法を示すものである。

磚子には専ら磁器製磚子を用ひ、二重磚子、茶壺磚子及波形磚子等の種別がある。孰れも大型と小型との 2 種類があつて、市内電話線路には小型のものが用ひられる。

3. 電 線 裸線には鐵線及硬鋼線を主として使用し、中にも硬鋼線が最も廣く用ひられる。又張力の異なる箇所例へば河越、谷越等には鋼線又は鋼覆鋼線又は C 鋼線等が用ひられる。その太さは 1.6 mm (市内電話用)、2.0 mm、2.9 mm、3.5 mm (以上孰れ

第 12 表

種 類	長さ (cm)	幅 (cm)	深さ (cm)	厚さ (cm)	普通線線間隔 (cm)	柱脚線線間隔 (cm)	用 途
二線用小腕木	60	6.0		6.0	48	48	市内電話、電信及市外電話線路
二線用大腕木	90	6.0		6.0	78	78	電信及市外電話線路
四線用腕木	120	6.6		6.6	30	48	
四線用腕金	120	4.0	4.0	0.5	30	48	市内電話線路
六線用腕木	180	6.6		6.6	29	52	電信及市外電話線路
八線用腕木	240	7.6		7.6	28	60	
八線用腕金	220	5.0	5.0	0.6	25	58	市内電話線路
ケーブル用腕金	60	5.0	5.5	0.6	—	48	市内電話ケーブル線路

も電信及市外電話用) 等で、特に太いものを必要とする時には 4.0 mm のものが用ひられる。これ等の電氣的及機械的性質については、6 編 1 章参照のこと。

4. 電線の架渉 先づ電柱に腕、笠金及地線を取付け、これを適当な根入れを以てルートに沿ひ豫定した位置に建設する。然る後柱に向ひ腕の中央又は中央に最も近い左側より順次一回線宛左右交互に架渉する。電線は線線蓋に捲き、これを一方に剥きつけ、電線の一端に鋼の類を結びつけ、これを他端より引いて腕から腕へと順次電線を架渉する。この際繰り出される電線にキックが起らないやうに注意しなければならない。かくの如くして電線に適当な弛度や交叉を施して、碍子へ懸縛するのである。

5. 電線の弛度及交叉 電線の弛度は次式によつて計算せられる。

$$d_1^3 - \frac{1}{8} (1+nK) \left(1 - \frac{a^2 w}{8Ed}\right) (8a^2 + 8d^2) - 3a^2 d_1 - \frac{a^2 w}{64E} (1+nK) (8a^2 + 8d^2) = 0$$

但 n ……最低標準温度 (-5°C) より昇つた温度 (°C)

第 13 表

回線種類	1 往復 km の抵抗 (Ω)	1 往復 km のインダクタンス (H)	1 往復 km の静電容量 (μF)	特性インピーダンス (Ω)	1 km 當りの位相定数 (rad)	1 km 當りの電圧損失 (db)
1.60 mm 硬銅線(實回線)	16.5	0.00247	0.00459	946 $\sqrt{25^2 27}$	0.0109	0.0194
2.00 mm " (銅回線)	11.2	0.00296	0.00486	820 $\sqrt{30^2 50}$	0.00755	0.0185
" (電信回線)	5.6	0.00144	0.00804	476 $\sqrt{18^2 28}$	0.00634	0.0181
2.60 mm " (實回線)	8.0	0.00230	0.00504	737 $\sqrt{15^2 46}$	0.00553	0.0179
2.90 mm " (銅回線)	5.6	0.00224	0.00517	676 $\sqrt{13^2 33}$	0.00434	0.0175
" (電信回線)	2.5	0.00137	0.00848	418 $\sqrt{10^2 40}$	0.00353	0.0174
3.60 mm " (銅回線)	3.7	0.00217	0.00534	658 $\sqrt{8^2 50}$	0.00310	0.0173
" (電信回線)	1.9	0.00132	0.00875	397 $\sqrt{7^2 25}$	0.00249	0.0172
4.00 mm " (銅回線)	2.8	0.00211	0.00553	628 $\sqrt{6^2 47}$	0.00244	0.0172
" (電信回線)	1.4	0.00130	0.00900	386 $\sqrt{5^2 39}$	0.00194	0.0172
1.4 mm 硬銅線(實回線)	40.0	0.00242	0.00470	422 $\sqrt{7^2 55}$	0.01870	0.0250

漏洩 G の値はすべて 1 km 當り 1.6 MΩ とする。又周波数は 800 Hz とする。

d ……最低標準温度の電線弛度 (m) d_1 ……温度上昇後の電線弛度 (m)
 a ……柱間距離 (m) E ……電線の弾力係数 (kg)
 K ……1°C に対する電線の膨脹係数 w ……電線 1 m の重量 (kg)

次に市外電話回線に於ては、同一電柱に架渉せられた回線相互間の漏話を防ぐために交叉を施す。普通 17 600 m 毎に同一交叉方法を繰返すものであつて、これを一交叉区間と稱へ、この長さに対して腕木の種類に應じ、夫々適当な交叉標準が定められてある。(本編 15 章 G 参照)

6. 架空線回線の電氣定数 第 13 表の通り。

第 12 章 陸上ケーブル線路

1. ケーブル (6 編 4 章参照)

2. 管路及マンホール 地下管路には鐵管、土管、コンクリート管、トラフ等が用ひられ、その内鐵管が最も多く、その他のものは湧水面の低い處に用ひられる。鐵管は内径 7.6 cm、長さ 3 m である。又土管及コンクリート管には單孔、二孔、四孔、六孔及九孔等の種類があつて、孔の内径は 8.5 cm、長さ 45~60 cm である。

トラフは U 字形の陶器、コンクリート又は木管に、石材、コンクリート又は鐵の蓋を設けて作られ、小線路に用ひられる。

マンホールは角形と扇形とに大別せられ、角形には又直線路に用ひるものと、分岐點に用ひるものと二つがある。コンクリート又は煉瓦で作られ、その寸法は普通のマンホールでは、長さ 1.8~2.3 m、幅 1.2~1.5 m、深さ 1.5~1.8 m である。又市外電話線路で裝荷線輪を裝置するマンホールは、長さ 1.8~2.6 m、幅 1.2~1.8 m、深さ 1.8~3.0 m である。又マンホールの代りに小線路ではハンドホール又はスリーブが用ひられる。

3. 裝荷型式及裝荷線輪 ケーブル式市外電話線路は裝荷するのが普通である。(本編 15 章 5 参照) 第 14 表は C.C.I. に於て標準として定められた裝荷型式を示すものであつて、我國に於ては主として I_2 法が用ひられて居る。

又市内電話中繼線にも長遠なものには裝荷せられる。米國では 133 mH のものを 2 km 毎に挿入するを普通とし、我國では 100 mH のものを約 2 km 毎に挿入する方法によつて、試験的に使用せられて居る。

裝荷線輪の鐵心には鉄粉を押しかためて作つたものを用ひる。特に最近のものはパーマロイ鐵粉^(註)(米國)又はジスフェヤ(獨逸)などの誘磁率の大きい且直流の通過に對して磁氣的に安定な鐵粉を押しかためて作つたものが使用せられる。かくの如くして通過電流の大小によつてインダクタンスの變化を少くし、且渦流及ヒステリシス損による線輪の實効抵抗を出來得るだけ少くするのである。

裝荷線輪は所要の數だけ堅牢な鐵函に収めて密封し、引出線を取付けてケーブルに接続し得るやうにしてある。

4. 長距離ケーブル回路の設計 これは回線が兩都市間の直通線であるか、中繼線であるかによつて異なるのみならず、種々の状況に支配せられて一律には行かないが、大體各裝荷型式回線の特性及經濟的關係により設計すればよい。但一回線(二回線以上が裝荷せられて一回線を構成してゐる場合をも含む)中に二線式ケーブル回線なれば中繼器が大體 5

第 14 表

装荷法	装荷種類	導線の直径 (mm)	回路の種類	装荷間隔 (km)	線路のインダクタンス (mH)	1 km 當りの減衰定数 (800 \sim)	遮断周波数 (サイクル)
I _a	中程装荷	0.9	S	1.830	177	0.0217	2 900
			P		63	0.0228	3 600
		1.3	S		177	0.0121	2 900
			P		63	0.0125	3 600
軽装荷	0.9	S	1.830	44	0.0390	5 800	
		P		25	0.0328	6 000	
I _b	中程装荷	0.9	S	1.830	200	0.0197	2 750
			P		70	0.0210	3 670
		1.4	S		190	0.0087	2 740
			P		70	0.0101	3 520
	軽装荷	0.9	S	2.000	50	0.0307	5 340
			P		20	0.0350	6 840
II	中程装荷	0.9	S	1.700	140	0.0185	3 450
			P		56	0.0185	4 300
		1.4	S		140	0.0095	3 400
			P		56	0.0095	4 300
	軽装荷	0.9	S	1.700	30	0.0350	7 700
			P		12	0.0350	9 300

筒以下となるやうにしなければ、中継器の利得が充分に得られない。特に回線の中央に位する中継器は、両方面に於ける線路の不均衡の影響が甚しいので、利得を低下しなければ、雑音が生ずるやうになる。又装荷線輪の間隔が第 14 表の標準値と違つてもよい限度は、 $\pm 2\%$ 以下に定められて居る。これは装荷間隔の差違が甚しくなると回路各部のインピーダンスが著しく異つて来て、その點で所謂反射現象が起り、(本編 15 章参照) 通話上並に中継器の動作に例へば上述の如く利得の減少を餘義なくせしめられるやうな悪影響が與えられるからである。

尙最近では長距離ケーブル回線には無装荷式とし且搬送式電話の施行を可能ならしめるやうに、特別に製作したケーブル及中継器を使用して、装荷ケーブル回線に起る通話上に及ぼす種々の悪現象(本編 15 章も参照)をさけることが提唱せられ、漸次実行の域に近づきつつあるのである。

5. ケーブルの接続及試験 市外電話ケーブルを布設するにあつては、一装荷区間を四等分し、その各接続點に於て兩方面のケーブルの各クワッド毎に、側回線相互間に側回線と重信回線との間の静電容量不平衡を測定し、その兩方面の値の合成値が各回線を通じて最も小さくなるやうに、心線の交叉接続を行ふのである。かくの如くして一装荷区間の接続を了したる時、その一端より他端に向つて測定した一装荷区間内の各回線の静電容量は次の値以下となるやうにする。

	平均値	最大値
重信回線と側回線間	30 μpF	100 μpF
側回線と側回線間	20 "	75 "
重信回線と重信回線間	40 "	175 "

全區間の接続を終つた後は、端局間又は中継所間を略四等分して、各區間毎に漏話(本編 15 章 6 参照)試験をなし、全區間を通じて 1000 \sim の交流を以て測定した漏話量が下記の値を超過しないやうに上記四等分點に於て適當に心線を選定して接続を行ひ、こゝに初めて接続を終了することとなるのである。

- 重信回線相互間の最大漏話量……………300 漏話單位
- クワッドを構成する側回線相互間の最大漏話量……………200 "
- クワッド内に於ける重信回線と側回線間の最大漏話量……………300 "

かくの如くして全區間の接続を終つた時には、最終試験として通話能率及インピーダンス等の測定を行ひ、以てこのケーブル回線が良好な通話を與へるかを確めるのである。これ等の測定には電源として 20 乃至数千サイクル迄の正弦波形の交流を發生する真空管發振器(例へば #8-A 又は B)等を用ひ、測定器には不平衡容量測定器、⁽¹⁾ 50 號型漏話測定器、⁽²⁾ #1-B インピーダンス・ブリッジ、⁽³⁾ 3 號型通話能率測定器⁽⁴⁾ 等が用ひられる。

6. ケーブル回線の電気定数 第 15 表の通り。

第 15 表

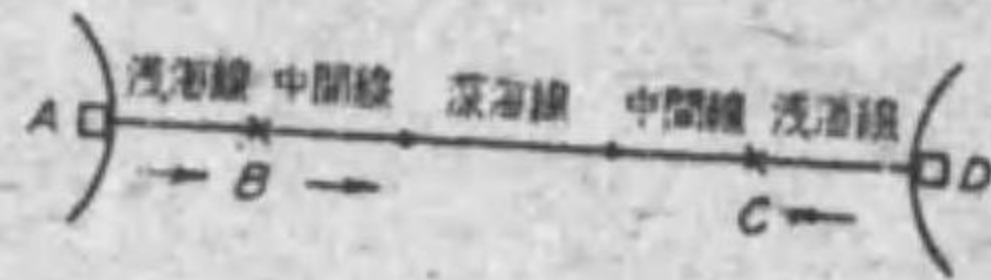
回線種類	1 往復 km の抵抗 (Ω)	1 往復 km のインダクタンス (H)	1 往復 km の静電容量 (μF)	特性インピーダンス ($\Omega \angle \alpha^\circ$)	1 km 當りの減衰定数 (ネーパ)	1 km 當りの位相定数 (rad)	1 km 當りの通話當量 (db)
市内電話線路用							
0.50 mm 地下ケーブル	168.0	0.00062	0.0478	845 $\sqrt{38^\circ 45'}$	0.1407	0.1428	1.220
0.65 mm "	103.0	"	0.0446	706 $\sqrt{38^\circ 55'}$	0.1079	0.1107	0.936
0.65 mm 架空ケーブル	"	"	0.0405	741 $\sqrt{35^\circ 55'}$	0.1028	0.1055	0.892
0.90 mm "	52.0	"	0.0372	579 $\sqrt{29^\circ 36'}$	0.0676	0.0716	0.586
市外電話線路用							
0.90 mm 無装荷側回線	52.0	"	0.0385	564 $\sqrt{29^\circ 28'}$	0.0668	0.0728	0.597
" 無装荷重信回線	20.0	"	0.0620	366 $\sqrt{19^\circ 54'}$	0.0804	0.0673	0.524
" 輕装荷側回線	54.5	0.0246	0.0385	834 $\sqrt{11^\circ 52'}$	0.0336	0.1574	0.291
" 輕装荷重信回線	27.3	0.0141	0.0620	493 $\sqrt{10^\circ 31'}$	0.0284	0.1505	0.246
" 中程装荷側回線	60.3	0.0087	0.0385	1 587 $\sqrt{3^\circ 23'}$	0.0196	0.3041	0.170
" 中程装荷重信回線	31.7	0.0350	0.0620	757 $\sqrt{5^\circ 2'}$	0.0214	0.2338	0.1856
1.30 mm 無装荷側回線	20.0	0.00062	0.0385	456 $\sqrt{19^\circ 55'}$	0.0473	0.0530	0.409
" 無装荷重信回線	13.0	"	0.0620	329 $\sqrt{11^\circ 17'}$	0.0400	0.0505	0.347
" 中程装荷側回線	34.3	0.0087	0.0385	1 587 $\sqrt{1^\circ 55'}$	0.0114	0.3037	0.0989
" 中程装荷重信回線	17.1	0.0350	0.0620	753 $\sqrt{5^\circ 45'}$	0.0117	0.3037	0.1015

ケーブルの絶縁抵抗は $\frac{G}{2C} = 9$ として計算してある。又市外電話ケーブルの重信回線中程装荷は 63 mH である。尙反波数は孰れも 800 \sim である。

第 13 章 海底ケーブル線路

1. 海底ケーブル (6 編 4 章参照)

2. ケーブルの布設 海底ケーブルを布設するには、海底の地勢、底質、水深、温度等を實測し、なるべく泥土又は細砂より成る海底を選んでルートを決める。又兩岸には適當な地點に陸揚室を設け、こゝからケーブルを引き始める。第 62 圖に於て AB を一方の浅海線を布設する区間とすると、この区間は一般に浅いから、小型蒸気船(圓平船)を用ひて布設し、次に布設本船で BC 間の中間線及深海線を布設し、更に他端 CD 間も圓平船で浅海線を布設し、この兩方の浅海線を B 及 C 點で接続して、全體の布設を終るのである。尤も浅海線は常に圓平船で布設するのではなくて、只海岸に近く極めて浅い處で、布設船が入ることの出来ない部分だけを圓平船で布設し、他は布設本船で行ふのである。



第 62 圖

布設に際しては船の速度 v よりも布設せられるケーブルの速度 v' の方を適當に大ならしめなければ、修理のためにこれを引きあげることが出来ない。この割合を表すに弛餘なる語を用ひ、これを m で表すと、 $m = \frac{v' - v}{v}$

普通 m を百分率で表し、數パーセントから 10% 位とする。これを適當にするには、布設の際制動機を以て、次式で計算せられる張力 T をケーブルに與へる。

$$T = h \left\{ w - \frac{qv}{\sin \alpha} (1 + m - \cos \alpha) \right\}$$

茲に h は水深、 w は水中に於けるケーブル單位長の重量、 q は電線の軸の方向に於ける摩擦係數、 α はケーブルが水平線となす角である。

3. 海底ケーブルの障害修理及試験 海底ケーブルが障害にかかつた時には、障害試験によつて障害點の豫測を行ふ。その方法には障害の種類によつて色々あるが、断線の時には直接斜傾法(約 180 km 以内の時)、ゴット法(約 180 km 以上の時)等を用ひ、地氣障害の時には地氣の狀況即ち全地氣、半地氣、時々地氣等の状態に應じて、Varley 環線法、Kennelly の二電流法、三電流法、Rymer John の二電流法又は Jona の圖式法等に依る。

障害點を豫測した後、その點の兩方面でケーブルを引きあげ、障害ある部分を他の新しいケーブルと取りかへるのである。ケーブルを引きあげるには、布設船で太い鋼索に探錨をつけたものを海底に投じて、ケーブルと直角の方向に引き、捕錨をするのである。錨が捕錨したか否かは、鋼索にかかる張力で知られる。又ケーブルを引きあげる時には、ケーブル及鋼索にかかる張力によつて切れることのないやうにせねばならない。この時の張力は次式で計算せられる。

ケーブルが海底を離れんとする點に受ける張力 $t = \frac{wh}{\cosh \alpha - 1}$

ケーブルが錨にかかつた點に於て受ける張力 $T = \frac{wh \cosh \alpha}{\cosh \alpha - 1}$

鋼索の受ける張力 $G = 2T \tanh \alpha - wh$

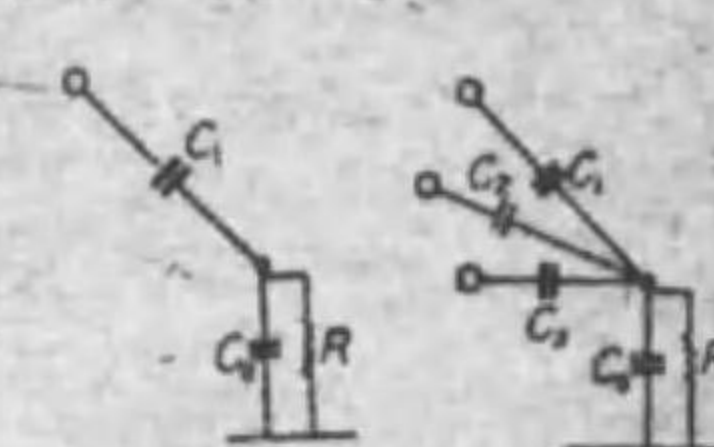
第 14 章 誘導妨害

1. 静電誘導

a. 通信線の對地絶縁抵抗を考へた場合の誘導電壓 通信線と電力線との相互關係を次に示すやうな等價回路として考へると静電誘導電壓は次式で求められる。(34)(35)

(1) 電力線=單相單線式 通信線=單線式 (第 63 圖参照) $V = \frac{\omega C_1 R E}{\sqrt{1 + \omega^2 (C_1 + C_0)^2 R^2}} \dots (1)$

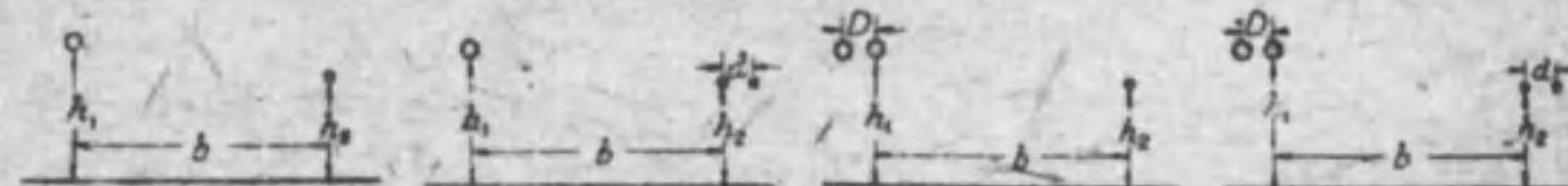
(2) 電力線=三相三線式 通信線=單線式 (第 64 圖参照) $V = \frac{\omega C'' R E_{11}}{\sqrt{1 + \omega^2 (C_0 + C'')^2 R^2}} \dots (2)$



第 63 圖. 第 64 圖

$$C'' = \sqrt{3} \delta + \epsilon - \delta \epsilon, \quad C' = C_1 + C_2 + C_3, \quad \delta = C_2 - C_1, \quad \epsilon = C_3 - C_1, \\ E_{11} = \text{三相交流電位の正相分}$$

b. 電力線と通信線との接近距離から求められる誘導電壓 半徑が r_1 なる電力線と通信線とが平行してゐる場合、通信線の大地に對する絶縁が完全であれば通信線に誘導する電壓は夫々次の諸式を用ひて計算される。(36) (h_1 は電力線の地表上の高さ、 h_2 は通信線の地表上の高さ、 D は電力線の線間距離、 d は通信線の線間距離)



第 65 圖 第 66 圖 第 67 圖 第 68 圖

(1) 電力線=單相單線式 通信線=單線式 (第 65 圖参照)

$$V = \frac{E}{2 \log_e \frac{2h_1}{r_1}} \log_e \frac{b^2 + (h_1 + h_2)^2}{b^2 + (h_1 - h_2)^2} \dots (3)$$

(2) 電力線=單相單線式 通信線=複線式 (第 66 圖参照)

$$V_{av} = \frac{E}{2 \log_e \frac{2h_1}{r_1}} \log_e \frac{(b+d)^2 + (h_1 - h_2)^2}{(h_1 - h_2)^2 + b^2} \dots (4)$$

(3) 電力線=單相二線式 通信線=單線式 (第 67 圖参照)

$$V = \frac{E}{4 \log_e \frac{D}{r_1}} \log_e \frac{[b^2 + (h_1 + h_2)^2][(b+D)^2 + (h_1 - h_2)^2]}{[b^2 + (h_1 - h_2)^2][(b+D)^2 + (h_1 + h_2)^2]} \dots (5)$$

但この場合 E は電力線の線間電壓である。

(4) 電力線=單相二線式 通信線=複線式 (第 68 圖参照)

$$V_{av} = \frac{E}{4 \log_e \frac{D}{r_1}} \log_e \frac{[(b+D)^2 + (h_1 - h_2)^2][(b+d)^2 + (h_1 - h_2)^2]}{[(b+D+d)^2 + (h_1 - h_2)^2][b^2 + (h_1 - h_2)^2]} (6)$$

但この場合 E は電力線の線間電壓である。

(5) 電力線=三相三線式 通信線=單線式 電力線々條の排列を正三角形とし、 E

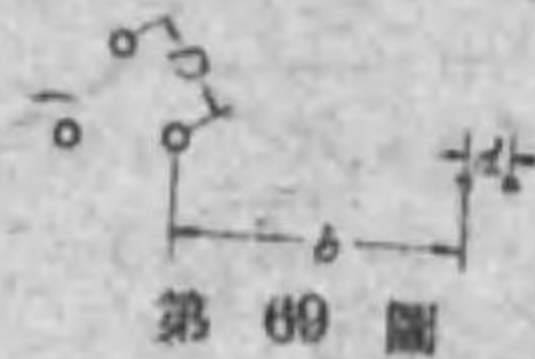
を線間電圧とすれば

$$\left. \begin{aligned} b < 15 \text{ m の時は } V &= 0.055 \frac{ED}{b} \\ b > 15 \text{ m の時は } V &= 1.06 \frac{ED}{b^2} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (7)$$

(6) 電力線=三相三線式 通信線=複線式

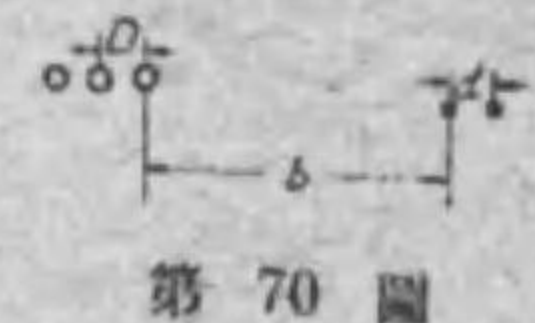
$$V_{ab} = \frac{0.085 D d E}{b^2} \quad (\text{第 69 圖参照}) \dots \dots \dots (8)$$

$$V_{ab} = \frac{0.17 D d E}{b^2} \quad (\text{第 70 圖参照}) \dots \dots \dots (9)$$



第 69 圖

(7) 電力線と通信線とが平行しない場合 兩線路の接近距離が l なる区間で h_1 から h_2 に變つてゐる場合には次式で計算する。(20)



第 70 圖

$$V = \frac{E}{-2 \log_{10} \frac{2h_1}{r_1}} \times \frac{1}{2.3(b_2 - b_1)} \left\{ 2.3 \log_{10} \frac{\left(1 + \frac{(h_1 + h_2)^2}{b_2^2}\right)^{1/2}}{\left(1 + \frac{(h_1 + h_2)^2}{b_1^2}\right)^{1/2}} + 2(h_1 + h_2) \left(\tan^{-1} \frac{b_2}{h_1 + h_2} - \tan^{-1} \frac{b_1}{h_1 + h_2} \right) \right\} \dots \dots \dots (10)$$

c. 送電線故障時の誘導電壓 無接地式三相電力線の一線が突發的に接地障害を起した場合通信線に誘導する電壓は Liencmann の近似計算に依り次式で表される。(21)

$$V = \frac{0.525 E h_1 h_2}{b^2 + h_1^2 + h_2^2} \dots \dots \dots (11) \quad V' = \frac{0.36 E l}{b^2 + h_1^2 + h_2^2} \dots \dots \dots (12)$$

式中 V_{ab} は電話回線の所謂雑音電壓であつて 800 μ 等價ミリヴォルトであり、 l は平行長である。

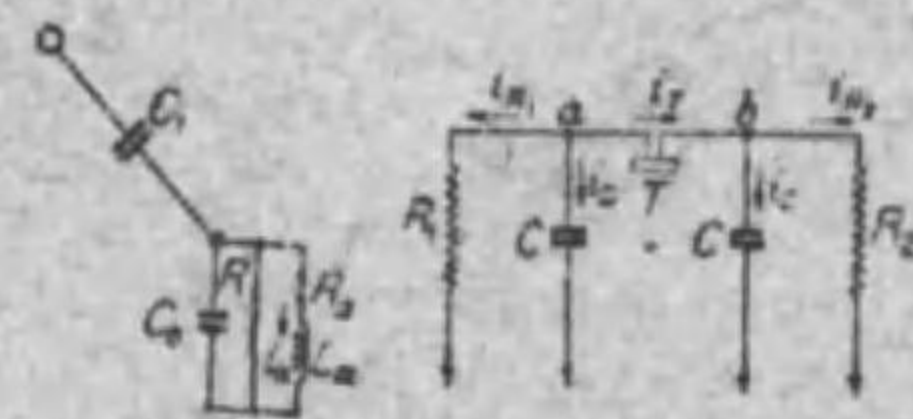
d. 静電誘導電流 單線式電力線と單線式通信線との相互關係を第 71 圖に示すやうな等價回路として考へると通信機を流れる誘導電流は次式で計算される。(22)

$$i_a = \frac{E \omega C_1}{(R_a + j\omega L_a) \left\{ \omega(C_1 + C_2) - \frac{\omega L_a}{R_a^2 + \omega^2 L_a^2} - j \left(\frac{1}{R} + \frac{R_2}{R_a^2 + \omega^2 L_a^2} \right) \right\}} \dots \dots \dots (13)$$

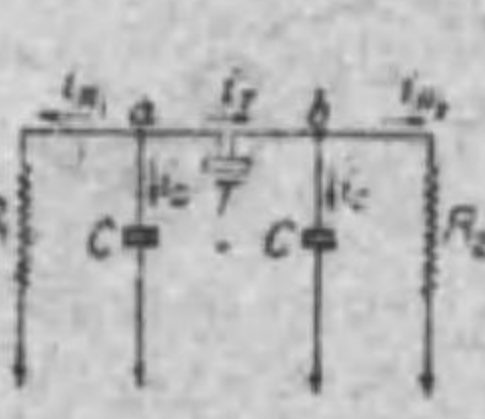
複線式の通信線に於ては誘導電流は往復二線が對地絶縁抵抗を異にする爲兩端に挿入してある通信機を流れるものとするとその値は次式で計算される。(23) (第 72 圖参照)

但 v_a なる電壓が誘導されたものとする。

$$i_r = \frac{v_a C \omega (R_1 - R_2)}{(R_1 + R_2) \sqrt{1 + 4C^2 \omega^2 \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)^2}} \dots \dots \dots (14)$$



第 71 圖



第 72 圖

2. 電磁誘導

a. 地絡路電流に因る誘導電壓 中性點接地式の送電線に一線接地の故障が起つた時のやうに大地を歸路とする電流が流れる場合、附近の通信線に及ぼす誘導作用は時として通信機器の焼損、人體への危害等の如き最も恐るべき障害を惹起するものである。今この場合、電力線に流れる電流を I_0 とし通信線との毎キロメートルの相互インダクタンスを M とすれば、平行長が l (km) なる区間で誘導する電壓は次式で與へられる。

$$V = j\omega M I_0 l \dots \dots \dots (15)$$

かやうに電力線が大地を歸路とする場合に附近の通信線との相互インダクタンスを求めるには我國では泷澤博士の公式、K-M Chart の計算法、(24) 深尾の實用式(25) 等があり、歐米では Breisig、(26) Mayer、(27) Rüdenberg、(28) Harberland、(29) Pollaczek、(30) Carson(31) 等の諸氏が夫々の公式を發表してゐる。これ等の中で最近各地で行はれた實驗の結果 Pollaczek の式が最もよく實測値と一致すると云はれてゐる。

b. Pollaczek の公式 この式は相互インダクタンスを波動方程式から展開して Hankel 函數に導き、近似式として次の 2 式が示されてゐる。

$$M = \left\{ 2 \log_{10} \frac{2}{\gamma |K| \sqrt{b^2 + (h_1 - h_2)^2}} + 1 - j \frac{\pi}{2} - j \frac{4K(h_1 + h_2)}{3} \right\} \times 10^{-4} \quad (\text{H/km}) \dots \dots \dots (16)$$

$$M = \left\{ \frac{4}{K^2 b^2} + \frac{\text{kei} |Kb| - j \text{ker} |Kb|}{|Kb|} \right\} \times 10^{-4} \quad (\text{H/km}) \dots \dots \dots (17)$$

これ等 2 式の中で (16) 式は $|K| \sqrt{b^2 + (h_1 - h_2)^2} < 1/2$ の場合に用ひ、 $|Kb|$ が更に大である場合には (17) 式を用ひるのである。上の 2 式に於て

$K = e^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{4\pi\sigma\omega}$ (cm⁻¹), $\gamma = 1.7811$ (ベッセル定數), h_1 = 電力線の高さ (cm), h_2 = 通信線の高さ (cm), b = 兩線路の水平距離 (cm), σ = 大地の導電率 (C. G. S. 電磁單位)

である。そして σ の値は送電線の通過してゐる土地の地質に依て異つてゐるが大體我國では第 16 表に示すやうな範圍にあるものと考へてよい。(32) C. C. I. では σ の實測値のない時には溫暖の平地に對して

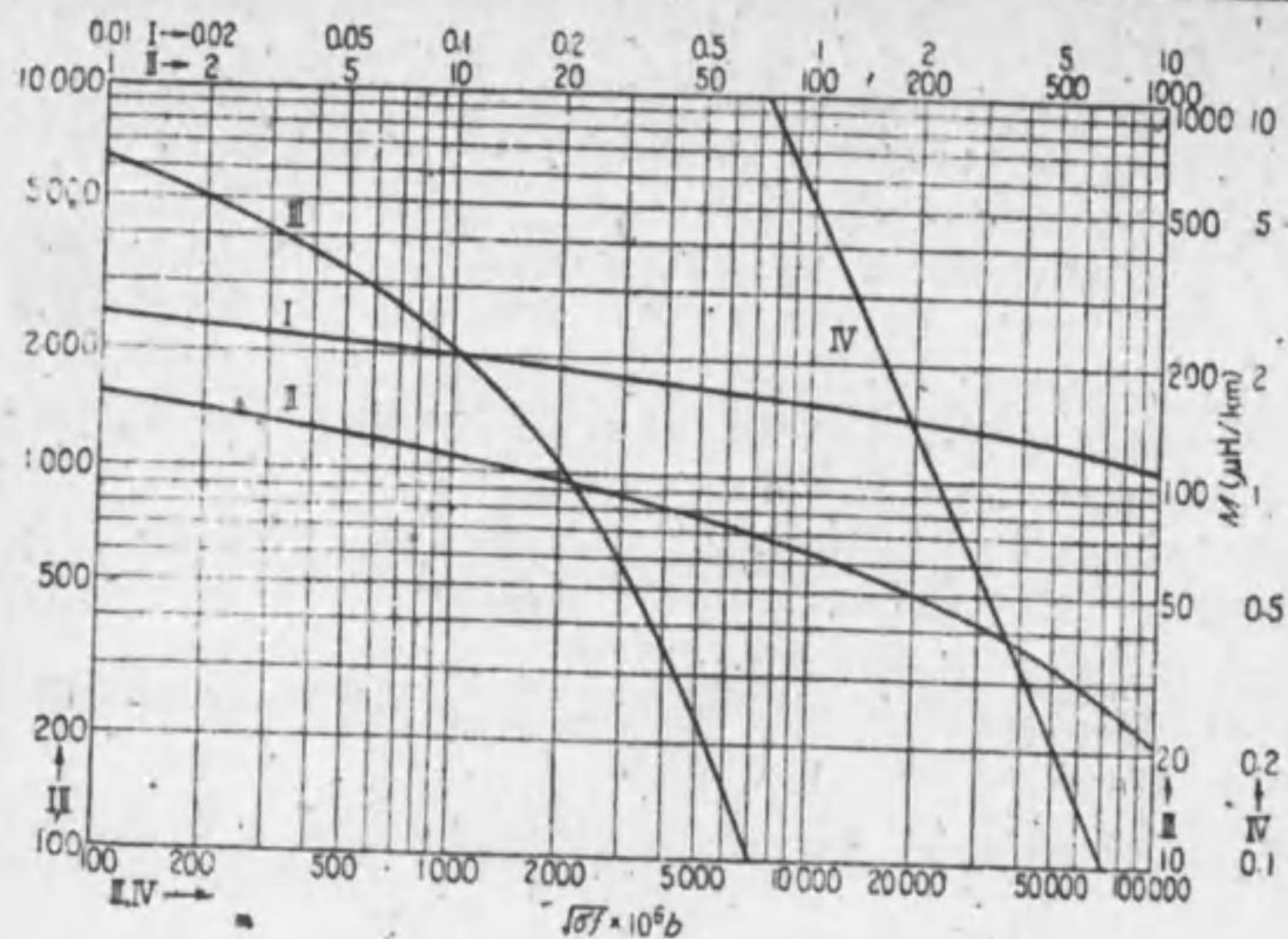
$\sigma = k f^{-0.5}$ と置いて $k = 1.5 \times 10^{-12}$ としてゐる。(33) 第 73 圖は M と $\sqrt{\sigma f b}$ との關係を示すものであり、第 74 圖は上記 C. C. I. の定めてゐる σ を用ひた M と b との關係を示すものである。又第 75 圖はこの M の計算を行ふに便利なノモグラムである。(34)

第 16 表

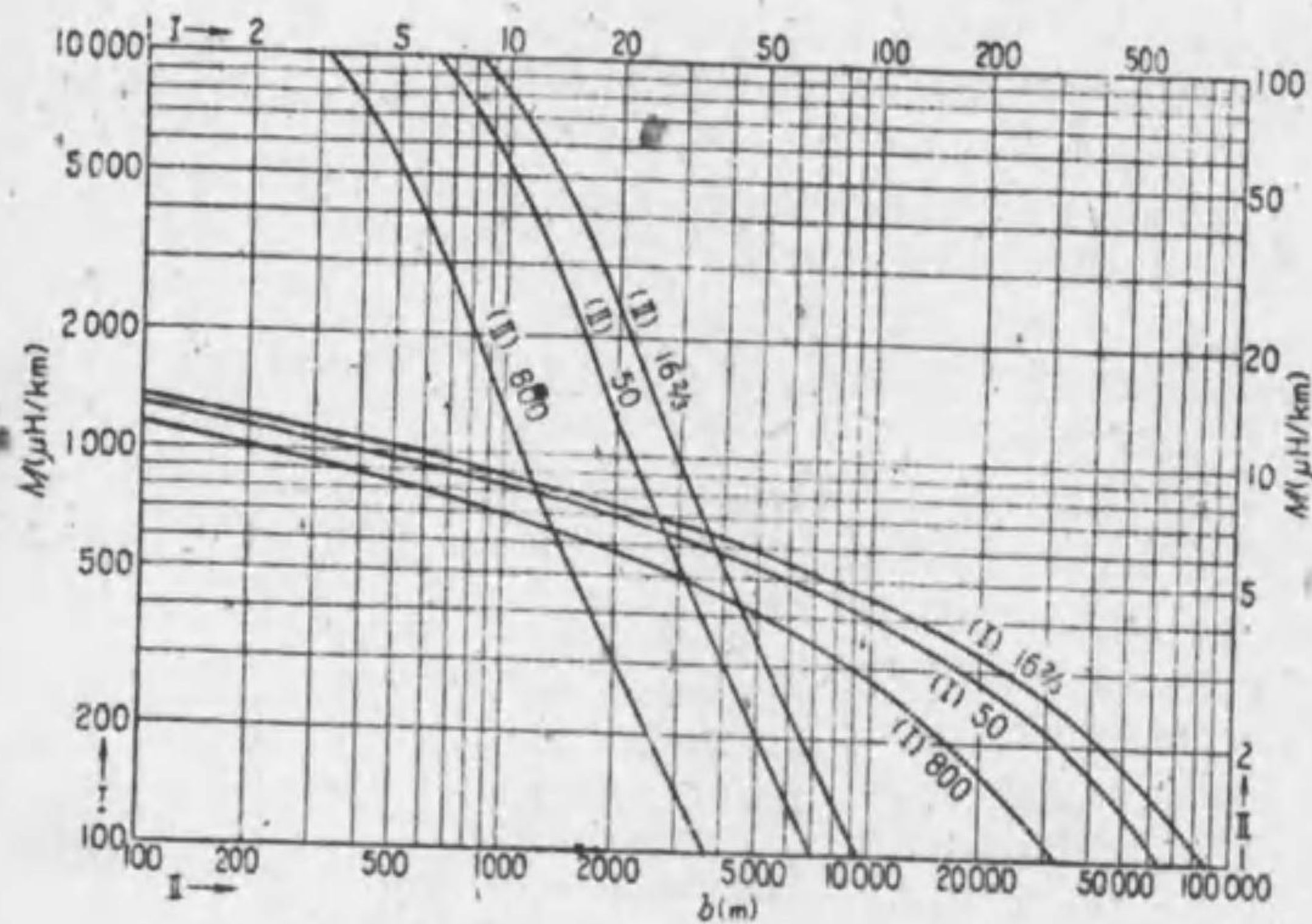
地 質	固有抵抗 (Ωcm)	導 電 率 (C.G.S.電磁單位)
第三系以前(火成岩)	400 000	0.25 × 10 ⁻¹⁴
第三系以前(水成岩)	100 000	1.0 "
第三系及以後(火成岩)	40 000	2.5 "
第三系(水成岩)	10 000	10.0 "
第三系以後(水成岩)	2 042	38.0 "

c. 金屬回路相互間の誘導電壓 第 68 圖の如き金屬回路相互間では電力線に周波數 f なる電流 I_0 が流れると通信線の線間には次式で示すやうな電壓 v_{ab} が誘導される。

$$v_{ab} = 4.6 \pi f I_0 l \times 10^{-4} \log_{10} \frac{[(b+D)^2 + (h_1 - h_2)^2][(b+d)^2 + (h_1 - h_2)^2]}{[(b+D+d)^2 + (h_1 - h_2)^2][b^2 + (h_1 - h_2)^2]} \quad (V) \dots \dots \dots (18)$$



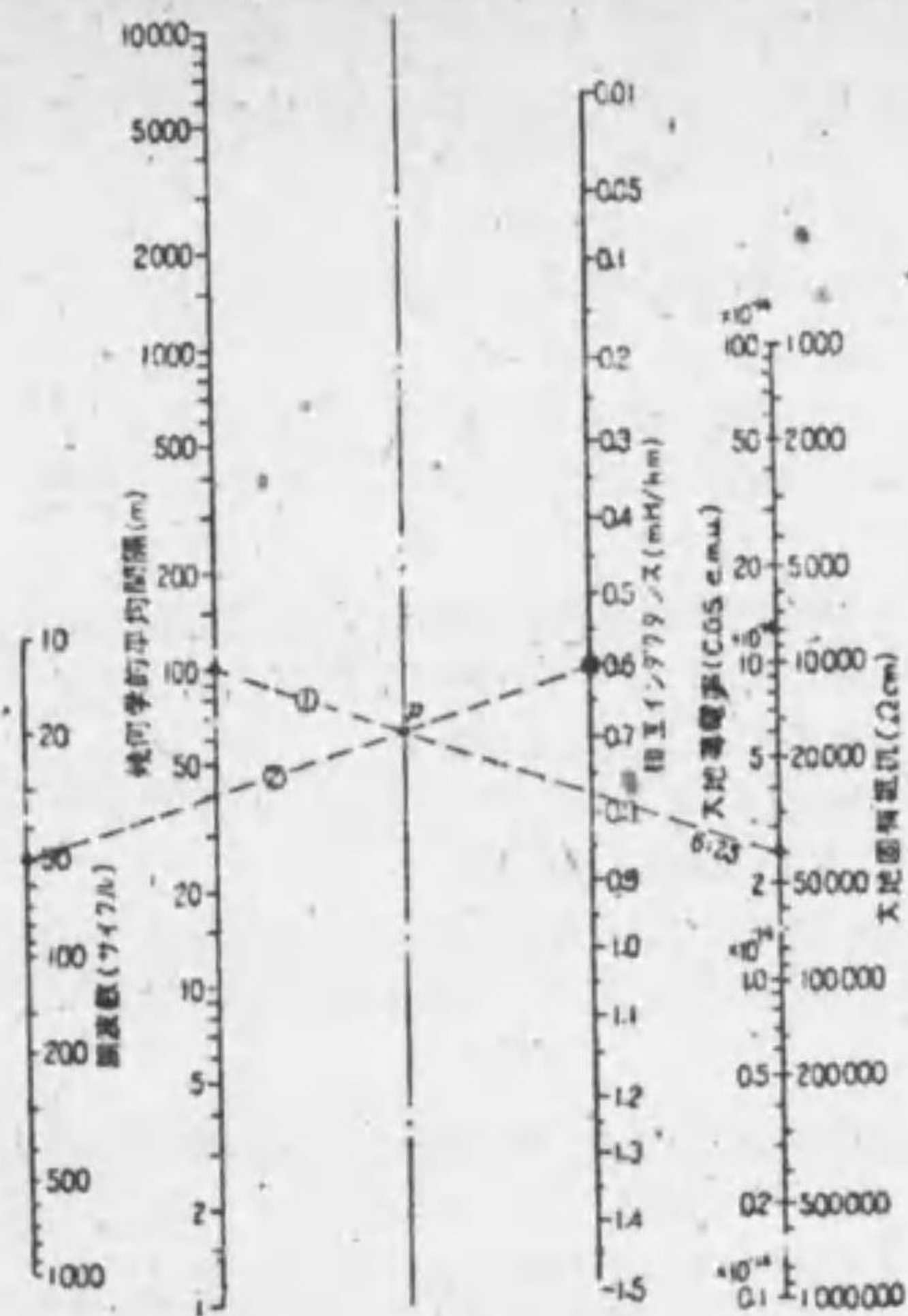
第 73 圖 相互インダクタンスと $\sqrt{f}b$ との関係



第 74 圖 相互インダクタンスと接近距離との関係

但しは接近距離が b である区間の互長 (km) である。

d. 電磁誘導電流 起誘導電流 I_s と相互インダクタンス M とがしなる区間に於て一様な値であるとする。通信線に誘導された電流は l の端から x の距離にある点で、而も通信線の両端が大地から絶縁されてゐる場合には次の (19) 式で示される。



第 75 圖 相互インダクタンスのノモグラム

$$i_{ax} = \frac{j\omega MI_s}{Z} \left\{ 1 - \frac{\cosh \gamma \left(\frac{l}{2} - x \right)}{\cosh \gamma \frac{l}{2}} \right\} \dots \dots (19)$$

又、通信線の両端が完全に接地されてゐる時には全線一様に $i_a = -j\omega MI_s / Z$ なる電流が流れる筈である。故に $\gamma = \sqrt{(R+j\omega L)(G+j\omega C)}$, $Z = \sqrt{\frac{R+j\omega L}{G+j\omega C}}$ であつて孰れも通信線一線の定数である。

この場合の L の値として Pollaczek は次式を與へてゐる。(16) 式参照)

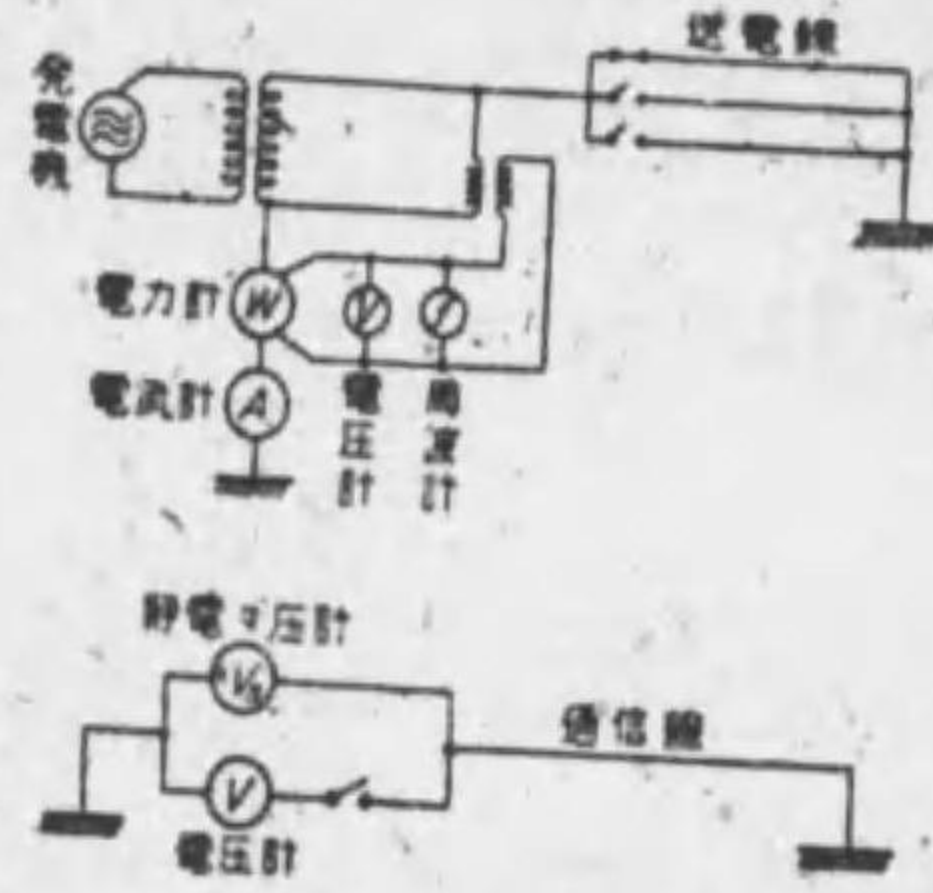
$$L = (2 \log_{10} \frac{2}{\gamma |K| r} + 1 - \frac{j\pi}{2} - \frac{j8Kh}{3}) \times 10^{-4} \text{ (H/km)} \dots \dots (20)$$

但 r = 通信線の半径 (cm), $\gamma = 1.7811$

3. 誘導妨害の限度及測定 電力線から通信線への誘導作用は假令中性点接地式送電線の一線接地故障の場合の如く障害を惹起する事が極めて稀有であつても瞬時の間に障害の除去される種類のものであつても、通信線路作業員、通信業者又は通話者に対して電氣的の危害を與へない事、又通信業者又は通話者に対して音響的衝撃を與へない事或は又通信装置又は機械器具の焼損を來さない事を考慮して、兩線路の接近距離乃至は誘導防止方法を講じて置かねばならない。誘導障害防止研究委員会は以上の諸點を考慮して中性点接地式送電線から通信線への電磁誘導電圧は 300 V 以下にすべき事を推奨してゐる

次に送電線の常時送電中に於ける誘導、電氣鐵道の直流電源に含まれてゐる高調波に因る誘導、或は中性點無接地送電線の一線接地故障時の誘導等の如く頻々として通信を妨害するか或は長時間誘導作用の繼續する種類のものにあつては通信を妨害しない事を限度としなければならぬ。この點に就て電信線は通信電流の 5% 以下、電話線では明瞭度を減する事 5% を以て夫夫誘導妨害の許容限度と看做されてゐる。即ち妨害電壓測定器を用ひて 5mV、ノイズメーターを用ひて雑音量 200 を以て限度と考へてよい。

我國では中性點接地式の送電線が新設されると通信省では附近の通信線に及ぼす誘導作用を確める爲に第 76 圖のやうな方法で送電線と通信線との相互インピーダンスを測定してゐる。そして對稱座標法で計算される送電線故障時の電流と合せ考へて送電線と通信線との接近程度の可否が決められてゐる。尙 M 及 L を測るには別官博士のブリッジがある。



第 76 圖

4. 防止方法及規定

a. 送電線側に施すべき防止方法 送電線の接地故障時に於ける誘導作用を防止する方法としては、(1) ベーターゼン線輪の使用、(2) 遮蔽線の架設、(3) 多重接地方式と接地電器の利用、(4) 保安通信線に特殊の装置を加へ故障時送電線の処理を敏速にすること等であつて平時送電中に於ける防止方法としては、(1) 熱架を行ふこと、(2) 高調波を少くすること、(3) 不平衡電壓及電流を少くすること、(4) 電線をひること等である。

b. 電氣鐵道に施すべき防止方法 直流電氣鐵道の含有する高調波によつて電話線に誘導する雑音を防止するには、(1) 直流電源に濾波器を装置して高調波を除去すること、(2) 直流機として斜溝のものを用ひること等であるが、電氣鐵道の運轉に伴ふ衝擊電流によつて電信線に及ぼすキックを防止するには、(1) レールボンドを完全にすること、(2) 負饋電線を設けること、(3) 變電所を増設すること等の方法がある。

c. 通信線側に施すべき防止方法 電力線の故障時に受ける危険電壓を防止するには、(1) 放電電圧の低い避雷器を装置すること、(2) ケーブルに收容すること、(3) 遮蔽線を設けること等であり、平時の通信妨害を防ぐには、(1) 單線式の回線は複線式回路に變更すること、(2) 適宜な交叉を行ふこと、(3) 複線式回線にあつては二線の不平衡を少くすること、(4) 通信電流のレベルを高めざること、(5) 搬送式を利用すること等である。又音響衝擊を防止するには、(1) コピーラーの利用、(2) AEG の方法、(3) 三極真空管の特性曲線の利用、(4) Steidle の方法、(5) 水銀の表面張力の利用等の方法がある。

d. 電氣工作物規程 電力線から通信線への誘導作用を防止する最善の方法は兩線路の接近距離を大とすることである。電氣工作物規程細則第 52 條は靜電誘導を考慮して兩者の離隔を適當に保つための規定である。

第 15 章 電信電話傳送

1. 長距離線路に於ける電氣波動の傳播 この問題は既に第 3 編第 5 章に記載してあるが、便宜上電信電話傳送に関係ある部分だけ特に摘録する。

一様な分布定数を有する線路の單位長毎の抵抗、インダクタンス、容量及リーカンスを夫々 R, L, C 及 G とすれば、この線路の一端に與へられた電壓或は電流が、線路に沿つて傳播する際の減衰程度を示す尺度となる所の減衰定數 α は、

$$\alpha = \left\{ \frac{1}{2} \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} + \frac{1}{2} (RG - \omega^2 LC) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

但 $\omega = 2\pi f$ (f : 電壓或は電流の周波數)

裝荷回路の場合には、 α は近似的に次の如く表す事が出来る。

$$\alpha = \frac{1}{2} \sqrt{LC} \left(\frac{R}{L} + \frac{G}{C} \right)$$

次に回路の單位長毎の電壓或は電流の位相の變化を表す位相定數 β は、

$$\beta = \left\{ \frac{1}{2} \sqrt{(R^2 + \omega^2 L^2)(G^2 + \omega^2 C^2)} - \frac{1}{2} (RG - \omega^2 LC) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

若し上記のやうな分布定数を有する有限長の線路の終端に、

$$Z_0 = (R + j\omega L) / (G + j\omega C)$$

で與へられるインピーダンス (これを線路の特性インピーダンスと云ふ) Z_0 を接続すれば、線路を任意の點で切つて測つた終端側のインピーダンスは常に Z_0 に等しい。又終端を開いた場合と、短絡した場合とについて、他端から測つたインピーダンスを夫々 Z_1 及 Z_2 とすれば、次の關係が成立する。

$$Z_0 = (Z_1 Z_2)^{\frac{1}{2}}$$

又線路の傳播定數 γ と線路の全長 l との積は

$$\gamma l = (\alpha + j\beta)l = \tanh^{-1} (Z_1 / Z_2)^{\frac{1}{2}}$$

線路が二つの相異なる特性インピーダンス Z_1 及 Z_2 の部分から成る場合には、その接続點で、電壓及電流に反射現象を生ずる。而して電壓及電流の反射係數即ち反射波と到来波との比は夫々 $(Z_1 - Z_2) / (Z_1 + Z_2)$ 及 $(Z_2 - Z_1) / (Z_1 + Z_2)$ で與へられる。但これは Z_1, Z_2 なる特性インピーダンスを有する部分が共に無限長と考へ得る場合の値で、若し有限長で、その終端に接続されたインピーダンスが特性インピーダンスに等しくない場合には、終端でも反射現象が起るから、反射係數も一般に簡単な値にはならない。

かくの如く反射現象によつて先方へ到着する電力が少くなる量を反射損と稱へる。今 $\mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2$ を以て夫々送話器及受話器のインピーダンスとし、 $\mathcal{B}_1, \mathcal{B}_2$ を以て夫々線路の送端より受端に、及受端より送端に向つて見たインピーダンスとし、 b を以てこの線路の減衰量とすると、この回路の全減衰量 b_a (ネーパー) は⁽⁹¹⁾

$$b_a = b + \log_e \left| \frac{2\sqrt{\mathcal{R}_1 \mathcal{R}_2}}{\mathcal{R}_1 + \mathcal{R}_2} \right| + \log_e \left| \frac{\mathcal{R}_1 + \mathcal{B}_1}{2\sqrt{\mathcal{R}_1 \mathcal{B}_1}} \right| + \log_e \left| \frac{\mathcal{R}_2 + \mathcal{B}_2}{2\sqrt{\mathcal{R}_2 \mathcal{B}_2}} \right| + \log_e \left| 1 - \frac{\mathcal{R}_1 - \mathcal{B}_1}{\mathcal{R}_1 + \mathcal{B}_1} \times \frac{\mathcal{R}_2 - \mathcal{B}_2}{\mathcal{R}_2 + \mathcal{B}_2} e^{-\gamma l} \right|$$

本式中第二項以下は即ち反射に基く減衰量で、前述の反射損に相當するものである。

2. 電信波の傳送 電信の符號電流の傳播は、箇々の過渡現象と見ることが出来るから、電信波の研究は即ち過渡現象の研究といふことが出来る。

四つの電氣定數 R, G, L 及 C を有する電信回路内を電流及電壓が傳播する狀況を表すに Thomson は回路の兩端を直接々地した時の無裝荷海底線に對し、次式を與へた。⁽⁹²⁾

$$I = \frac{E}{Rl} \left[1 + 2 \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{m^2 \pi^2}{CR^2}} \cos \frac{m\pi x}{l} \right]$$

$$V = E \left(1 - \frac{x}{l} \right) - \frac{2E}{\pi} \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{m^2 \pi^2}{CR^2}} \sin \frac{m\pi x}{l}$$

この電流 I の式に於て $x=l$ と置けば着流の値が得られる。即ち

$$I = \frac{E}{Rl} \left[1 + 2 \sum_{m=1}^{\infty} e^{-\frac{m^2 \pi^2}{CR^2}} \cos m\pi \right]$$

これより見ても明かしく、電流の上昇する割合は CRl^2 に反比例する。而して電流が早く増大し早く消滅する程、通信速度を早くすることを得る譯であるから、端局装置のインピーダンスの影響の著しくない回路に対しては、通信速度は回路の CRl^2 に反比例する。これを CR 法則と稱へる。従て今 N を以て毎分字数で表した通信速度とすれば、

$$N = \frac{A}{CRl^2}$$

で表される。茲に A は回路の電気特性補正方法（装荷その他の方法により）の如何によつて異なる定数であつて、本邦のグラム線では $A=550$ である。

装荷してある海底線の如き場合には、電信波の傳播は、(イ) 波動インピーダンス ($Z_0 = \sqrt{L/C}$)、(ロ) 位相定数 ($\beta = \frac{R}{2Z} \sqrt{\frac{C}{L} + \frac{G}{2}} \sqrt{\frac{L}{C}}$) 及 (ハ) 減衰定数 ($\alpha = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L} + \frac{G}{2}} \sqrt{\frac{L}{C}}$) の三つによつて定まる。

一般に装荷海底ケーブルの如く L と C とを含む回路にあつては、電波の速度は有限であつて、波頭は傳播時間 $t = x\sqrt{LC}$ の瞬間に急に 0 より一定値に上昇するものである。

3. 通話標準 通話の良否を表すのに neper (nl 又は b) を以てする方法と、decibel (db) を以てする方法との二つがある。

neper は送話端の電流 I_1 と受話端の電流 I_2 との比の自然對數で表した値、decibel は送話端の電力 P_1 と受話端の電力 P_2 との比の常用對數を 10 倍したものであつて

$$db = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

で計算せられる。もし $P_1 = I_1 E_1$ 、 $P_2 = I_2 E_2$ であれば

$$db = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} = 20 \log_{10} \frac{E_1}{E_2}$$

故に $\frac{db}{b} = \frac{20 \log_{10} I_1/I_2}{2.3026 \log_{10} I_1/I_2} = 8.686$

なる關係がある。實際の電話回路の通話の良否は、その回路での通話を既知の decibel 又は neper を有する擬似線を通じて行つた通話と比較し、擬似線の長さを加減して兩者の通話が等しくなつた時の擬似線の有する decibel 又は neper を以て測定せられる。

#1-C、#3-A 等の通話能率測定器がある。

4. 擬似回路及濾波器 實際の電気回路の電壓及電流の通過状態と同じになるやうに作られた回線網を、その回路の擬似線と稱へ、普通第 77 圖に示す如く“ π ”型と“T”

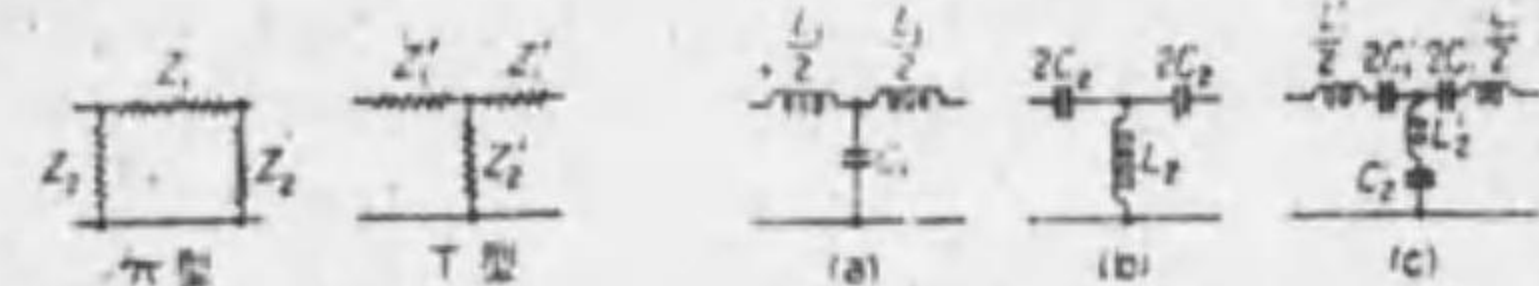
型とある。これ等の Z_1 乃至 Z_2 の値は、夫々次式で計算せられる。

$$Z_1 = Z_0 \sinh \theta, \quad Z_2 = Z_0 \coth \theta/2$$

$$Z_1' = Z_0 \tanh \theta, \quad Z_2' = Z_0 / \sinh \theta$$

但 θ は擬せらるべき回路の傳播量即ち γl である。

濾波器⁽⁵⁰⁾とは、或る所要の周波數範圍内の電力のみを通過し、他は通過せしめないやうに作られた回線網であつて、低域濾波器、高域濾波器、帯域濾波器等の區別がある。第 78 圖は普通用いられる濾波器の簡単な形を示したものである。これ等の濾波器に於て、通過せしめる周波數と通過せしめない周波數との限界となる周波數を遮断周波數と稱へ、



第 77 圖

第 78 圖

低域濾波器 (a) の遮断周波數 $f_c = \frac{1}{\pi \sqrt{L_1 C_1}}$

高域濾波器 (b) の遮断周波數 $f_c = \frac{1}{4\pi \sqrt{L_1 C_1}}$

帯域濾波器 (c) の下部遮断周波數 $f_{c1} = \frac{1}{2\pi \sqrt{L_1 C_1}}$

帯域濾波器 (c) の上部遮断周波數 $f_{c2} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_2 + 4C_1}{C_1 C_2 (L_1 + 4L_2)}}$

又これ等の任意の周波數 f に対するインピーダンスは夫々次の通りである。

(a) のインピーダンス $Z = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} (1 - f^2/f_c^2)$

(b) のインピーダンス $Z = \sqrt{\frac{L_1}{C_1}} (1 - f_c^2/f^2)$

(c) のインピーダンス $Z = Z_0 \sqrt{1 - \left(\frac{f/f_{c1} - f_c/f}{f_c/f - f_c/f} \right)^2}$

但 $f_m = \sqrt{f_{c1} f_{c2}}$ $Z_0 = \frac{1}{2} \left(\sqrt{\frac{L_1}{C_1} + \frac{4L_2}{C_2}} - \sqrt{\frac{L_1}{C_1} + \frac{4L_2}{C_1}} \right)$

5. 装荷に関する理論⁽⁵¹⁾ 電話回路の減衰定数は本章 1 に掲げた通りであるが、今この値を最小ならしめるには、 R 、 L 、 C 及 G の間に次の如き關係があればよい。

$$LG = CR$$

そしてこの場合には $\alpha = \sqrt{RG}$

となつて、周波數に無關係となる。然し實際の回路に於ては LG の値は常に CR よりも小さい。特にケーブル回線に於ては C の値が大きいため、益々上式の條件より遠ざかり、 α の値は大きくなるものである。故に L 又は G を大きくしなければならない。然るにもし G を大きくすると α の最小値 (上式) を大きくすることとなるから、 L を大きくするのが最もよい。かくの如く回路にインダクタンス L を挿入して、通話を改善する方法を装荷と稱へ、1900 年に Pupin 博士が發明したものである。

装荷方法には平等装荷(又は連続装荷)方法と、線輪装荷方法との二つある。前者は導線の表面に高い導磁率を有する良質の鉄線を緊密に捲く方法で、後者は鉄心を有する線輪を回路上適当な間隔に挿入する方法である。この線輪の間隔に關し Pupin 博士の研究した處によれば、電波が回路に沿つて傳播するにあたり、1 秒間に 7000~8000 箇の装荷線輪を通過するやうにすれば、一樣にインダクタンスを分布した回路と同様の効果を與へる。實際使用せられる線輪のインダクタンス L 及装荷間隔 S は本編 12 章 3 の通りであつて、 $LG=CR$ なる關係は完全に満足されて居らない。これは後述する通り L を大きくするために種々の悪い現象が伴ふからである。尚線輪装荷ケーブル回路に於ては G 及 R は ωC 及 ωL に比して小さく、一装荷間隔を一つの低域濾波器と看做すことが出来るから、この種の回路の特性は、屈低域濾波器として考察せられる。

6. 漏 話 電話回線に於ては他の電話回線よりの誘導作用のために漏話現象が起る。即ち架空線回線に於ては、同一電柱上に架設せられた回線相互間に存する静電容量の不平衡に基因する静電的誘導作用と、相互インダクタンスに基因する電磁誘導作用とによつて生じ、ケーブル回線に於ては主として静電容量不平衡に基因するものである。(但ケーブル回線で搬送式電話を行ふ時には、回線相互間のインダクタンス不平衡も相當大きな原因となる。)

漏話の大きさは漏話を與へる回線に流れる電流 I_1 と、漏話となる誘導電流 I_2 との比を求め、 $\log \frac{I_2}{I_1} = b$ ネーパーで表す方法と、 $\frac{I_2}{I_1} \times 10^6 = S$ 漏話單位で表す方法とがある。

a. 架空線線の漏話⁽⁶⁶⁾ 架空線線に於ては漏話防止方法として交叉を施すのであるが、(本編 11 章 5 参照) 交叉を施した二つの架空線回線間の漏話量は、

$$S = S_0 \left(\frac{1 - e^{-\alpha n l}}{1 - e^{-\alpha l}} \right)^2 \text{ 漏話單位}$$

茲に S_0 は一交叉間隔 (17.6 km) に生ずる漏話量であつて、

$$S_0 = \left| \omega \left(\frac{C_0}{16} \pm \frac{M}{4Z_0} \right) Z_0' C \right| \times 10^6$$

である。但 C_0 …… 静電容量の不平衡量、 M …… 相互インダクタンス、 Z_0 …… 漏話を受ける回線のインピーダンス、 Z_0' …… 漏話を與へる回線のインピーダンス、 n …… 交叉間隔の數、 l …… 交叉間隔の長さ、 U …… 交叉有效係數である。

而して C_0 は普通實測によつて求められ、 M は計算より求められるが、 C は交叉を行つたために、その一交叉間隔に於て交叉のない場合に生ずる漏話量の減少割合を表す係數であつて、回線の位相定數 β に關係するものである。

b. ケーブル回路の漏話⁽⁶⁷⁾ 前述の如く静電容量の不平衡によつて生ずるのが最も普通であつて、送話端より l なる距離に C だけの静電容量不平衡があれば、

$$\text{側回路より側回路への漏話 } S_{l-l} = \frac{1}{8} \omega C Z_0 e^{-\alpha l} \times 10^6 \text{ 漏話單位}$$

側回路より重信回路又はその反對への漏話

$$S_{l-p} = S_{p-l} = \frac{1}{4} \omega C \sqrt{Z_1 Z_2} e^{-\alpha_1 + \alpha_2 l} \times 10^6 \text{ 漏話單位}$$

但 Z_1, Z_2 は夫々側回路及重信回路のインピーダンスで、 α_1, α_2 は夫々これ等兩回路の減

衰定數である。(C の値については 6 編 4 章及本編 12 章参照)

次に抵抗又はインダクタンスの不平衡による漏話量は、今 Z_0 を以て送話端より l なる距離にある抵抗又はインダクタンスの不平衡量とすると、

$$\text{側回路より側回路への漏話 } S_{l-l} = \frac{1}{8} \frac{Z_0}{Z_1} e^{-2\alpha_1 l} \times 10^6 \text{ 漏話單位}$$

側回路より重信回路又はその反對への漏話

$$S_{l-p} = S_{p-l} = \frac{1}{4} \frac{Z_0}{\sqrt{Z_1 Z_2}} e^{-(\alpha_1 + \alpha_2) l} \times 10^6 \text{ 漏話單位}$$

7. 長距離ケーブル回路に起る諸現象

a. シンキング⁽⁶⁸⁾ 二線式中繼器にあつては、兩方面の線路のインピーダンスと平衡結線網のインピーダンスとの間に不平衡があると、こゝで反射現象が起つて、一部分の電流が中繼器自身の回路内を環流して一種の音を發する。これをシンキングと稱へてこのために通話を著しく妨害することがある。

この現象は反射電流が環流する中繼装置の 2 箇の増幅真空管の利得の和 $G_1 + G_2$ が環流回路の全損失 $T_1 + T_2$ より大なる時にのみ起る。故にシンキングが起ると、中繼器の利得を小さくすればよい。而してこの現象が丁度起り始める時の中繼装置の利得をシンキング點と稱へ、これを g で表すと、

$$g = 10 \left(\log_{10} \frac{Z_1 + N_1}{Z_1 - N_1} + \log_{10} \frac{Z_2 + N_2}{Z_2 - N_2} \right) \text{ (db)}$$

但 Z_1, Z_2 …… 兩方面の線路のインピーダンス、 N_1, N_2 …… それ等に対する平衡結線網のインピーダンスである。

もし多數の中繼器が一回線に挿入せられてある時には、各中繼器の不平衡によつて、夫々反射現象が起り、互に相干渉しあつて中繼器のシンキング點が低下する。特に中央にある中繼器のシンキング點が最も低くなる。(本編 12 章 4 参照)

b. 反響現象⁽⁶⁹⁾ 回路内のインピーダンスの不平衡時に中繼器の平衡結線網と線路と、又は終端装置と線路とのインピーダンスの不平衡のために、送話電流の一部分が反射してもよへ歸り、發話者が自分の話を恰も山彦のやうに聞くことがある。この現象を反響現象と稱へ、これによつても通話を妨害する。その妨害の程度は反響電流が大きい程、又反響が来る迄の経過時間が長い程大きい。反響電流の大きさは回路の不平衡量、反響電流が通過する全中繼器の利得、反響電流が通過する回路の全損失等に關係がある。又反響の来る迄の経過時間 t' は、

$$t' = \frac{2l}{v} \sqrt{LC}$$

但 l は装荷線輪挿入點の間隔、 l は反響電流が通過する回路の長さ、 L 及 C は夫々一装荷間隔のインダクタンス及静電容量である。これより見れば t' を小さくして反響による通話の妨害を少なくするには、 L を小さくする必要がある。即ち輕装荷とする必要の一つである。(本章 5 参照)

c. 通話の歪 これを少なくするために考ふべき主要なことは大體次のやうである。

(1) 通達すべき周波數範圍を廣くし、且この間の各周波の減衰量をなるべく一樣ならしめること、これに對しては輕装荷とすることがよい。即ち遮斷周波數が高くなるから、

通過する周波数範囲が廣くなる。又減衰量を一樣ならしめるためには、減衰等化装置⁽¹⁾と稱へる一つの擬似回線網が挿入せられることがある。(本編 8 章 3 参照)

(2) 位相の変化をして周波数に出来るだけ比例関係に近からしめること。⁽²⁾ 受話端に特性インピーダンスに等しいインピーダンスが接続されて居る線路に於ける受話端の電流は、

$$i_2 = I_1 e^{-\alpha l} \sin(\omega t - \beta l)$$

であるが、もし $\beta = k\omega$ (但 k は一つの定数とする) なる条件があると、

$$i_2 = I_1 e^{-\alpha l} \sin \omega(t - kl) = I_1 e^{-\alpha l} \sin \omega(t - t_0); \text{ 但 } t_0 = kl$$

となる。故に β がもし ω 即ち周波数に比例して居れば、受話端の電流は如何なる周波数のものでも送話端の電流より t_0 時間だけ遅れることとなるから、電波の歪は起らない。然るに實際は、

$$t_0 = \frac{2l}{S\omega_0} \left(1 + \frac{\omega^2}{6\omega_0^2}\right); \text{ 但 } \omega_0 = 2\pi \times (\text{遮断周波数})$$

であつて、周波数に比例しないから、回線が長くなる程比例値より遠ざかるので、これを矯正するに位相矯正装置を用ひることがある。(本編 8 章 3 参照)

(3) 過渡振動時間を短くすること。⁽³⁾ 一般に交番電圧及電流は先方に最初に到着してから、その全振幅となる迄には或る時間を要する。而もその時間は周波数の高いもの程大きく、近似的に次式で表される。

$$\tau \approx \frac{3n\omega^2}{2\omega_0^3} \quad (\text{但 } n \text{ は装荷区間の数})$$

この時間 τ を過渡振動時間と稱へ、高周波となる程大きく、 ω 、即ち遮断周波数が高い程小さく、回線が長くなる程大きくなる。故に長い回路ではこの現象のために、波形がくづれて通話が不明瞭となりやすいから、装荷を軽くして遮断周波数を高くするを可とする。普通は 2000 \sim の電流に對し、 $\tau < 0.005$ 秒 となるやうにするを可とする。

(4) 非直線的歪を少くすること。電話回路に挿入せられた鐵心を有する線輪などが、その内を通過する電流の大小及周波数によつてインダクタンスや抵抗などを變化するためや、真空管の特性の不良などのために通話電流以外の高周波を發生し、通話電流の波形に歪を與へる。これを非直線的歪と稱へ、基本周波数の電流の大きさに對するその高周波電流の大きさの比をクリルファクター (Klirrfaktor) と稱へ、これを或る値以内に保つやうにする必要がある。例へば放送中體線の如きものに對してはヒステリシス損の少い鐵心の装荷線輪や電容器類を用ひて、クリルファクターを 0.4% 位の程度とし、その他特別の真空管を用ひて、實用上の最大負荷に對して 0.9% 以下となるやうにする。

文 献

- (1) Ives, Horton, Parker & Clark: B. S. T. J. 4, 187 (1925) (2) Schröter: E. N. T. 3, 41 (1925); E. N. T. 5, 449 (1928) (3) Schepmann & Eulenböfer: E. N. T. 5, 373 (1928) (4) Noack: E. T. Z. 50, 1193 (1929) (5) Zworykin: I. R. E. 17, 536 (1929) (6) 丹羽・小林: 電學誌 49, 329 (昭 4); 50, 343 (昭 5) (7) 小幡: 實驗音響學 191 (8) 高橋・山本: 電試研報 326 號 (9) Sacia & Beck: B. S. T. J. 5, 393 (1926) (10) Fletcher: Speech and Hearing 133

- (11) Fletcher: Speech and Hearing 147 (12) Fletcher: Speech and Hearing 187 (13) Fletcher: Speech and Hearing 188 (14) Fletcher: Speech and Hearing 270 (15) Fletcher: Speech and Hearing 280 (16) 丹羽・西村: 電學誌 52, 835 (昭 7) (17) 小幡: 實驗音響學 235 (18) 小幡: 實驗音響學 239 (19) Grüssmacher: E. N. T. 4, 533 (1927) (20) 小林: 電學誌 50, 1234 (昭 5) (21) Gherardi & Jewett: T. A. I. E. E. 38, 1287 (1919); Clark: T. A. I. E. E. 42, 86 (1923); Demarest: T. A. I. E. E. 42, 742 (1923); Clark & Mathes: T. A. I. E. E. 44, 481 (1925); Lane: B. S. T. J. 9, 493 (1930); Wright & Mitchell: B. S. T. J. 11, 368 (1932); I. R. E. 20, 251 (1932); 丹羽・林: 第二回工學會大會電氣部會議演說稿 191 (昭 7) (22) 電試研報 21 號及 136 號 (23) El. Wld. 91, 495 (1928) (24) 電氣協會會報 82 號 (25) I. R. E. 15, 559 (1927) (26) I. R. E. 15, 1055 (1927) (27) A. I. E. E. 43, 377 (1924) (28) Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance, Sept. 230-284 (1931) (29) Shackleton & Barker: J. I. E. E. 66, 437 (1928) (30) 道田: 最新電話 下, 287 (31) 道田: 最新電話 下, 313 (32) 道田: 最新電話 下, 276 (33) 道田: 最新電話 下, 303 (34) Schrottko: E. T. Z. 28, 685 (1907) (35) 金谷・渡邊: 聯合大會演說稿 289 (昭 5) (36) 益澤: 電學誌 33, 1021 (大 2) (37) Lienemann: T. F. T. 9, 173 (1920) (38) Devaux-Charbonnel: The Telegraph and Single-Phase Traction (39) 密田・笠井: 電試研報 133 號 (40) 深尾: 電學誌 47, 673 (昭 2) (41) Breisig: T. F. T. 14, 93 (1925) (42) Mayer: E. T. Z. 46, 1352 (1925) (43) Rfidenberg: Z. M. M. 5, 361 (1925) (44) Haberland: Z. M. M. 6, 366 (1926) (45) Pollaczek: E. N. T. 3, 339 (1926) (46) Carson: B. S. T. J. 5, 539 (1926) (47) 聽導障害防止研究委員會第四回調査報告 (昭 8) (48) Comité consultatif international des communications téléphoniques à grande distance (1930) (49) 笠井・渡邊: 電學誌 53, 923 (昭 8) (50) 道田: 最新電話 中, 6 (51) Johnson & Shea: B. S. T. J. 4, 52 (1925) (52) Thomson: Proc. Roy. Soc. (1855); Math. and Phys. Papers 2, 61 (53) Kennelly: The Application of Hyperbolic Functions to Electrical Engineering Problems (54) 道田: 最新電話 中, 第 6 章; 千葉: 電評 15, 64, 165, 259, 375, 485, 565 (昭 2); 電信電話學會: 翻譯論文“電氣濾波器”其一、其二 (55) Hill: Telephonic Transmission; 道田: 最新電話 中, 94 (56) 道田: 最新電話 下, 52 (57) 通信大臣官房文書課: 道田貞治海外留學復命書“歐米に於ける電話傳送技術の概要” 425 (58) 電信電話學會編纂: 通信工學通俗叢書, 電話編第四卷の一, “電話中繼器” 其一, 15-22 (59) 電信電話學會編纂: 通信工學通俗叢書, 電話編第四卷の一, “電話中繼器” 其一, 22-28 (60) 道田: 電評 15, 1002 (昭 2) (61) Kupfmüller: E. F. D. Heft 7, 19 (1927); Kupfmüller: E. N. T. 5, 18 (1928) (62) 電信電話學會編纂: 通信工學通俗叢書, 電話編第九卷, “電話トランスミッション” 29

第 28 編 無線電信電話

主任 横山英太郎 (日本無線電信會社)
 田 藤 豊 (日本放送協會)
 稻波季雄 (逓信省工務局)
 加藤安太郎 (日本無線電信會社)
 河原 隼夫 (逓信省工務局)
 阪本捷房 (東京帝國大學)
 竹林嘉一郎 (逓信官吏練習所)
 難波捷吾 (逓信省電氣試驗所)
 三浦伊登美 (逓信省電氣試驗所)

目 次

	頁
第 1 章 總 説	1559-1565
電波の型式—電波の表示—電波の名稱—局の種別—呼出符號—通信方式の種類—周波数の使用—通信側波帯—電波の許容偏差—通信路帯—無線法規—無線電報料金—通信速度	
第 2 章 局の設備	1565-1569
固定局—海岸局—航空局—船舶局—航空機局—自動車及列車局—無線標識及羅計局—搬送式電信電話	
第 3 章 送信装置	1570-1576
定義と分類—火花式、電弧式及發電機式送信機—真空管式送信機—無線電話送信機	
第 4 章 受信装置	1576-1582
受信の原理—檢波器—ヘテロダイン檢波器—低周波増幅器—高周波増幅器—再生受信機—超再生受信機—超ヘテロダイン受信機—長波受信機—短波受信機—電話受信機—受信に必要な電界強度—受信機的選擇度—現波機	
第 5 章 放送無線電話	1582-1587
放送局—放送所—中繼受信所—連絡線及中繼線—演奏所—演奏室—演奏所の諸装置—スタジオ外中繼—全國中繼—外國中繼—多元放送—擬音—放送聴取用受信機—受話器—高聲器の種類—聴取障害とその防止—受信機規格	
第 6 章 空中線	1587-1594
空中線の定義及種類—空中線の實效容量、實效インダクタンス	

及實効抵抗—空中線容量の計算式—空中線の輻射能率、實効高及メートル・アムペア—接地法—棒型空中線—長波指向受信空中線—短波空中線—ビーム空中線の指向性—短波空中線の輻射インピーダンス—ビーム空中線の利得—短波空中線の饋電線及結合装置—空中線用材料—空中線支持柱

第 7 章 電 波 1594-1600

電波の性質—電磁波の發生—表面電波の傳播—電離層—長波及中波の傳播—長波及中波の傳播に関する實驗式—短波の傳播—短波傳播の諸現象—超短波の傳播—電波の偏り—空電—電波傳播に影響を及ぼす宇宙の諸現象—電界強度測定法—超短波並に極超短波の送受信装置

第 8 章 無線特殊應用並に特殊通信方式 1601-1606

無線方位測定—光通信—秘密通信—水中信號—無線操縦—無線報時—多重通信

文 獻 1606

第 28 編 無線電信電話

第 1 章 總 説

1. 電波の型式 一般に電波に依る通信を總稱して無線電氣通信或は無線通信と云ふがこの通信に使用されてゐる電波は、その波形により次の如く分類⁽¹⁾⁽²⁾される。

a. 持續電波或は A 種電波 振幅一定の電波で、真空管式、發電機式、電弧式の送信機から發射されるものである。

この種電波は變調方法により種々の通信が出来るものであつて、次の如く分類される。

(1) 型式 A₁ 振幅又は周波数が電信符號に従て變化する持續電波で、單に持續電波 (CW) とも云ふ。

(2) 型式 A₂ 電信符號に従ひ、可聴周波數で振幅又は周波數が變調された持續電波で、斷續持續電波 (ICW) 或は變調持續電波 (MCW) とも云ふ。

(3) 型式 A₃ 複雑な變化の可聴周波數 (電話はその一例) で、振幅又は周波數が變調された持續電波である。

(4) 型式 A₄ 可聴周波數よりも高い周波數 (テレビジョンはその一例) で、振幅又は周波數が變調された持續電波である。

b. 減幅電波或は B 種電波 火花式送信機から發射される減衰振動の反覆から成る電波である。

2. 電波の表示 電波は當初その波長 (m) を以て表示したが、電波刻當上の正確を期するため、業務上周波數で表すのを原則とし⁽³⁾波長は次式から算出された近似値で示すことになつた。

$$\text{波長 (m)} = 3 \times 10^5 \div (\text{周波數 (kc)})$$

3. 電波の名稱 電波は大體その物理的特性、並に業務上の便宜から第 1 表の如き名稱が與へられてゐる。⁽⁴⁾

第 1 表 電波の名稱

名 稱	周波數 (kc)	波長 (m)
長 波	100 以下	3 000 以上
中 波	100~1 500	3 000~200
中短波	1 500~6 000	200~50
短 波	6 000~30 000	50~10
超短波	30 000 以上	10 以下

4. 局の種別 無線電氣局 (單に無線局とも云ふ) は國際規則⁽⁵⁾で通信業務の種別に従ひ次の如く分類されて居る。

a. 固定局 陸上に恒久的に設置された局相互間に行ふ通信を固定業務、これを行ふ局を固定局と云ふ。陸線又は海底線による有線通信と相並ぶもので、内外都市間、海峡對岸間、本土島嶼間、島嶼相互間等に設けられる。

b. 移動局 位置を移動するもの、上に設置された局で、これ等相互間又はこれを片對手とする通信を移動業務と云ふ。移動體の種類により船舶局、航空機局、列車局、自動車局等の名がある。

c. 陸上局 移動局を通信相手にし陸上に設置された局で、對手が船舶局ならば海岸局、對手が航空機局ならば航空局と云ふ。

d. 羅針局 電波の到来方向を測定して、移動局の位置を探知する局。

e. 標識局 移動局が受信して、その位置を探知し得るやうに、特定の電波を放射してやる局。

f. 電話放送局 公衆に対して電話を放送する所謂ラヂオ放送局。

g. 素人局 私人が公衆通信の性質を帯びない内容の通信を許可された局。

h. 實驗局 無線の學術及技術の研究實驗の爲に設けられた局。

i. 特別業務 一定の公共を對手とする通信を特別業務と云ふが、これには上記 d, e, f の業務の他、陸上の局から時報、氣象報、船舶等への急告知、新聞報、醫事通報、標準電波の放射等をする業務がある。

全世界の無線局數⁽¹⁾は昭和 5 年に於て約 22 000、最も多いのは船舶局で約 15 000、放送局は昭和 7 年末に於て 1 444 局⁽²⁾と算せられる。又本邦無線局數は第 2 表の如くである。

5. 呼出符號 各局を識別し得るやう各局に別々の呼出符號が附せられてゐる。符號はアルファベットの文字と數字の組合せからなり次のやうな國際上の規約⁽³⁾がある。

- (1) 最初の 1 或は 2 文字を以て局の國籍を示す。例へば

D—獨逸	F—佛國	G—英國	I—伊太利
J—日本	K—米國	M—英國	N—米國
R—ソヴィエト	U—ソヴィエト	W—米國	CA~CE—チリ
CF~CK—カナダ	等である。		

- (2) 局の種別に依り、文字及數字の字數が定められてゐる。
 - (1) 陸上局—3 文字、(2) 固定局—3 文字又はその次に 1 數字、(3) 船舶局—4 文字、(4) 航空機局—5 文字、(5) その他の移動局—4 文字とその次に 1 數字、(6) 實驗局—1 又は 2 文字の次に 1 數字、更に次に最大限 3 文字（但國際通信の固定局で數箇の周波數を有する場合には、各周波數毎に別々の符號が要る）、(7) 放送局—特別に規定はない。然し現在本邦では 4 文字であるが、外國では 3 又は 4 文字或は數字を含んでゐる。

6. 通信方式の種類 局の行ふ通信方式には次の如き種類がある。(本編 2 章参照)

- a. 單信式 最も簡単な方式で小規模の陸上局又は移動局等では同一局内に送信機及受信機が設置されてゐて、自局の送信が受信を妨害するから同時には送受信が出来ない。
- b. ブレーク・イン式 送信電鍵を押へた時に自動的に送信状態になり、又押へない時に受信状態になるやうにしたもので、例へば甲局が乙局へ送信中、乙局が甲局へ打合せ等をしたいやうな場合、乙局で送信すると、甲局では送信中と雖も乙局が呼んで来たことが

第 2 表 本邦無線局所數*

種別	電信	電話
陸上の局		
固定局	39	—
海岸局	30	2
航空局	9	6
事業専用局	4	24
羅針局	14	—
標識局	16	—
實驗局	242 (162)	224 (152)
小規模局	32	—
報時氣象	150	—
受信専用局	—	—
放送局	—	23
搬送式	2	34
船舶局	1 263	126
航空機局	15	15

(註) * 昭和 8 年 3 月末現在で、植民地を含む。同一局に電信電話兩施設のあるもの、固定局、移動局の兩業務を行ふものは夫々別の一局として計上されてゐる。括弧内は素人局の數。搬送式は回線數。

分るから、送信電鍵を休止すれば、そのまゝで直ちに乙局を受信することが出来る。一種の單信式と看做し得られる。通信頻繁な陸上局又は移動局で使用してゐる。

c. 二重通信式 自局送信が受信の妨げとならぬやう送受信機を相當離して設備し、兩者間に陸線を設け、通信手は受信所に居て、電鍵により送信所の送信機を操作するものであつて、同時に送信も受信も可能ならしめるのである。因にこの用途の陸線を操縱線(コントロール線)と云ふ。この方式は中距離の固定局、相當規模の陸上局で行はれてゐる。

d. 同時送受信式 小規模な電話で、中波の陸上局、移動局等で行はれてゐる。自局送信が受信への障害はカウンタ・コイル等で打消すやうにしてゐる。

e. 中央操縱式或は中央集中式 長距離固定業務の大局に行はれる式で、通信所は電報の受配に便利な都心に設け、送信所及受信所を廣闊且電氣的妨害の少い市外に設け、送信所と通信所及受信所と通信所とは孰れも陸線(前者を操縱線、後者を受信線或はトーンチャンネルと云ふ)で連絡する。

f. Voda 方式 大規模の電話局で行はれる。(27 編 8 章 5 参照)

g. 搬送式 電信電話線又は電力線に高周波電流を重畳せしめて行ふ通信方式で、高周波式或は有線式無線等の名もある。(27 編 9 及 10 章参照)

h. 多重通信方式 これは一局に多數の送信機を置いて、各別々の周波數を使用して多數の通信を行ふ方式を云ふのではなく、一送信機で局部發振器を適當に使用して特殊の變調方式に依り電信電話の數回線の通信を行ふ方式と云ふ。(本編 8 章 7 参照)

i. 秘密通信法 普通の受信機を以てしては判讀困難な變調方法を用ひた方式である。(本編 8 章 3 参照)

7. 周波數の使用 全世界の局が使用する周波數は、その行ふ業務の種別に従ひ、國際的⁽⁴⁾に第 3 表の如き配分の原則が定められてゐる。尤も歐洲地方に限り 160~2 000 ke 帯はこれと異なる割當がある。

本表に關しては詳細な規定があるが、特に注意すべき點のみを現況と併せて略記する。10~100 ke 帯は長、中距離の大電力局に使用され、殊に大洋横斷等の通信はこの帯の帯境上であつたが、近時短波のために昔日の如く盛には利用されない。

100~150 ke 帯は主として海岸局と船舶局に使用され、143 ke A₁ は移動局の呼出電波として重要である。

150~285 ke 帯は本邦では短距離の固定及航空業務等に使用してゐるが、歐洲では放送局にも使用してゐる。

285~315 ke 帯は専ら標識業務に使用される。

315~365 ke 帯は主として近距離の航空業務に使用され、就中 333 ke は國際の航空呼出電波として重要である。

365~550 ke 帯は海岸局、船舶局に使用され、船舶通信の大部分は本帯で行はれてゐるが、船舶局は A 電波の設備を有するものが未だ全世界總數の 2 割にも満たない少數で大部分は B 電波を使用してゐるので、本帯の提倡は著しいものである。そこで B 電波の使用は極力制限され、國際的に本帯中 375, 410, 425, 454, 500 及 1 364 ke の 6 周波數以外は禁止された。本帯中 500 ke 可聴電波は國際の呼出及遭難電波と定められてゐる。遭難電波とは船舶等が海上遭難の場合 SOS を以て急を告げ一般の救助を求めめるための電波であつて、この設備は海上の人命財産保全の見地から強制されて居り、又これを直ちにキャッチし得るやう各船舶、海岸局は遵守する義務がある。

第 3 表 周波数の配分

周波数 (kc)	業務	周波数 (kc)	業務	周波数 (kc)	業務
10~100	固定	5 500~5 700	移動	14 000~14 400	素人
100~110	固定, 移動	5 700~6 000	固定	14 400~15 100	固定
110~160	移動	6 000~6 150	放送	15 100~15 350	放送
160~194	固定, 移動	6 150~6 675	移動	15 350~16 400	固定
194~285	航空, 固定, 移動	6 675~7 000	固定	16 400~17 100	移動
285~315	標識	7 000~7 300	素人	17 100~17 750	固定, 移動
315~320	航空	7 300~8 900	固定	17 750~17 800	放送
320~325	航空, 移動	8 900~8 650	移動	17 800~21 450	固定
325~345	航空	8 550~8 900	固定, 移動	21 450~21 550	放送
345~365	航空, 移動	8 900~9 500	固定	21 550~22 300	移動
365~385	羅針, 移動	9 500~9 600	放送	22 300~24 600	固定, 移動
385~515	移動	9 600~11 000	固定	24 600~25 600	移動
515~550	固定, 移動	11 000~11 400	移動	25 600~26 600	放送
550~1 500	放送	11 400~11 700	固定	26 600~28 000	固定
1 500~1 715	固定, 移動	11 700~11 900	放送	28 000~30 000	素人, 實驗
1 715~2 000	素人, 固定, 移動	11 900~12 300	固定	30 000~56 000	留保なし
2 000~3 500	固定, 移動	12 300~12 825	移動	56 000~80 000	素人, 實驗
3 500~4 000	素人, 固定, 移動	12 825~13 550	固定, 移動		
4 000~5 500	固定, 移動	13 550~14 000	固定		

550~1 500 kc 帯は放送専用帯であるが、A₁, A₂ 及 B 電波の 1 364 kc は移動通信に許され、漁船の如き小船舶、小海岸局に使用してゐる。

1 500~6 000 kc 帯では 3 000 kc 位迄は傳播良好ならず、短距離の島嶼間連絡、小船舶等に使用されるが、それ以上は相當距離の夜間に利用されてゐる。

6 000~30 000 kc 帯即ち短波は長距離通信に最も賞用されるところで、現在は固定通信のみならず移動通信にも利用の途が多くなつた。

30 000 kc 以上は近時頼に近距離固定通信に賞用されて来た。

8. 通信側波帯 通信電波の周波数帯幅即ち側波帯は通

信電波の型式、速度等で異り、混信軽減上勿論狭いのが望ましいが、通信に必要な側波帯の限度がある。國際規則で参考として採用してゐるのは第 4 表の如き値である。

9. 電波の許容偏差 發射電波周波数の公稱周波数に対する偏差は混信防止上極力少くし、正確且安定を期せねばならないが、國際規則⁽²⁾では第 5 表の如き値を許容し得る偏差として居る。

第 4 表 側波帯

通信方式	全側波帯 (サイクル)
歐文 100 語/分の速度の電波 (A ₁)	80~240
同型 (A ₂)	(80~240)+2(變調周波数)
商業電話	約 6 000
放送電話	約 10 000~20 000
寫真電送	(影像の點素数)/(傳送秒數)
テレビジョン	(影像の點素数)×(1 秒間の傳送秒數)

第 5 表 周波数の許容偏差

	10~550 kc	550~1 500 kc	1 500~6 000 kc	6 000~30 000 kc
(1)	±0.1% (0.1%)	—	±0.05% (0.05%)	±0.05% (0.05%)
(2)	±0.1% (0.1%)	±0.1% (0.1%)	±0.1% (0.04%)	±0.1% (0.04%)
(3)	±0.5% (0.5%)	—	±0.1% (0.1%)	±0.1% (0.1%)*
(4)	±0.5% (0.5%)	±0.5% (0.5%)	5 kc (3 kc)	±0.1% (0.05%)
(5)	—	—	5 kc (3 kc)	±0.1% (0.05%)
(6)	±0.3 kc (0.05 kc)	±0.3 kc (0.05 kc)	—	±0.05% (0.01%)

(1) 固定局, (2) 陸上局, (3) 周波数を指定された移動局, (4) 周波数帯の一電波を使用する移動局, (5) 固定移動共用帯の電力 250 W 以下の固定局及陸上局, (6) 放送局。

上の数値は直ちに賞用すべき数値を、又 () 内は 1933 年以後の新設機に適用すべき数値を、又尚 (3), (5) に對する数字は不安定度を限定したものである。又 * は他の業務との共用帯内にある場合には特に 0.04% になつて居る。

因に各局の電波を受信して、その周波数を測定し、偏差を調べる電波監視局と云ふのがあつた。この局は各局の周波数調整に資する爲、正確な特定周波数の標準電波を發射することもある。

尚混信防止の爲には、送信電力を受信に必要な最小限度に止めるのは勿論、前項の偏差の縮小の外、高調波、寄生電波、間隔電波、過變調に基く有害波の除去、變調電波の搬送波又は側波の阻止 (本編 3 章 4 参照)、受信機特性の向上 (本編 4 章 13 参照) 等、送受信装置に於て注意すべき事項が多い。

10. 通信路帯⁽²⁾ 1 通信が混信なく行はれるには、側波帯、偏差を見込んだ幅のみならず、受信機の選擇度に依る隣接電波との混信を避ける爲の保護帯を合せた周波数帯幅が必要である。これに基いて隣接電波との間隔を定めて電波割當をすべきであるが、この幅は上述の如く電波型式、偏差に基く幅のみならず、受信強度、これと隣接電波の強度との比、受信機の選擇率その他によつて差異がある。従て一概に決定し難いが、固定局では、大體 10~90 kc 帯で 1%, 90~1 500 kc 帯で 1 kc, 1 500 kc 以上で、0.1% なる値⁽²⁾が提案されてゐる。

11. 無線法規⁽²⁾

a. 法律 無線に關する一般國民の權利義務の大綱を定めた法律が、無線電法であつて、その下に多くの規則 (通信省令) が細かい具體的事項を規定してゐる。その他、船舶航行の安全確保の目的で國際航路に就くやうな船舶に無線電信を強制的に施設することを規定した船舶無線電信施設法 (近く船舶安全法中に含められ賞用上現行より強制範圍は擴大される)、政府の國際通信の用に供する爲送受信所を建設保守する會社のことを規定した日本無線電信株式會社法がある。尚これ等と別當に軍用電信法等がある。

b. 規則 無線電法に於ては無線通信は政府が専ら管掌するを原則とし、私人の自由施設を禁じてゐるが、航行安全の爲船舶に施設する場合、政府の通信設備の無い船舶又は陸上に施設する場合は例外とし私設を許されるものがある。又賞用施設或は通信大臣が特に必要と認めた施設 (例へば放送) も私設を許されてゐる。上の私設無線が遵守すべき設備、或は運用上の細則を規定した省令が私設無線電信無線電話規則である。而して放送は私設の一種であるから無論この規則の適用を受けるが、一般無線通信とは大分趣を

異にする所から、別に放送用私設無線電話規則がある。

私設無線の通信に従事するものを無線通信士と云ひ、通信の性質に依り通信士の資格を異にするもので、この資格検定の規定が無線通信士資格検定規則である。資格は 1 級、2 級、3 級、電話級及聴守員級の 5 階級に分れてゐる。尤も実験施設の従事者等は逓信局長の認可さへあれば、格別この規則に依る検定は受けなくともよい。

通信主管廳の施設を官設、それ以外の官廳の施設を官廳用施設と云ひ、後者の施設範圍を定めたものが官廳用無線電信無線電話規則である。

その他、無線電報の取扱、料金等専ら逓信省の業務上の事項を定めた無線電報規則、外國無線電報規則、日滿無線電報規則、船舶對陸上間の電話通話に就ての料金その他を規定した無線電話通話規則、標識羅針の通信方法を規定した無線方位測定通信規則等が施行されてゐる。

c. 條約 無線通信はその性質上國際的影響を多分に有し、電波の割當その他に關して國際協定を必要とすることが多い。既に批准を経て公布實施されてゐる條約は昭和 2 年華府で開催された國際無線電信會議で決議した國際無線電信條約並に同附屬一般規則及追加規則である。その後昭和 7 年 Madrid に開催された有線電信との聯合會議に於て、上の無線條約と萬國電信條約は併合して新に國際電氣通信條約と云ふものが締結された。これは昭和 9 年 1 月 1 日より施行されることになつてゐる。

この新條約は條約加入國の形成してゐる國際電氣通信聯合の組織機能、會議、通信業務、國際計算に關する原則的規定を協約したもので、これが細則は電信、電話、無線各別の附屬規則がある。

無線に關する一般規定は同條約附屬の一般無線通信規則であつて、發射電波の制限、周波數の分配使用、移動局素人實驗局の條件、通信士の資格、呼出符號、移動局の通信方法、混信、遭難通信、電報料の計算、國際無線通信諮問委員會 (CCIR) その他に關する細則が定められてゐる。CCIR⁽¹⁴⁾ は條約に關係する専ら技術上の問題を研究する委員會である。(本節は昭和 8 年 9 月現在)

12. 無線電報料金⁽¹⁵⁾ 國內の陸地相互間の無線電信に依るものは特別の場合を除き一般有線電報料金と差異はない。

船舶に對する電報料は海岸局又は船舶局に於ける送信、受信又は中繼の各取扱に對して和文 15 字以内 (歐文 5 語以内) は 25 錢、以上 5 字以内 (歐文 1 語) を増す毎に 5 錢を課せられる。更にそれが有線系を通る場合は内地陸地相互間の料金と同額の有線料が加へられる。例、字數 18 字の和文電報を東京より太平洋上の秩父丸へ發信するには東京銚子海岸局間の有線料 35 錢、海岸局の送信 30 錢、船の受信 30 錢、計 95 錢となる。

神戸、門司局で行つてゐる船舶陸地間の電話は呼出料 15 錢、通話料 1 通話 (3 分間) 20 錢、これが市外線に接続される場合はその部分の有線料金が加はる。

外國電報料⁽¹⁷⁾ は金フランで定められ、内地から海外都市への料金を例示すれば、通常電報 1 語に付、倫敦、巴里、柏林、桑港 (3.45 フラン、以下單位は略す)、紐育 (4.20)、リオデジャネロ (6.35)、マニラ (1.90)、ボンベイ (3.00) 等となる。因にフランに對する邦價換算率は 3 箇月毎に告示がある。尙滿洲國⁽¹⁸⁾ に對しては和文 1 語 (7 字) に付き無線料各 8 錢、有線料 13 錢とし、名宛を含めて最低 3 語の料金を課せられる。

國際電話は本邦⁽¹⁹⁾ は昭和 9 年 4 月より開始の豫定であつて、通話料未定であるが、海外國際通話の料金⁽²⁰⁾ の例を掲げると、1 通話 (3 分) に付、倫敦紐育間 (6 磅)、巴里ブ

エノブアイレス間 (750 法)、桑港マニラ間 (30 弗) 等、1 分増はこの 1/3 宛を加へる。(本節は昭和 8 年 9 月現在)

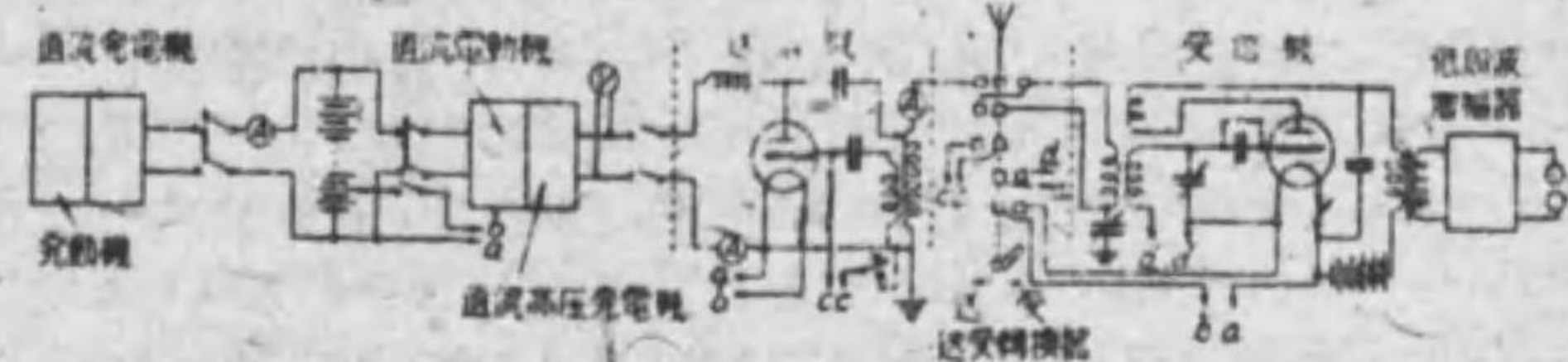
13. 通信速度⁽²¹⁾⁽²²⁾ 無線通信士資格検定では第一級は和文 85 字分、歐文普通語 25 語/分、第二級は和文 70 字、第三級は同 55 字の送信及音響受信等の條件が定められて居り、この程度の通信が實際行はれてゐることを示すものであるが、受信感度、混信、空電の多少その他に基く受信状態の良否に依り實際速度は加減されること勿論で、大體 60~100 字と看做し得られる。放送電報では大體和文 70 字、歐文 16 語を標準としてゐる。因に歐文普通語の 1 語は平均 5 字としてゐる。

・固定業務の自動高速度通信は實際は和文百數十乃至二百数十字で行はれ、國際通信には回線に依り差異はあるが大體歐文六七十語から百語位で行はれる。然しこれを超えることも稀でない。

第 2 章 局 の 設 備

1. 固定局 陸上の一定地點に設けられ、他の同様の局と通信するもので、通信對手との距離の遠近により設備は自ら異なる。その代表的のものは次の通りである。

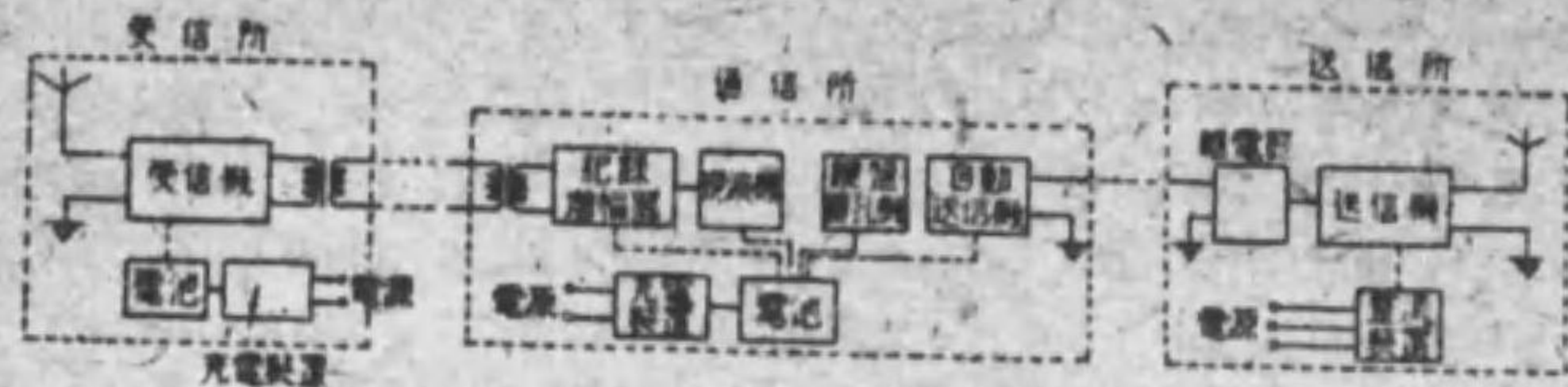
a. 近距離用固定局 数十乃至数百キロメートル距て、通信するものである。本邦の如き島嶼國にあつては、本土と離島間、又は離島と離島間の通信に用ひる。一般に海底線より經濟的に施設できる利益がある。電波は傳播性の最も悪い中短波 (1 800 kc 附近) が用ひられてゐるが、近距離の場合は近來、超短波 (40 000 kc 附近) も利用されてゐる。適當な送受轉換器で、送信中は受信機が動作しないやう、又受信中は送信機を動作しないやう、切換へて通信する所謂單信式 (第 1 圖) (本編 1 章 6 參照) が多いが、電信の場合にはブローク・イン式 (本編 1 章 6 及 2 章 2 參照)、電話の場合には同時送受話式 (本編 1 章 6 及 2 章 4 參照) とする事もある。空中線電力は通信距離に應じて 10~100 W 程度を用ひる。送信機は自動式の簡單なもの、受信機は 3 球程度のものを用ひる。電源は、電力を購入し得る所ならば交流電動直流發電機を用ひ、交流から必要なフィラメント、プレート電源たる直流を作る。電力の供給のない所では、石油又はガソリン機關直結の直流發電機で、100 アムペア時程度の蓄電池を充電し、これを電動發電機により適當な電壓の直流に變換して、送信機に供給する。空中線には 20~30 m の木柱をたて、これに逆 L 型を張る。接地には地線又は平衡地線を用ひる。第 1 圖は交流電力の供給がない場合で、原動機を用ひ、空中線電力 50 W 程度、單信通信の接続例である。



第 1 圖

b. 中距離用固定局 数百乃至数千キロメートル距て、通信するもので、本邦で内地と外地との連絡に用ひてゐる如き、この例である。使用電波は、長波の短い部分 (30~100 kc 程度) 又は短波の長い部分 (5 000~15 000 kc 程度) である。電報の疏通を速ならしめる爲、通信方式に中央集中式 (本編 1 章 6 參照) を多く用ひ、通信所、送信所、受

信所の 3 箇を有する。設備は大體第 2 圖に示す通りである。



第 2 圖

(1) 通信所 通信手が居て実際に電報を送受する所で、大都市の中樞地にある電信局に隣接して設け、附近より有線電信で集つて来た電報を直ちに無線で相手に送り、又相手局より無線で送つて来た電報を有線で各地に分配するのに便利なやうにする。高速度通信をする爲、送受信共に自動で、送信の方は通信手が送らうとする電報により、電盤穿孔機で送信用テープに穿孔し、自動送信機にかけて、符號に相當した電流を送信所との間の連絡用線路（操縱線といふ）を送り、送信所の送信機の繼電器を動作し、電波を發射せしめる。受信の方は受信所より連絡用線路（受信線といふ）を経て、受信符號に従て送られて来た直流により、或は可聴周波交流が送られて来た時には記録増幅器で數段増幅の後整流した直流により、現波機を動作せしめ、受信用現波紙に符號を記録せしめる。これ等の設備は通信相手の數だけ必要になる。電源には、通信機械用に直流 100 V、記録増幅器用として、8 V 及 300 V の電池を要する。

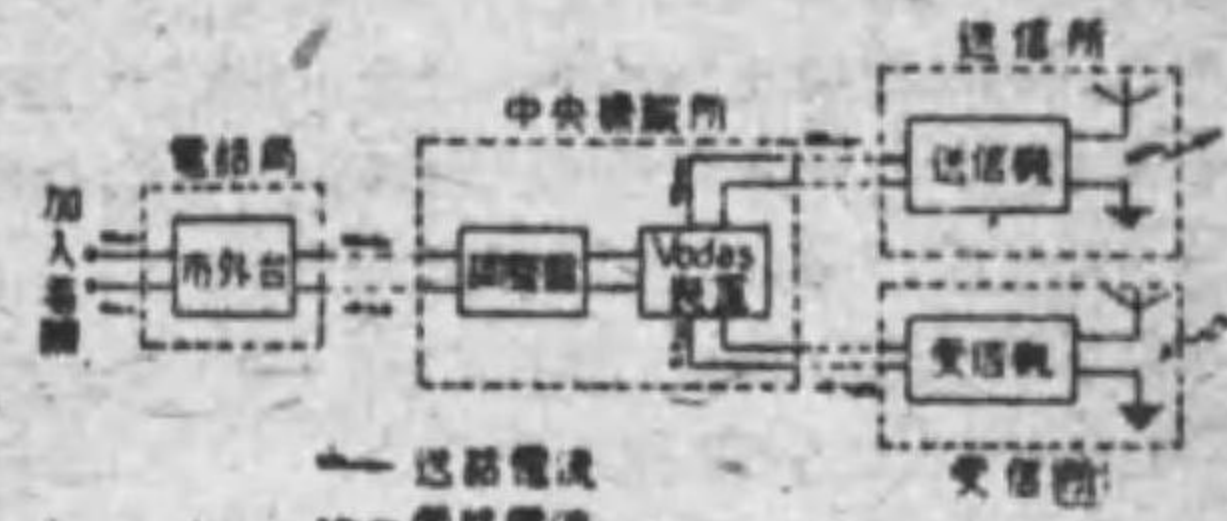
(2) 送信所 無線送信装置を設け、實際に電波を輻射する所であり、通信所のある都市近郊で近くに電波を遮蔽するものがない相當廣大な所に選ぶ。長波の場合には、送信機に原發電力増幅式（本編 3 章 3 参照）を用ひるのが普通で、空中線電力 10 kW 程度である。空中線は高さ 70 m 程度の自立式又は支線付鐵塔に支へられた T 型又は平頂型を用ひ、接地はラヂアル・アースとする。短波の場合には、送信機は水晶制御式で空中線電力 1~5 kW、空中線はダブレットを用ひる事もあるが、エレメントは餘り多くなくともビーム式を用ひる方がよい。電源は都市附近であるから、常時電力の供給を受けられる。送信機の種類によつて、供給電力を適當に變壓して交流の供給し、或は電動發電機によつて適當な高壓直流、又は數百サイクル程度の交流に直して供給する。特に重要な局では、停電に備へる爲ディーゼル機等の原動機付發電機を設備する事もある。

(3) 受信所 相手局よりの電波を受信する所であり、都市近郊で送信所より相當離れた所に設け、送信所より發射する強力な電波による妨害を避け、且雜音妨害の少ない所に選ぶ。受信機は長波短波何れの場合でも、高周波増幅を數段行つた 10 球程度のものを用ひる。空中線は長波の場合には Bollint-Tosi 式、短波の場合には簡単なビーム式等、指向性を有するものを用ひ、混信、空電等の妨害を少くする。電源としては、フィラメント用に 8 V、數百アムペア時、プレート用に 200 V、數十アムペア時程度の蓄電池を必要とする。受信機出力で得た可聴周波電流をその繼受信線に送り、或はこれを直流に直して送る事も、又複流とする事もある。

c. 遠距離用無線電信局 數千キロメートルの距離で通信するもので、大洋横斷の國際間の通信はこれに屬する。設備は b と大體同様であるが、規模が一段と大になる。使用電波は長波（15~20 kc 程度）又は短波（6 000~20 000 kc 程度）を用ひる。送信所設備としては、長波の場合には出力數百キロワットの特別高周波發電機（Telefunken 式、Alex-

anderson 式等）を用ひ、空中線は 150~200 m の支線付鐵塔數本に、大きな平頂型又は逆 L 型を張る。長波は設備が極めて大きく、使用電力も莫大であり、且割當周波數（本編 1 章 7 参照）が殆どない爲、近來は専ら短波によつてゐる。短波の場合、電力は 10~20 kW 程度で、水晶制御式送信機（本編 3 章 8 参照）を用ひる。空中線は、エレメントの數が數十に上るビーム式（本編 6 章 8 参照）とする。受信所設備としては、受信機が高級になり、真空管數が増す。短波の場合には（本編 4 章 10 参照）、遮蔽グリッド管を用ひた高周波増幅 4~5 段、低周波増幅數段のもの、又は超ヘテロダイン式（本編 4 章 11 参照）で中間周波増幅 4~5 段程度のものを用ひ、更にリミッター、合成受信方式等により（本編 4 章 10 参照）、フェーディングの防止法を出来るだけ完全に施す。通信所設備は b と大差ない。

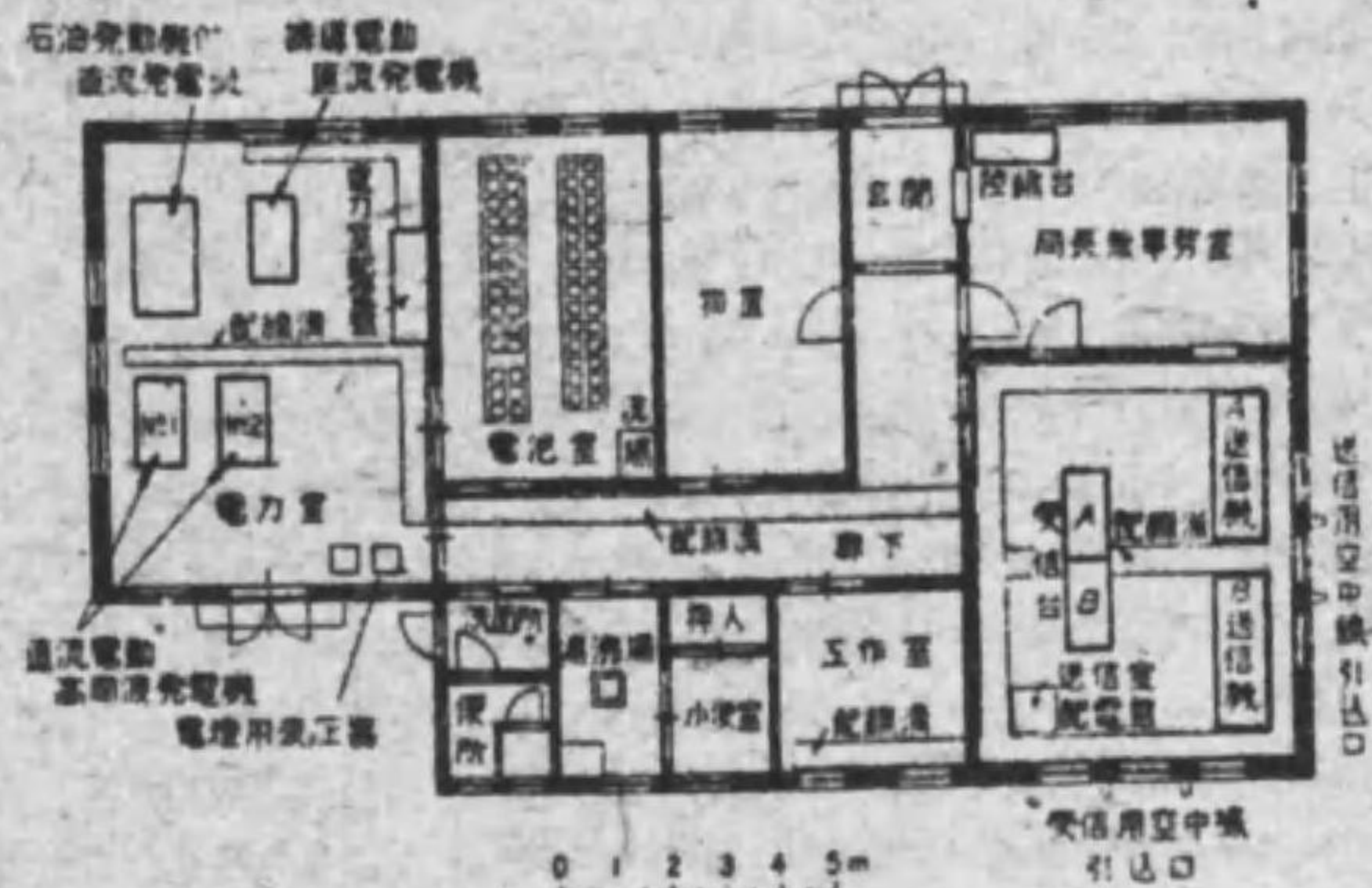
d. 遠距離用無線電話局 設備の概略は c と同様で、電信の設備を電話に變更しただけである。即ち中央操縦所、送信所、受信所に分れる。使用電波は殆ど短波のみである。送信所に於ける無線送信機は、同じく水晶制御式で、低電力變調が多い。電力は 20~40 kW 程度である。受信機（本編 4 章 11 参照）は電信用より更に真空管數を増し、且自動音量調節を用ひる。中央操縦所には、無線の回路即ち送信所への送信線及受信所よりの受信線と、有線の回路即ち加入者へ行く線路とを接続する装置として、Vodas 装置（27 編 8 章 5 参照）を必要とする。第 3 圖は通話系統の大略を示すものである。



第 3 圖

2. 海岸局 航行中の船舶と通信する爲、船舶の航行數が相當多い所で、地勢の極く開いた海岸に設ける。位置の關係で通信の繁忙な局は二重通信式とし、然らざる所は單信式とする。（本編 1 章 6 参照）

a. 單信式海岸局 大體の設備は本章 1 a の規模を少しく大きくしたものである。空中線電力は 0.5~1 kW を用ひる。使用電波は 500 kc 附近が主で、143 kc 附近も用ひる。500 又は 143 kc で呼出又は應答を行ひ、その附近の割當てられた周波數、例へば 433 又



第 4 圖

は 147 ke で通信し得るやう、送信機は周波数を迅速に切換へ得る事を要する。送信機は普通、自動式であり、受信機には 3~4 球程度のものを用ひる。通信方式は多くブレーク・イン式(本編 1 章 6 参照)で、(空中線としては 60 m 程度の鉄塔を数基たて、これに 500 ke 用及 143 ke 用の送信空中線及受信空中線を適宜に架設する。電源には、海岸局は遠隔な所が多いから、交流電力の供給がないか、あつても晝夜間共通電される事はあまりないので、原動機又は誘導電動機直結の直流発電機で数百アムペア時程度の蓄電池を充電し、直流電動交流発電機によつて 500 \sim 程度の交流を作り、送信機に供給する。第 4 圖はかかる局の一例である。

b. 二重通信式海岸局(本編 1 章 6 参照) 普通、送信所と受信所とに分れ、通信手は受信所にあつて、送信所との間に設けられた操縦線を経て、送信機を遠隔操縦して通信する。本海岸局は通信が繁忙な場合に設けるのであるが、500 ke の外、143 ke を相當に用ひる。更に遠距離まで通信する為、短波設備をなす事もある。送信所設備は本章 1 b の送信所を小さくしたものである。船舶との通信は時間をきめて行ふ譯でなく、何時でも船舶より呼出して来れば直ちに應答する必要があるから、受信所から迅速、容易に送信所にある送信機を起動、停止し得る事を要する。又上述の周波数の切換も、受信所より容易に制御し得るものなる事を要する。

3. 航空局 主要飛行場及定期航空路上に設ける。航空機と通信を交換するのが主目的であるが、航空路上の難所に設けられたものでは、附近の天候の模様や通知に、飛行場に設けられたものでは飛行機の發着の打合せ等に用ひる事もある。使用周波数は 333 又は 200 ke 附近。通信方式はブレーク・イン式が多く、設備は本章 2 a と略同じである。

4. 船舶局 船舶に無線設備をなす主目的は、自力航行の力を失つた時に救助を求め、或は氣象通報を受ける等、航行の安全に備へるのにあるが、同時に海岸局と電報を交換し、或はニュースの放送を受ける等の文化施設に用ひる事もできる。海上人命保全の目的より、旅客定員 13 名以上の旅客船、總噸數 1600 噸以上の貨物船及 100' 噸以上の漁船は原則として 190 km 以上の通達距離を有する無線電信設備をなし、又總噸數 5000 噸以上の旅客船は、更に無線方位測定設備をつける事を強制されてをり(船舶安全法及船舶設備規程)、又その設備には嚴重な規定がある(私設無線電信無線電話規則)。又漁船にあつては、強制されなくとも、陸上の局と漁業上必要な通信をする為、無線設備をするものが多い。使用電波は 500 ke 及其附近が主で、これは船舶通信にのみ使用し得る周波数であり、且上記大船舶は凡てこれを發射する事を強制せられてゐる。この外 143 ke 附近も船舶通信にのみ用ひ得るものである。又遠距離通信をする為、短波も用ひる。

a. 無線電信設備 無線室は一般に上甲板より高い所に設ける。大型の船舶にあつては、送信機として出力 1 kW 程度の自動式又は原發振電力増幅式(本編 3 章 3 参照)の中波送信機(500 及 143 ke 用)、出力数百ワット程度の短波送信機(前者で短波も出し得るやうにする事もある)、及出力数百ワットの補助の中波送信機(火花式を用ひる事もある)を設備する。受信機には 4~5 球程度のものを送信機に對照してつける。電源には、電燈用又は他の雜用として設けてある船舶用電機(主として直流)を用ひ、これにより電動發電機を運轉し、高壓直流又は 500 \sim 程度の交流を作つて送信機に供給する。尙上甲板以上に數十ヴォルト、数百アムペア時程度の蓄電池を設備し、這種の際船舶發電機が停止しても、上記補助送信機を動作し得るやうにする必要がある。通信方式は單信又はブレーク・

イン式である。空中線としては、二本のマストの間に高さ 10~20 m の逆 L 又は T 型を設け、接地には鐵製の船ならば船體自身を利用する。短波空中線にはダブレットを用ひる。

中程度の船舶では中波送信機 1 臺だけのものが多い。尤も補助設備は必ず必要である。数百噸の漁船では、500 ke は發射能率が悪く、特に 1384 ke 附近を用ひる事もある。

b. 方位測定設備(本編 8 章 1 参照) 船橋又はその附近で、なるべく到來電波の方向に影響を與へる如き導體のない所に設備する。無線室との間に適當な連絡装置をつけ、測定を行ふ際は常に大きい送信空中線を接地するやうにせぬと、著しい誤差を生ずる。

c. 緊急自動受信機 大船舶では他の船舶より發すべき避難信號を絶えず聽守してゐる義務があるが、本機によれば信號が来れば電鈴を鳴らす為、聽守義務が軽減される。本機は適當に繼電器及緩動装置を組合せて、空電、混信では動作しないが、特殊符號(普通第 5 圖の如く 4 秒間 第 5 圖 連続する信號が 1 秒の間隔をあげ連続 3 回發射される)が来る時に動作するものである。

d. 無線電話設備 大型旅客船にあつては、無線電話設備をなし、航行中に旅客が陸上の電話加入者と通話し得るやうにする事がある。この際陸上の局は本章 1 d. を少し簡單にしたもので、船舶では、二線式とせず四線式でよいから、送信機より受信機へ妨害を及ぼさないやう平衡装置を用ひれば、同時送受話ができる。漁船にあつては、無線電信にすると特別の通信手を必要とするから、無線電話設備とするものも多くある。

5. 航空機局 航空機上で、地上又は他の航空機と通信するもので、大型の飛行機の如き場合には送受信機は大なる制限を受けないが、小型の飛行機の場合には、大さ、重量共に極度の制限を受ける。電力は大きくて 50 W 程度である。中波又は短波を用ひるが、近來短波も用ひられる。電信電話執れもあるが、單信式で通信する。電源には、飛行中に生ずる風速を利用して風車發電機を回轉し、必要な電壓の直流を作り、或は蓄電池を併用する。風車には彈簧を利用した調整装置を附し、回轉速度を常に一定に保つ。飛行機エンジンの着火装置を電氣的に遮断せぬと、受信に妨害を生ずる。空中線としては中波の場合には重錘を先端に附した長さ 100 m 程度の針金を機體より垂下するが、短波の場合には翼を利用してダブレットを張り、又受信専用、特に無線標識の受信には數メートルの垂直線を用ひる事もある。

6. 自動車及列車局 犯罪捜査用として警察自動車に無線設備をなし、警察署と連絡をする事がある。又走行中の列車と停車場と連絡する為、列車に無線設備をする事がある。

7. 無線標識及羅針局(本編 8 章 1 参照) 標識として特殊の電波を用ひず、單に自局の符號を送出するものは極く簡單で、單信式の海岸局の送信設備と同様である。電波は 300 ke 程度を用ひる。符號は手で送る事も、時計仕掛で自動的に送る事もある。その他回轉標識、航空路用標識等がある。(本編 1 章参照)

羅針局は、海岸の地勢の開けた所に設ける。方位測定器の外、打合せの爲送信機及受信機を必要とする。羅針用には 375 ke を用ひる。

8. 搬送式電信電話 地上に架設された線路を傳つて傳播する高周波電流により通信するもので、一般に使用電力が少い。通信線用(27 編 9 章参照)と送電線用(27 編 10 章参照)とある。

第 3 章 送信装置

1. 定義と分類

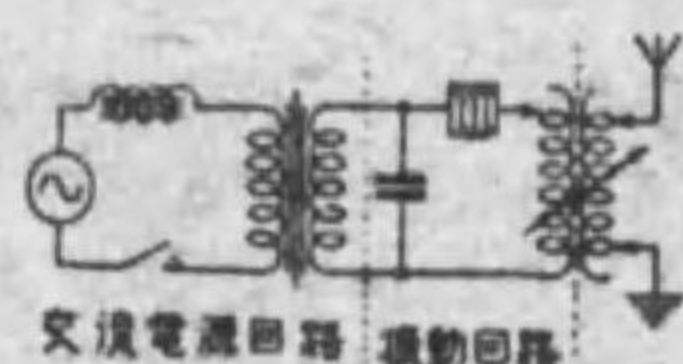
a. 送信機 直流又は低周波交流のエネルギーを高周波振動電流のエネルギーに変換して、これを電信符號又は電話電流、その他傳送せんとする任意波形の電流で變調して空中線に供給する装置を總稱し、電信符號を送るものを無線電信送信機、電話電流を送るものを無線電話送信機と稱する。

b. 送信機の電力 一般に空中線電力即ち $I_a^2 R_a$ (I_a = 空中線電流, R_a = 空中線實効抵抗) で表す。電信の場合には電鍵を押へきりにした状態の電力を云ひ、電話の場合には變調しない状態の値を探り、これに使用状態の變調率を併記して表す。

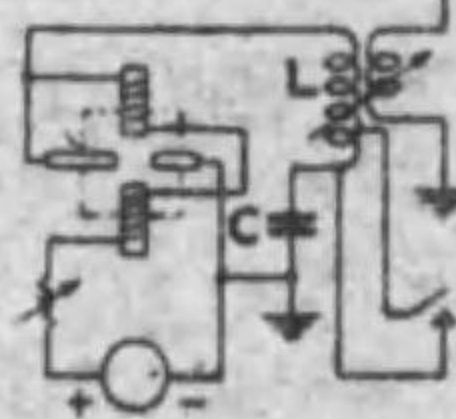
c. 送信機の種類 振動電流を發生する方法から送信機を分類すれば、火花式、電弧式、發電機式、真空管式の四種類となる。

2. 火花式、電弧式及發電機式送信機 これ等の送信機は現今は餘り使用されない。

a. 火花式送信機 火花間隙を通じての蓄電器の充放電に依て振動電流を發生せしめるもので、使用する火花間隙の構造に依り、普通火花式、回轉火花式及調減火花式に分類される。又數箇の回轉火花間隙を利用して特に持續電波を發射するやうにした連續火花式と稱するものもある。併し一般に火花式送信機の發射する電波は減幅電波である。第 6 圖は火花式送信機の主要部を示す一例である。電鍵操作は電源回路を開閉して行ふ。



第 6 圖

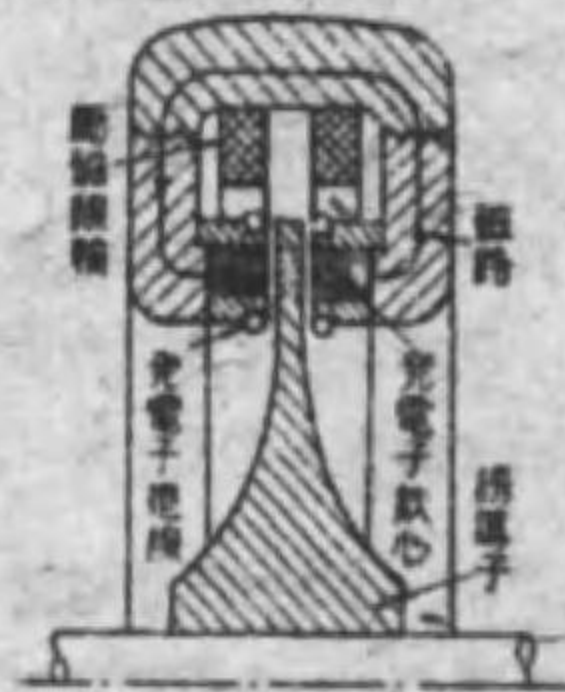


第 7 圖

b. 電弧式送信機 電弧の負性抵抗を利用して持續振動電流を發生せしめるもので、第 7 圖はその接続の一例である。含水炭素ガスを充した容器中で銅棒と炭素棒間に電弧を生ぜしめ、これに磁界を作用させる。振動電流は電弧と LC 回路に發生する。電信符號を送るには電鍵操作に依て電弧の消滅を避ける爲に電源を斷續しないで周波數を變へる方法を探るのが普通である。從て周波數の若干違ふ二つの電波を發射する缺點がある。

c. 發電機式送信機 高周波發電機に依て強制持續振動電流を發生し、これを空中線に供給するものである。發電機式では機械的構造から餘り高い周波數の振動電流を得る事が困難で、普通は 5~30 kc の範圍にある。周波數を高くする爲に選昇變周器を併用するものがあるが、概して長波長通信に限られてゐる。發電機は誘導子反作用型のものが一種ある以外、他は總て誘導子型である。發電機には適當な速度調整装置を附屬して、極力回轉數(從て周波數)を一定に保つやうにしてゐる。

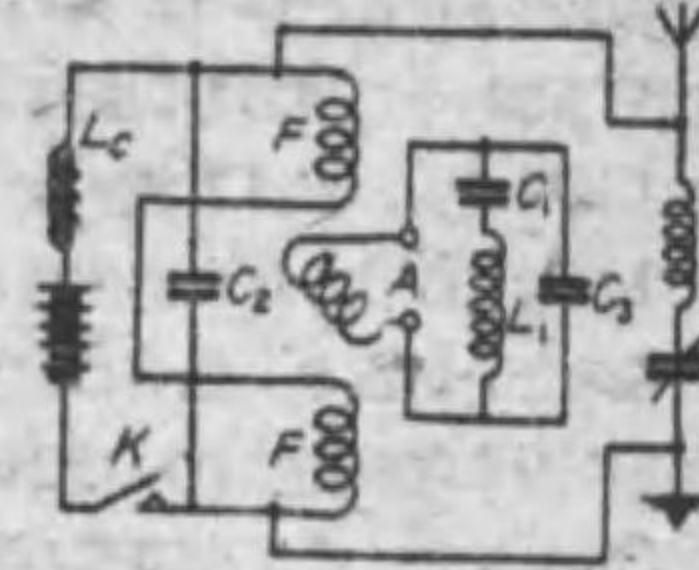
(1) 誘導子型 この型に屬するものには Alexanderson, Bethenod-Latour, Telefunken, Schmidt 等の發電機がある。第 8 圖は Alexanderson 發電機の構造の要領を示すもので、磁氣回路の空路に回轉する誘導子の線に沿つて等間隔に非磁性物質を嵌込み、それに依り磁氣回路の抵抗を變へて發電子捲線



第 8 圖

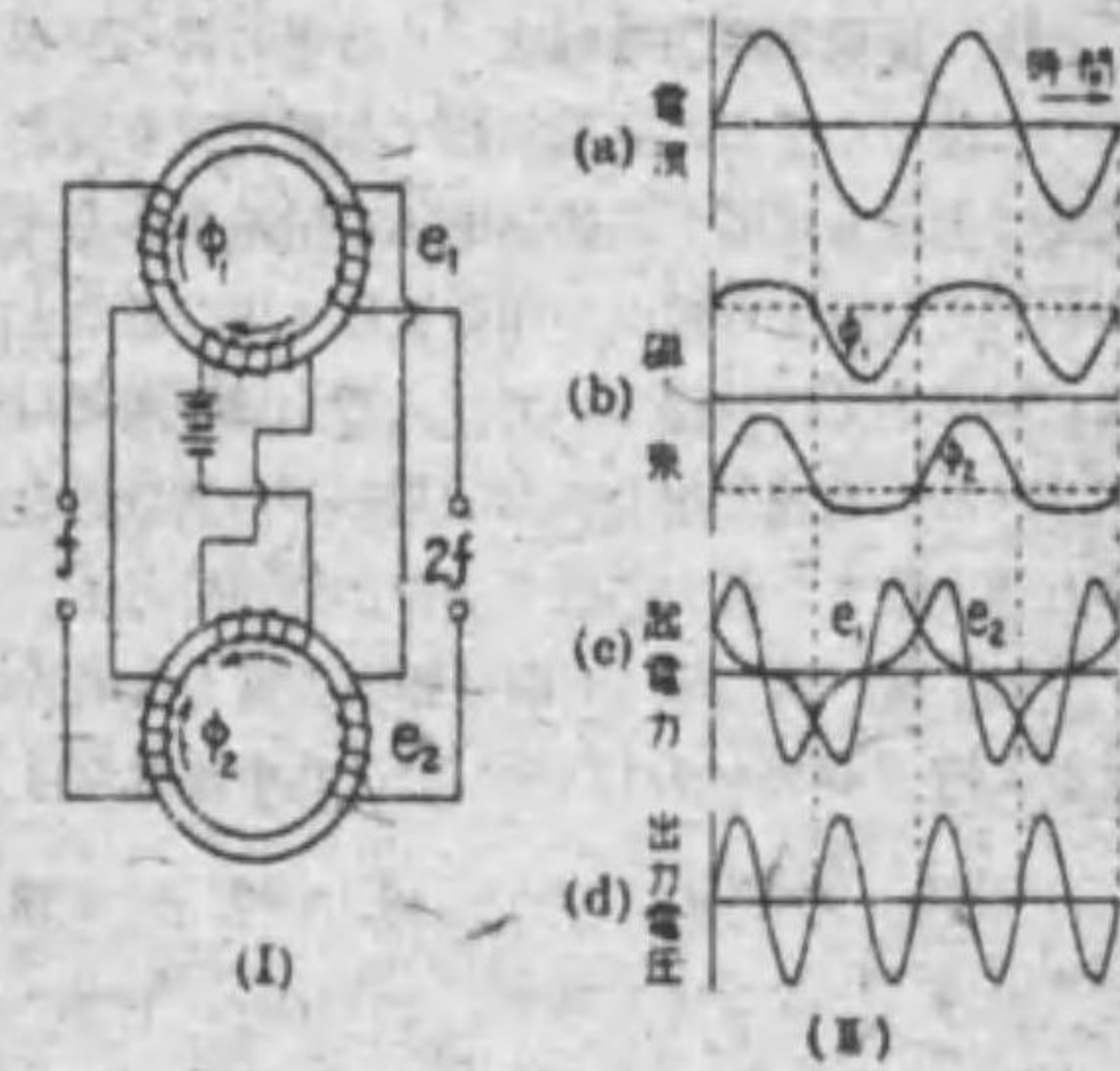
に交差起電力を誘起せしめる。電信符號は電鍵操作に依り發電子捲線を短絡する方法に依る。

(2) 誘導子反作用型 Goldschmidt 發電機と稱せられるもので第 9 圖はその動作原理を示す略圖である。回轉子捲線 A に誘起する周波數 f なる電流を $C_1 L_1$ の同調回路で充分大ならしめると、その反作用で固定子捲線 F には周波數 $2f$ の電壓を誘導する。これを FC_2 回路で同調せしめると同じく反作用で A には $3f$ の周波數が誘導する。これを C_3 回路で更に同調すれば F には $4f$ の周波數の電壓が誘導し、斯くして交互に同調回路を置けば、回轉子からは奇數倍の、固定子からは偶數倍の高調波が順次に取出せるが、實際には能率の點で空中線回路を $4f$ に同調する場合が多い。 f は普通 10 000 位。



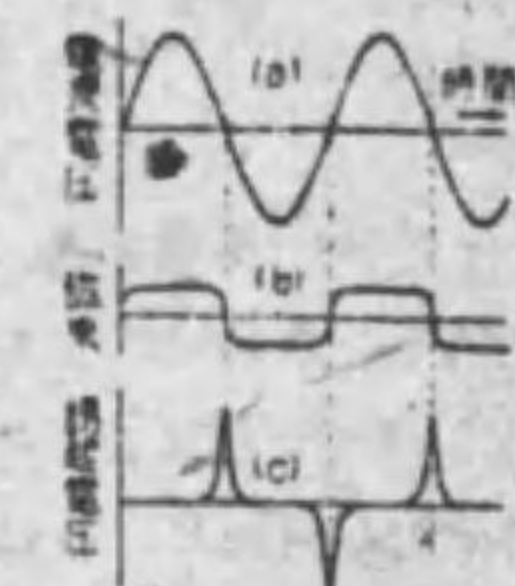
第 9 圖

(3) 選昇變周器 鐵の磁氣飽和現象を利用して交流の周波數を選昇させる装置で、直流勵磁を使ふものと然らざるものとがある。第 10 圖 (I) は前者の一例で、2 箇の變成器の一次捲線は直列に、二次捲線及直流勵磁捲線は逆方向に接続してある。直流勵磁を鐵心の飽和點まで行ひ、一次捲線へ第 10 圖 (II) の (a) のやうな電流を供給すれば、各鐵心には (b) のやうな磁束を生じ、從て二次捲線の起電力は夫々 (c) の如くなり、結局出力側には兩起電力の差即ち (d) のやうな 2 倍の周波數の起電力が得られる。これを二倍變周器と云ふ。同様に鐵の磁氣飽和現象を利用して周波數を 3 倍に高める装置を三倍變周器と稱する。



第 10 圖

直流勵磁を行はないもので相當能率良く周波數を數十倍にも選昇出来るものがある(例へば 47 倍で能率 50%)。これは 1 箇の變成器を使ふもので、一次捲線に加へる交流で鐵心が充分飽和状態に達する如くすれば、鐵心中の磁束は第 11 圖 (b) の如く矩形に近い波形となる。從て二次捲線に誘起する電壓は (c) のやうに多分に高調波を含む尖頭波形になるから、適當な同調回路を二次側に使用すれば任意の高調波を取出す事が出来る。この變周器は主として Schmidt 發電機と共に用ひられる。



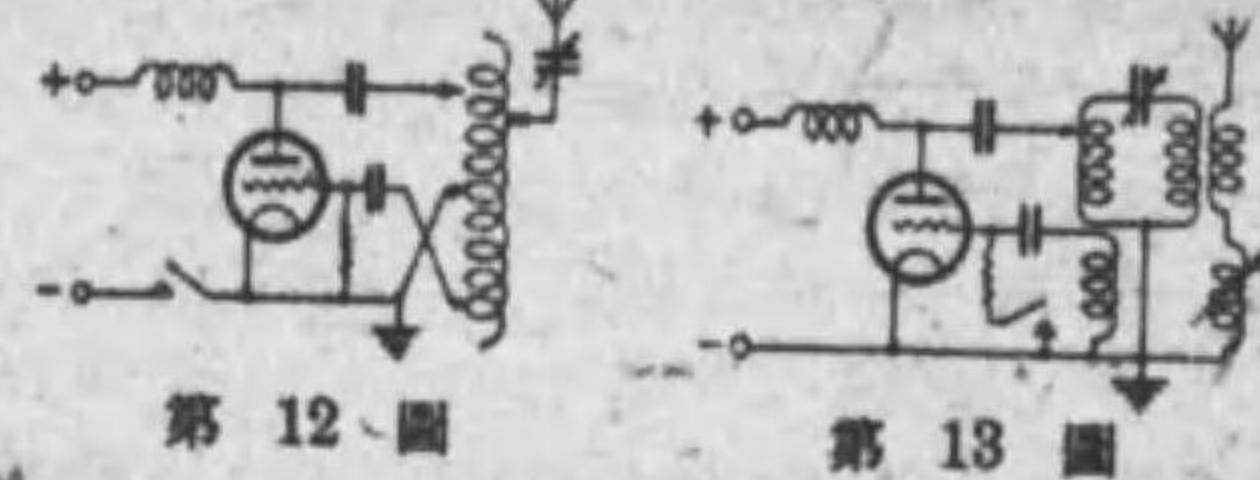
第 11 圖

3. 真空管式送信機 真空管の發振作用を利用して持續振動電流を發生し(4 編 2 章 3 参照)、これを直接、又は真空管で増幅した後、空中線に供給するものである。真空管の發振可能な周波數範圍は非常に廣く、例へば 10 程度の低周波から 10^6 程度の高周波振動電流に至るまで、能率良く容易に發振する事が出来る。從て真空管式送信機ではその周波數に發電機式に於けるやうな制限を受けない。

真空管式送信機は次の二つに大別する事が出来る。

a. 自動式 真空管で発生した振動電流を増幅する事なくその儘空中線に供給する方式を云ひ、小電力のものが多し。使用真空管は三極管に限られてゐる。空中線に振動電流を供給するには、第 12 圖の如く空

中線回路をその儘發振回路として利用する場合と、第 13 圖の如く發振回路を別に設けこれに空中線を結合する場合とがある。後者は空中線の動搖に因る發振周波数の變動が前者

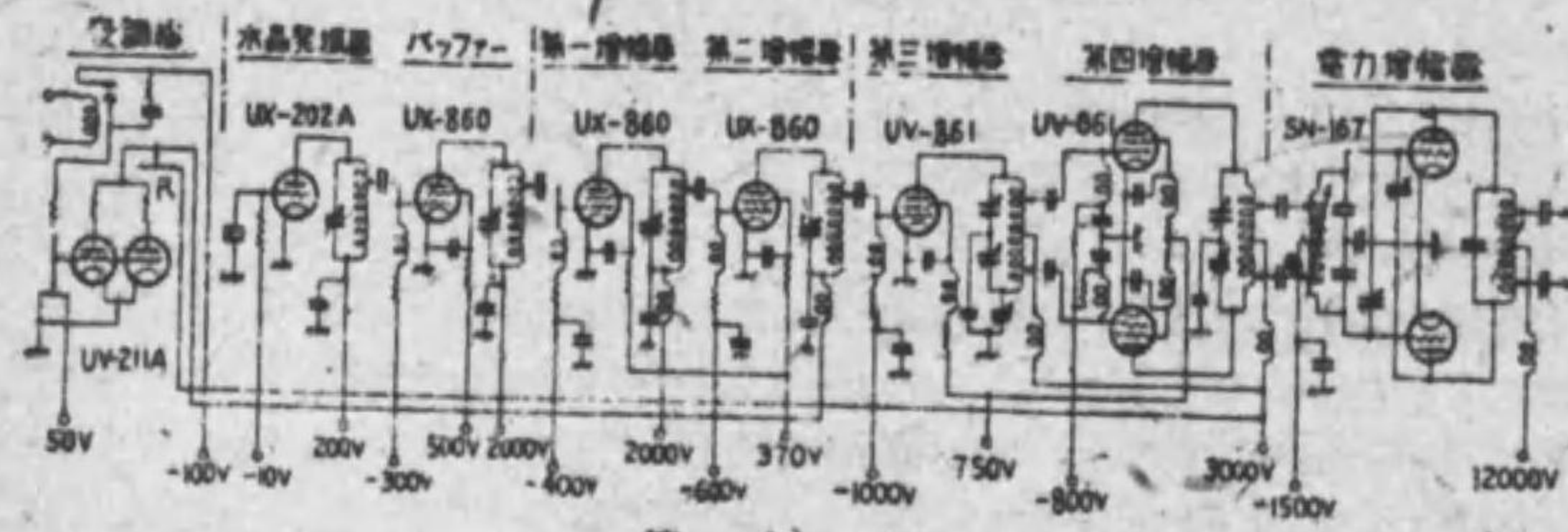


に比較して少く、又高調波の發射も相當軽減する。併し一般に自動式送信機は原發振電力増幅式に比して装置が簡單で取扱も容易である代り、發振周波数の變動が多いのと、高調波を多く發射すると云ふ缺點を持つてゐる。

發振回路には種々の方式が考案されてゐる。(4 編 2 章 3 参照) 第 12 圖は Hartley 回路を、第 13 圖は Meissner 回路を應用した例である。

b. 原發振電力増幅式 小容量の真空管又は機械的振動體 (2 編 11 章 2 及 3 参照) に依る小電力の原發振器で振動電流を發生し、これを順次大容量の真空管で必要な電力まで何段も増幅して後空中線に供給する方式で、原發振器の周波数が變動しない限り空中線から發射する電波の周波数は一定であると云ふ特徴を有する。且振動電力の増幅が容易に能率よく行ひ得るので、大電力遠距離通信用として最も適し、又長波にも短波にも使用される。短波の場合には原發振器の周波数を比較的低い値に選び、増幅段階の途中で必要な周波数まで順次選倍するのが普通である。

c. 實例 第 14 圖は原發振電力増幅式の短波送信機の代表的な一例である。(2) 周波数は約 6 000~20 000 kc で、空中線電力は 20~40 kW である。



第 14 圖

(1) 原發振器 主として水晶發振器であるが、自動式真空管發振器を併用する場合もある。水晶では餘り高い周波数の發振が困難なので、水晶發振器の發振周波数は 1 500~2 500 kc 程度とし、これを増幅段階で 4 倍又は 8 倍に選昇する。水晶は恒温槽中に藏めてその温度を常に一定に保ち、温度に依る發振周波数の變動を防いでゐる。真空管は普通三極管又は四極管であるが、五極管を使用する場合もある。本器の出力は數ワット程度である。

(2) 緩衝器 (Buffer) 増幅段階から原發振器へ及ぼす振動電流の反作用を防ぎ、電鍵を操作しても原發振器の負荷を常に一定に保つてその發振動作を安定ならしめる作用をするもので増幅を目的としない。四極管を使用する。

(3) 第一乃至第四増幅器 第一乃至第三増幅器までは緩衝器の出力を順次増幅すると共に、周波数の選倍をも行ふ。周波数は一段で 2 倍、二段で 4 倍、三段で 8 倍となる。第四増幅器はプッシュプル接続 (4 編 2 章 2 参照) で、振動電力はこの段階で約 1 kW まで増幅される。真空管は孰れも四極管が使用される。

(4) 電力増幅器 最終段の増幅器で水冷式三極管をプッシュプル接続で使用し、最大出力は周波数 6 000 kc 附近で 40 kW、20 000 kc 附近で 20 kW 程度である。周波数が高い程送信機各部の損失が増加して出力は小となる。かくして得た高周波電力は適當な饋電線を経て空中線に供給される。(本編 6 章 12 参照)

(5) 變調器 送信機の高周波出力を電信符號によつて断続する装置で、その動作原理は次の通りである。電鍵の接點が開いてゐる所謂スペースの状態では變調管のグリッドには正電壓が加はるので一定のプレート電流が流れ、このプレート電流に依つてプレート回路の抵抗 R に生ずる電壓降下の爲に、第二増幅器の四極管のプレート電壓は遮断グリッド電壓より低くなり、この四極管は働かない。従つて高周波電力はこの段階で完全に阻止される事になる。次に電鍵の接點が閉ちてマークの状態になれば、變調管のグリッドには負電壓が加はるのでプレート電流は消滅し、従つて抵抗 R の両端には電壓降下が生じないから、第二増幅器は正規の増幅作用を行ふ事になり、送信機は空中線に電力を供給する。斯くして發射電波は電信符號の通りに断続されるのである。

d. 送信機の電源 一般に真空管式送信機には次の三種類の電源を要する。

(1) フィラメント 直流又は低周波交流が使用される。前者は小電力、後者は大電力の送信機に多い。直流の場合には蓄電池又は直流發電機が使用される。

(2) プレート 高壓直流發電機又は整流器が用ひられる。直流發電機は電壓の高い程製作が困難になるので、普通は數千ヴォルト程度までに限られ、それ以上の電壓を要する場合には二極管又は熱陰極水銀蒸氣整流管の整流器 (13 編 3 及 4 章参照) を使用する。電壓の低い場合にも整流器を使用する事が多い。整流器には適當な濾波回路を附して脈流を除去する。(2)

(3) グリッド 真空管のグリッド回路は一般に電力の消費が極めて少いので、小容量の電池、直流發電機又は整流器が使用される。

第 14 圖の例では、フィラメントは全部 50V 交流で加熱し、プレート及グリッド電源には孰れも熱陰極水銀蒸氣整流管に依る整流器を使用してゐる。

e. 電鍵操作 電信符號を送る爲の電鍵操作は振動電流を制御し得る總ての箇所で行へる譯であるが、通常自動式送信機の場合にはプレート又はグリッド回路を断続する方法を採り (第 12 圖及第 13 圖参照)、プレート電源が整流器で電力の小さい場合には交流電源を断続する事もある。原發振電力増幅式では、發振周波数をなるべく一定に保つて高速度送信を行ふ爲に、原發振器は常に一定の振動をさせて置き、電力増幅の途中で電鍵操作を行ふのが普通である。(第 14 圖参照)

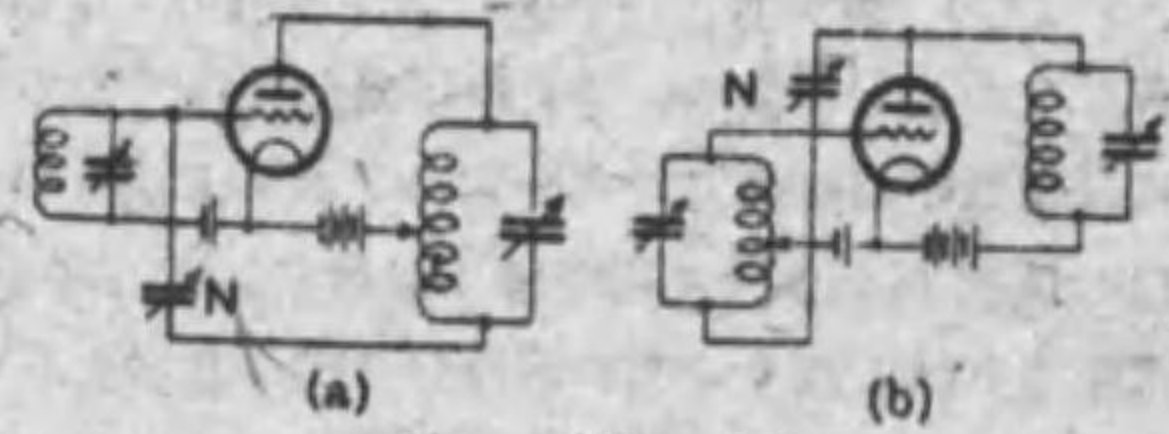
電信符號を送るには持続振動電流をその儘断続する場合と、持続振動電流を一旦可聴周波数 (例へば 1 000V) の電流で變調し所謂可聴持続振動電流の形にして後これを電信符號に応じて断続する場合とがある。

f. 發振周波数の安定 發振周波数は電源電壓の變動、發振回路定数の變化等によつて變動するから注意を要する。真空管發振器ではプレート回路に抵抗又はインダクタンスを挿入すると、電源電壓が多少變化しても發振周波数は略一定となる。(2) 原發振電力増幅

式では發振器全體を恒温槽に入れて温度の變化に依る發振回路定數の變化を防ぎ周波數を一定に保つ場合もある。機械的振動體を利用する場合は通常振動體を恒温槽に入れて周波數の變動を防ぐが、温度係數が微小で恒温槽を要しない特殊の水晶片も考案されてゐる。⁽²⁾ 送信機の發射周波數が變動すれば完全な通信を行ひ得ない許りでなく、他の通信にも混信妨害を與へる事になるから、發射周波數を極力安定ならしめると共に、適當な周波數監視裝置を置いて送信機が常に正規の周波數で動作するやうに注意してゐる。

g. 送信機に於ける特殊現象

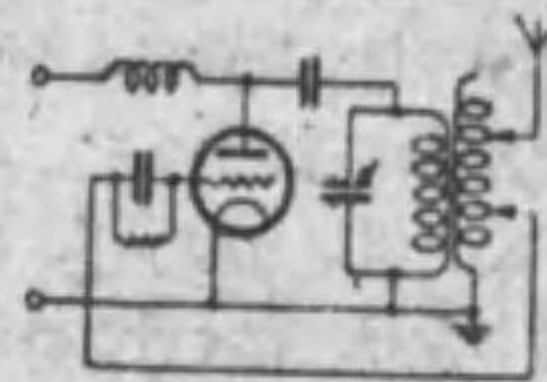
(1) 自己振動 増幅器では真空管の内部静電容量を通じてプレート回路とグリッド回路が電氣的に結合されてゐる結果、短波の場合には増幅器が發振して所謂自己振動を起す事がある。これを防ぐには遮蔽グリッド四極管を用ひるか、或は三極管の場合ならば第 15 圖 (a) 又は (b) の如く必ず中和用着電器 *N* を使用してプレートとグリッド間の容量結合作用を除く。又増幅段階毎に銅板等で電氣的遮蔽を施し、プレート及グリッドの外部回路に於ける不要結合をもなるべく小にする。



第 15 圖

(2) 寄生振動 真空管發振器で接続導線の配置が適當でない場合には、導線の有する漂遊容量、漂遊インダクタンスに依て豫期しない所謂寄生振動を發生する事がある。その周波數は正規のものより遙に高いのが普通で、これを防止するには配線に注意する事は勿論であるが、プレート又はグリッド端子に數百オームの抵抗若くはチョーク・コイルを挿入すれば良い場合が多い。

(3) Ziehen 現象⁽³⁾ 第 13 圖の如く發振回路と空中線回路を別にした自動式送信機では、二つの同調回路が結合回路を形成してゐるので、その結合度が密な場合には所謂 Ziehen 現象を生じ、空中線回路を同調せしめようとする際、出力、周波數共に急激に變化して發振状態が全然別箇のものとなる事がある。かゝる状態では空中線回路へ充分に振動電力を供給する事が出来ないのみならず、完全な電鍵操作も行ひ得ない。この現象を除くには兩回路の結合度を或る程度まで疎にするか、又は第 16 圖の如くグリッドの動振電壓を空中線回路から取る接続を用ひる。



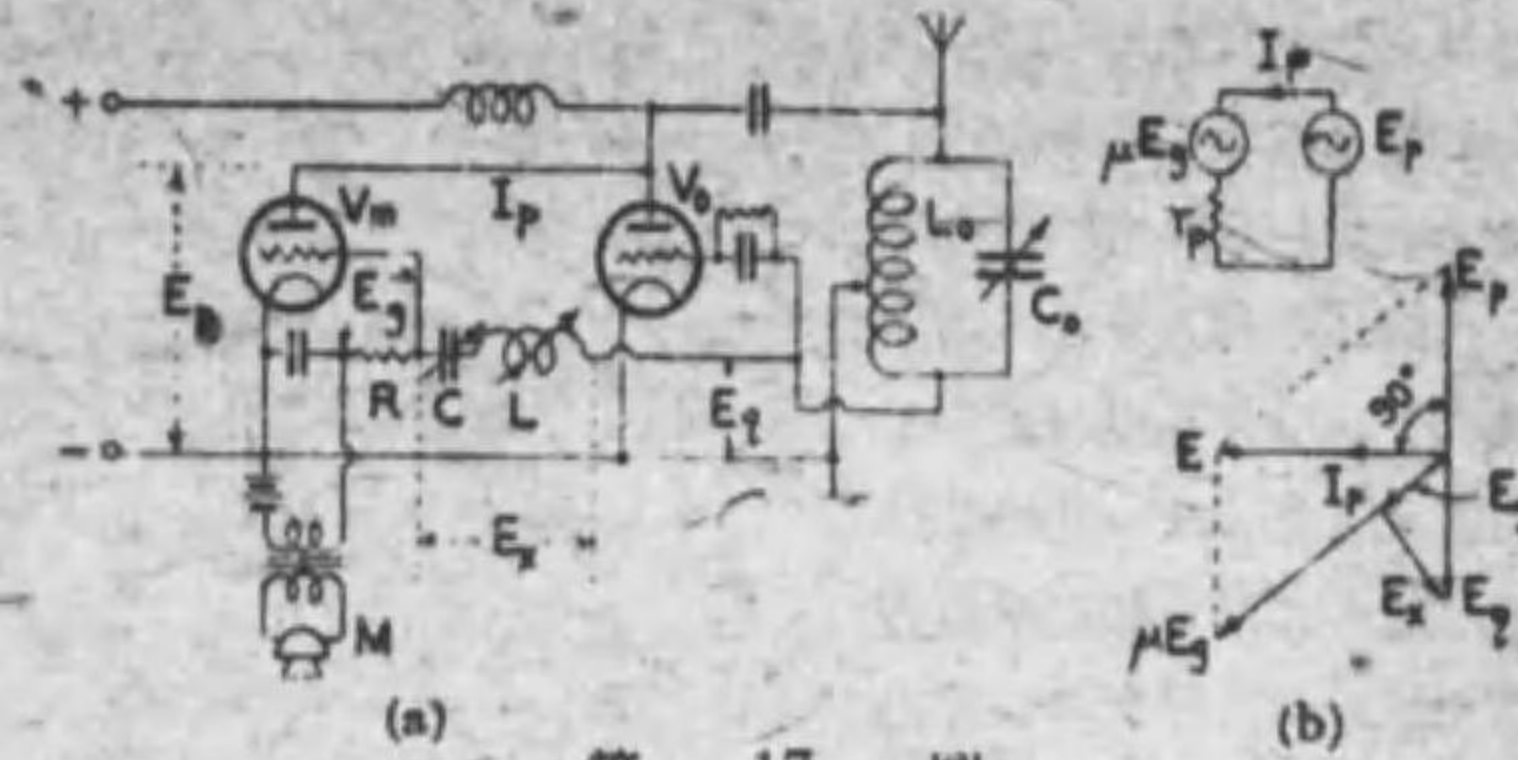
第 16 圖

4. 無線電話送信機 電話電流に依て持續振動電流を變調し、これを空中線に供給する裝置である。電弧式及發電機式送信機は持續振動電流を發生するものであるが、前者は雜音が多く又後者は高い周波數の發生が困難な爲、電話用としては孰れも實用的でなく、現今は發振變調共に容易に行ひ得る真空管式に限られてゐる。而して無線電話送信機と無線電信送信機との相違は、前者が電話電流で持續振動電流を變調するのに対して、後者は電信符號で變調すると云ふ點だけで、他は全く同じものである。又放送用送信機も傳送すべきものが音聲のみでなく音楽等までも含んでゐると云ふだけで他は矢張り同様である。

a. 變調 一般に變調には周波數、位相及振幅變調の 3 種類がある。

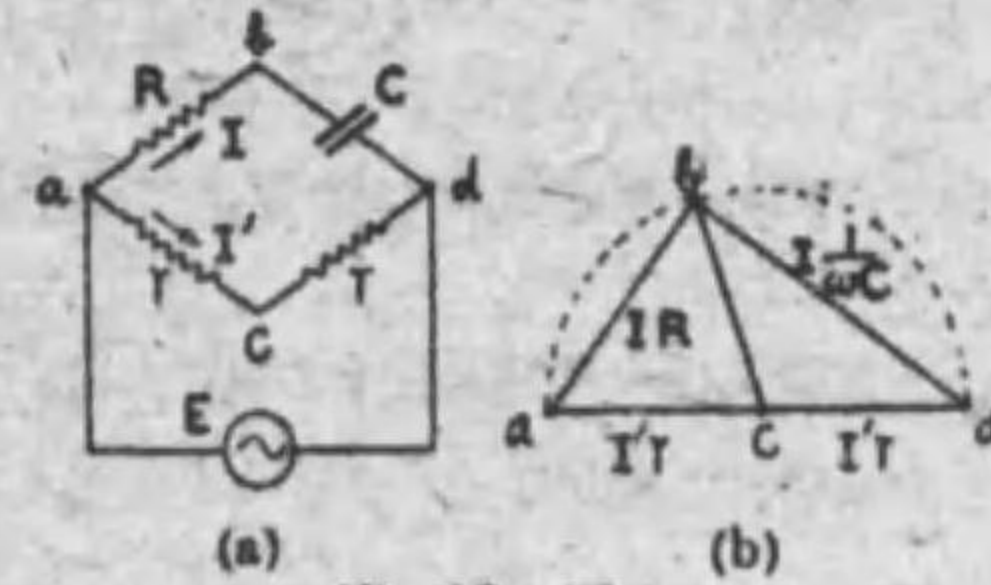
(1) 周波數變調 第 17 圖 (a) はこの一例⁽⁴⁾で、 V_m は變調管、 V_s は發振管である。 V_m の動振電壓 E_s の位相を L 及 C に依て變化し、 I_p の位相を (b) のベクトル圖

のやうな關係に調整すれば、 V_m は L, C 回路に對し容量リアクタンスとして働き、その値は V_m の内部抵抗に從て變る結果、圖のやうな接続にすれば電話電流に依て周波數變調を行ふ事が出来る。



第 17 圖

(2) 位相變調 第 18 圖 (a), (b) は位相變調の一例⁽⁵⁾の原理を示すもので、 bc 間の電壓は C 或は R の變化に依て振幅は一定で位相のみ變る。從て C の代りに容量送話器を使用し、 bc 間の電壓を適當に増幅利用すれば位相變調が出来る。



第 18 圖



第 19 圖

(3) 振幅變調 周波數變調及位相變調は特殊な用途にのみ限られ、現在の無線通信に専ら用ひられるのは振幅變調である。振幅變調は持續振動電流の振幅のみを電話電流の波形に應じて變化せしめる方法で、それには種々の回路が考案されてゐる。(4 編 2 章 4 參照) 持續振動電流を $I_m \sin \omega t$ とし變調電流を $I_s \cos \omega_s t$ とすれば、振幅變調に依て生ずる變調持續振動電流 i' は次のやうになる。(第 19 圖參照)

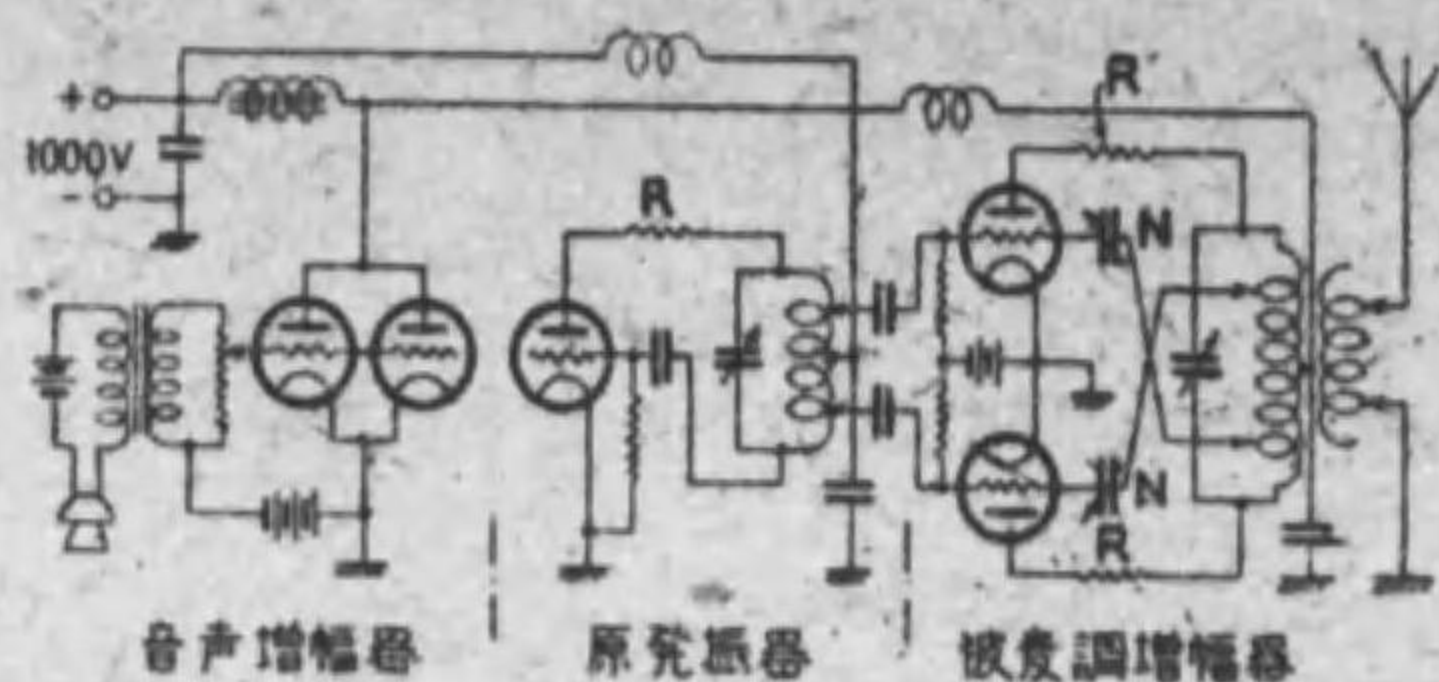
$$i' = I_m \sin \omega t + \frac{I_s}{2} \sin(\omega + \omega_s)t + \frac{I_s}{2} \sin(\omega - \omega_s)t$$

一般に變調電流の周波數 ω_s は単一周波ではなく、實際には音聲電流に於ける如く或る周波帶を有してゐる。前式の第一項を搬送電流、第二項を高側波帶、第三項を低側波帶と云ひ、結局變調持續振動電流はこの三者より成立つてゐる。變調持續振動電流の占有する周波數帶は變調電流の種類に依て違ひ、商業電話の場合には 6000 \sim 、放送無線電話では 10000 \sim 20000 \sim 、高真電送では 2000 \sim 10000 \sim 、テレビジョンで 10000 \sim 100000 \sim とされてゐる。

搬送電流の振幅から變調した時の變調持續振動電流の最小振幅を減じた値と搬送電流の振幅との比、即ち第 19 圖の場合ならば $(I_0/I_m) \times 100\%$ を變調率と云ふ。送信機は變調電流の波形に至を生じない程度で變調率のなるべく大なる程能率が良い。原發振電力増幅式送信機で變調を行ふには、最終段の増幅管で變調する高電力變調式と、振動電力の小なる真空管で先づ變調を行ひ、斯くして得た變調持續振動電流を増幅する低電力變調式とがある。

第 20 圖は無線電話送信機の一例で、真空管は孰れも UV 203 A を使用し、周波數は 3000 \sim 6000 kc、空中線電力は約 50 W のものである。増幅管はプッシュプル接続で、内

部容量に因る反作用を防ぐ爲に中和用蓄電器 N を使用してゐる。發振管及増幅管のプレート回路に挿入されてゐる抵抗 R は寄生振動の發生を防ぎ動作を安定ならしめる爲である。この送信機は原發振電力増幅式で、變調は高電力變調式になつてゐる。電力を増大するには被變調増幅器の次へ必要な段数だけ増幅器を附加すればよい。又原發振器として水晶發振器を使用してもよい。



第 20 圖

b: 特殊變調方法

(1) 二重變調 變調電流で一つの振動電流を變調し、斯くして得た變調振動電流で更に高い周波数の他の振動電流を變調する方法で、最初の振動電流の周波数を種々の値に選べば、一つの搬送波で多數の變調電流を同時に送る所謂多重通信を行ふ事が出来る。(本編 8 章 7 参照)

(2) 搬送波除去 ブリッジ接続、帯域消去濾波器又は平衡變調器を用ひて、變調振動電流から搬送電流を除去し側波帯のみを送出する方法で、送信電力の經濟になり、又普通の受信機では受からない特徴がある。

(3) 單側波帶傳送^(*) 高低兩側波帶の内の何れか一方だけを送出する方法で、通常平衡變調器と帯域濾波器とを適當に組合せて用ひる。搬送波除去の場合より一層送信電力の經濟になり、又秘密通信にも利用出来る。

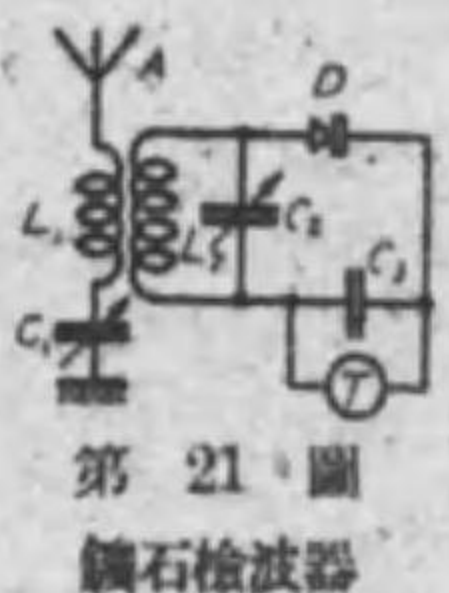
第 4 章 受信装置

1. 受信の原理 受信装置は、空中線、同調回路、檢波器及受話器の主要部から成り、空中線は空間を傳播する電波を捕へて振動勢力を誘導しこれを同調回路へ送る。同調回路はインダクタンス線輪及蓄電器を用ひ同調の理を應用して、所要對手局の信號を最も強く受けその他の信號即ち混信をなるべく弱める役目をする。同調回路の勢力は高周波であるからこれに依て直ちに受話器を動作せしめ得ない。故に高周波を低周波に變へる装置を必要としこれを檢波器と云ふ。檢波器を働かせるには相當の強さを持つ入力振動電壓が必要であるから、同調回路の出力が極めて微弱な場合には高周波増幅を行つた上で檢波する。又檢波器の出力が微弱で受話器又は擴聲器を動作せしめ難いときは低周波増幅を行ふ。

2. 檢波器 檢波器は微弱な交番電流の一方のみを流通しこれと反對方向のものを通さない特性を持つもので、鑛石檢波器と真空管檢波器とが最も廣く使用されてゐる。

a. 鑛石檢波器 第 21 圖は鑛石檢波器の接続を示し、 L_1, L_2 は結合されたインダクタンス線輪、 C_1, C_2 は同調用可變蓄電器、 C_3 は高周波分岐蓄電器、 D は鑛石である。 D には磁鐵、方鉛礦、紅鉛礦、黃銅礦、カーボランダム等が使はれる。

空中線 A に誘導する振動勢力は L_1, C_1 を加減して空中線回路を對手局の周波数に同

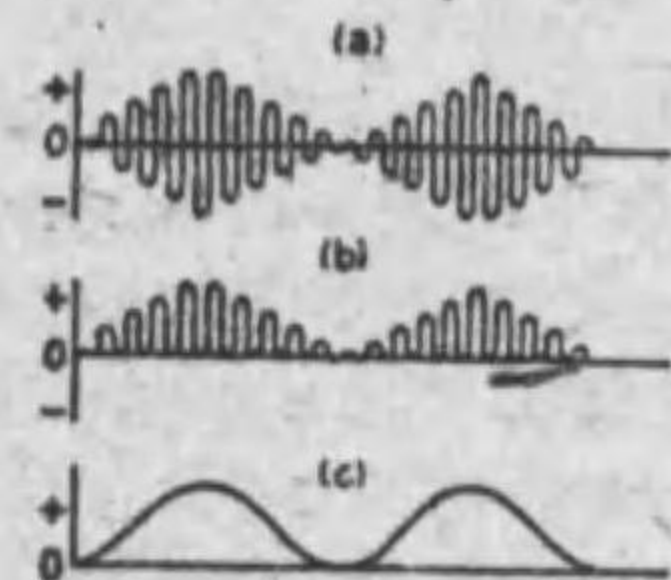


第 21 圖 鑛石檢波器

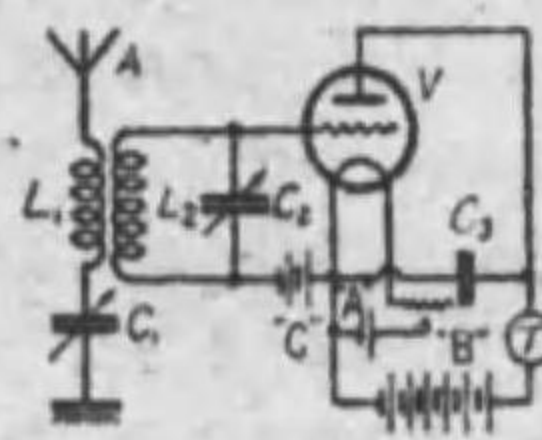
調させるとき、所要の信號を最も強く受信し得る。この振動勢力は L_1 を經て L_2, C_2 の閉回路に送り、並列同調に依て一層選擇度を良くする傍ら C_2 の端子電壓を高める。 C_2 の端子電壓が第 22 圖 (a) の如き變調振動であれば (b) の如き脈動電流が鑛石を經て流れ、その高周波分は C_3 を又低周波分は (c) の如き波形となつて受話器 T に分流しこれを動作せしめる。鑛石檢波器は廉價で取扱も簡易だが、感度はあまり良くない。

b. 真空管檢波器 真空管檢波器は感度良く動作も安定な特長がある。檢波理論は 4 編 2 章 5 に記述された通りで、プレート檢波法、グリッド檢波法がある。

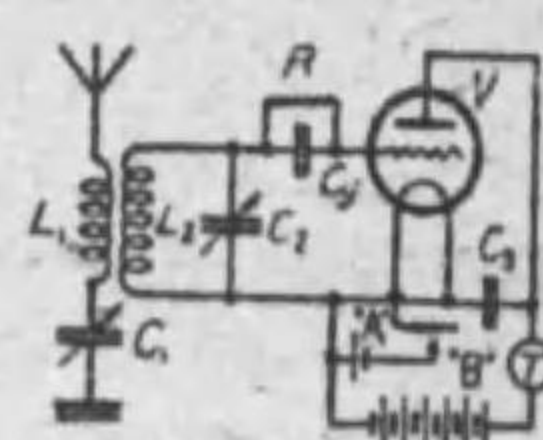
プレート檢波法は第 23 圖に示す如く並列同調回路のフィラメント導線へ直列に偏倚電池 C を挿入し、真空管 V のグリッドに負の定電位を與へて動作基點をプレート電流曲線の下部彎曲部におく。この檢波法は鑛石檢波器と同様に入力振動を整流するものだから、歪を起すこと少く且動作安定のため高級受信機には専らこの方法が採用される。



第 22 圖 檢波作用



第 23 圖 プレート檢波器

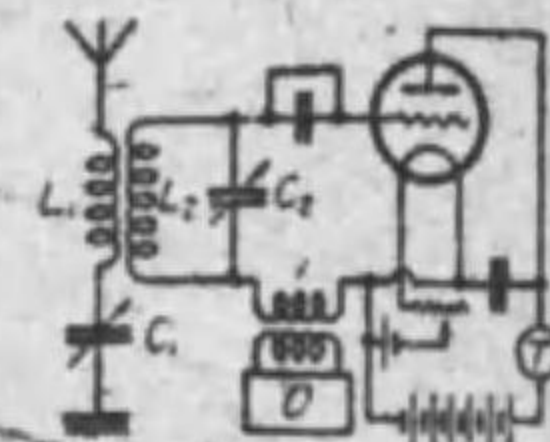


第 24 圖 グリッド檢波器

グリッド檢波法は第 24 圖の如く並列同調回路のグリッド導線へ直列に小容量のグリッド蓄電器 C_3 と高抵抗のグリッド・リーク R を挿入し、フィラメント導線は通常 A 電池の陽極側へ接続する。この檢波法はグリッド回路の整流作用を利用するものだから、真空管の動作基點をグリッド電流曲線の最大彎曲部におく。 C_3 は $200 \sim 300 \mu\text{F}$ 、 R は $1 \sim 5 \text{ M}\Omega$ を使用する。 R の値が高いときは微弱信號の受信感度が良いけれども強い信號が到来したとき檢波作用を失ふ處がある。一般に R は抵抗が變化し易くその爲に雜音を發生することが少くないから選擇には充分の注意を拂はねばならぬ。

上述の檢波法に於てはプレート電流がグリッド電壓のほゞ自乗に比例して變化するから、高調波を含む變調振動を檢波するときは振幅の大なる部分と小なる部分の檢波出力が非直線的となり歪を起し易い。故に入力振動を豫め充分の強さに増幅した後プレート檢波を行へば歪を少くすることが出来る。これをパワー檢波法と云ふ。この場合にはプレート及グリッド偏倚電壓は共に高くする必要がある。グリッド檢波法によりこれと同様の效果を得るにはグリッドの振幅増大に應ずる爲 C_3 は小容量とし R は $0.25 \text{ M}\Omega$ 程度とする。

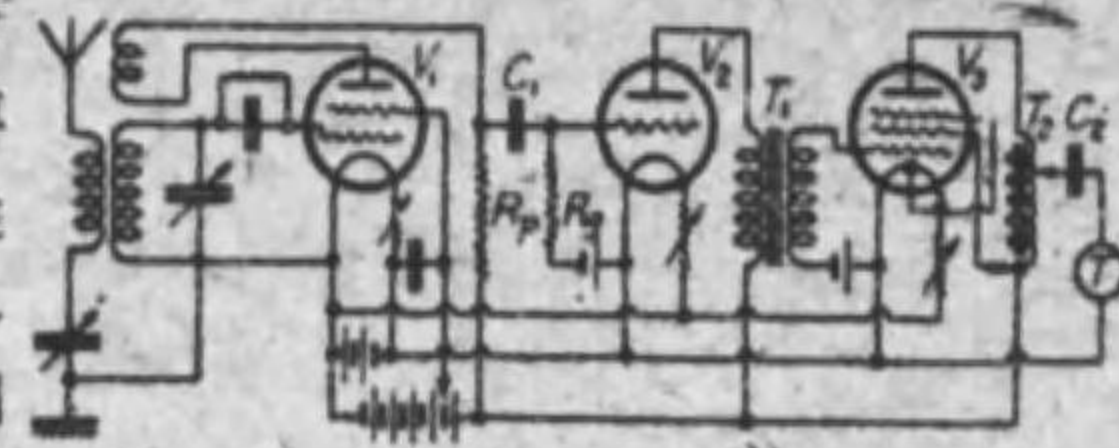
3. ヘテロダイン檢波器 電信通信に使はれる持続電波は振幅が一定であるからこれをその値檢波しても受話器にはクリックを聞くのみで符號を判別することが出来ない。故に持続電波の受信には第 25 圖の如く特に周波數器 O を設けてその出力を入力振動に重疊し低周波の電氣音をつくつた後檢波する。これをヘテロダイン檢波法又はビート受信法と呼ぶ。この場合には受信周波數を f_1 とし O の周波數を f_2 とすれば、兩者を合せるとき $f_1 \sim f_2$ に等しい周波數の唸りを形成する。依てこれを檢波すれば受話器回路には唸り周波に等しい低周波電流が流れてこれを動作せしめる。この方法では



第 25 圖 ヘテロダイン檢波器

O の周波数を加減することに依り受話音を任意の音色に調整することが出来る。

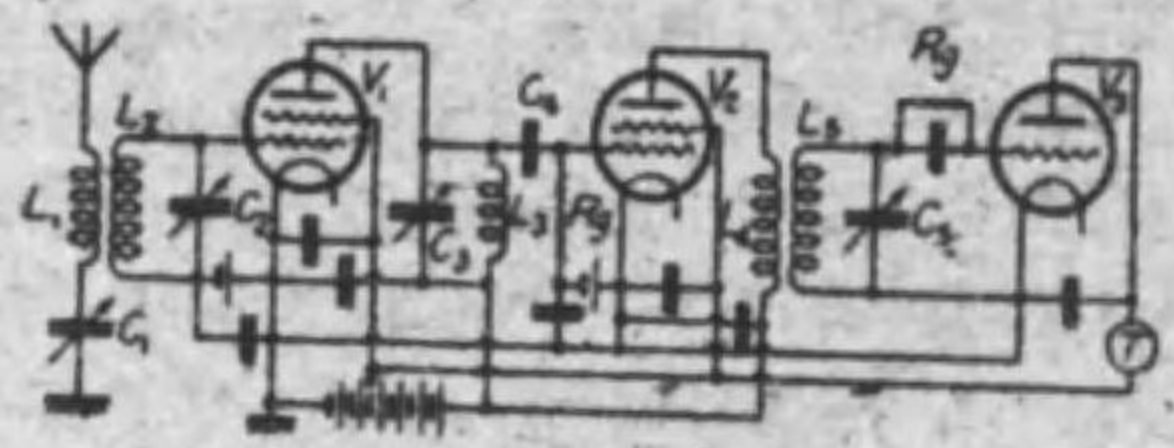
4. 低周波増幅器 低周波増幅器は検波器の出力を拡大する装置であつて、変圧器増幅、抵抗増幅、インピーダンス増幅等の方法がある。変圧器増幅は最も一般的で多量の利得を得るに適し、抵抗増幅は廣範圍の周波数帯を一樣に増幅する爲又は高抵抗の負荷を必要とする回路に用ひ、インピーダンス増幅は主として最終段出力回路に適用される。これ等の三者を併用する増幅器の一例を第 26 圖に示す。V₁ は遮蔽グリッド真空管を使用す



第 26 圖 二段低周波増幅受信機

る再生検波器であるが、その内部抵抗は三極管に比して遙に高いからこれに接続する負荷は高抵抗を必要とし、変圧器ではその要求を充し難いから抵抗結合に依るのが有利である。R_p は 0.05~0.2 MΩ, R_s は 2 MΩ 程度の無誘導抵抗、C₁ は 0.5~0.05 μF の結合用蓄電器である。R_p は高抵抗でプレートの定電流による電圧降下が多いから、V₁ のプレート電源は変圧器結合式に比し遙に高い電圧を要する。V₂ は変圧器結合の増幅器で T₁ は鐵心入の遮断變壓器である。T₁ の遮断比を高めるとき利得も増加する譯であるが、實際上餘り繰回数を増すときは線輪内の分布容量を増加して損失を招き且周波数特性も悪くなるから、通常電話用には 1:3, 電信用には 1:6 を限度としてゐる。V₁, V₂ は次階真空管のグリッドに高電圧を與へることを目的とするが、V₁ は五極真空管を使用する最終段電力増幅器で、この場合には V₁ から高電器側を見え出力回路の等価抵抗を V₂ の optimum の Load resistance に等しからしめるとき最大の出力が得られる。故に高電器 T が低インピーダンスの場合には単極變壓器、T₁ は遮断比を選ばねばならぬ。C₂ は約 2 μF の結合用蓄電器である。

5. 高周波増幅器 受信信號が極めて弱いときは空中線出力を直に検波するよりも、先づ高周波増幅器に依り増幅し然る後に検波するのが理論的にも、實際にも有効である。然し受信信號が充分の強さにあるときは、通常二段以上の高周波増幅をしても効果少く、かかる場合には低周波増幅に依り音量の増幅を計るがよい。高周波増幅は低周波増幅に比して回路の誘導容量、真空管内部電極間の静電容量等による影響及回路間の電磁的干渉による反作用等が極めて顯著なるのみならず、振動回路の有効抵抗が高い等の爲に製作及設計上幾多の困難を伴ひ、利得は低周波増幅に比して劣るのを免れないが、遠距離受信には必要缺くべからざるものである。増幅方式には低周波増幅と同様變壓器増幅、インピーダンス増幅等があり、抵抗増幅は選擇性不良の爲餘り使用されない。三極管を高周波増幅に使用するときにはプレート、グリッド間容量

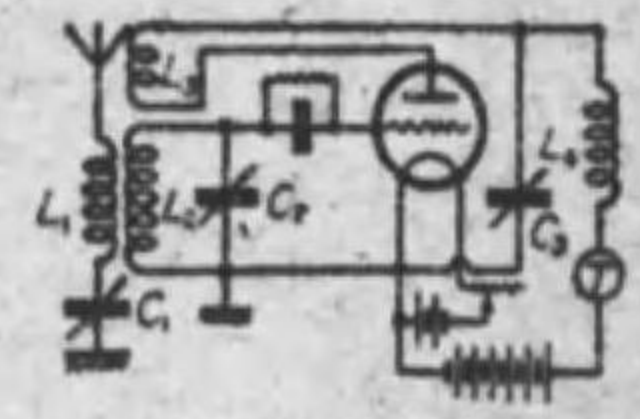


第 27 圖 二段高周波増幅受信機

による反作用を防ぐ爲中和用平衡装置を必要とする煩雜さがあり充分の利得を得難いから、遮蔽グリッド管を採用するのが有利である。第 27 圖は遮蔽グリッド管を使用する二段高周波増幅受信機の接続を示し、V₁ は同調インピーダンス結合式、V₂ は變壓器結合式増幅器、V₃ は検波器である。圖中 L₁C₁, L₂C₂, L₃C₃ なる閉回路は孰れも受信周波数に同調せしめ、C₁ は 0.002~0.0001 μF, R_p は 1~2 MΩ を使用する。變壓器増幅には圖示の外一次側に同調蓄電器

を挿入して二次側を aperiodic に保つ方法と一次二次兩回路共同調する方法とがあり、前者は主として長波の増幅用に又後者は帯域濾波式増幅用に使はれる。高周波増幅器に於ては振動回路を出来る限り簡單化し配線は極力短通路を選ぶ必要がある。圖に示す分岐蓄電器は振動電流に對して短通路を與へる目的に挿入し、通常 0.002 μF を使用する。尙 L₂, L₃, L₄ 等が互に電磁結合をなすときは、増幅器内で局部振動を發生し易く動作の安定を損ふ處があるから、これ等は互に直角磁界を形成する位置に配置し、特に短波の多段増幅に於ては各段の振動回路を獨立に遮蔽箱内へ収めることが望ましい。尙遮蔽グリッド管は最大の效力を發揮せしめる爲獨立の遮蔽筒内へ入れるのがよい。遮蔽用には電氣抵抗の少い金屬板を使用する。

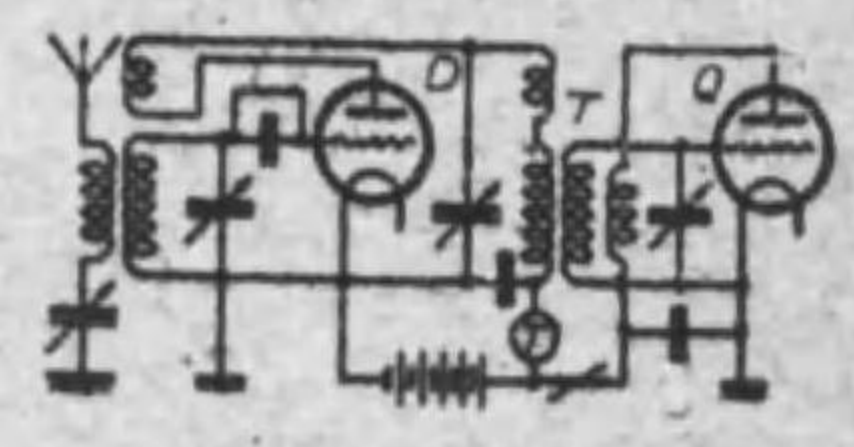
6. 再生受信機 これはグリッド檢波法に高周波増幅効果を加味させるもので、感度鋭敏、取扱簡易の特長があり第 28 圖の如く接続する。高周波増幅効果を得る爲プレート回路にチックラー線輪 L₁ を設けこれをグリッド線輪 L₂ に結合する。結合の極性が適當であれば L₁ を流れる高周波分が饋還作用によつて L₂C₂ 回路の振動電圧を一層増付け同回路の有効抵抗を低めるから、これに依り再生効果が得られる。再生度の調整は L₁ を動かして L₂ との結合度を加減するか或は L₂, L₃ を固定結合とし C₂ を加減して行ふ。一般に前者は長波の受信、後者は短波の受信に有効である。L₁ は高周波遮断線輪で短波受信には特に必要があり、分布容量少くインダクタンスの相當多い空心線輪を使ふ。



第 28 圖 再生受信機

本受信法に於て L₁, L₂ 間の有効結合度を零から順次密にするとときは L₂, C₂ の同調周波数附近で局部振動を起し、變調電波の受信を不能ならしめる。この場合局部振動の周波数を受信周波数に對して幾分偏せておけば、ヘテロダイン効果を生じ持續電波の受信を行ふことが出来る。これをオートダイン受信法と云ふ。従て再生受信機はグリッド、プレート間の結合度を調整して變調又は持續電波の何れをも任意に受信し得る。

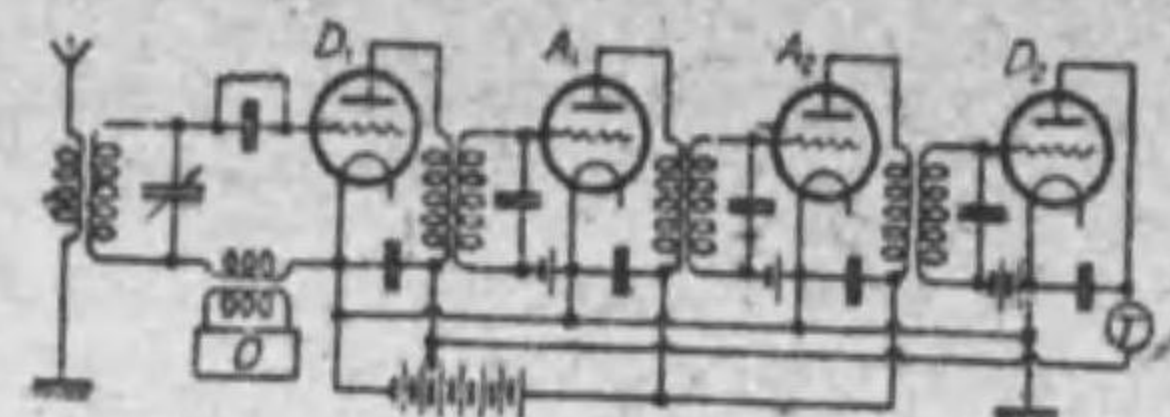
7. 超再生受信機 再生受信機はグリッド、プレート間の結合度を相當密にし將に局部振動を發生せんとする點に至り受信感度が最大となるが、かかる調整點は檢波動作が不安定であり且受信機の選擇性は鋭敏に過ぎて電話受信の場合音聲の歪を大ならしめる。この缺點を除く爲第 29 圖の如く再生檢波器 D のプレート回路へ超可聴周波發振器 Q の出力を供給して D の自由振振を制御する受信法があり、これを超再生受信法と云ふ。この場合には D のプレート電圧が Q の振動に應じて高低を生じ、高電壓の間には D が自由振動點に達して最高感度を與へるが、次の低電壓の半周期には自由振動を停止する。Q の振動が 20 kc 以上ならばこの變化は聴取者に對して何等の妨害を與へない。Q の周波数が低ければ感度はよくなるが雑音を増し、反對にその周波数が高ければ雑音が輕微となるけれども感度を低下する。この受信法は超短波の受信に極めて有効である。尙 Q は Quenching 發振器と呼ばれてゐる。



第 29 圖 超再生受信機

8. 超ヘテロダイン受信機 短波の高周波増幅は真空管の内部静電容量、回路の誘導容量等に支配されるから長波の増幅に比すれば著しく利得が低下する。依り短波の受信に際しては入力振動をヘテロダイン法により長波に變換した後高周波増幅を行ふ方法があり、

これを超ヘテロダイナ受信法と云ふ。第 30 圖はその原理的接続を示し、 D_1, D_2 は夫々第一及第二検波器、 O は局部発振器、 A_1, A_2 は中間周波増幅器である。この受信法に於ては入力振動 f_1 に O の局部振動 f_2 を加へ D_1 で検波すれば f_1 と

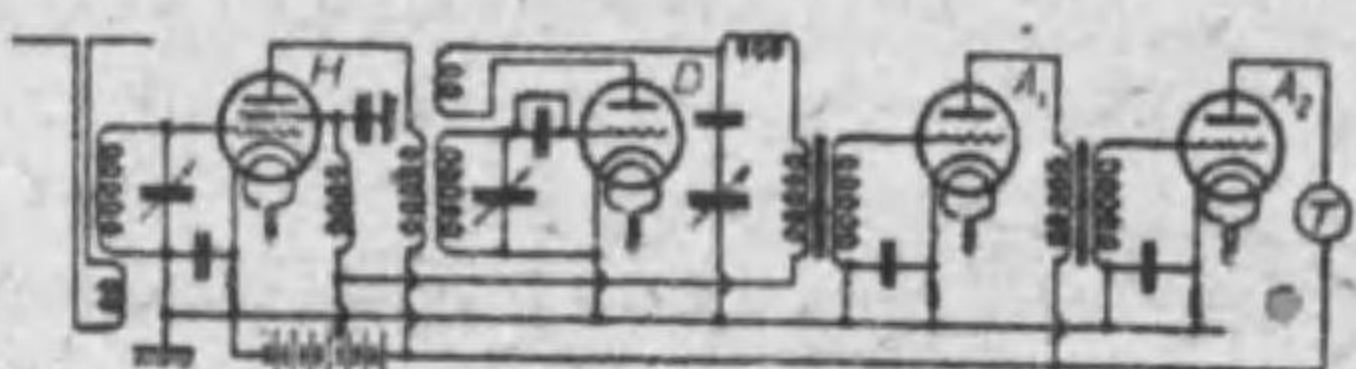


第 30 圖 超ヘテロダイナ受信機

f_2 との差に等しい聴り周波数が得られ、これを中間周波増幅器の動作周波数 f とする。 f は 20~200 ke の範囲で選定するが低い周波数は利得を増すに反して雑音率を高め、高い周波数は感度を低下するが雑音は減する。一般に以前は放送電話受信には低い周波数、短波受信には高い周波数を用ひたが今は何れにも高い周波数を用ひる。何れにしても A_1, A_2 は入力振動より遙に低い特定周波数の増幅器であるから、入力振動をその位増幅する場合に比して一層大なる利得を得るに適し且受信機の調整も簡易化し得る特長がある。

9. 長波受信機 長波の受信装置は選択性が鋭敏であること及空電妨害を極小に保つことを主要条件とし、高速度受信には 2~5 段高周波増幅器、ヘテロダイナ検波器、2~5 段低周波増幅器及整流器等を用ひ、整流器の直流出力を現波機に送つて印字受信を行ふのが普通である。長波受信には空電が最も大なる妨害を興へるから除去策としてはビバレージ・アンテナ、棒型空中線等の指向特性の鋭敏な空中線を用ひ、雑音及混信の除去には分岐トラップ、帯域濾波器等が使はれる。中波受信は長波と略同様の方式によるが、500 ke 以上の高級受信には超ヘテロダイナ式がよい。

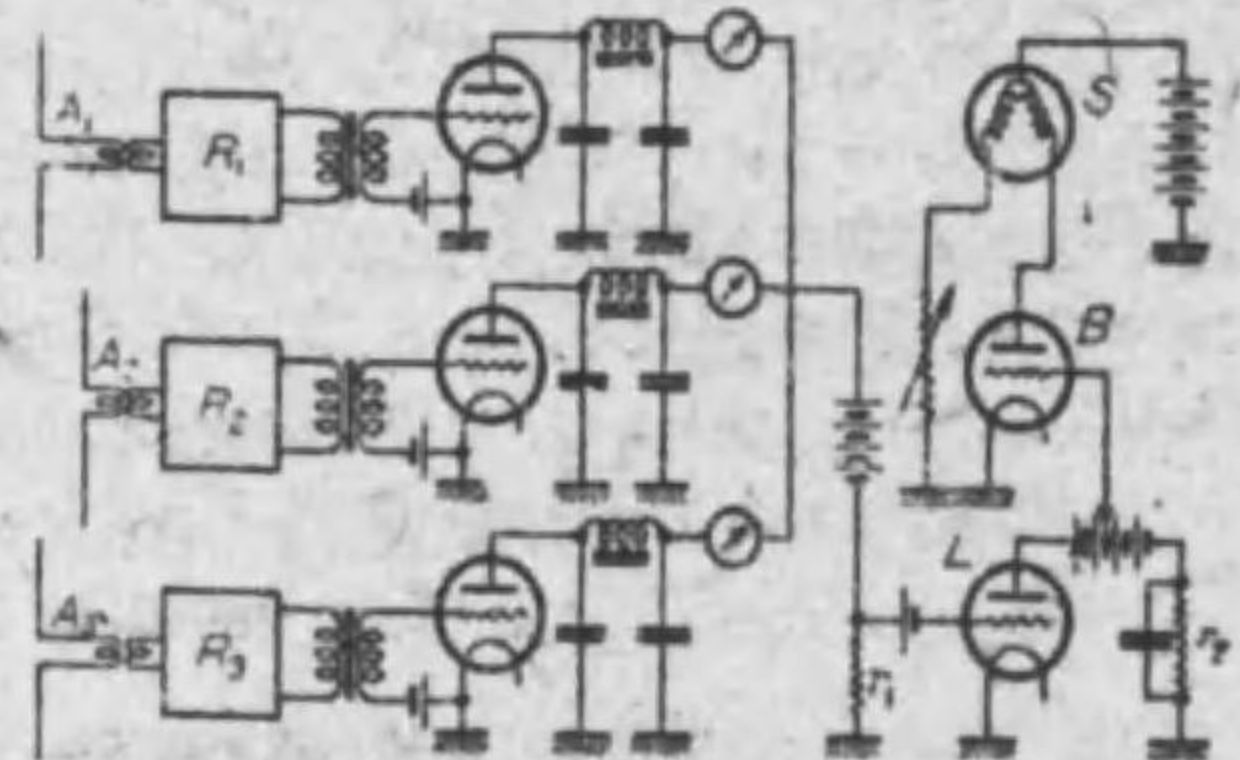
10. 短波受信機 音響受信を目的とするものは第 31 圖の如く高周波増幅器 H 、オートダイナ検波器 D 及低周波増幅器 A_1, A_2 より成る四球式受信機が使はれる。短波受信に高周波増幅を省略



第 31 圖 簡単な短波受信機

し空中線を直接検波器へ接続するときは、著しく受信の安定度を欠き空中線が風等の爲動揺する場合には大なる雑音を発生する。受信の安定を期するには部分品が動揺せぬやう取付け、振動回路は短通路の配線とし電源導線には分岐蓄電器及高周波塞流線輪を挿入し且セット全體を金属製箱内に収めて電氣的遮蔽を施すのがよい。

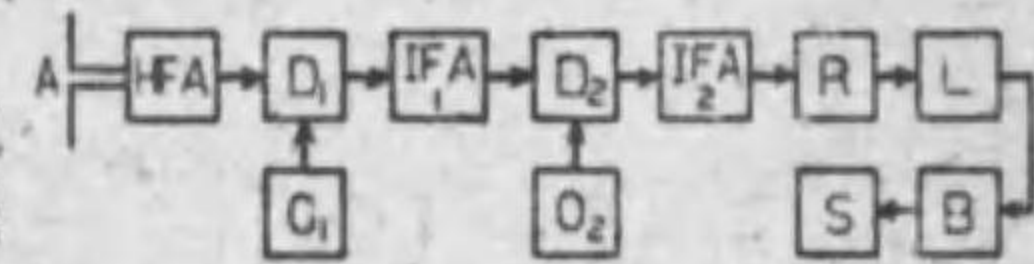
高速度の商用受信機にはフェーディングの防止策を講ずる必要があり、その代表的受信法には Space diversity と Frequency diversity とがある。第 32 圖は前者の原理を示すもので、受信電波長の 15 倍以上の距離に架渉された 3 箇の指向性空中線を夫々獨立の受信機へ接続し、各受信機の出力を整流平滑した後結合し抵抗 r_1 を介してリミッター L を動作せしめる。かくするときは 3 箇の空中線の内何れか 1 又は 2 箇が減衰しても残りの 2 又は 1 箇が減衰せず従



第 32 圖 高級短波受信機 (Space diversity)

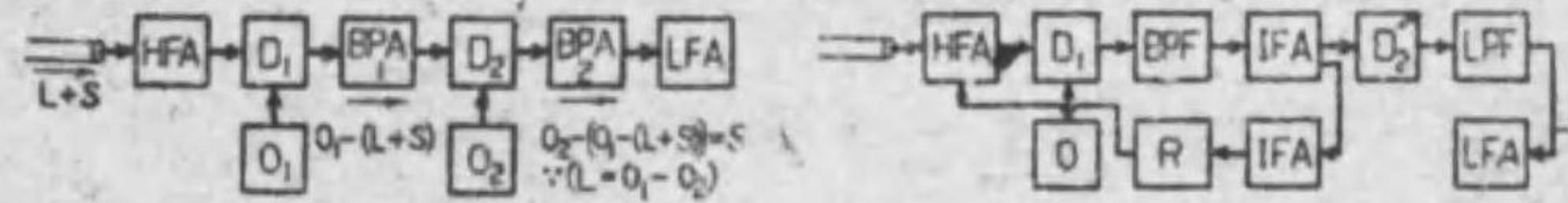
て三者の合成値は雑音率以下となることが少いから印字受信に必要な感度が得られる。 L は信號到来せぬとき一定のプレート電流を流通するが r_1 端子に必要以上の強い電圧降下を生じたときプレート電流を零又は極小となし、従て次階の直流増幅管 B の出力を一定に保つて現波機 S には安定な信號電流の供給を爲すのである。この受信法は純粋な持続電波の受信に推奨されてゐるが、他の電波を受信するのにも勿論よい。

變調電波は搬送波の外に上下兩側帯波を持つから占有周波数帯が廣く従てフェーディングの影響も少い。これを Frequency diversity と呼んでゐる。然しこれは占有周波数帯が廣いから受信には帯域濾波式増幅器を必要とし、大略第 33 圖に示す二重超ヘテロダイナ式が用ひられる。空中線は利得が大きく指向特性の鋭敏なものを使用し、第一中間周波増幅器は 5 ke、第二中間周波増幅器は 3 ke の濾波帯域を持ち且前者は 200 ke、後者は 60 ke 附近を中間周波数として選定するのが普通である。



第 33 圖 高級短波受信機 (Frequency diversity)

11. 電話受信機 商用電話を目的とする受信機は有線系への接続を容易ならしめる爲特に雑音及感度の變化少く且明瞭な受話音の得られるものでなければならぬ。長波の電話連絡には單側帯波通話法が適用され、受信装置としては第 34 圖に略示する二重整調法が有効である。圖に於て L は除去された搬送周波数、 S は音響周波数である。



第 34 圖 單側帯波電話受信機

第 35 圖 短波電話受信機

短波の商用電話受信機は第 35 圖に略示する如き超ヘテロダイナ式を用ひ、高周波増幅 2~4 段、中間周波増幅 5~7 段、低周波増幅 1~2 段より成り全利得は 100 db 以上を必要とする。周波数特性は 250~2750 の音響周波数に對し均一の利得を持たせる爲、中間周波増幅器は中心を 150 ke 附近にとり、上下各約 3 ke の範囲を一様に増幅し得るやう製作する。フェーディングの影響を緩和する爲中間周波増幅器の出力を整流し、搬送波分力によつて生ずる直流電圧降下を高周波増幅器のグリッド・バイアスに重畳供給して自動的に利得制御を行ふ方法がある。これによれば入力信號が強まつたとき高周波増幅器のグリッドに大なる負電位を興へて増幅度を低下せしめ、逆に入力信號が弱くなつたときはグリッドの負電位を取除いて増幅度を高めるのである。この種の自動利得制御法は放送電取用の高級受信機及中繼放送用受信機等にも適用される。短波及中波の電話受信はフェーディング(本編 7 章 8 参照)の爲受話音に變化を伴ふのみならず、選擇性フェーディングの顯著なときは大なる歪を生ずる。尙フェーディングの深いときは終段の増幅管が過負荷の爲高調波歪を呈することがある。これ等の對策としては利得の大きい指向性受信空中線を使用するのが最も有効であつて、時には電信受信の場合と同様に Space diversity 受信を行ふこともある。

12. 受信に必要な電界強度 受信に必要な電界強度は受信機の種類、受信周波数、空電及雑音妨害の程度等によつて異なるから、總括的に確然たる區別を興へ難いが大略第 6 表の如きを最小限度とすべきであらう。但 0 db は 1 μ V/m に相當する。

13. 受信機の種類(3) \ 選擇度は受信強度と妨害強度との比を表すもので、大略 25 db あれば混信を認めるが通信には大なる支障を與へない。この値は業務の種類により異なるが 40 db あれば先づ充分であり、60 db 以上となれば殆ど混信の存在を認められぬ。40 db 以上の感度の差を與へる周波数の偏差は、受信機の種類、受信周波数等により一定ではないが、大略の値は長波電信受信機に於て 1.5%、短波電信受信機は 0.25%、同電話受信機は 1.5%、放送聴取用の高級受信機は 3% である。但低級な聴取用受信機は 30% 程度の桁外れの値を持つものが少なくない。この偏差は技術の進歩に應じて益々狭められるであらう。

第 6 表 受信に必要な電界強度

種 別	電界強度 (db)
低速度電信通信	10~25
高速度電信通信	30~40
普通無線電話	25~30
商用無線電話	35~40
野 真 電 話	35~45
放送無線電話	50~60

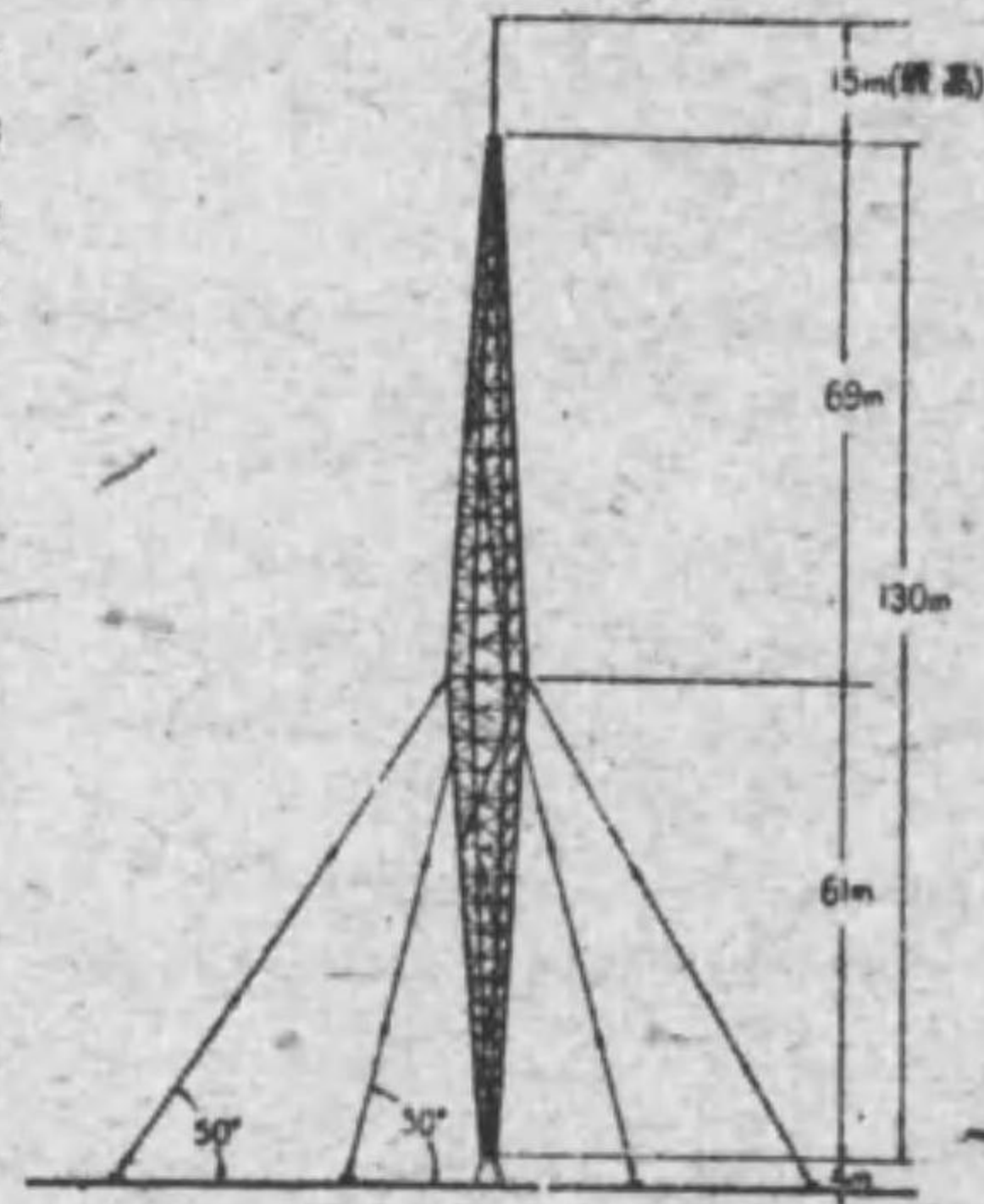
14. 現 波 機 無線用現波機は高速度受信を目的とするものであつて、普通に使はれるものは電磁石により強力な磁界を作り、その磁界内に上下又は回轉運動を爲す可動線輪を支持し、可動線輪の運動をペンに傳へて現字紙上に波形字號を記録させる構造である。本機を動作させるに必要な信號電流は直流 4~8 mA で、竊流式にすれば毎分 200 語以上の高速度受信が容易である。低周波電流を増幅整流して現波機に供給する直流信號電流を得る装置を記録用増幅器と呼んでゐる。

第 5 章 放送無線電話

1. 放送局 1933 年末の我國内地の放送局数は 25、内二重放送を爲すもの 3、放送所と演奏所と別々のもの 8、兩者一所のもの 17、中繼用受信所 3。又電力別に依ると 10kW 局 10、3kW 局 1、1kW 局 1、0.5kW 局 12、0.3kW 局 4 である。

2. 放送所 或る單一の都市及其の周囲の近接町村を目的とする小電力放送所と多數の隔離した都市並にそれ等の間に廣く散在してゐる町村を目的とする大電力放送所との 2 種がある。前の場合には位置を目的の都市の内に定め演奏所も一所にする。後の場合には種々の理由から市外に設ける。然しこの場合にも演奏所だけはやはり市内で而も交通の便利な場所に設け兩所間は連絡線で接続する。

最近に至り放送用空中線中空間波を減じ地表波を増す所謂 Anti-fading antenna 及必要の方向にのみ電波を強勢に出す指向性空中線の研究が盛となり既に數種の型が實用されるに至つた。前者の中には複雑なものもあるが第 36 圖の鐵塔兼用の空中線も

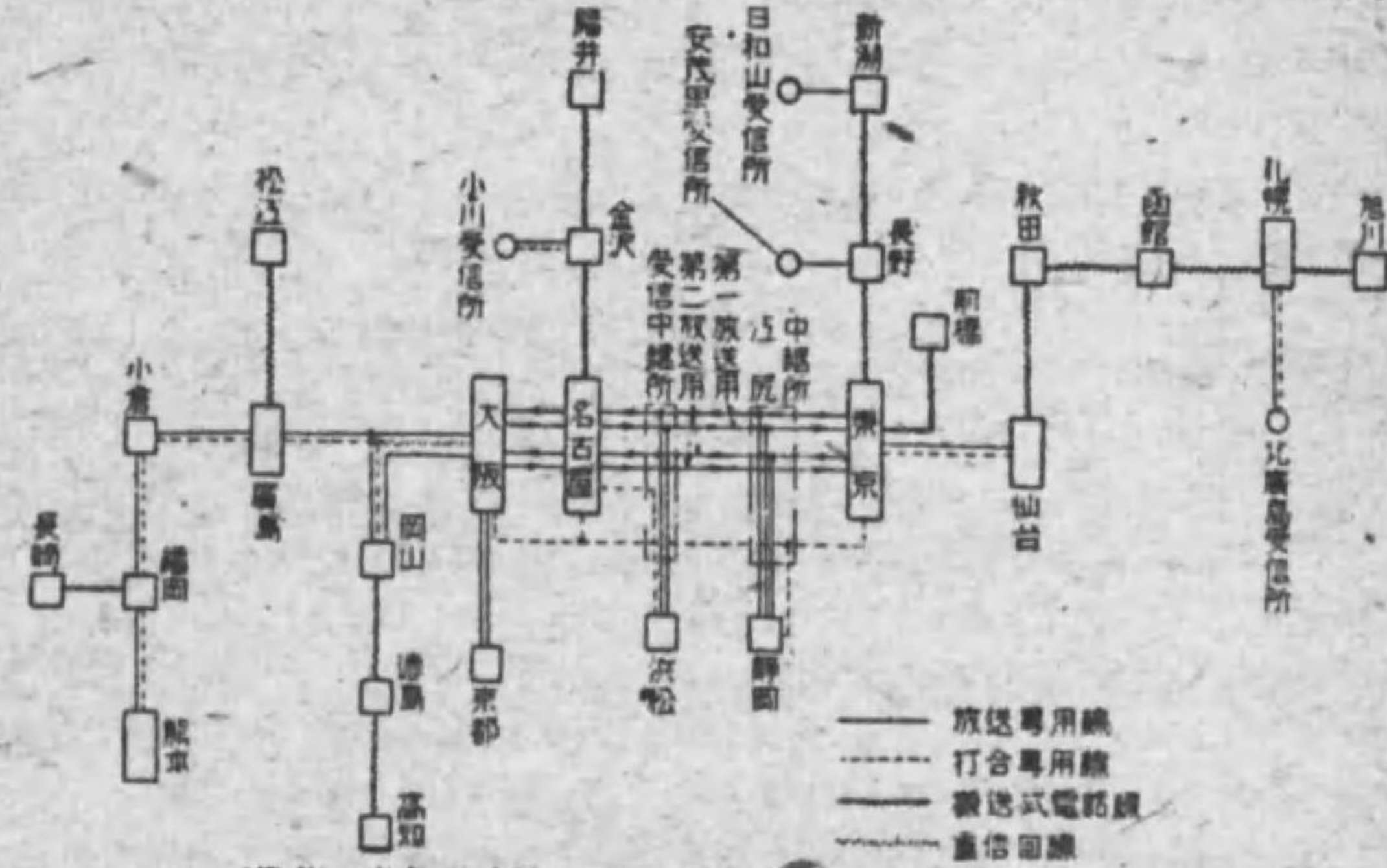


第 36 圖 鐵塔兼用の空中線

亦この種類に屬するものである。故にこの空中線 2 基を四分の一波長の距離に樹て一を輻射用他を反射用とすれば Anti-fading antenna と指向性空中線とを同時に使用した事になる。(空中線、放送機に就ては本編 3 章 4 及 6 章 9 参照)

3. 中繼受信所 本來は中繼線代用として用ひるものであるが有線中繼網が完成した今では孰れもみな線路障害の際の豫備として用ひてゐる。

4. 連絡線及中繼線 演奏所と放送所とを接ぐ線を連絡線と云ひ、放送局相互間を接ぐ線を中繼線と稱してゐる。前者には裝荷地下ケーブルを、又後者には無裝荷架空線、裝荷架空及地下ケーブル、及市外電話線に依る搬送波等を用ひる。第 37 圖はこれを示す。



(備考) 東京、名古屋、大阪間放送専用線は特に四線式回線を使用のため傳送方面に依り使用回線の制限がある。

第 37 圖 放送局相互間中繼系統圖 (昭和 8 年末現在)

5. 演奏所 東京、大阪、名古屋、仙臺、札幌、廣島、熊本、金澤の各局は單獨の演奏所をもつてゐるが、その他は孰れも放送所と同一建物内にある。

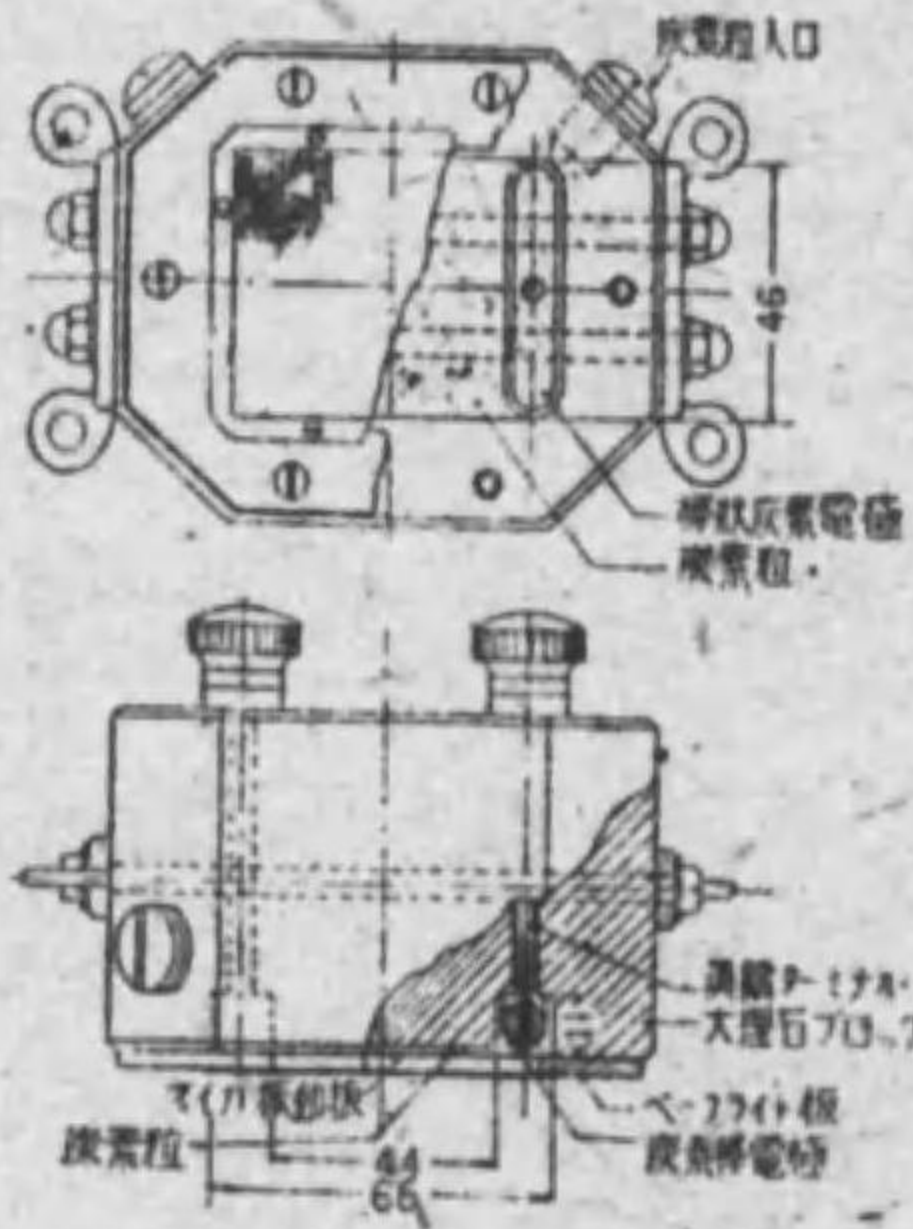
6. 演奏室 演奏室の音響關係に就ては以下順次記載する 5 點を考へねばならぬ。

- a. 大 小 曲目の種類と規模とから決定すべきもので實驗的には概略的關係がある。
- b. 形 式 建築學的に必要な事項であつてこれを決定する曲線がある。
- c. 殘響時間 演奏室の如き比較的 dead な室の殘響の計算には Live room の殘響公式から導き出された C. F. Eyring の計算式を用ひるが、又曲目の種類、出演者數、室の大きさ等から定まる最適殘響時間の曲線をも用ひる。放送演奏室を普通の Auditorium に比し dead にするのは音を pick up する送話器自身に附加殘響があるからである。
- d. 吸音材料の配置及排列 從來の壁面、天井に一律に排列する方法は吸音率が周波數に依り相違する所から最近では室に live な部分と dead な部分とを設け、送話器を dead の部分に置くやり方が次第に採用されるやうになつて來た。
- e. 送話器の取現に関する技術 この問題はその重要さに於て上記の音響問題と同程度と考ふべきものである。一例を挙げれば Hall に於ける聴取上の最良點は送話器の位置

としても亦最良の點である。このことは送話器と音源との距離を考慮すべきを語つてゐる。

7. 演奏所の諸装置 音響を電流として放送機へ送ると同時にまた他局へも送り出し或は他局より受入れるには以下順次記載する諸装置及各部の動作状態を見る數種の計器、各装置を必要に応じて任意に切換へ組合せ等をするジャック、キー、リレーを要する。

a. 送話器の種類 (1) 炭素粒型—Double button 型, Reisz 型, (2) 蓄電器型—Wente 型, Rigger 型, (3) 電磁型—Band or Ribbon 型 可動線輪型。以上の中今我國で最も多く用ひられてゐるのは Reisz 型で第 38 圖はその構造を示すものである。この送話器は Carbon hissing といふ避け得られない短所はあるが、構造が至つて簡單といふ有力の長所がある。



(1) Reisz の構造 第 38 圖に就て述べる。振動板厚さ 0.03 mm の薄いマイカ、その大き 46 mm×66 mm、この振動板の背面に厚さ 1.5 mm に炭素粒を充填する。炭素粒の大きさと量は一定でなく 80 μ のもの 30%、46~62 μ の混合粒子 40%、46 μ 以下の極微粒子 30% である。

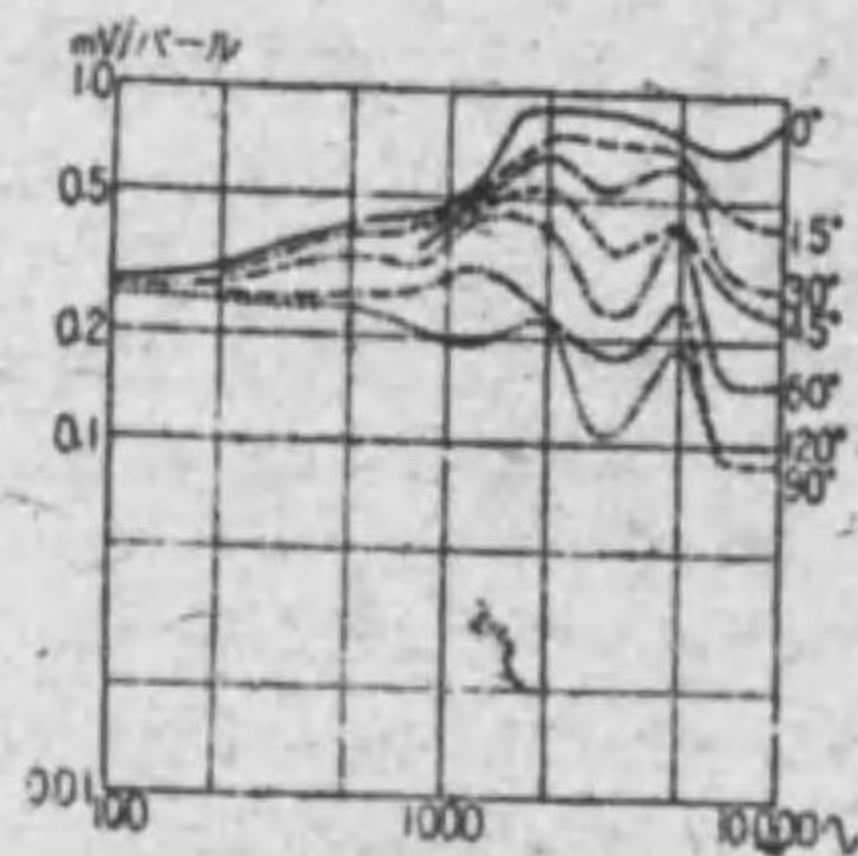
(2) Reisz の周波数特性 Rayleigh 盤を用ひて測定する。特性は高周波となるに従つて上昇する。これは音響の無限大の平面に及ぼす圧力は點に働く圧力の 2 倍となるからである。故に炭素粒の大き、動作面の形状等の關係から切斷されると看做される周波数の前まで周波数につれ上昇を続けるのである。

(3) Reisz の出力 第 38 圖のものでは 7 mW を 0 db とすれば -65~-70 db。

(4) Reisz のインピーダンス 第 38 圖のものでは 1000 Ω に於けるインピーダンスは約 580 Ω で、純抵抗と見て差支ない。

(5) Reisz の最小感度 Threshold を決定するものは Carbon hissing と Amplifier noise との關係如何であるが前者は後者に比し遙に大きい爲、普通の場合には後者は無視して差支ない。男聲試験に依る最小感度は耳の最小感度より 8 db 支け悪い。

(6) Reisz の方向性 第 39 圖は第 38 圖の送話器の方向性と周波数との關係を示したもので、この曲線から各周波数に対する極座曲線を畫くことが出来る。



b. Magneto 及 Band 送話器 前者は強い磁界内に細いアルミニウム線で螺旋に捲かれた扁平な軽いコイルが置れたものであつてコイル自身が振動體となりこれに音響電圧が誘發されるのである。後者も亦前者同様誘發作用に依るものであるが振動體は 1 本の Band であり、その構造の要點をゲーメンス・ハルスケのものに就て述べると、Band は幅 1.5 mm、長さ 55 mm の薄い輕金屬に細い波形の裝を付けこれを強い磁界内に約 70 mg の張力で引張つたものである。

c. 蓄電器型送話器 1 枚の振動板とこれに對向する固定板とから成る一種の蓄電器である。缺點は絶縁低下に依る雑音の發生と導線の静電容量の影響とであるが、前者は兩極板間に特殊ガスを封入し又は極板を金鍍金して酸化を防ぎ、又後者は増幅器を送話器と一軸に組込む等種々改良が加へられ著しく實用的となつた爲廣く使用されるやうになつて來た。長所は周波数特性が良く且 Ground noise がない點である。RCA のものに就て各部の要點を示すと、振動板は厚さ 0.028 mm のチユラルミン板を真鍮製の背板と 0.051 mm の間隙で組合せたものである。今その間に 180 V の局部電壓を加へて置きこれに 10 dynes/cm² の音壓を加へると、1000 ν で約 5 mV をその開路電壓として得る。これを Power level に換算すると -96 db となる。

d. A 増幅器 送話器出力の不足を補ひ又はその周波数特性の補正を目的とするものであつて、設計には獨りこの増幅器に限られたことでないが入力側及出力側インピーダンス、利得、最大出力、出力調整の範圍とその位置、漏話、噪音、周波数特性、インピーダンス特性等を適當に定める必要がある。

e. B 増幅器 A の出力を放送機動作に適する Level 迄高める爲に使用する。

f. C 増幅器 A の出力を他局へ送り出すとき又は他局より來る弱い電力を増幅するとき用ひる所謂線路増幅器である。又この増幅器は演奏所より離隔された放送所でもその受入れ用として使用する。

g. 音響指示器 真空管使用の波高電圧計で必要部分の Power level 測定用である。

h. 留守用受信機 電信に依る遠距離通信及官設局よりする特急命令の聴取機である。

i. 試験装置 B 又は C 増幅器若しくは放送機附屬の檢波装置 (放送機 演奏所にある場合) の出力を増幅して各部分の音響歪の有無を調べるものである。

1. 高聲器用増幅器 所内各室にある高聲器を動作させる爲に備へるものである。

8. スタヂオ外中繼 普通は送話器と A 増幅器を適當の場所へ移動して行ふもので、野球中繼等がこの部類に屬する。而して A の出力は電話線で演奏所へ送る。然し飛行機、船舶、自動車等の移動物體又は富士山の上等の如く電話線の利用出來ぬ場合には無線の送信機を使ふ。この送信機の電力は 6~8 m の超短波のときは數ワット、20~70 m 位の短波のときには數十ワット、200 m 附近の中波のときには百ワット内外を用ひる。受信は間近の演奏所又は電話線の連絡のある臨時受信所で行ふ。

9. 全國中繼 第 37 圖の連絡線及中繼線網を利用して行ふ。

10. 外國中繼 外國へ又は外國よりの中繼は前は逓信省の送、受信所を経てやつたのであるが、今では國際電話の短波設備を使ふ。東京より全國中繼すると共に歐米へも送らうとする場合は愛宕山から全國へ送ると同時に名崎送信所へも送り、こゝから短波で桑港近くの RCA の Point Reyes 受信所へ行き米國の陸線放送網に依て紐育に至り、再び短波で太平洋を超えて歐洲の適當の局へ行く。この場合歐洲では直接名崎を受けてもよさうなものだが電波傳播の關係上さうはいかぬのが普通である。外國からは小笠原島から愛宕山へ来てこゝから日本全國へ送られる。

11. 多元放送 同一曲目を遠く離れてゐる人々で演出するのを云ひ、而して 2 箇所のときを二元、3 箇所のときを三元といふのである。方法は One-way の Tone channel を幾組も使ふまでである。又出演者は受話器で、見えない對手を聞きながら喋るのである。

12. 擬音 放送に於ける擬音の役目は演出を立體的ならしめる効果にある。而してその種類の選擇と使用の方法には深い研究を必要とする。擬音用具には演奏室に持込み得るものと、得ないものがある。又等しく擬音とはいつてゐるが實物の場合もある。第一の擬音は芝居用擬音具に類似の擬音器具、第二の擬音は蓄音器その他、第三の擬音は鳥その他の動物、時としては赤子等に依ることもある。

13. 放送聴取用受信機 (受信機の一般に就ては本編 4 章参照)

a. 感度 受信機の種類とその感度との一例は第 7 表の通りであるが、現在では真空管工業もこの表の調製當時よりは著しく發達し、またエリミネーターが盛になつて來た爲、高聲器も大電力でなければ働かぬものが多くなつた。故に同じ球數、同じ方式のものでも感度は著しく増加するに至つた。

第 7 表 受信機の感度

	實測値 (mV)			理論に依る推定値 (mV)	
	平均	最大	最小		
二球		36	18	55	44
		8.3	4.2	22	2.1
		6.8	4.0	11	0.54
三球		14	4.9	26	5.8
		2.1	1.4	33	0.63
		3.7	0.27	6.5	0.11
		3.4	1.9	5.0	2.4
		2.4	0.33	3.6	0.16
四球		0.46	0.17	1.2	0.44
		0.94	0.21	1.1	0.11
五球		0.96	0.19	1.5	0.029
		0.21	0.11	0.81	0.0074
六球		0.50			
		0.11	0.068	0.21	
七球		0.035			

(備考) 本表は通信省電気試験所で調査したもので、負荷インピーダンス 10000 Ω、出力 30 mW の状態に必要な各種受信機の入力電圧を示したものである。

Ⓐ=高周波増幅 Ⓐ=低周波増幅 Ⓜ=リテックス Ⓜ=磁石検波
 Ⓜ=真空管検波 Ⓜ=再生 Ⓜ=發振球 Ⓜ=中間周波増幅

b. 音質 音質の良否を決するものは忠實率曲線であるが一般に非常に不良なものである。忠實率曲線は受信機自身の電氣的忠實率だけでは意味がないから、高聲器と結び

付けた所謂電氣音響的忠實率曲線に依るべきである。この測定には Rayleigh 盤を用ひる。

c. 選擇性 混信の程度を決定するものであるが大體に於て真空管式ならば同調點より數キロサイクル離れると感度は二分の一以下になると見て差支ない。

14. 受話器 耐久磁石の材料はコバルト鋼、タンダステン鋼等の良質のもの、線輪は 0.1 mm 位の細いエナメル銅線を 7500 から 15000 回位も捲いたもの、直流抵抗は 1000~2000 Ω、インピーダンスは 1000 Ω で 10000~30000 Ω、振動板はワニスで鋪した直径 5 cm、厚さ 0.2 mm 位のスタロイ板、間隙は 1 mm 内外である。

15. 高聲器の種類 電磁型、静電型の 2 種がある。ホーン、コーン等は前者に屬する。

a. ホーン型 今では古い型である。簡單のもの構造は受話器のユニットにラッパを取付けただけである爲、直流及交流抵抗共に受話器と同様であるが、振動板は少し大きく直径 8~9 cm、厚さ 0.3~0.5 mm のものが多い。ラッパの大きさ、形状、音道の長さ等に就ては設計上色々条件がある。

b. コーン型 Magnetic と Dynamic との 2 種に分類される。兩者の相違は一は可動部分に就て云へば線片他は線輪、又磁界に就て云へば一は耐久磁石に依て得他は電磁石に依て得る點である。最近耐久磁石を用ひた Dynamic 型のものが現れた。電磁石の電流は亜酸化銅整流器又は真空管整流器から得る。エリミネーター・セットに於てはこの昇磁線輪を整流電流の脈動を平滑にする整流線輪に兼用するのが普通である。

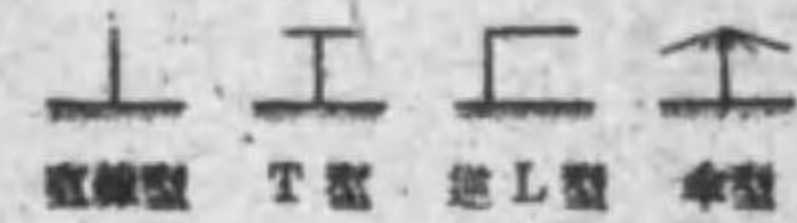
c. 蓄電器型 性質上固定、振動の兩板より成り、中には兩板の間に千數百ヴォルトといふが如き高い成極電圧を加へる等特殊の装置を必要とするものもある。周波數特性は概して良好である。

16. 聴取障害とその防止 放送の聴取に障害を與へる原因の種類は極めて多いのであるが、再生受信機、通信機械、家庭用の小電力機械器具、ネオンサイン、コンクリートミキサー等の屋外電氣機械、工場用の比較的大電力を用ひる種々の電氣機械器具、醫療用各種電氣機械器具、自動車その他の移動用機械器具、送電及配電線路並にその附屬機械器具、電車及電車線路に依るものと大別出来る。而してその防止方法は受信機の再生に依る障害を除いては主として各種の濾波器に依るのであるが、原因が雜多である爲濾波器エレメントの定數の選び方も至つて多種多様である。各國共この問題の研究の爲少からぬ努力を續けてゐる。我國でも最近相當大規模の防止研究をする委員會が設立された。

17. 受信機規格 聴取者に受信機選擇の目安を與へると同時に製作技術の向上に資する爲日本放送協會では認定制度を設けてゐる。而してその制度に使用する規格は放送協會の依頼を受けた日本ラヂオ協會で制定してゐる。この制度は 1928 年以來實施されて居り、規格の制定を見たものは受信機及その部分品十數種に及んでゐる。

第 6 章 空 中 線

1. 空中線の定義及種類 空中線とは電波を輻射し或は吸收する装置の總稱で空中に支持された導線より構成される。その用途に依り送信空中線と受信空中線とに分たれ、使用する電波長に依て長波、中波及短波空中線等に分たれる。更に各種空中線はその形状 (第 40 圖) 或は特性を表現する適當な名稱を附して呼稱される。



第 40 圖 空中線の形状

2. 空中線の實効容量、實効インダクタンス及實効抵抗 空中線を高周波電源に依て勵振する場合に空中線は蓄電器、線輪及抵抗を直列にした1箇の閉回路と等價である。この等價閉回路の容量 C_e (F), インダクタンス L_e (H) 及抵抗 R_e (Ω) を空中線の實効容量、實効インダクタンス及實効抵抗と稱する。他に容量或はインダクタンスを加へない場合に空中線が共振する最大波長を空中線の固有波長と稱し、これを λ_0 (m) とすれば、

$$\lambda_0 = 6 \times 10^8 \pi \sqrt{C_e L_e}$$

なる關係がある。 C_e , L_e 及 R_e は空中線導線上の電流及電壓分布(近似的には正弦的)に因るもので、空中線の静電容量 C , 直流インダクタンス L 及直流抵抗 R とは異なる。

第8表に空中線の各型に對する固有波長の概略値を示す。空中線を固有波長或はその高周波以外の波長に使用する場合には空中線基部にインダクタンス(延長線輪)或は容量(短縮蓄電器)を挿入し空中線回路の同調をとる。

第8表 各種空中線の固有波長と實効高

形状	固有波長 λ_0	實効高 h
直線型	$(4.1 \sim 4.2)l^{**}$	$(0.5 \sim 0.64)H$
T型*	$(4.5 \sim 5)l$	$(0.6 \sim 1.0)H$
T型†	$(5 \sim 7)l$	H
逐L型	$(5 \sim 6)l$	H
傘型	$(6 \sim 8)l$	$\frac{1}{2}H + \frac{1}{2}H^{††}$
傘型‡	$(8 \sim 10)l$	

* 細長いもの, † 幅の広いもの, ‡ 傘線條の多いもの, ** l は空中線基部より先端迄の長さ, †† IP は傘線の端の高さ。

空中線の或る波長に對する實効容量、實効インダクタンス及實効抵抗は第41圖に示す装置で空中線回路と閉回路とが等價になるやう後者を調整することに依て求められる。

一般に或る空中線の各部を一定の比を以て縮小(擴大)すれば空中線の實効容量及インダクタンス従て固有波長はその比を以て縮小(擴大)されるものである。(相似の理)

3. 空中線容量の計算式 大きい水平部を有する空中線の静電容量(長波に於ては實効容量に略等しい)の計算には Austin の實驗式がある。

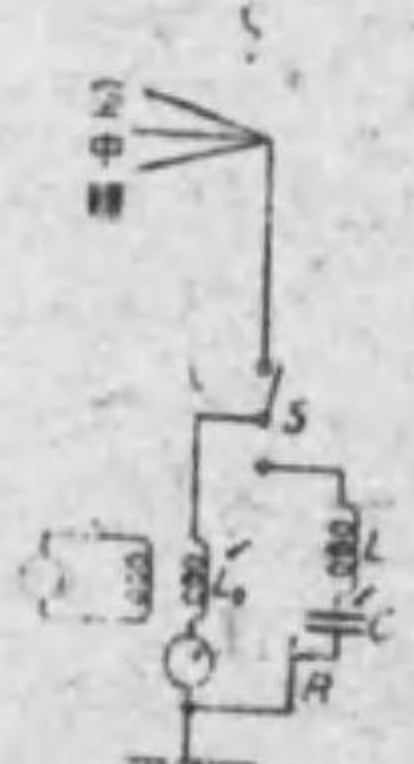
$$C = \{4.7l + 0.885(l/b)\} [1 + 0.015(l/b)] \times 10^{-12} \text{ (pF)}$$

但し l 及 b は夫々空中線水平部の長さ、幅及高さ (m) である。

4. 空中線の輻射能率、實効高及メートル・アムペア

a. 空中線の輻射能率 空中線より輻射される電力と空中線に供給される全電力との比を空中線の輻射能率と云ふ。空中線より輻射される電力及空中線に供給される電力を基部の電流實効値の自乗で除したものを夫々空中線の輻射抵抗 (R_r) 及實効全抵抗 (R_e) と稱する。従て輻射能率は又 R_r/R_e で表される。

b. 空中線實効高 (h) 與へられた空中線の電流腹(長波及中波空中線では基部)に於ける電流と等しい電流が均一に流れ且その空中線と同一の輻射電界を得るやうな假想垂直空中線の高さを以て、與へられた空中線の實効高と稱する。一般に空中線の實効高 h は空中線の地上高 H より小く、その比は空中線の形状及使用波長に依て定まる。第8表



第41圖 空中線定數の測定装置

に空中線の各型に對する實効高の概略値を示す。使用波長を λ とすれば、空中線の實効高 h と輻射抵抗 R_r との間には次の關係がある。

$$R_r = 160 \pi^2 (h/\lambda)^2 \text{ (}\Omega\text{)}$$

c. メートル・アムペア 空中線から近距離 D (km) にある點の電界強度は

$$E = 377 h I / (\lambda D) \text{ (}\mu\text{V/m) } [\lambda \text{ はキロメートルで表す}]$$

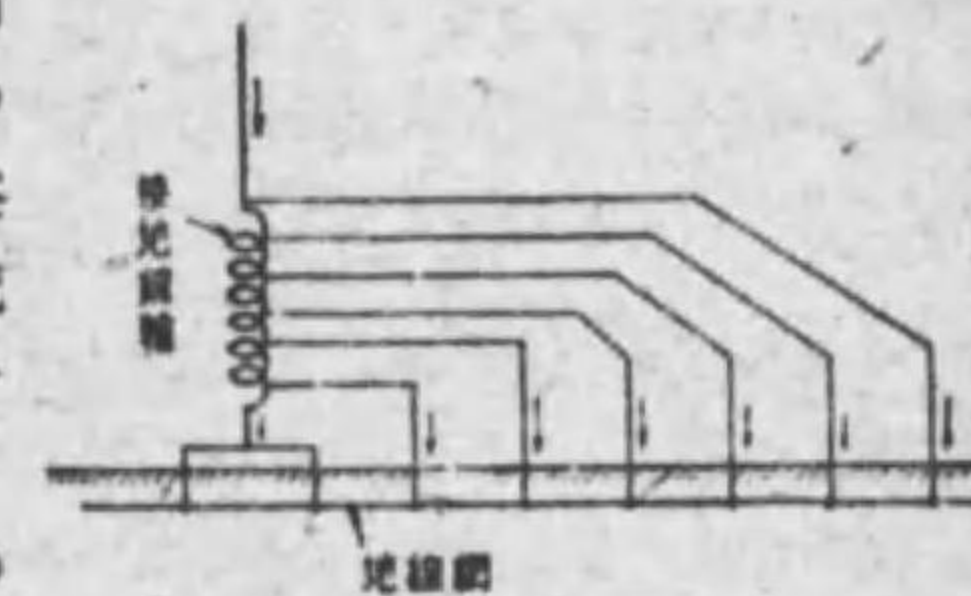
で與へられる。即ち空中線の輻射能力を表すとも見られる E は空中線實効高 h (m) と電流腹に於ける電流の實効値(空中線電流と云ふ) I (A) との積に比例する。この積をメートル・アムペアと云ふ。

d. 實効高の測定 一般に或る空中線で波長 λ の電波を發射する場合の實効高が h ならば、この空中線で同じ波長の電波を受信する場合に空中線に誘導される起電力は(電界強度) $\times h$ である。即ち受信空中線としての實効高はこれを送信空中線とした場合の實効高と全く同一である。或る空中線の實効高を測定するにはこれより距離 D (km) の地點に既知の實効高 h' (m) を有する空中線(棒型空中線(本編6章6)の實効高は計算出来る)を設置し前者空中線より電波を發射せしめ、後者空中線を受信する。送信空中線電流 I (A), 受信電流 i' (mA) 及受信空中線回路の實効抵抗 r' (Ω) を測定すれば實効高 h は $0.377 h' h I / (\lambda D) = i' r'$ なる關係から求められる。

5. 接地法 長波及中波空中線では實効全抵抗の主要部分が接地抵抗にあるのでこれを出來得る限り減少すれば、一定電力に對して空中線電流が増し従てメートル・アムペアが増加する。普通鋼板或は鋼線網を地下に埋設してこれを接地とするが尙次の方法がある。

a. 平衡地線法 乾燥して居る場所では空中線下に大地と平行に大地と絶縁した鋼線網を空中線の投影面積より稍廣い範圍に亘つて張りこれを大地の代りとして、これに空中線基部を接続する。この方法は鋼線網埋設法よりも空中線實効抵抗を減少せしめ得る。

b. 多重接地法 大規模の空中線に於て使用される方法で地下に埋設された地線網を數多くの部分に區分し、空中線電流を各分區の中央に架空線を以て流入せしめる。尙各分區に流入する電流を同一にする爲に第42圖に示す如く接地線輪を用ひる。



第42圖 多重接地法

c. 複調空中線(第43圖) 空中線水平部の數箇所から引下し線を設け、これ等を接地線輪を通じ接地する空中線で、空中線を全體として使用波長に同調せしめれば實効高を減することなく接地抵抗を減少出来る。



第43圖 複調空中線

6. 棒型空中線 1回或は2回以上の掃數を有する線輪を電波送受部とした閉回路空中線で、指向性を有する。今電波が第44圖の如く掃線面と θ なる角度をなす方向より到來するものとし電波の電界強度を E (V/m) とすれば棒型空中線に誘導される起電力 e は次の如くなる。

$$e = 2\pi S n \cos \theta \cdot E / \lambda \text{ (V)}$$

但 S は線輪一輪の平均面積 (m^2), n は線輪の輪数, 又 λ は到来電波の波長 (m) である。電波の到来方向と誘導起電力の關係を圖示すれば第 44 圖の如くである。(指向性曲線) 神型空中線で受信する場合には電波到来方向に線輪面を一致せしめる。この場合受信用としての實効高は $2\pi S n / \lambda$ である。一般に開路空中線の實効高に比して非常に小であるが、その指向性に因り混信と空電とを大いに減少し得るので受信用に適する。

大型の神型空中線では回轉することが困難なので互に直交する 2 箇の固定神型空中線を設け、各に線輪 S_1 及 S_2 、同調用蓄電器 C_1 及 C_2 を第 45 圖の如く接続する。 S_1 と S_2 とは互に直角に固定し、且各に結合しながら回轉し得る線輪 S_3 を設ける。斯く配置した装置を Bellini-Tosi 型空中線と云ふ。線輪 S_3 を回轉してその軸を電波到来方向と一致或は直交させれば、 S_3 に接続される受信機に與へられる起電力は最大或は最小となり、第 44 圖と同様な極座標曲線で表される特性を有する。

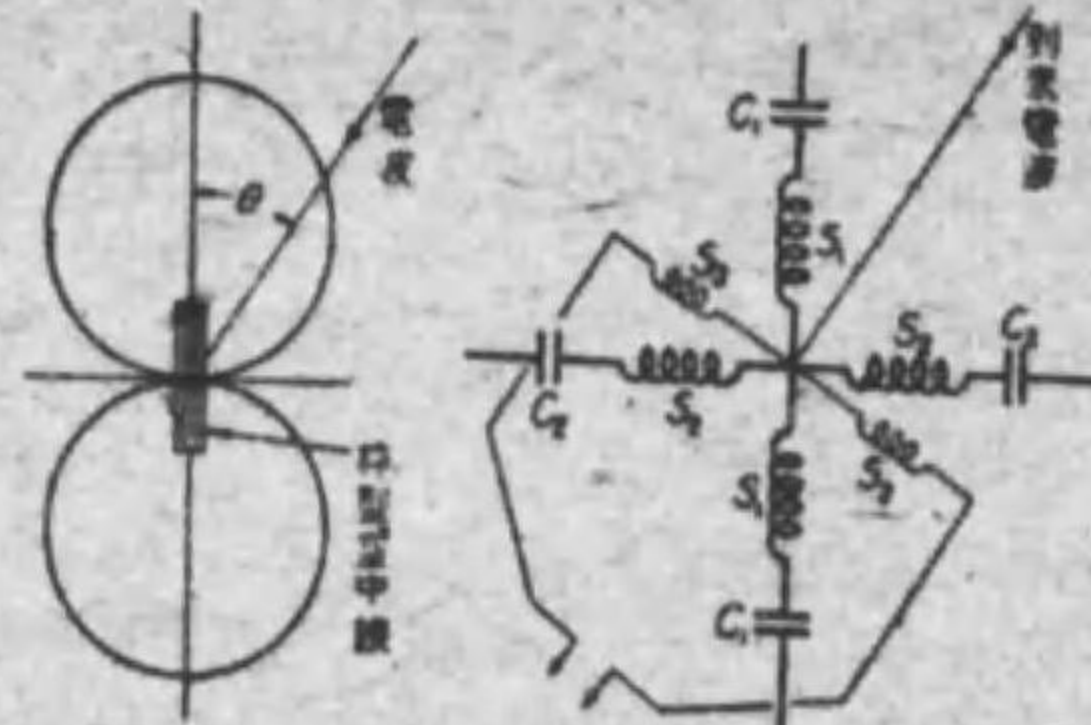
普通の神型及 Bellini-Tosi 型空中線は 8 字形の指向性を有するもの(双方向性)であるが、これ等に非指向性の垂直空中線を適當に組合せればハート形曲線で示される指向性のもの(單方向性)となる。

7. 長波指向受信空中線 遠距離長波受信用としては神型空中線より鋭尖鋭な指向性を有する複合神型空中線(單方向性 Bellini-Tosi 型空中線 2 箇を受信せんとする電波の到来方向に沿ひ波長の $1/6 \sim 1/3$ の距離隔てて設置し、兩者に因る受信電流を受信機に反対位相に加へることに依て鋭い指向性を得るもの)或はビバレージ・アンテナ(一名 Wave antenna と稱し、受信すべき波長の $1 \sim 2$ 倍の長さの導線を水平に地上數メートルの高さに電波到来方向に延長して架線したもので、その一端に受信機を結合する)を使用する。

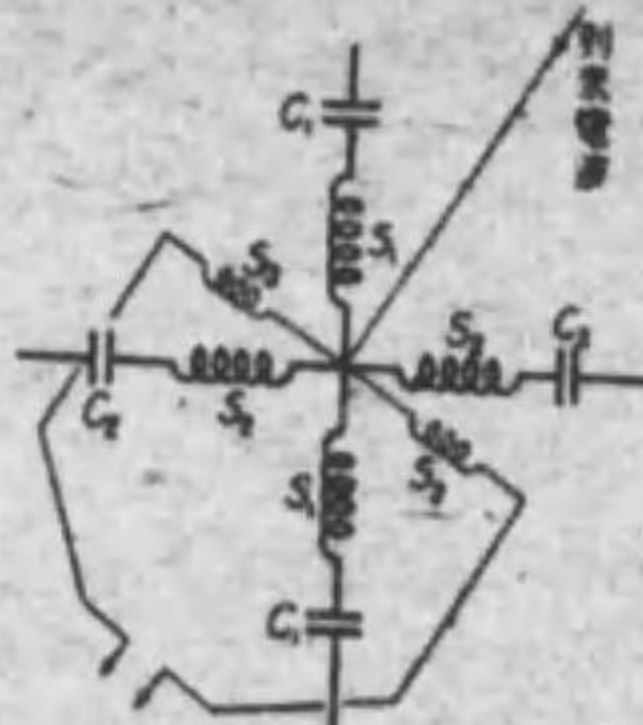
8. 短波空中線 短波では空中線の大さを容易に使用波長と同程度にとり得るので、送受信共最も簡単なものでは半波長の長さの空中線(單位空中線と稱する)が用ひられ、多くの場合單位空中線の組合せに依る指向性のものを用ひる。又短波空中線は普通饋電線に依り送信機又は受信機に接続される。

a. ダブルット空中線 第 46 圖の如き構造のものを云ふ。水平或は垂直に配置される。空中線の長さが半波長のもの(半波ダブルット)では饋電線に接続される點(饋電點)が正弦波電流の略節であり、空中線の長さが一波長のもの(全波ダブルット)では饋電點が正弦波電流の略節となる。

b. ビーム空中線 遠距離通信には對手局に向つた一垂直面内に縱横等間隔に多數の單位空中線を排列し、各單位に同一振幅及同一位相の振動電流を供給するやう装置して目的方向に鋭い指向性を有せしめた空中線を用ひる。これをビーム空中線(或は集射空中線)と稱する。普通單位空中線は中心の間隔が縱横共半波長に排列される。

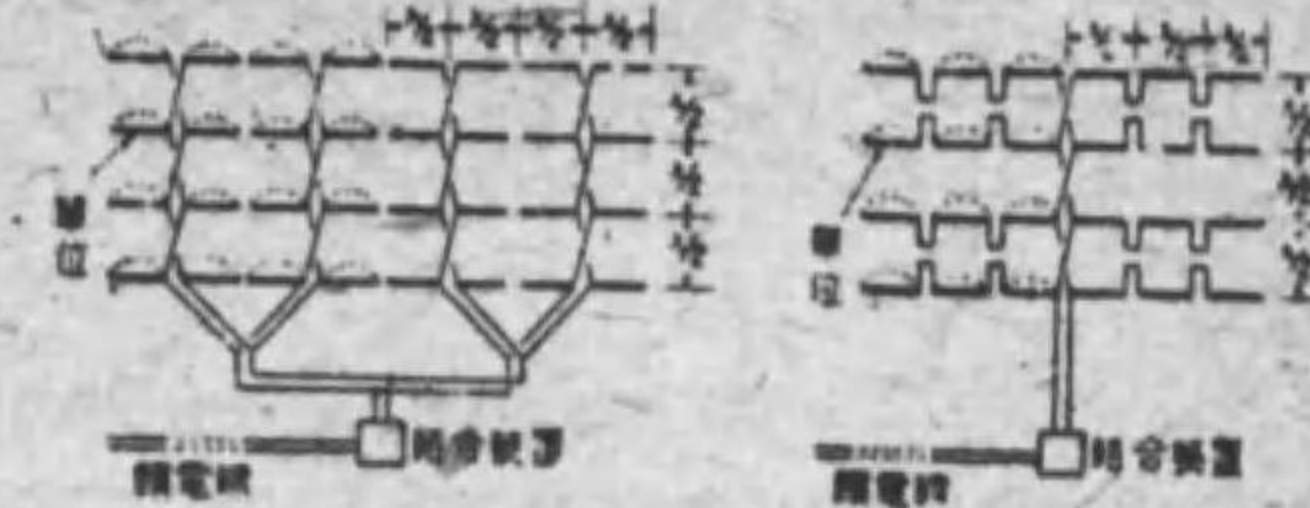


第 44 圖 神型 第 45 圖 Bellini-Tosi 型空中線の指向性 空中線の接続



空中線の後方に波長の $1/4$ 或は $S/4$ を隔て、これと平行に同一構造の反射器を設置し單方向性とする。反射器に對して前方の空中線を特に放射器と稱する。

各單位の勵振方法には第 47 圖の方式がよく用ひられる。單位空中線は場合に依り垂直に配置することもある。これ等ビーム空中線は各單位が送信或は受信せんとする波長に同調して居るので同調式と呼ぶことがある。或る波長に同調されたビーム空中線でも普通その波長の前後 $2 \sim 3\%$ 以内の範圍では大した能力の差なく使用出来るものである。



第 47 圖 短波ビーム空中線の勵振方式

9. ビーム空中線の指向性 ビーム空中線は單位排列面に直角な垂直面内に最大の輻射をなし、これと φ なる角度をなす水平方向では輻射電界強度 e は次式で表される。

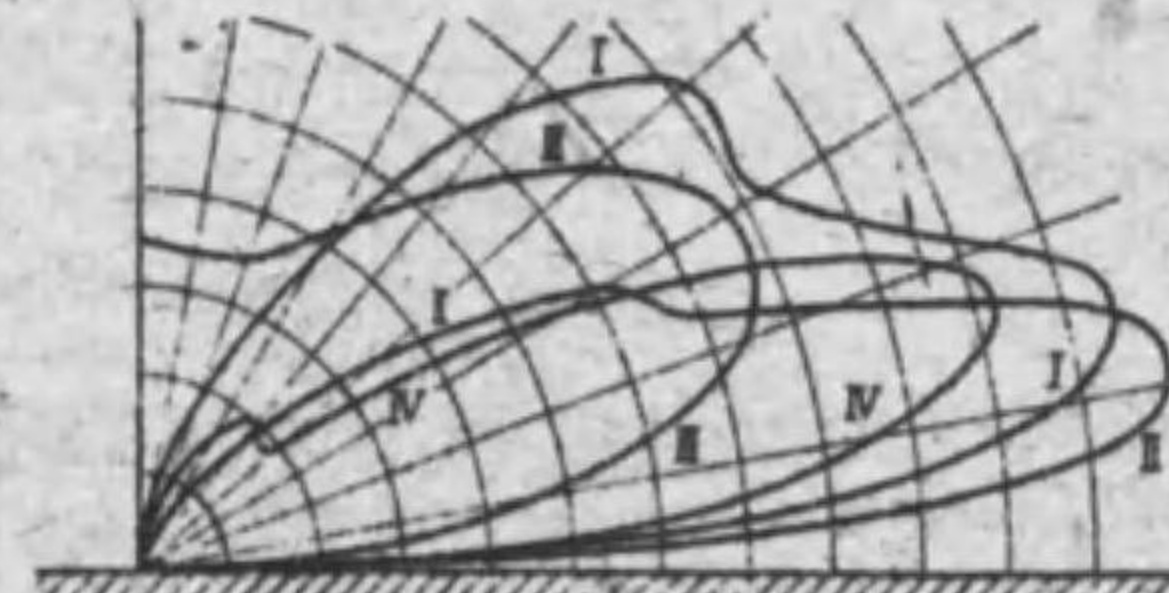
$$e = \frac{K}{r} \sin\left(\frac{N\pi}{2} \sin\varphi\right) / \sin\left(\frac{\pi}{2} \sin\varphi\right) \quad (\text{垂直單位ビーム空中線の場合})$$

但 K は定數、 r は空中線中心よりの距離(空中線の幅より遙に大とする)、又 N は垂直單位を横に並べた數とする。 r を一定として考へ輻射電界強度を φ に就て圖示すれば第 48 圖を得る。(水平面指向性曲線) N を増加するに従ひ指向性は益々尖鋭となる。向單位が水平の場合には上式に更に $\cos\{(\pi/2) \sin\varphi\} / \cos\varphi$ を乗じた指向性となる。



I: 垂直單位横に 8 箇
II: 垂直單位横に 4 箇

第 48 圖 水平面指向性



I: 垂直單位横に 1 箇
II: 垂直單位横に 2 箇 } 空中線最下端の
III: 水平單位横に 1 箇 } 地上高 = $\lambda/2$
IV: 水平單位横に 2 箇

第 49 圖 垂直面指向性

單位排列面と直角な垂直面内では輻射電界は大地の影響を受けて水平方向より $10 \sim 20^\circ$ 上つた方向に最大の點がある。(第 49 圖) 空中線の地上高を増すか或は上下に排列する單位數を増せば最大輻射の方向が水平に近づく。放送電波の發射に於ても支持柱の高さを増して空中線電流の腹部が地上高い所にあるやうにした空中線があるが、かかる空中線を使用する時は單に實効高が増すのみならず地表波の輻射を増し高仰角の空間波の輻射を減少し、その結果地表波と空間波との干涉に因るフェーディングを少くし、放送の Service area を擴大し得る。

10. 短波空中線の輻射インピーダンス 短波空中線を構成する單位の中央點(電流腹)に於て呈するインピーダンスは、空中線のオーム損が輻射電力に對して省略出来るの

で、輻射インピーダンスと稱せられる。

2 箇の同位相の単位空中線を第 50 圖の如く配置すれば、各単位には自己の輻射インピーダンス Z_0 の外に相互の影響に因る相互輻射インピーダンス Z' が現れる。今各単位の電流ベクトルを I_1 及 I_2 とすれば、各単位に供給すべき起電力は夫々 $I_1 Z_0 + I_2 Z'$ 及 $I_2 Z_0 + I_1 Z'$ である。 Z' は第 50 圖兩単位の關係位置によつて定まる量で d 及 h に就て表示すれば第 9 表の如くである。

第 9 表 同位相の 2 箇の単位間の相互輻射インピーダンス (Ω)

$d \backslash h$	0	0.5	1.0	1.5
0	73.1+j 42.5	26.4+j 20.2	-4.1-j 0.7	1.7+j 0.2
0.5	-19.5-j 29.9	-11.9-j 7.8	-0.7+j 4.1	1.1-j 1.4
1.0	4.0+j 17.7	9.0+j 8.9	4.1-j 4.3	-2.7-j 0.2
1.5	-1.9-j 12.3	-5.8-j 8.5	-0.2+j 1.9	2.1+j 3.1

ビーム空中線の各単位の電流を相等しいとして一単位の輻射インピーダンスは自己の輻射インピーダンスに他の總ての単位より受ける相互輻射インピーダンスを總和したものである。各単位の輻射抵抗を總和したものをビーム空中線の全輻射抵抗と云ひ、これに單位の電流の自乗を乗すればビーム空中線の輻射電力を得る。

ビーム空中線に反射器を附する場合には投射(反射)器の 1 單位は反射(投射)器の 1 單位より第 10 表 (A) 或は (B) の如き相互輻射インピーダンスの増加(減少)を受ける。表示の値は投射器及反射器の間隔を波長の 1/4 或は 3/4 とし、投射器 1 單位が反射器の 1 單位(投射器面に投影した位置が考へて居る投射器單位と第 50 圖の如き關係にあるとす)より受けるインピーダンスを示す。

第 10 表 投射單位と反射單位間の相互輻射インピーダンス (Ω)

(A) 投射空中線と反射空中線の間隔= $\lambda/4$ の場合

$d \backslash h$	0	0.5	1.0	1.5
0	28.4+j 40.8	12.6+j 10.6	-1.1-j 3.8	0.3+j 1.7
0.5	22.1-j 20.0	3.3-j 13.8	-4.3+j 0.6	1.7+j 0.7
1.0	-16.2+j 7.0	-7.1+j 10.4	4.9+j 3.4	-0.1-j 2.8
1.5	1.8-j 3.4	7.7-j 6.8	-2.6-j 6.0	-2.3+j 2.4

(B) 投射空中線と反射空中線の間隔= $3\lambda/4$ の場合

$d \backslash h$	0	0.5	1.0	1.5
0	66+j 27.5	10.8+j 8.4	2.2-j 4.5	-2.1+j 0.8
0.5	18.6+j 7.3	19.8-j 2.9	-1.6-j 0.3	-1.3+j 2.1
1.0	-2.7-j 14.6	-7.3-j 8.9	-5.5+j 3.2	2.8+j 1.7
1.5	-3.5+j 10.6	0.9+j 9.5	6.2+j 2.0	0.4-j 3.9

11. ビーム空中線の利得 目的方向に一定の輻射電界を得んとする場合ビーム空中線

を用ひれば單位空中線を用ひるときより遙に小さい電力で済む。この場合後者に要する電力と前者に要する電力との比をビーム空中線の利得と云ふ。ビーム空中線の利得 G は次の式で計算される。

$$G = 20 \log_{10} N + 10 \log_{10} R - 10 \log_{10} r \quad (2b)$$

但 N は單位總數、 R は單位空中線の輻射抵抗 (73.1 Ω)、 r はビーム空中線の全輻射抵抗で第 9 表より計算出来る。反射器を有するビーム空中線では輻射が目的方向にのみ集中される結果(單向性)、利得は反射器の無いもの(双向性)の利得の 2 倍となる。

單位中心を縱横共半波長の間隔に多數の單位を排列した大型のビーム空中線では利得は近似的に單位總數に等しい。

12. 短波空中線の饋電線及結合装置

a. 饋電線 平行二線の架空式のもの又は同心銅管(外管を接地し、内管を電力の傳送に用ひる)が用ひられる。銅管式饋電線は雑音及有害電波をピックアップしないので受信空中線用として適する。饋電線の波動抵抗 W は次の式で與へられる。

$$\text{平行二線式: } W = 277 \log_{10} (2D/d) \quad (\Omega)$$

$$\text{同心銅管式: } W = 138 \log_{10} (R_1/R_2) \quad (\Omega)$$

但 D は二線の中心間隔、 d は導線の直徑とし又 R_1 及 R_2 は同心銅管の外管の内徑及内管の外徑とする。同心銅管饋電線では一定の外管に對し内管を R_1/R_2 が 3.6 になるやうに選ぶとき傳送能率が最大となるので波動抵抗は普通 78 Ω に設計される。

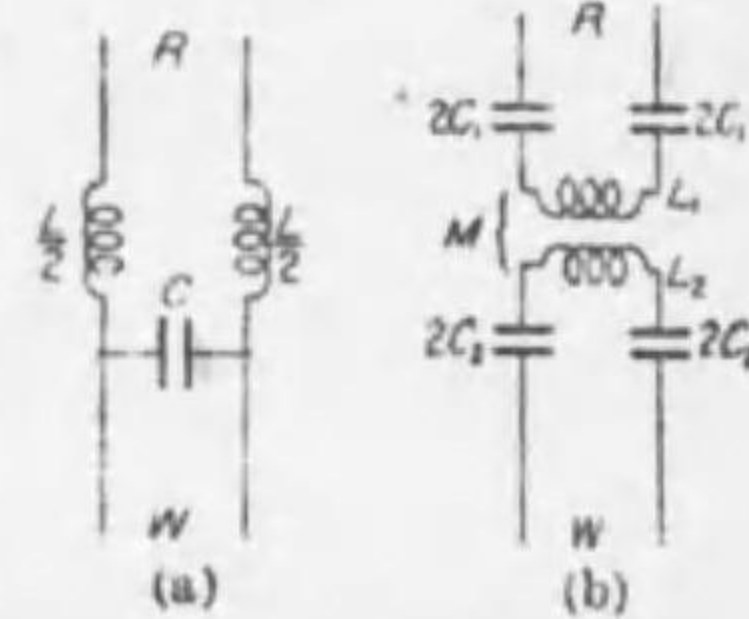
b. 結合装置 空中線の饋電線のインピーダンスが饋電線の波動抵抗に等しくない場合には饋電線に定常波が生じ傳送能率が下るので、空中線と饋電線との間には第 51 圖 (a) 或は (b) の如き結合装置を挿入し、饋電線終端のインピーダンスを饋電線の波動抵抗 W に等しくなるやうに L, C 或は L_1, C_1, L_2, C_2 及 L_1, L_2 の間の相互インダクタンス M を加減する。この場合次の關係式が成立する。(a)

$$(a) \text{ の場合: } 1 - \omega^2 LC = R/W, \quad L/C = WR \quad (W > R \text{ とする})$$

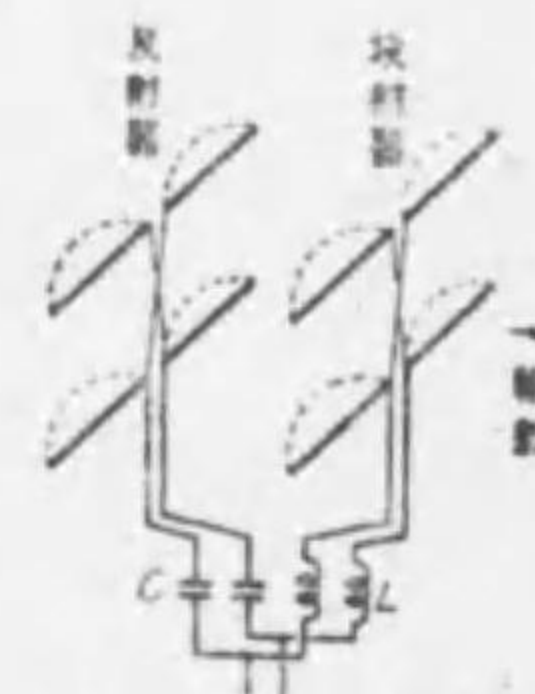
$$(b) \text{ の場合: } \omega^2 L_1 C_1 = 1, \quad \omega^2 L_2 C_2 = 1, \quad \omega^2 M^2 = WR$$

但 $\omega = 2\pi c/\lambda$, $c = 3 \times 10^{10}$ cm/s, $\lambda =$ 使用波長 (cm)。

c. 投射器と反射器との結合装置 ビーム空中線の反射器單位の電流は投射器單位の電流と實効値は相等しく、位相は後者の位相より 90° 又は 270° 進んで居ることを必要とする。この關係を満足させるには近似的には單に反射器の同調度を調整すれば足りるが、精密には電力を投射器と反射器とに適當の比を以て分配供給する。この電力を分配する方式の一つを示せば第 52 圖の如くである。(b) 投射器はインダクタンス L を通し反射器は容量 C を通して勵振されるので前者の電流位相は後者の電流位相より遙に兩者の相差を丁度 90° 又は 270° となし得る。



第 51 圖 結合装置



第 52 圖 反射器の饋電方法

13. 空中線用材料 空中線の導線の材料は主として銅及銅合金線で長波、中波等には

珪鋼線或は青銅線が用ひられ、短波には硬銅線或はカドミウム銅線(單線)が用ひられる。又空中線を絶縁する碍子は良質の磁器で、小型空中線には卵型碍子も用ひられるが大型の空中線には殆ど全部壺形(又は棒型)碍子が用ひられる。大電力の長波送信空中線にはコロナ・シールドを施した壺形碍子を、又短波空中線の単位の先端等の絶縁には誘電容量を減少した相當長い壺形碍子を必要とする。

14. 空中線支持柱 遠距離通信に於ては長波、短波共大規模の空中線を必要とするので、その支持柱も高いものを必要とする。柱の高さは空中線設備の建設費に重大な関係があり、空中線に伴ふ送信機の費用及電力費等を考慮し最も経済的となるやう設計すべきもので、長波送信に於ては普通 200~250m の高さの鐵塔が用ひられる。鐵塔が空中線の實効高を減少しないやうにする爲にはこれを基部で大地から太鼓型の茶臺碍子を以て絶縁する。かゝる高い鐵塔は多く支線式である。

短波に於ても大型の送受信ビーム空中線には高さ 75~85m の鐵塔を必要とする。短波空中線用鐵塔は頂部に長さ 20~30m の橋梁を附し、放射器及反射器を同時に懸架出来るやうにするのが普通で、自立式及支線式兩方用ひられる。

稍小型の空中線には木柱が用ひられる。木柱は防腐劑を注入した杉材を主とし、必要に應じ數段欄柱される。支線にはすべて輻射を妨害しないやうに波長に比して細かい間隔に碍子(主として卵型)を挿入する。ビーム空中線用木柱では高さ 60m 以上のものは機械的に困難とされて居り且鐵塔に比して壽命は短い。

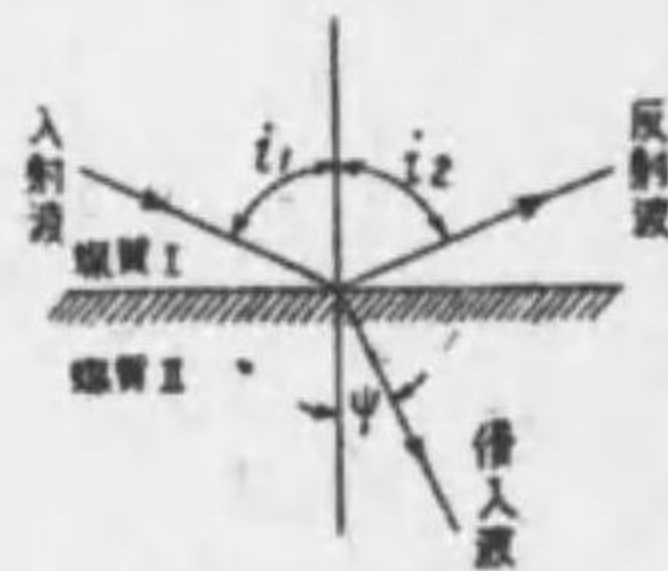
第 7 章 電 波 (28-29)

1. 電波の性質 Maxwell の電磁方程式(2編6章1参照)から推發して、電磁波(或は電波)には次の諸性質がある事を證明出来る。これ等諸性質の中には、光も電磁波である事から直に首肯し得るものが少くない。

(1) 電磁波は横波で、その速度は $c/\sqrt{\epsilon\mu}$ (cm/s) である。(2編6章1参照)

(2) 電磁波の電界の方向と磁界の方向とは、波の進行方向に垂直な面内にあり互に垂直である。又波は波源から遠ざかるに従て、次第に平面波に近づく。

(3) 反射、屈折及廻折の現象がある。廻折は波長の長いもの程著しい。反射及屈折に關しては第 53 圖の如き二つの異なる媒質の境界に於て



第 53 圖

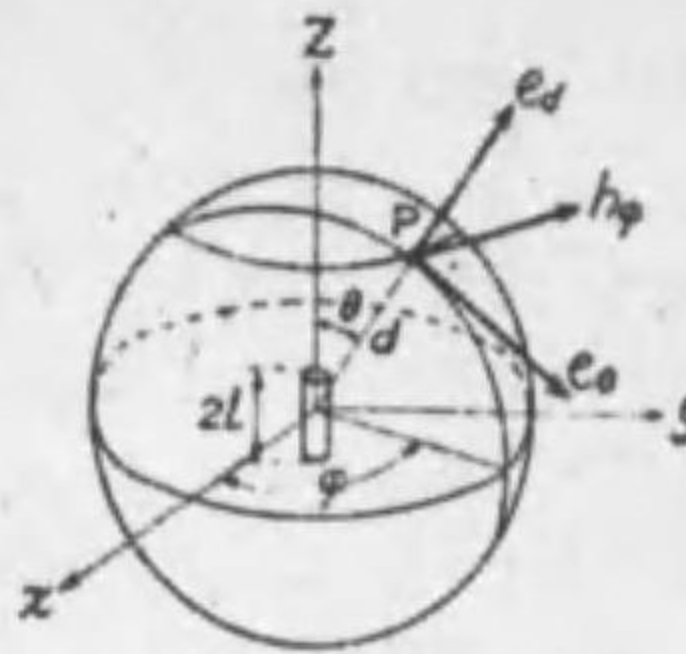
$$i_1 = i_2, \quad \frac{\sin i_1}{\sin \psi} = \frac{\text{媒質 I 中の波の速度}}{\text{媒質 II 中の波の速度}} = n$$

n を媒質 II の媒質 I に対する屈折率と云ふ。又反射勢力と入射勢力との比を反射係數と云ひ、入射角及媒質の性質によつて異なる。

(4) 完全な導體の表面では、電磁波は全く反射し、内部には侵入し得ない。光に對する鏡の作用はその一例である。不完全な導體であれば、波は侵入するが、その途上次第に吸收されて減衰する。

その他特殊の性質は必要の場所で述べる。

2. 電磁波の發生 電磁波源として最も簡単なものはダブレットである。これは $2l$ なる極めて短い長さの直線導體に一樣に $I \sin \omega t$ なる電流が流れ、その兩端が充放電されるものである。今その中心を原點として第 54 圖の如く球面座標を作ると、任意の一點 $P(d, \theta, \varphi)$ に於ける電界及磁界の分値は $e_\theta, e_\varphi, h_\varphi$ の三つとなる。無線通信に必要なものは $d \gg (\lambda/2\pi)$ の如き遠距離に於ける e_θ 及 h_φ の値であつて、それ等は次の如くなる。



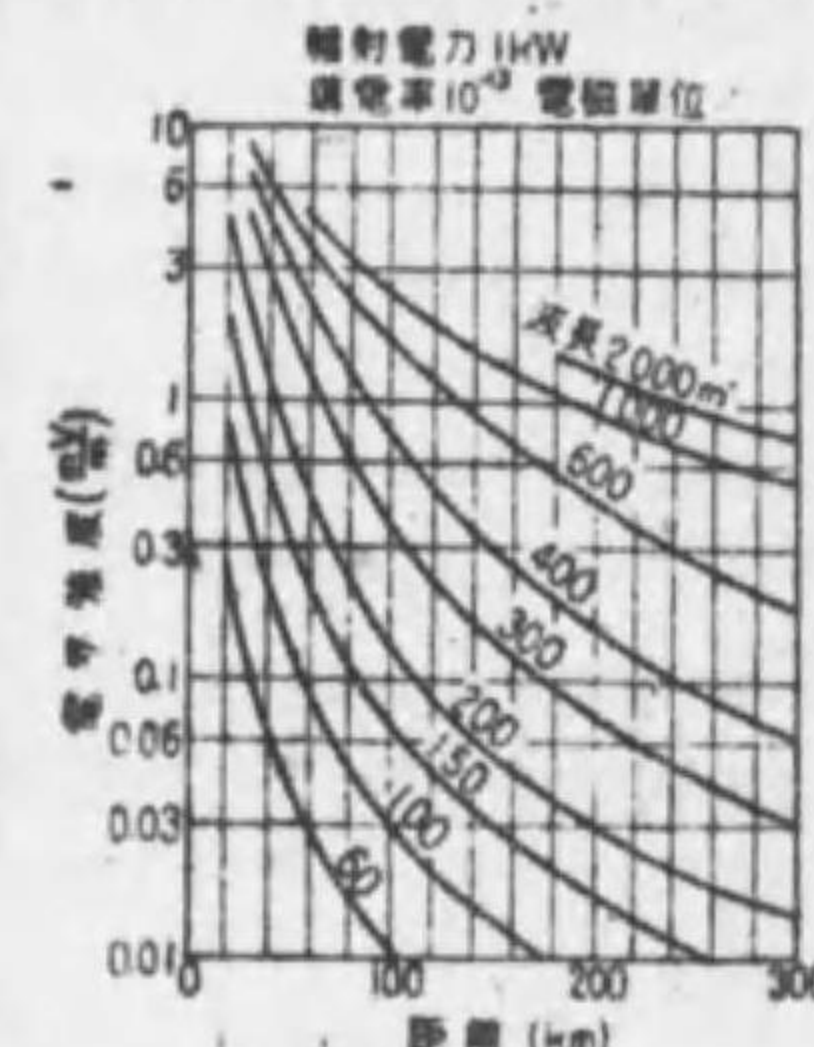
第 54 圖

$$e_\theta = -\frac{120\pi I l}{\lambda d} \sin \theta \sin \omega \left(t - \frac{d}{c} \right) \text{ (V/m)}$$

$$h_\varphi = -\frac{4\pi I l}{10 \cdot \lambda d} \sin \theta \cdot \sin \omega \left(t - \frac{d}{c} \right) \text{ (ギルバート/m)}$$

茲に $c=3 \times 10^8$ m/s, I はアムペア, l, d, λ は孰れもメートルを以て表す。即ち e_θ と h_φ は同位相であつて、電磁波は球面波として傳播する。この範圍の電磁界を輻射電磁界といふ。ダブレットに極めて接近した場所では電磁界の状態は複雑である。

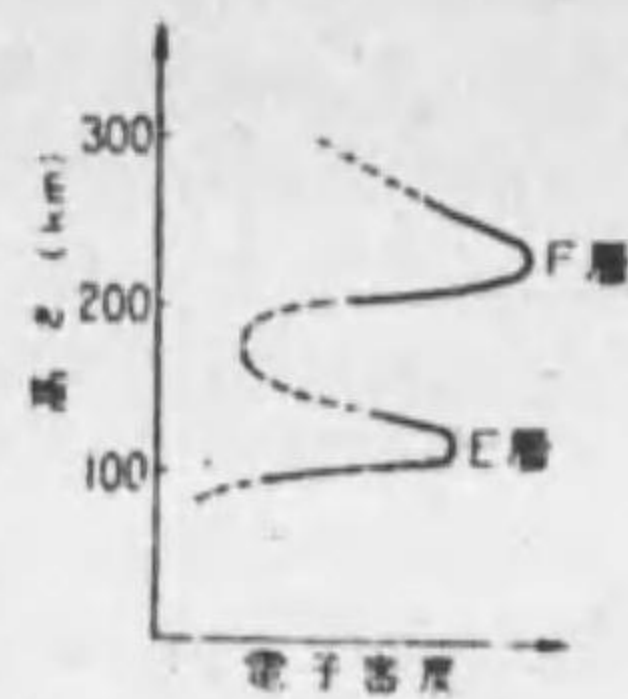
3. 表面電波の傳播 電波は地球の表面と電離層の間に挟まれた空間内を傳播するから、實際に受信所に到來する電波の勢力は、一部分は地球の曲面に沿ふ廻折現象により、残りの部分は上空電離層からの反射又は屈折によつて運ばれる。前者を表面電波、後者を空間電波といふ。遠距離通信には後者が重要であるが、放送業務の如く近距離を目標とするものでは前者が重要な役を演ずる。表面電波の傳播は電波の波長並に大地の導電率により著しく相違するが、一例として輻射電力 1kW, 導電率 10^{-13} 電磁單位の場合に就て理論的に計算すると第 55 圖の如くなる。遠距離の地點では夜間には特に空間電波が強勢になるから、實際の強度は第 55 圖の値より相當大きくなり、フェーディングを伴ふが、送信所から或る距離の地點まではフェーディングを伴はずに受信し得られるのである。これは放送では極めて必要な條件であつて、この範圍を Service area といふ。Service area の大きさは大地の性質、空中線の構造、電波の波長等により一様ではないが、本邦の如き地勢で周波數 800 kc (波長 375 m) 程度の電波に對しては夜間 50~120 km 程度の距離の地域に該當する。



第 55 圖

4. 電離層 地球を取圍む上層氣體は太陽の紫外線、或は太陽から射出される微粒子等の作用により電離を起すが、特に紫外線の作用が最も著しい。上空の物理學、即ち上空に存在する物質、氣壓及溫度の分布、電離物質、イオン及電子の分布状態等は未だ明でないが、近年電波を用ひて電離層の状態を測定することが盛に行はれてゐる。即ち先づ地表で電波を發射し、これが電離層から反射或は屈折して再び地表に戻つて來る迄の時間を測定し、その結果から諸種の量を推定するのである。最近の研究によると、電離層は第 56 圖に示す如く上下二段から成り、下の層は地上約 100km, 上の層は 200km 以上の高さ

にあつて下の層よりも大なる電子密度を有して居る。これ等を夫々 E 層及 F 層と呼ぶ。一般に電離層の如く屈折率が波長によつて異なるやうな媒質を分散性の媒質といひ、かやうな媒質内に於て電波のエネルギーの移動する速度を群速度といふ。電離層内を傳播する電波の群速度は真空中の光の速度 c よりも小さい。又電離層に存在する自由電子は電波の電氣力により動振されて運動を起し、これが氣體分子に衝突して熱を發生する。即ち電波は電離層を通過する場合に減衰を蒙るのであつて、単位距離を進む間に電氣力の振幅が減少する割合を減衰係數或は吸收係數といふ。



第 56 圖

5. 長波及中波の傳播 周波數 100 ke 程度以下 (波長 3000 m 程度以上) の電波を便宜上長波といふ場合が多いが、學術的には長波と中波の境は漠然たるものである。長波は屈折能力が大きいため表面電波が割合に強いが、それでも陸上では大約 300 km、海上では大約 1000 km 以上の距離に於ては空間電波の方が強い。空間電波は電離層 (E 層) の下面で反射するが、その程度は晝間に於ては波長の長いもの程大きい。夜間に於ては波長の大小に關係なく良く反射する。従て大陸間の國際的遠距離通信の如く晝夜を通じて同一程度の通信を行ふには、周波數 30 ke 以下 (波長 10000 m 以上) の長波を用ひなければならぬ。長波通信では電離層の状態が晝と夜の中間になつた場合には、電波の電界強度が著しく弱くなる。これを日出或は日没效果といふ。

周波數が 100 ke 以上 (波長 3000 m 以下) の中波になると、電離層に於て蒙る減衰が著しいから晝間に於ては中波の空間電波は殆ど利用し得ない。併し夜間には電離層に於ける減衰が少くなるから相當遠距離に到達し得る。晝間は全く聴えなかつた遠方の放送が夜間になると強勢に聴取し得るのはこの一例である。

6. 長波及中波の傳播に関する實驗式 實際に受信點に於て得られる電界強度は表面電波と空間電波の合成であるが、周波數 1500 ke 程度以下 (波長 200 m 程度以上) の電波の晝間海上に於ける傳播に對しては、多くの實驗式が提出されて居り、それ等の多くは次の形をとる。

$$E = \frac{120\pi I h}{\lambda d} \sqrt{\frac{\theta}{\sin \theta}} e^{-\frac{\alpha d}{\lambda}}$$

茲に E は受信點に於ける電界強度 ($\mu\text{V/m}$)、 I は送信空中線電流 (A)、 h は送信空中線輻射高 (m)、 λ は波長 (km)、 d は送受信點間の距離 (km)、 θ は送受信點間の地球の中心に於ける角、 α 及 b は定數であつて、各研究者により右表の如く與へられてゐる。

この中で Austin の式は最も汎く用ひられてゐる。電波が海面上でなく、異つた状況の土地を傳播する場合には Austin の式に於ける α は夫々次の値をとる。

淡水面上—0.0025, 乾燥土地—0.028, 濕潤土地—0.009, 市街地—0.06~0.08
夜間に於ては電界強度は不規則に變化し、その値は上式により求めた晝間値よりも大きく、Hertz の式即ち上式に於て $\frac{120\pi I h}{\lambda d}$ だけを計算して得た値よりも小さく、この兩者の間にある場合が一般である。

	Austin	Fuller	Espenschied
α	0.0014	0.0045	0.005
b	0.6	1.4	1.25

7. 短波の傳播 周波數 3000 ke 以上 (波長 100 m 以下) の電波を便宜上短波といふことが多い。短波はその波長が短いから長波の如く電離層で反射せずの中へ侵入し、彎曲した通路を畫いて再び地表に戻つて来る。従て短波通信を行ふためには、短波の通路を曲げるに足るだけの電子密度が電離層内に存在してゐなければならぬ。實際に多く用ひられてゐる周波數 6000~20000 ke (波長 50~15 m) 程度の短波は、E 層ではその通路を曲げきれず F 層で屈曲する。即ち F 層は電波通路を曲げる役をなし、E 層は減衰を與へる。E 層に於ける減衰は大體波長の自乗に比例するから波長の短いほど良い結果が得られるやうに思へるが、餘り波長を短くすると F 層を突抜けて二度と戻つて来ない。それ故實際には季節及時刻に応じて適當な波長を選んで使用する。大陸間の通信の如き遠距離用には晝間 20000~12000 ke (波長 15~25 m)、夜間 12000~4000 ke (波長 25~75 m) 程度の周波數が適當し、約 1000 km 以下の近距離通信にはそれより低い周波數の電波を用ひる。短波の傳播は複雑であるから、長波の場合のやうな簡単な實驗式は出来てゐない。

8. 短波傳播の諸現象

a. フェーディング 受信點に到來する空間電波は一つではなくて第 57 圖の如く數箇ある。それ等は夫々異つた路を通つて来たものであるから、傳播途中で電離層の状態が變化する割合も箇々の電波に就て同一ではない。従て各電波の干渉により受信點に於ける電界強度は強くなつたり弱くなつたりする。この現象をフェーディングといひ、空間波相互の干渉だけでなく、表面電波と空間電波の干渉によるものもある。



第 57 圖

b. 反響 (Echo) 電波は送受信地點を含む大圓周に沿うて傳播し、一般には最短距離のコースを経て来た電波の方が最長距離のコースを経て来た電波より強勢であるが、電離層の状態によつて後者が前者と同じ程度或はそれより強いことがあり得る。この場合には受信點には或る時間を置いて同一の信號が二度聴える。これを反響現象といひ、實際通信に有害であるから反射器を有する指向性空中線を用ひて防ぐやうにして居る。場合によつては同一の電波が地球の周圍を何回も廻るために幾度も信號が聴えることがある。

c. 多重信號 (Multiple signal) 第 57 圖の如く、受信點に到來する箇々の電波は夫々通路が異なるから、従て到着時間も少しづつ異なる。それ故に寫眞傳送やテレビジョンでは畫面がずれて重つて不鮮明になることがある。これを多重信號の現象といふ。

d. 跳躍距離及散亂現象 送信所から遠ざかるに従ひ表面電波は弱くなるが、或る距離だけ進むと第 58 圖に示す如く電界強度は急に強くなる。この範圍を跳躍距離といひ、波長の短い電波ほど大なる値を示す。跳躍距離の中の地點では空間電波は全く聴えぬ筈であるが、實際には電離層で散亂して四方へ撒布された電波を受信することが出来る場合がある。



第 58 圖

e. 年々の電離層の變化 上空電離層の状態が逐年變移するために、通信に最も適した電波の波長も漸次これに伴つてずれる。この最適波長の値は最近五六十年の間に 50% 近く長い方へ移動した。

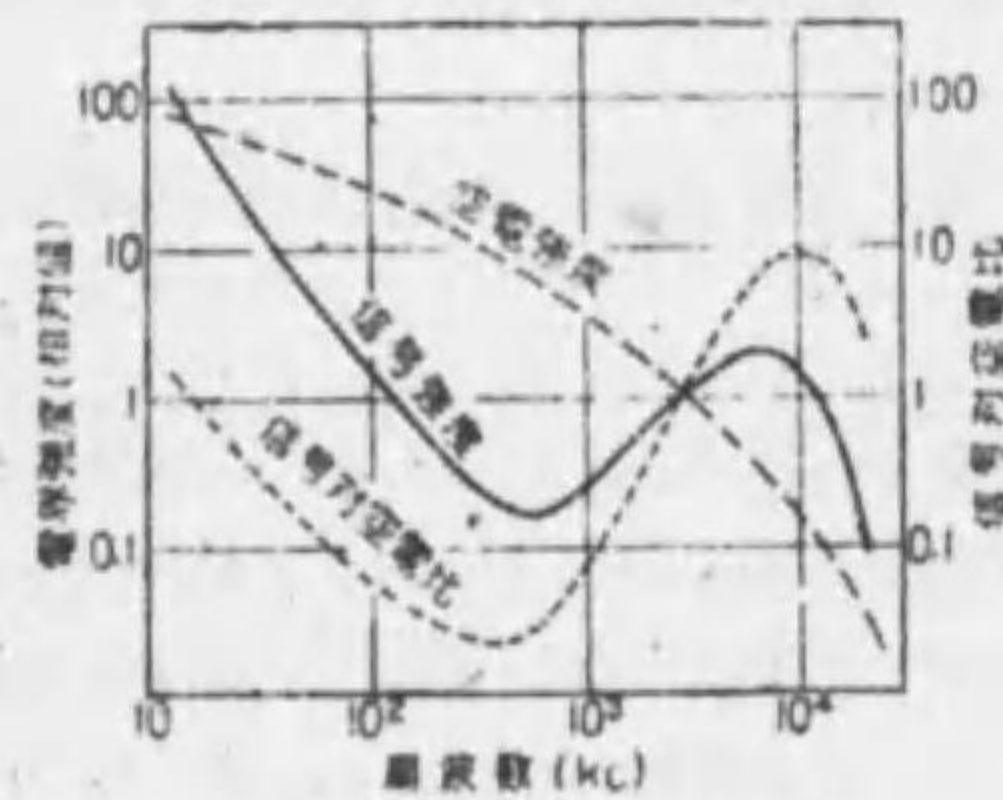
9. 超短波の傳播 周波数 30 Me 以上(波長 10 m 以下)を便宜上超短波と云ふが、嚴密に云へば空間電波が電離層を突抜けて再び地球に戻つて來ない電波を云ふべきである。従て超短波では原則として表面電波だけしか利用出來ず、又波長が短くて廻折能力も少いから、到達距離は大體可視範圍に限られる。今 h_1 (m) 及 h_2 (m) を以て夫々受送信點の地上の高さとすると、可視距離 d (km) は

$$d = 3.55(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

で與へられる。超短波の用途は小區域の通信、軍用、テレビジョン等であるが、實際に使用される周波数は 100 Me 以下(波長 3 m 以上)のものが多い。波長 1 cm ~ 1 m の電波は光と全く同様に取扱はれる。超短波の傳播は上空電離には無關係であるが、日光直射の場合には往々通達不能になることがある。

10. 電波の偏り ヘルツ・ダブルットや直線空中線から發射される平面波は送信所の近くでは平面偏波の状態にある。即ち電氣力並に磁氣力は夫々互に直角な平面内に於てのみ振動するが、相當の距離にある受信所ではもはや平面偏波ではなくて一般に楕圓偏波の状態にあることが多い。その原因の主要なるものは上空電離層に於て反射屈折をする際に地球磁氣の影響を蒙り偏波面が回轉したためであるが、短波や超短波では他物からの反射、散亂等により起ることもある。地球磁氣の變化に伴ひ偏波面が回轉することもフェーディングの一原因をなす。偏りの現象は方向探知に重要な關係がある。

11. 空電 無線通信に於ける受信の良否は信號電波の電界強度だけでは決定し得ず、信號電波對空電強度比 (Signal/static ratio) で定まるものである。空電は如何なる宇宙現象に因つて發生するかは明でないが、雷雲の放電に基くものが多い。空電の種類にはクリックと稱するガリツといふ不連続性の噪音と、グラインダーと稱するザーザーいふ連続性噪音及ヒツシングと稱する調子の高い噪音等がある。空電の妨害は長波に多く短波に少いから、短波は長波に比して小さい輻射電力を以て同等の通信成績が得られる。第 59 圖はその周波数分布並に信號電波對空電強度比の實測結果の一例を示す。



第 59 圖

12. 電波傳播に影響を及ぼす宇宙の諸現象

a. 太陽黑點及地球磁氣の活動性 この兩者は並行して 11 年の周期を以て増減する。黑點數が多くなると上空電離も亦増加するものと考へられる。實測結果は長波では晝間強度が増し、放電域では夜間の減衰が増加することを示してゐる。地球磁氣の活動が著しい場合即ち磁氣嵐の際には、太陽から多くの帶電微粒子が飛來して上空電離を増し、特に磁極地方の上空電離を著しく増すから、短波は著しい減衰を蒙り、特に磁極地方を傳播するものに於て著しい。これに反して長波では大しに影響はない。

b. 極光 磁氣嵐と同様に微粒子の作用によつて起る一種の真空放電現象で、磁極の近くの上空に多く出現し、磁氣嵐の場合と同じく短波に大なる減衰を與へる。

c. 流星群 流星の軌道と地球の位置とが接近した場合には、電離層内に多くの流星

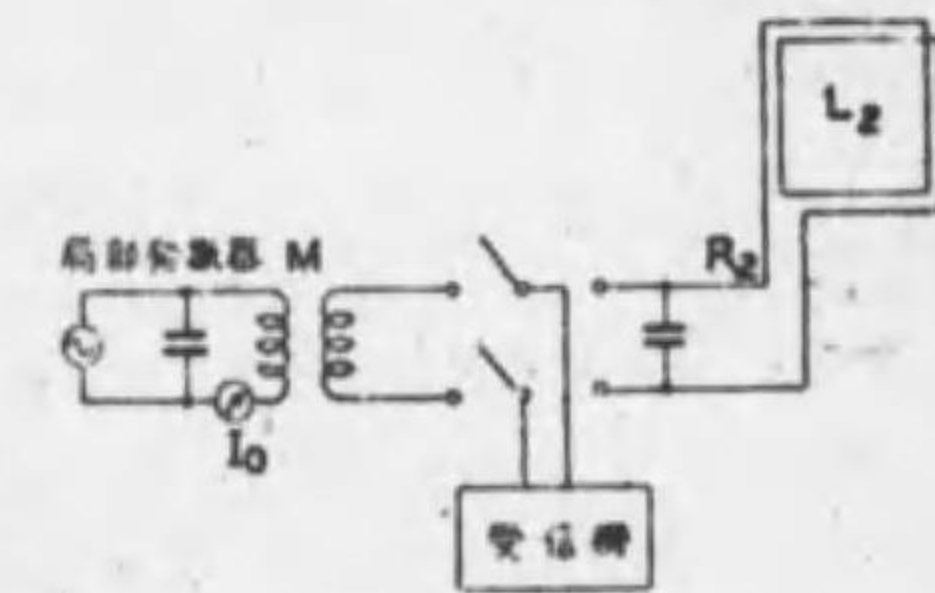
が突入するから、電離層の状態を擾亂させる。これがため短波は著しく散亂する。

d. 日食 電離層が一時的に夜間の状態に近くなるだけで、電波傳播には大した影響はない。

13. 電界強度測定法 受信點に於ける電波の電界強度を測定する方法には種々の方式があるが、その主なるものは電磁界によつて空中線に誘起する起電力を、別の局部發振器によつて與へられる同一周波数の起電力と比較するものであつて、例へば第 60 圖に於て減衰装置 (Attenuator) M を加減して、轉換器を空中線側に倒した場合と局部發振器側に倒した場合とが同一の受信強度を與へるやうに M を調整すれば、所求の電界強度 E (V/m) の値は次の如くなる。

$$E = \frac{I_0 M R_2 \lambda}{2 \pi S n L_1}$$

但 I_0 は局部發振器タンク回路の電流 (A)、 M は第 60 圖に示す部分の相互インダクタンス、 L_2 は棒型空中線の自己インダクタンス、(M と L_2 とは同一單位を以て表す) R_2 は棒型空中線回路の實効抵抗 (Ω)、 λ は波長 (m)、 S は棒型空中線の線輪面積 (m^2)、 n はその捲數とする。短波に於ける減衰装置としては主として抵抗を用ひる。電界強度は一般にミリヴォルト/メートル、マイクロヴォルト/メートル等を以て表すが、場合によつては $1 \mu V/m$ を標準としてこれを 0 db にとり、デシベルの値を以て表すこともある。即ち 0.1, 1, 10, $100 \mu V/m$ は夫々 -20, 0, +20, +40 db になる。

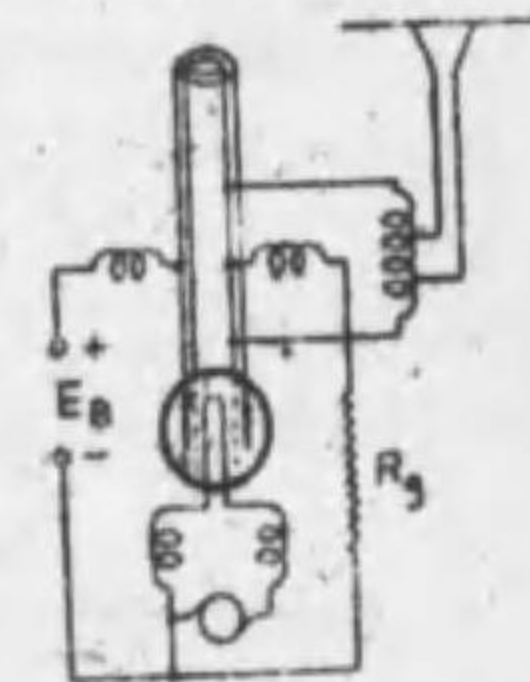


第 60 圖

14. 超短波並に極短波の送受信装置

a. 發振装置 波長數センチメートル程度までは真空管を用ひて持續電波を發生させることが出来るが、これ以下の波長では火花發振器を用ひる外はない。

(1) 反結合による法 波長 1 m 程度以上はこの方法によつて發振させることが出来る。この場合真空管のプレート、グリッド間の靜電容量及兩電極の導入線が振動回路の重要な要素となり、發振周波数は回路の定數で決定する。波長を短くする爲にプッシュプル接續も多く用ひられるが、一般に波長が短くなるに従て發振困難となり、出力も亦著しく減少する。第 61 圖の如く水冷管の圓筒型プレート及グリッドに夫々同心銅管を連結し、その長さを發振波長の約半分とし、銅管に於ける定常波を利用する方法が用ひられる。この方法によつて得られる電力は現在の所波長 5 m で 15 kW、能率約 40%、又波長 2.8 m で出力 12 kW 程度である。



第 61 圖

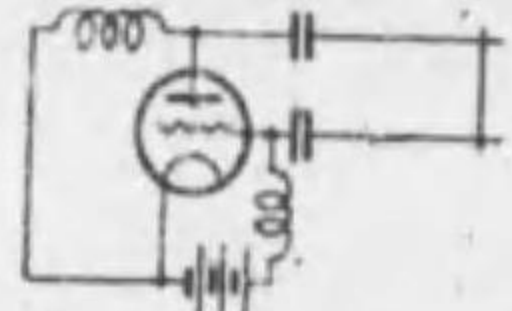
(2) マグネトロンによる法 圓筒型二極真空管の軸の方向に適當な直流磁界を加へて發振させる方法である。プレートを二分(又は四分等)した所謂分割マグネトロンは出力が大きいために實用される。この方法によつて得られる波長の極限は約 3 cm である。

(3) 二次電子又はガス・イオンを利用する方法 二次電子を利用する所謂ダイナトロンの負性抵抗を用ひて波長 70 cm 程度の振動を得る事が出来る。又不活性性ガスを油

當の壓力に封入した放電管を用ひ、波長數十センチメートルの振動を得る事も出来るが殆ど用ひられない。

(4) 電子振動による法 波長 1 m 程度以下の極超短波の發振に用ひられる。グリッドを正電位に、プレート等を零又は負電位として(第 62 圖)電子走行速度とその慣性を利用したものである。これに用ひる真空管は各電極が織條に對して同心圓環である事が望ましい。發振周波数は大體次式によつて與へられ、殆ど外部回路の影響を蒙らない。

$$\lambda \approx \frac{1000 d_p}{\sqrt{E_g}} \text{ (cm)}$$



第 62 圖

但 d_p は陽極の直徑 (cm), E_g はグリッド電壓 (V), プレート電壓零の場合である。この振動は發見者の名を冠して Barkhausen-Kurz の振動と稱せられる。この方法によつて得られる基本波の波長極限は 30 cm 程度であるが、適當な方法によりその高調波を取出す事が出来る。

(5) 火花間隙を用ひる法 金屬粉と油の混合物中で火花を飛ばせば波長 2 mm 程度の減幅振動を得る事が出来る。又その高調波は波長約 0.03 mm 程度まで検出する事が出来る。これにより赤外線を得られた最長波長 0.5 mm との間には全く間隙がなくなつた。

b. 周波數安定法 超短波の自動發振に於ては周波數を安定させることは極めて困難である。又現在短波で行はれて居るやうな水晶で制御された原發振器より周波數選倍装置によつて所要の安定な周波數を得る方法も装置が複雑となる缺點がある。最近電氣石振動子による周波數の制御が行はれるに至つた。これによつて波長 2 m 程度以上の超短波を直接制御し、良好な結果を得ることが出来る。

c. 變調法 極超短波に於ては未だ適當な周波數の安定装置なく、又超短波に於ても前項の如き制御装置を用ひない限り、發振周波數の變動著しく、受信側に於てヘテロダイク検波を用ひることは困難である。従て電話に於ては勿論、電信の場合に於ても可聴周波で變調を行つて信號を送らねばならない。變調の方法としてはグリッド變調、プレート側に於けるチョーク變調等が廣く用ひられる。尙受信側に於ける増幅を容易ならしめる目的で二重變調を行ふ事もある。この場合受信側に於ては檢波後變調周波數で増幅を行ふ。

d. 受信機 超短波では高周波増幅が困難であるから、再生又は超再生檢波法が廣く用ひられる。再生檢波は調整が非常に鋭敏となる缺點がある。一方超再生檢波ではこの缺點はないが、局部發振器による受信機固有の雑音が多い。局部發振器の周波數は低い程一般に感度はよいが、これに伴つて雑音も増大する。超ヘテロダイク檢波方式も屢用ひられるが、受信せんとする電波は勿論、受信側に於ける局部發振器の周波數が安定な場合に限られる。

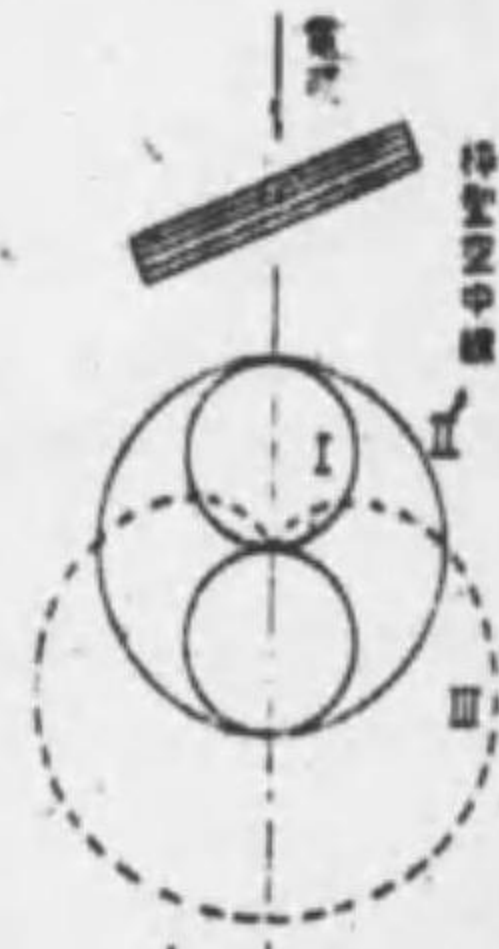
e. 空中線 送受信用空中線としては最も簡單な單一半波長ダブレットが廣く用ひられるが、波長が短いため指向性空中線を得ることが比較的容易である。指向性空中線には短波で用ひる方法をその儘利用することが出来るが、波長數十センチメートル以下の電波には略半波長に相當する長さの導體を拋物線狀に配置して、主空中線をその焦點に置いた拋物線型反射器が多く用ひられる。尙極めて波長の短いものには光の場合の如くパラフィンのレンズを用ひる。その他主空中線の前、送受信所を連ねる直線上に、半波長より少しく短い長さの導體を排列して指向性を増す所謂導波器も屢用ひられる。尙波長數メートル程度では空中線と送受信機との結合用として饋電線を用ひる事もある。

第 8 章 無線特殊應用並に特殊通信方式

1. 無線方位測定⁽⁴⁾⁻⁽⁶⁾

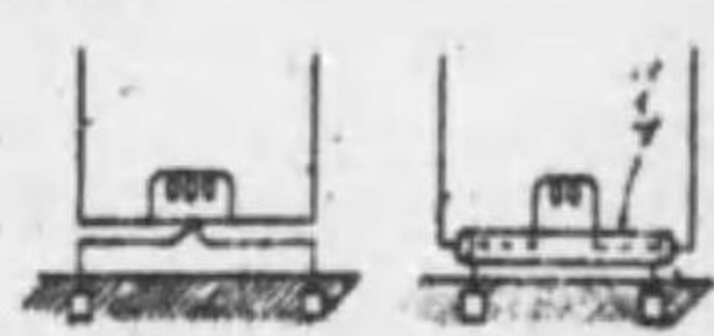
a. 方位測定の種別 受信點に於て到來電波の方向を測定して送信點の方位を探知し、或は逆に既知の送信地點に對する自己の方位を知ることが出来る。これを無線方位測定といふ。電波は一般に地球の大圓周に沿うて傳播するから電波到來方向と電波發生點の方向とは一致するが、短波の場合には跳躍距離内の地點では散亂現象のため測定不能になることがある。又送信點が受信點の對蹠點に近い場合にも誤差は著しい。方位測定には無線羅針及無線羅緯の別がある。これ等は共に船舶、航空機用として設置されるもので、前者は例へば二三箇所の羅針局で測定した方位を一つの羅針局で取纏めて海圖上で船舶の位置を決定してその結果を船舶に通告する方式である。後者はこれと反對に陸上にある無線局(標識局)から標識用信號電波を發射し船舶又は航空機上で方向探知器を用ひて自己の方位を測定する方式である。更に進歩したものに回轉無線羅緯がある。これは標識局に於て送信空中線を回轉せしめ、特殊装置を用ひて方向によつて強さ或は符號を異にする標識用電波を發射するものである。この場合には測定者側は單に受信するだけで方向探知器なしに目的を達し得る。又定期航空の如く航路の定まつてゐるものでは送信所で方向によつて特徴を異にする特殊電波を出し放しにして置いて、航空機が正しい航路を進んでゐるか否かを機上の装置に指示させる方式もあり、これを無線航路標識といふ。指示装置には聴覺式及視覺式の 2 種がある。

b. 方向探知器の種別 最も多く用ひられるものは棒型空中線であつて、これを垂直軸の周りに回轉すれば第 63 圖の I の如き方向特性曲線(8 字形曲線)を得る。實際の測定は棒を廻して受信電の最小になる方位を求め、これに 90° 増減して所求の電波到來方向を決定するのであるが、最小音の點は 180° を隔て、2 箇所あるから、その何れであるかを決定する必要がある場合には別に垂直空中線を置き、その起電力(第 63 圖 II)を棒型空中線の起電力に重疊し、一方の側で位相が相反するやうに調整すれば第 63 圖 III の如くハート形(カーチオイド形)曲線が得られ單一方向を決定することが出来る。又本編 6 章 6 の如く、互に直角の位置に置いた 2 箇の棒型空中線の起電力を直交する 2 箇の固定線輪とそれ等に結合された回轉搜索線輪とを用ひて、電波到來の方向を決定する装置をゴニオメーターといふ。棒型空中線の代りに夜間影響を少くするために第 64 圖アドコック空中線を用ひることもある。又ブラウン管を用ひて方向を直視決定する考案もある。



第 63 圖

c. 方位測定の誤差 電波が海岸線に沿うて進む場合、或は山岳、附近の導體等の存在により生ずる外部的誤差の外に、探知器それ自身に原因を有する誤差がある。棒型空中線が左右對稱でないやうな不平衡のために垂直空中線效果による誤差を伴ふから例へば第 65 圖の如き方法によりこれを除く。次に重要なものは夜間影響による誤差で、その原因は上空電離層から戻つて來た空間電波には電波の入射面に垂直の方向に振動する電氣力が存在し、それが棒型空中線の上下の水平部分に起電力を誘發



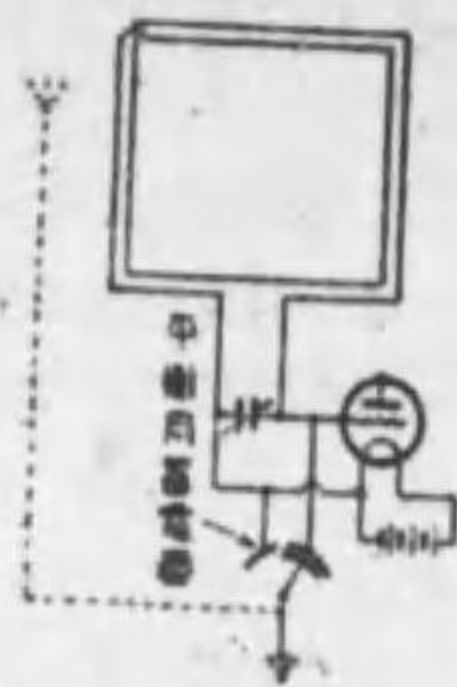
第 64 圖

するためであつて、これを除くには第 64 圖のアドコック空中線を使用する以外に方法はない。その他船舶では船體の形が四方一様でないために、又ゴニオメーターでは搜索線輪を切る磁束が各部均一でないために起る誤差がある。これ等は豫め修正曲線を作つて置いて補正する。

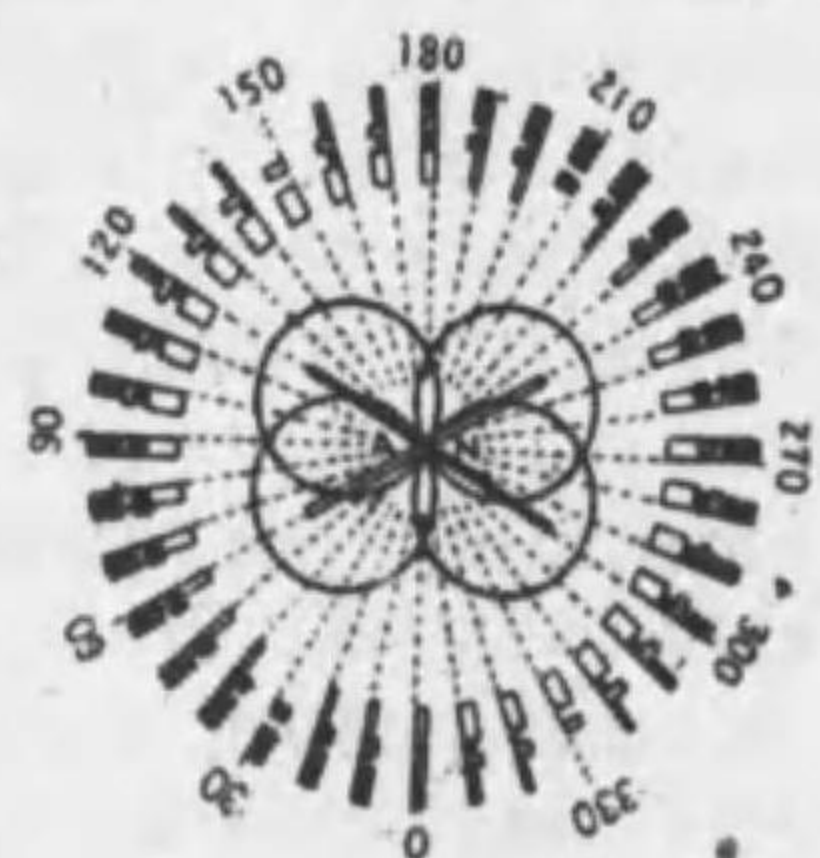
d. 回轉無線標識送信装置 枠型空中線を回轉する方式が一般に行はれてゐる。その一例を示せば回轉枠型空中線の輻射最小の方向が真北に一致した場合に、「北」信號を發射し、測定者はこの信號を聞いた後受信音が最小になる迄の時間をストップ・ウォッチにより測定して真北からの回轉角即ち自己の方位を知る。

e. 無線航路標識送信装置 第 66 圖に於て A 空中線はモールス符號 A (— ·), N 空中線は N (— ·) を交互に發射すれば、兩空中線からの電界強度が等しくなる線上では受信音は連続した音 (—) になる。従て常に連続音が聞えるやうな方向に操縦して行けばよいことになる。これは聴覺式であるが、視覺式の一例は 2 箇の枠型空中線から 2 種の變調周波數に同調する振動片に導き、2 箇の振動片の振動振幅が等しいやうな方向に飛べばよいのである。

f. 方位測定用地圖 これには一般にオーソドモミック式地圖とマーケター式地圖とがある。送受信地間の距離が大きくなると何れにしても修正を必要とする。



第 65 圖



第 66 圖

2. 光通信 電磁波スペクトルに於て紫外線より赤外線に至る範圍を搬送波として利用するのが光通信である。理論的可視距離(本編 7 章 9 参照)以上は通信不可能であるから 100 km 以上は困難である。光束の開き、傳播媒質中での減衰等を考慮すると實用通信距離は 30 km 位迄である。

送信装置は光源、光學系、變調装置から成り、光源としては弧光燈、白熱燈、グリム燈があり、弧光燈は輝度高く白熱燈は安定且簡便である。光學系はレンズ或は反射鏡の組合せで極力並行光線に近くする。變調は専ら振幅變調であつて光源變調及光鏡變調の 2 方法がある。光源變調用光源としてはグリム燈が最も周波數特性が良いが輝度が弱いから實用上は弧光燈或は白熱燈を用ひる。孰れも豫め直流で加熱しこれに交流を重畳するのであつて、周波數の増加に伴ひ出力は甚しく減少するが電話に差支へる程ではない。特に弧光燈の弧光部分を用ひれば高周波變調も出来る。光鏡變調としてはスリットを機械的に振動させる方法、鏡を振動させて障壁を通る反射光を変化させる方法、ケル効果を利用する方法等がある。何れの變調方法に於ても變調度を深くするため音響増幅を行ふ。

受信装置は光學系、光電装置及増幅器の組合せである。光學系にはレンズ或は反射鏡を用ひ、光電装置にはセレンウム管、タロフアイル管、光電管を用ひる。光電管には遅れはないが、セレンウム管及タロフアイル管にはあつて可聴周波範圍で周波數歪の原因になる。赤外線受信には波長 1 μ 附近に最大感度を有するタロフアイル管が有効である。増幅器は 3 μ 位の可聴周波増幅を行ふ。

實際に通信し得る距離は光源、光學系及増幅器に支配されるが、大體晴天なら電信で 20 km 位、電話で 10 km 位、雨天ならその數分の一乃至數十分の一位である。

3. 秘密通信 通常の受信機で受信し難い送信方法を四つに大別する。

a. 高周波振幅變調後に技巧を加へるもの 單側波帶方式(本編 3 章 4 参照)の他に更に技巧を加へ、送信しない間は搬送波の輻射をも抑へるもの、故意に周波數歪を單側波帶内に起させるもの等があり、これ等は孰れも電話に限る。その他搬送波を 2 箇以上用ひ音響を時間的に分割して各搬送波を變調しこれ等を同時に受信しないと内容が判らないやうにしたもの、搬送波の周波數を周期的に変化させるものがあつて、これ等は電信電話兩用である。

b. 變調前に信號そのものに技巧を加へるもの 電信には暗號があり電話には 4 種の方法がある。

(1) 音響スペクトルを轉倒する方式 音響中に含まれる種々の周波數の中、低い周波數のものを高い周波數に、高い周波數のものを低い周波數に変換するのである。受信側では逆の操作によつてもとに戻す。又音響周波數帯を數箇に分割し、箇々に轉倒を行ふ方法もある。

(2) 遅延回路を用ひる方式 音響周波を二つの周波數帯に分割し一方を遅延回路を通して後兩者を合せれば話が不明瞭になる。受信には送信と同様に二つに分割し一方の位相を元に戻してから合成する。

(3) 隠蔽効果を利用する方式(27 編 5 章 2 参照) 低周波の大きな音を音響に重畳すると話が蔽ひ隠されて了解困難になる。受信側では受信音を二つの並列回路に導き一方を遅延回路を通して隠蔽音の位相を丁度 180° だけ遅らせてから兩者を合成すれば音響だけを聞く事が出来る。

(4) 多重通信(本章 7 参照) 轉倒した二つの音響スペクトルの間に電信を入れ受信にはこれ等を濾波器で分けて元に戻すのであるが、濾波器を用ひずに唯周波數スペクトルを元に戻した場合には電信に用ひた周波數の喰りが入つて了解が困難になる。

c. 振幅變調以外の變調法を用ひるもの(本編 3 章 4 参照)

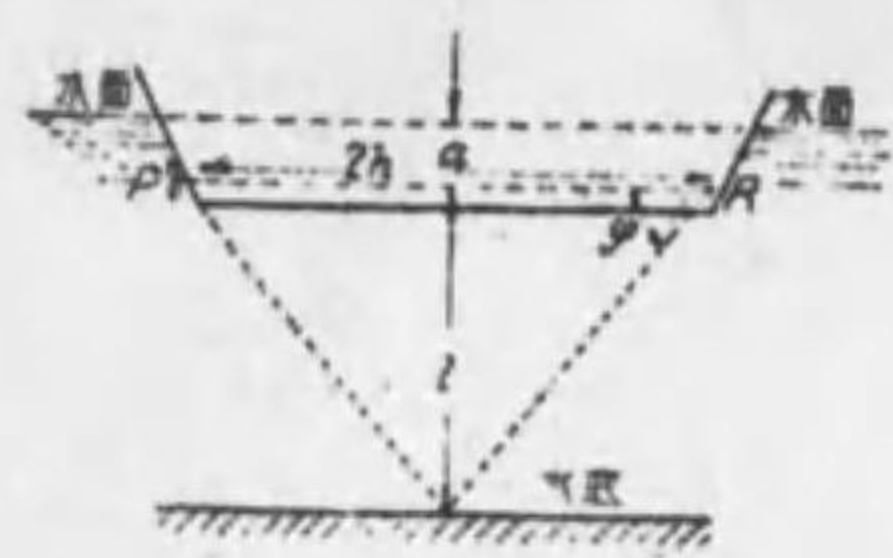
d. 目的地の方向のみに波を出すもの 超短波(本編 7 章 9 参照)或は光波(本章 2 参照)の如き極めて鋭い方向性を有するものを用ひる。

以上の諸方法は各自單獨に行ふ必要はないのでこれ等を適宜組合せればその秘密性は一段と増加する。而してその組合せを種々變化し受信側に於てはこれと同期的變化を行へば盜聴の虞は益々減少する。

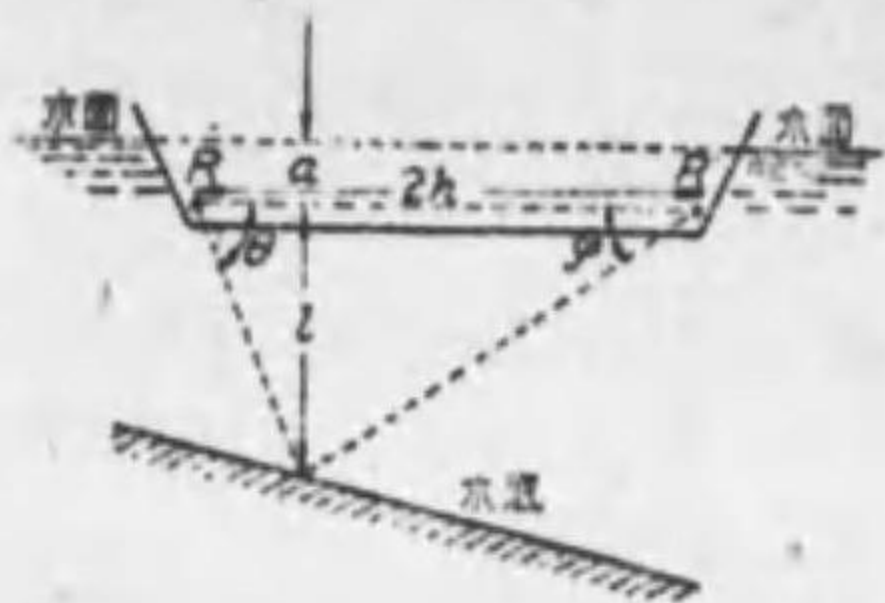
4. 水中信標 主として音響法を用ひ通達距離は最大 250 km 位である。低周波音源には電磁型及可動線輪型(Fessenden 發音器)がある。音響検出器には純粹な音響型と音響を一度電氣に変へる型(マイクロホン)とがある。高周波音源には水晶を用ひこれを多數集めて勢力を大にする(Langevin 發音器)。受信には同一の水晶を用ひて超音波を探り喰り受信を行ふ。

水深測定には淺い時(200 m 以下)は船のプロペラー等の音を直接利用する。第 67 圖でプロペラー P の音を R で聞き方向 φ を求めれば水深 H は

$$H = a + l = a + h \tan \phi$$



第 67 圖



第 68 圖

水底が第 68 圖の如く傾いて居る場合には R 及 R' の音を R' 及 R で聞き、方向 φ 及 θ を求めると

$$H = a + l = a + \frac{2h \tan \theta \tan \varphi}{\tan \theta + \tan \varphi}$$

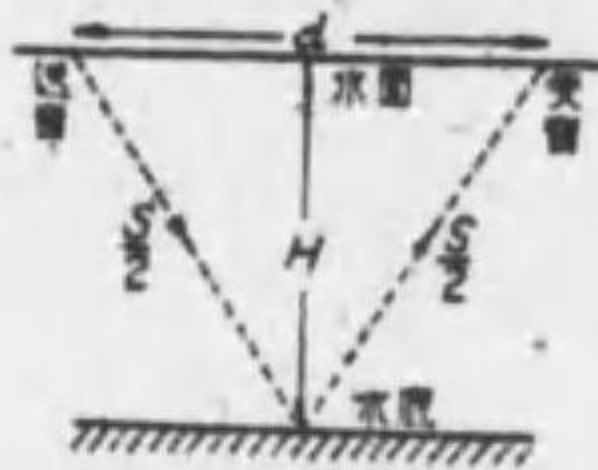
深い場合には特に發音器と受信器とを備へ、反射音の戻る時間を求めて水中に於ける音の速度から深さを出す。音波に音波を用ひるのが Fessenden 法、超音波を用ひるのが Langevin 法である。

音源の周波数を變へ得る場合には受信器を二つ用ひ一方に原音を他方に反射音を入れて兩者の位相を一致させる。周波数 f_1 の時に一致し、更に周波数を増して f_2 で一致すれば第 69 圖に示す如く

$$S = \frac{C}{f_2 - f_1}$$

$$H = \frac{1}{2} \sqrt{S^2 - d^2}$$

こゝに C は水中に於ける音波の速度である。



第 69 圖

5. 無線操縦 制御所から被制御所に於ける諸設備を動作させるのに電波を用ひる方法であつてこれを三つに大別する。

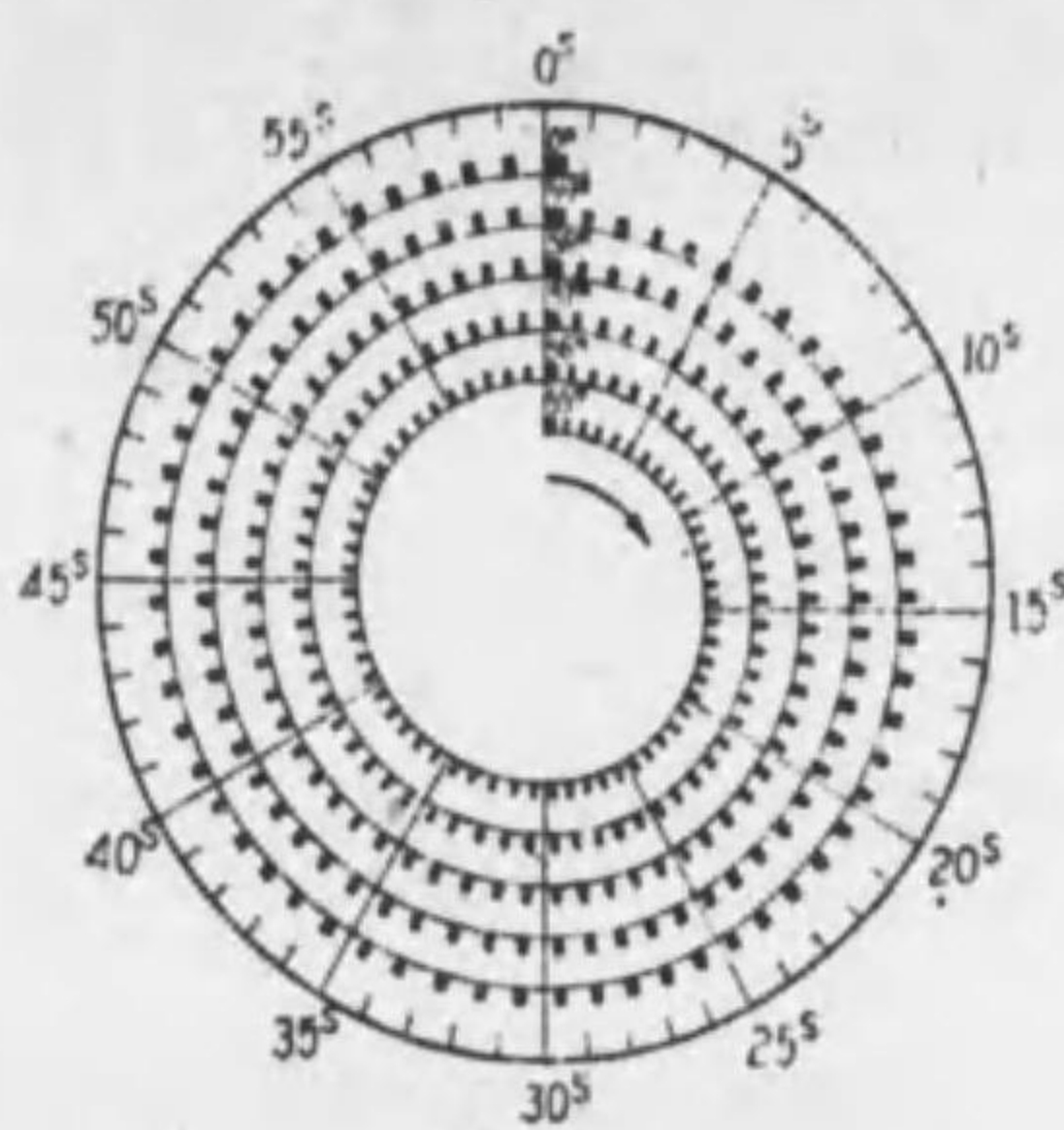
a. セレクター方式 (27 編 7 章 3 参照) インパルスの数或は符號の組合せに依り目的の回路を選択する。

b. 多種周波数方式 數種の異つた周波数の搬送波を用ひ同数の受信機で受けてその組合せで選擇を行ふ。

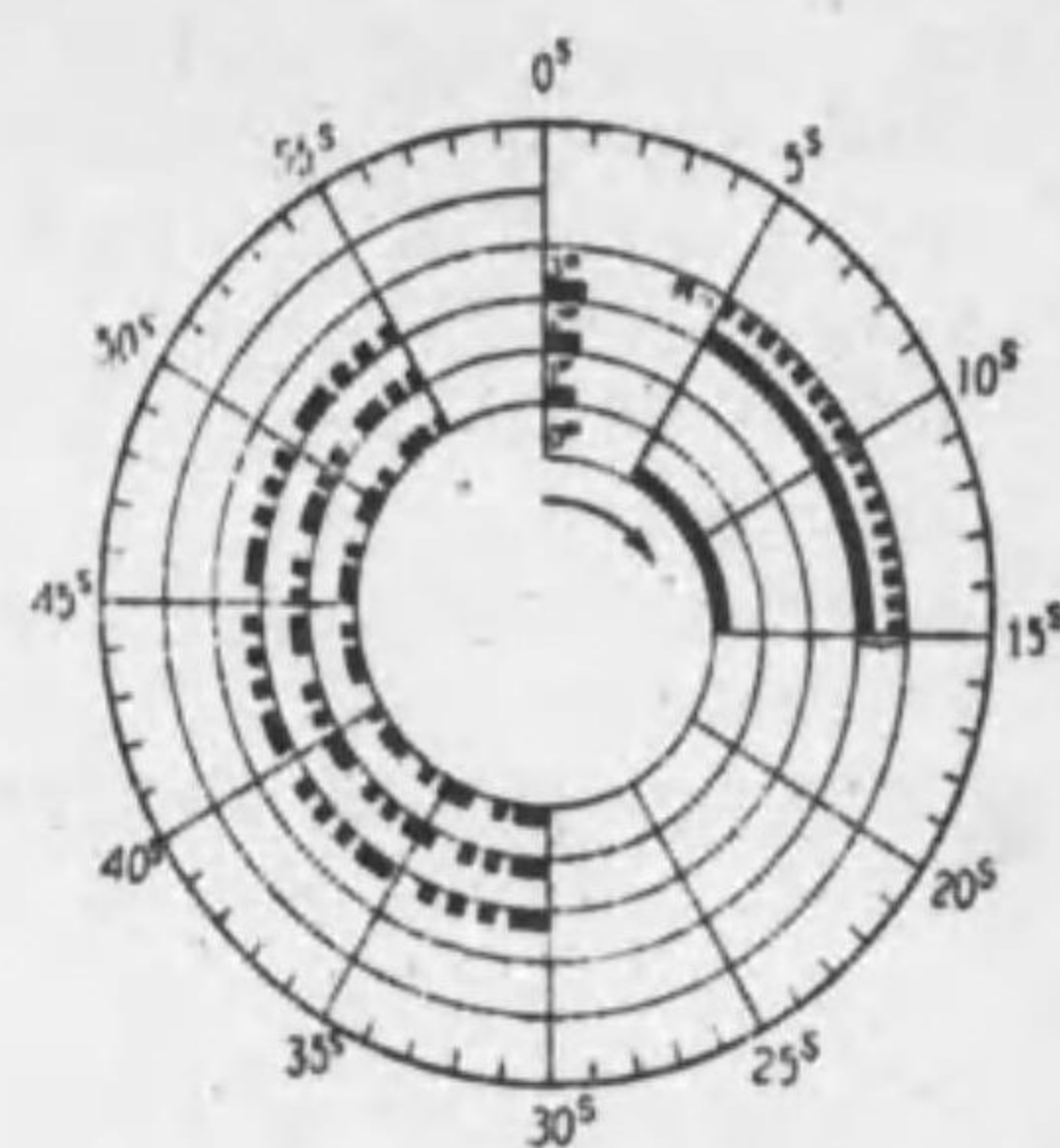
c. 多重變調方式 搬送波を數種の周波数で變調し、變調周波数の組合せに依て選擇する。

空電等に依て誤選擇を起すのを防ぐ意味で b, c は a より優れてゐる。選擇数は 20 箇以下位であるから通常 6 箇の信號のうち 5 箇を利用し、1 箇を非常用としこれを二組組合せて 25 箇の信號を送り得るやうに作る。

6. 無線報時 東京天文臺觀測の標準時を東京又は銚子無線局より放送する報時信號は注意符號と時刻符號とより成り、注意符號としては CQ なる探呼符號、無線局呼出符號及 Time Sign なる符號を約 45 秒間送信し、約 5 秒間休止の後時刻符號に移る。時刻符號は學用報時式と分報時式とがあり、學用報時式は第 70 圖の如く平均太陽時の 1 分間に 61 の等間隔短點を報時器から自動的に送出する。但丁處分に始まる點 (順位 1, 62, 123,

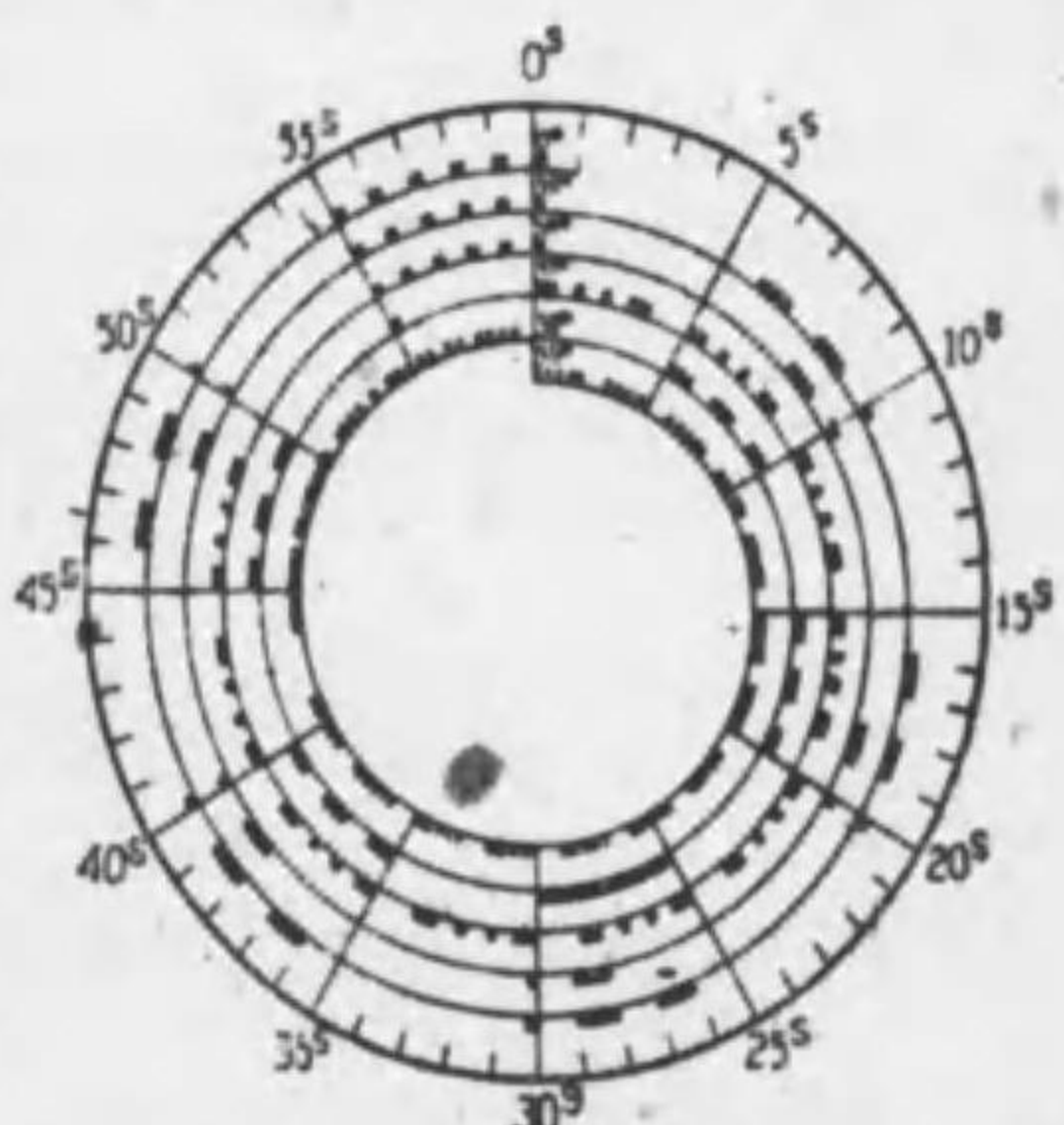


第 70 圖 報時符號 (學用報時式)



第 71 圖 報時符號 (分報時式)

184, 245 及 306 に相當する) に限り約半秒の長點を以てこれに代へる。分報時式は第 71 圖の如く 1 分 0 秒, 2 分 0 秒及 3 分 0 秒より各約 1 秒の長點を報時器から自動的に送りその他は手送であるが、報時に異常のないときは 8 分 5 秒より約 10 秒の長點を送り、若し報時が不正確に絶つたときは長點の代りに短點を約 10 秒間連送する。分報時式は日本獨特の方法であるが學用報時式は國際的に通用する。その他國際的に認められてゐる報時には 1925 年協定の新國際式報時符號があり、その形式は第 72 圖の通りである。

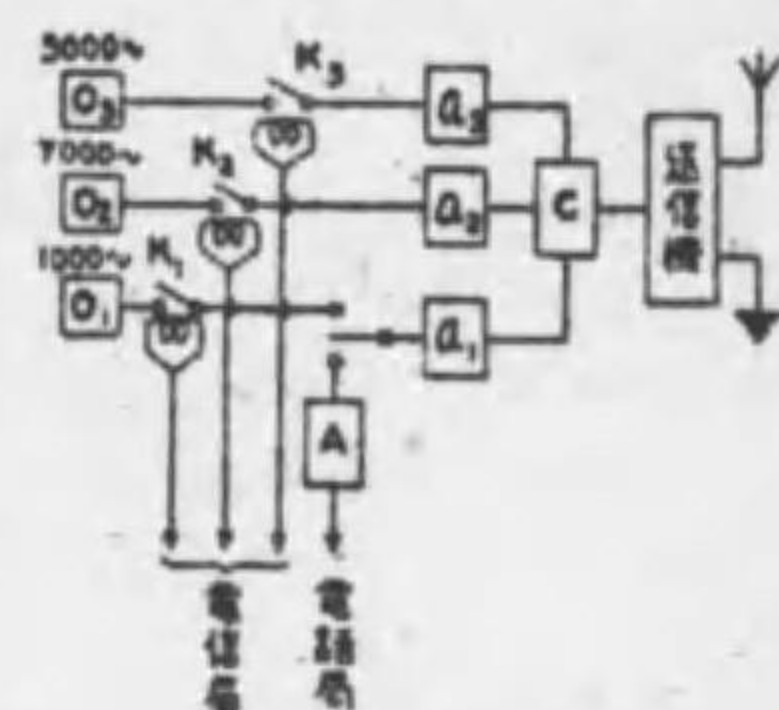


第 72 圖 報時符號 (國際式)

7. 多重通信 一つの電波を使つて、

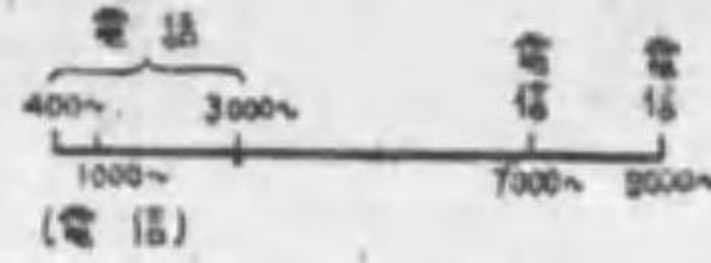
數回線の電信又は數回線の電信と數回線の電話とを同時に送る通信方法である。従て多重通信法は普通の 1 電波 1 回線の通信方式に比較して設備が經濟的であり、又周波数割當の上にも利するところが多い。

第 73 圖は Marconi 式多重通信法の送信原理を示すもので、電信 3 回線か又は電信 2 回線と電話 1 回線を同時に同一電波で送る事が出来る。發振器 O_1, O_2 及 O_3 で夫々 1000 \sim , 7000 \sim 及 9000 \sim の交流を發生し、その各出力を減衰器 a_1, a_2 及 a_3 で適當な値にして後、結合装置 C で合成して送信機の出力を變調する。従て O_1, O_2 及 O_3 の出力を電鍵 K_1, K_2 及 K_3 に依て夫々別の電信符號で斷接すれば、發射電波は三つの違つた電信を同時に送る事になる。發振器 O_1 の回路を音聲増



第 73 圖

幅器 A へ切換へて、電信 1 回線を電話 1 回線に換へる事も出来る。電話の周波数帯は濾波器に依て 400~3000 へ間に保ち(第 74 圖)又變調度は電信電話各 30% にとり全體として 90% にしてある。



第 74 圖

受信側では適宜な濾波器を用ひて、電信及電話電流を夫々分離して聴取する。

多重通信方式の代表的なものとしては上記 Marconi 式の他に、Telefunken-Siemens 式(電信 2 回線と電話 1 回線)及 S.F.R. 式(電信 1 回線と電話 2 回線)があり、夫々部分的には多少相違してゐるが原理は孰れも同じである。

文 献

(1) 國際電気通信條約, 官報, 12月28日(昭8) (2) 同附屬一般無線通信規則, 官報, 12月28日(昭8) (3) Avis émis par C. C. I. R. (La Haye), B. I. T. (1930); 中上・竹林: 通信協會誌 6, 7, 8 (昭5) (4) Avis émis par C. C. I. R. (Copenhagen), B. I. T. (1931); 中上: 信話誌 1941 (昭6) (5) 局名録, 統計等は Bureau International de L'Union Télégraphique, Berne より發行せり, その目録は Journal Télégraphique に毎號掲載してある。 (6) 放送時報 10, 1 (昭8) (7) Espenschied: I. R. E. 16, 773 (1928) (8) Hooper: I. R. E. 16, 1240 (1928) (9) Dellinger: I. R. E. 17, 1326 (1929) (10) Whittemore: I. R. E. 17, 1343 (1929)

(11) Quäck & Mögel: E. N. T. 7, 277 (1930) (12) Terman: I. R. E. 18, 167 (1930) (13) Ring: I. R. E. 20, 611 (1932) (14) Eckersley: I. R. E. 21, 193 (1933) (15) Conference Ser. U. S. Gov. (1930) (16) 帝國法規, 20 類等 (17) 官報號外, 7月29日(昭8) (18) 官報, 8月31日(昭8) (19) 中上: ラヂオの日本 91 (昭8) (20) Gherardi & Jewett: B. S. T. J. 11, 485 (1932)

(21) Latimer: Proc. W. Eng. Congr. XX, 124 (1931) (22) Mögel: E. N. T. 10, 237 (1933) (23) Byrness & Coleman: I. R. E. 18, 422 (1930) (24) Van Der Bijl: Thermionic Vacuum Tube 132 (1930) (25) Mallett: J. I. E. E. Wireless Section 5, 124 (1930) (26) Koga: Rep. Radio Res. Japan 4, 61 (1934) (27) Palmer: Wireless Principles and Practice 227 (1926) (28) 権澤: 本邦特許第 92574 號 (29) 藤井・飯本: 電學誌 52, 340 (昭7) (30) Heising: I. R. E. 13, 291 (1925)

(31) 荒川: 最近に於ける無線通信工学(電氣學會編纂)(昭8) (32) Eppen & Gothe: E. N. T. 10, 173 (1933) (33) 加藤・竹内: 信話誌 64 (昭8) (34) 加藤: 信話誌 589 (昭6) (35) 加藤: 最近に於ける無線通信工学(電氣學會編纂) 245 (昭8) (36) 小泉: 電試調報 55 號(昭3) (37) 電氣學會: 最近に於ける無線通信工学(昭8) (38) 藤波: 電波傳播理論(昭8) (39) 宇田: 電學誌 51, 綜報 21 (昭6) (40) 岡田: 電試調報 90 號(昭8) (41) Palmer: Wireless Principles and Practice 433-492 (1928) (42) Keen: Wireless Direction Finding (1927) (43) 小野: 電學誌 51, 410 (昭6)

第 29 編 各種の電氣應用

- 主任 加藤 静夫 (電機學校)
 青山 秀三郎 (東京帝國大學)
 伊賀 秀雄 (東京市電氣局)
 尾本 義一 (東京工業大學)
 熊野 省四郎 (東京市電氣局)
 多田 源二郎 (通信省電氣局)
 西川 正治 (東京帝國大學)
 原田 保之助 (東京市電氣研究所)
 福田 節雄 (東京帝國大學)
 間崎 龍夫 (三菱重工業會社)
 眞鍋 嘉一郎 (東京帝國大學)
 山口 吉郎 (東京帝國大學)

目 次

第 1 章 電氣收塵..... 1609-1610
 電氣收塵——コットレル式電氣收塵裝置——電氣收塵の應用

第 2 章 探鑛に於ける電磁氣の應用..... 1610-1614
 磁氣探鑛法——電氣探鑛法——磁氣選鑛法——靜電選鑛法

第 3 章 自動車の電氣裝置..... 1614-1617
 電氣裝置の大要——配線方式——蓄電池——發電機——起動電動機——發火裝置——照明裝置その他——自動車取締令の中電氣に關するもの

第 4 章 艦船に於ける電氣の應用..... 1617-1621
 發電裝置——配電裝置——電燈裝置——探照燈裝置——對外通信裝置——船内通信裝置——航海用電氣裝置——電氣雜裝置——漁船の電化——法規及船級協會, 學會規定類

第 5 章 X 線..... 1621-1628
 X 線——X 線スペクトル——X 線の屈折——X 線の弱減——二次線——X 線の廻折干涉——X 線結晶分析——X 線スペクトルによる化學分析——X 線の檢出及エネルギーの測定

第 6 章 醫療用電氣機械..... 1628-1637
 醫療用電氣機械——電氣療法機械——感應靜電氣療法——高周波電氣療法——光線療法——電氣診斷器——電氣の間接應用

第 7 章 電気時計	1637-1640
電気時計の種類—振子駆動型—衝流型—同期型—電気持型—指針補正型—振子補正型	
第 8 章 信託装置	1640-1644
交通整理信號機—火災報知機—呼鈴—個人呼出装置—その他	
第 9 章 農事に於ける電気の應用	1644-1646
電気栽培—養鶏—養蠶—害蟲誘殺	
文 献	1646

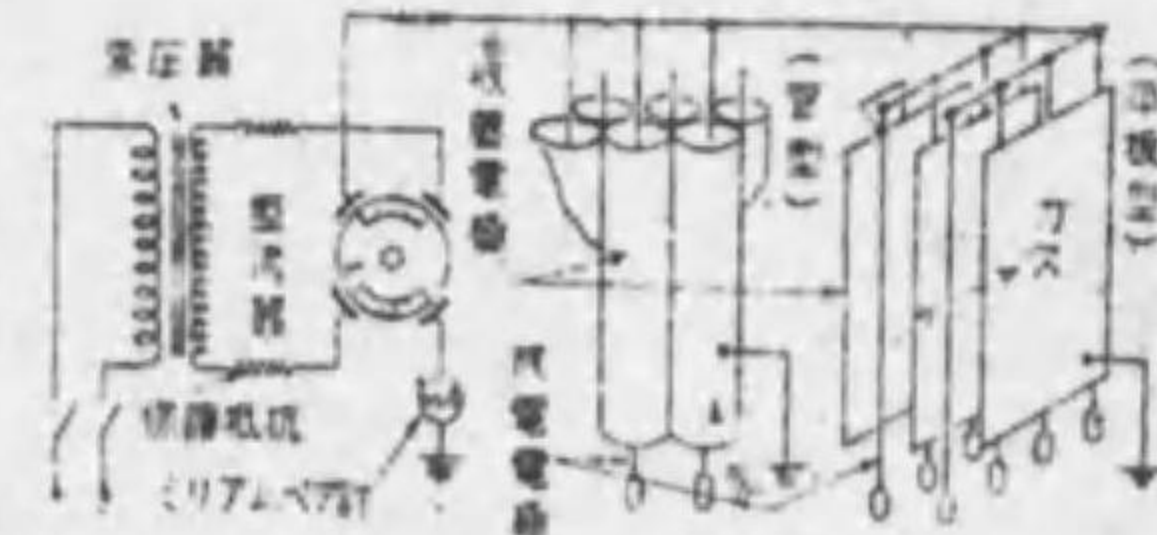
第 29 編 各種の電気應用

第 1 章 電 氣 收 塵

1. 電氣收塵 一般にガス中からその中に浮遊する固状乃至液状の微粒子を電氣的方法で除去し或は採集する事を電氣收塵と云ふが、現在専ら用ひられてゐる方式はコットレル式である。

2. コットレル式電氣收塵装置

a. 装 置 装置の主要部分は、第 1 圖に示す如く、一般交流電源から數萬ヴォルトの高圧直流電源を得る爲の昇壓変壓器と整流器、及直接收塵作用に與る陽陰兩電極の組合せとから成る。整流器としては現在同期電動機型機械的整流器が廣く用ひられ、單相高壓交流の全波整流を行はしめる。電極の一方は放電電極と稱し、その表面から容易にコロナ放電が起り得るやうな形の電極であればよく、普通針金或は金網が用ひられる。他は收塵電極と云ひ、出来るだけその表面からコロナ放電の起り難い形の電極である事を要し、通常表面の滑かな平板或は管が用ひられる。兩種の電極を第 1 圖の如く對立せしめ、兩者の間に直流高壓を加へて放電電極上にコロナ放電を起さしめて置いて、兩電極間に處理すべきガスを導くと、ガスがその間を通過する間にその中の微粒子の大部分は收塵電極面上に採集され、その小部分が放電電極に附着し、ガスは滑淨になる。通常收塵電極を接地し放電電極に陰電位を加へる。ガス温度は現在攝氏數百度まで處理可能である。



第 1 圖

收塵電極が管形であるか平板形であるかに従ひ、管型或は平板型收塵器と稱する。特に收塵電極の導電部分をコンクリート等の半導體で被覆したものを被覆型と云ふ。管型では内徑 15cm 前後、長さ 2~5m の管を處理すべきガス量に応じて適當な數を並列に配置し、その各の中心に直徑 2mm 内外の金屬線を吊す。平板型では金屬板或は鐵心コンクリート板の如き平板を 15cm 程度の間隔を以て、ガス量に應じた數だけ平行に配列し、各板間の中心面内に 15cm 前後の間隔に直徑 2mm 程度の金屬線を吊し、或は比較的目の粗い金網を配置する。以上が現在最も廣く採用されてゐる電極の寸法である。放電電極の下端には振れ止め錘（普通約 2kg）を附し、又時々放電電極を叩いてその上に堆積する塵を拂ひ落す爲の打撻装置を設ける。

b. 原 理 放電電極上に負性のコロナ放電が起り而も收塵電極上には何等放電が起つてゐない場合には、放電電極周囲の極く薄い電離層（コロナ範圍）を除く放電收塵兩電極間の空間の大部分は、電離層中に生じそこから電界に従ひ陽の收塵電極に向つて走行する陰のガスイオン或は電子を以て充滿して居る。従てその中に来る微粒子は忽ちイオン或は電子との衝突に依て陰に帯電し、その結果兩電極間の電氣力に従ひ陽の收塵電極面上にまで推進されその上に採集される。これが現在一般に認められてゐる收塵の原理である。

c. 特性 收塵器内で単位體積のガス中から收塵された微粒子の總重量と收塵前に単位體積ガス中に含まれてゐた微粒子の總重量との比を百分率で表した値を收塵率と云ふ。與へられた收塵器に就ては、處理する單位時間當りのガス量が小さい程即ちガスが器の兩極電極間を通過する時間(收塵時間)が長い程又電壓高く放電電流(第 1 圖中ミリアムペア計の読み)の大きい程收塵率は高くなる。一般に小さい粒子より大きい粒子の方が收塵が容易である。普通收塵作用の良好な場合には 95~99% 以上の收塵率を得る事可能で、作用が比較的不良の場合でも 85% 内外の收塵率を得る事容易である。上述の如き寸法の收塵器で 90% 以上の收塵率を得るに必要な收塵時間は普通 1.5~3.5s である。ガスト路(管或はダクト)の断面積 A , 通路の數 n , 電界の長さ L , 收塵時間 T 及單位時間當りのガス量 Q の間には略次の關係があり、與へられた Q 及必要な收塵率に對する T の値から L と nA の積が定まり、これを L と nA に適當に振り分ければよい。 Q を收塵器の容量とも云ふ。

$$Q = L(nA)/T^2$$

d. 電氣設備 $1m^3/s$ のガス量に對し 0.4~0.8kW の設備電力を要し、普通約 100 000 m^3/h のガスを處理する收塵器に 15kVA 内外の單相變壓器 1 臺を設備する。變壓器高壓側電壓は收塵器の電極の寸法及收塵時間の大小その他により異なるが、上述の如き寸法及收塵時間に對し、220V/66kV の電壓のものが用ひられ、低壓側 150~180V で運轉されてゐるのが普通である。この時の放電電流の平均値は放電電極の長さ 1m 毎に 0.01~0.1mA である。

3. 電氣收塵の應用 一般工業用回轉窯(例へばセメント製造用回轉窯)、金屬原礦の焙燒爐、粉煤塵、硫酸製造用原礦焙燒爐、硫酸蒸餾爐、一般乾燥器、製鐵用熔鐵爐、塵埃燒却爐等からの排煙、火力發電所に於けるやうな石炭燃焼爐、炭酸ガス、石炭ガス等を處理しその煙害を防ぎ、排煙中の有價物を採集又は回收し、或はガスそのものを清淨にして目的の用に供する。毒ガスの防禦或は果汁粉、コナミルク等粉末の噴霧蒸發製造に應用された例もある。

第 2 章 探鑛に於ける電磁氣の應用

1. 磁氣探鑛法 磁鐵礦、フランクリン石、チタン鐵礦及磁硫鐵礦の如き強磁性礦物(第 1 表参照)の鑛床探査に直接應用することが出来るばかりでなく、砂金、岩鹽及石油等の諸鑛床、並に一般地質構造の調査にも利用し得る探鑛法である。たゞこの間接の場合にはそれ等の特殊鑛床中に、磁性礦物が隨伴して存在することが必要條件である。

この磁性鑛床による地球磁氣分布の局部的變化を検査するには、普通の水平羅針盤に規板を附したもので、又は水平軸のある

第 1 表 鑛物及岩石の磁化率

鑛物	磁化率	岩石	磁化率
磁鐵礦	$\times 10^{-6}$ 97 350	斑 銅 岩	$\times 10^{-6}$ 3 300
フランクリン石	35 040	蛇 紋 岩	1 270
チタン鐵礦	30 740	玄 武 岩	600
磁硫鐵礦	7 020	珪 岩、石灰岩	0

(R. Ambronn による)

垂直羅針盤ならば孰れもこの目的に使用される。一般に磁氣探鑛機として使はれて居る

Thalén-Tiberg 磁力計、或は Thomson-Thalén 磁力計は 1 箇の羅針盤を三脚臺の上に支へたもので、1 機を以て正しく方位角及傾角を測定し得るばかりでなく、同時に小さな偏向磁石を加へて局部的磁界の強さを測ることも出来る。

Schmidt のパリオメーターは水平及垂直の方向に於ける磁力線の關係値を精査するに適し、その精度は 1γ (10^{-8} エルステッド) である。又米國華府 Carnegie Institution の誘導式磁力計も、地層の傾斜を測る目的には最も便利な裝置である。

これ等の探鑛機を以て實測を行ふ場合には、まづ探査すべき鑛床の全區域に亘つて、10~30m の間隔に正しく十字網を定め、その交點に器械を整置し、方位角及傾角、水平磁力及垂直磁力等を算定するに必要な數値を讀了し、その結果等方位角線、等傾角線又は等磁力線圖を作成し、磁性鑛床の推斷を行ふのであるが、多くの場合等傾角線又は等垂直磁力線圖による方が、水平關係圖よりも推理が容易であり、簡單な鑛床であればその廣表は素より深度まで探査し得た例がある。地形の關係もあるが地下 1km 以上、時に 4~5km までも深く深成岩の位置を調査し得る可能性がある。

現在瑞典の産鐵地方をはじめ歐米の各地に於て盛に實用に供せられて居るが、我國では鑛山が少い關係もありあまり發達を見ず、漸く近年に及び或は岩手縣釜石鑛山に、或は兵庫縣高野鑛山に試みられ、やがて滿鮮方面にもその應用を見んとする情勢である。

2. 電氣探鑛法 硫化鑛床の内部に自然的に起る分極又は人爲的に地中に通じた電壓によつて、地表に特殊な電界を生ぜしめ、その固有抵抗又は電位差を測つて、その鑛床の種類、形狀及位置を探査するのが最も普通である。有用鑛物及岩石の電氣固有抵抗は第 2 表に示す如く、その成分の關係により孰れも或る範圍に跨るものが多いのであるが、硫化鑛物例へば磁硫鐵礦、方鉛礦、黃銅礦及黃鐵礦等と、石灰岩、花崗岩及珪岩等の間には相當著しい相違がある。

第 2 表 鑛物及岩石の電氣固有抵抗

鑛物	固有抵抗 (Ωcm)	岩石	固有抵抗 (Ωcm)
磁硫鐵礦	$10^{-5} \sim 10^{-1}$	河 砂	$10^6 \sim 10^8$
方鉛礦	$10^{-2} \sim 10^0$	土 壤	$10^6 \sim 10^8$
黃銅礦	$10^{-1} \sim 10^1$	蛇 紋 岩	$10^6 \sim 10^8$
黃鐵礦	$10^{-1} \sim 10^1$	輝 綠 岩	$10^6 \sim 10^8$
磁鐵礦	$10^{-1} \sim 10^1$	砂 岩	$10^6 \sim 10^{11}$
閃亜鉛礦	$10^0 \sim 10^2$	珪 岩	$10^6 \sim 10^{11}$
石 炭	$10^0 \sim 10^2$	粘 板 岩	$10^6 \sim 10^{11}$
石 英	$10^{10} \sim 10^{14}$	片 麻 岩	$10^6 \sim 10^{11}$
方解石	$10^{12} \sim 10^{16}$	花 崗 岩	$10^6 \sim 10^{12}$
岩 鹽	$10^{13} \sim 10^{20}$	石 灰 岩	$10^6 \sim 10^{12}$

その電壓は發明の徑路によつて様々であり、佛國の Schlumberger 法は直流を、瑞典の Lundberg 法は交流を、又伊國の Smalzi 法は脈動電流を電源とするので、各一長一短を免れないが、たゞ電極の近くに於ける局部的分極作用の發生を極力防ぐこと、等位線の描出及その鑛床による擾亂の形態が出来るだけ容易に又明瞭に現出し得ることが必要である。固有抵抗を測るにはミリアムペア計と電位差計によるカメッターを用ひ、電位差を見るには電位差計又は受話器による。何れにしても鑛床内部に於ける電壓は極めて低く、200~300mV 程度までを精査しなければならぬ。

かくの如く直接地中に電流を通じないで誘導線輪による瑞典の Sundberg 法等も追々應用されて來たのであるが、これは前の電導法と異り比較的乾燥した地域で行へば効果的である。又この電氣探鑛法の一案として飛行機上から電磁波をおくつて、地下鑛床からの反

射状態を調べる方法も米獨諸國で試みられて居るが、未だ充分な成果を挙げ得るに至らない。

これ等の電気法によつて探査し得る有効深度は 300m がまづ今日の限度である。何れにしても現在各種の金属の硫化精床、石炭、石油等の燃料資源、更に地下水の調査にまで應用され、我國でも既に栃木縣足尾精山、茨城縣日立精山、愛媛縣別子精山をはじめ各地の精山に於て殆ど實用的に利用されたのである。併しこの電気探鉱法のみによつて或る精床の經濟的價値を推定することは尙充分とは云へない。更に試産その他の探鉱法によつて定量的調査を行ふべき性質のものである。

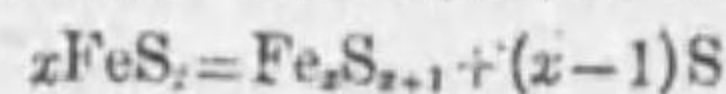
3. 磁気選礦法 精物には正磁性のものと逆磁性のものとの2種がある。この差を利用して電磁石で一方を吸引して他と分離することが出来る。鐵を 100 とした時の諸精物の相對的の磁引力を表示してみよう。(第3表參照—Davis による)

第 3 表

鐵	100.00	軟マンガン鐵	0.71	輝水鉛鐵	0.23	辰砂	0.10
磁鐵鐵	40.18	水マンガン鐵	0.52	白雲石	0.22	輝銅鐵	0.09
チタン鐵鐵	24.70	柘榴石	0.40	斑銅鐵	0.22	正長石	0.05
磁硫鐵鐵	6.69	石英	0.37	燐灰石	0.21	輝アンチモン鐵	0.05
菱鐵鐵	1.82	金紅石	0.37	硫鐵鐵鐵	0.15	硫砒銅鐵	0.05
赤鐵鐵	1.32	輝銀鐵	0.27	菱苦土鐵	0.15	方鉛鐵	0.04
ザルコン	1.01	黄鐵鐵	0.23	黃銅鐵	0.14	紅ニッケル鐵	0.04
褐鐵鐵	0.84	閃亜鉛鐵	0.23	螢石	0.11	方解石	0.03

尙人工的に弱磁性精物を強磁性に變じて該方法を適用することも出来る。

黄鐵鐵を焙焼して磁性黄鐵鐵とする場合



赤鐵鐵を焙焼して磁鐵鐵とする場合 この場合は炭素又は CO のやうな還元劑を加へて加熱する。



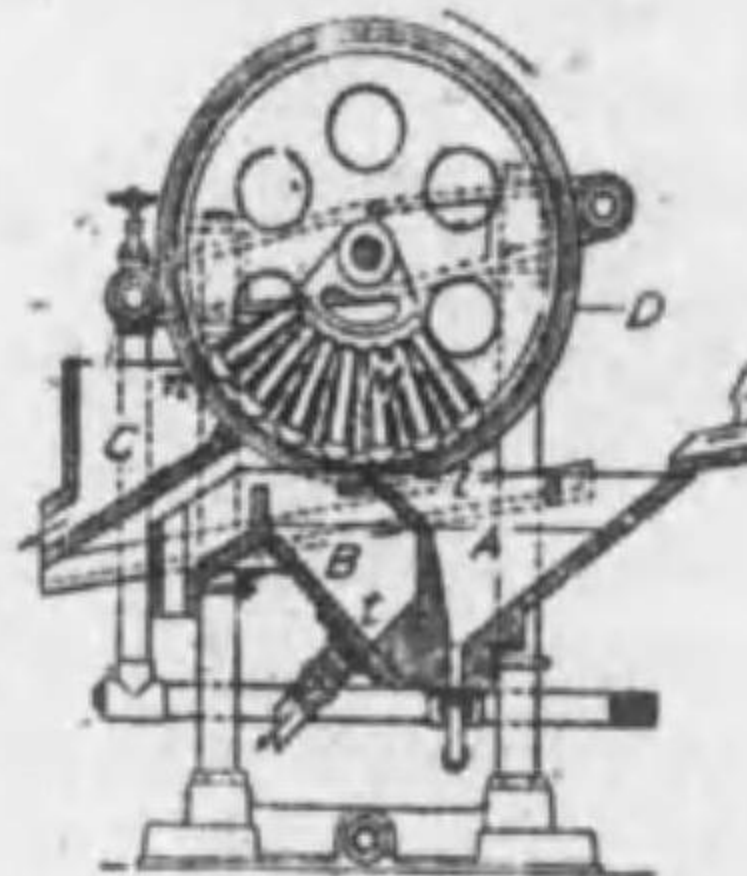
磁気選礦の方法、装置は極めて多く、米獨だけの特許でも百數十あるから世界を通じたならば更に數百に上るであらう。然し歸する處皆大同小異である。大體機械の構造から次の二様式に分けることが出来る。これ等は濕式法か乾式法かの何れかである。

(イ) 強磁性精物に適用する比較的弱い磁界を用ひるもの。

(ロ) 弱磁性精物に適用する極めて強い磁界を用ひるもの。

(イ) に屬するものには、(i) Ball-Norton の Belt type 又は Drum type 機、(ii) Gröndal 機、(iii) Dings belt type 機などがある。

(ロ) に屬するものには、(i) Wetherill 機、(ii) Mechernich 機、(iii) International 機、(iv) Dings IE



第 2 圖

機、(v) Rapid 機などがある。二三説明して見よう。

(1) Gröndal 機(第 2 圖) 濕式の機械でよく使用されてゐる。我國では滿鐵鞍山製鐵所で大規模に使用してゐる。ボール・ミルで粉碎された精石は水と共に通 L から A 室に供給される。A の底部からは別に清水が昇流してゐる。従て精石は L なる径を溢流して B 室に至る。この時磁石 M は磁性精物をドラム D の表面に吸引する。ドラムの表面は矢の方向に回轉してゐるから精物は最終磁石の作用範圍(n 附近)まで運ばれ、そこで流水で洗ひ落され C 室に集り一方に排出される。一方逆磁性精物は磁石に吸引されずにそのまま B 室に沈降しより排出される。

鞍山製鐵所に於ける設備と成績とを掲げよう。(第 4 表參照)

第 4 表

直徑	幅	ドラムの大小 (mm)		回轉數 (R.P.M.)	電流 (A)	電壓 (V)	能力 (t/h)	製造者	使用臺數	精粒大小
		直徑	幅							
785	865	30~35	5	200	約 2 t/h	Gröndal Co.	54	150 メッシュ以下		

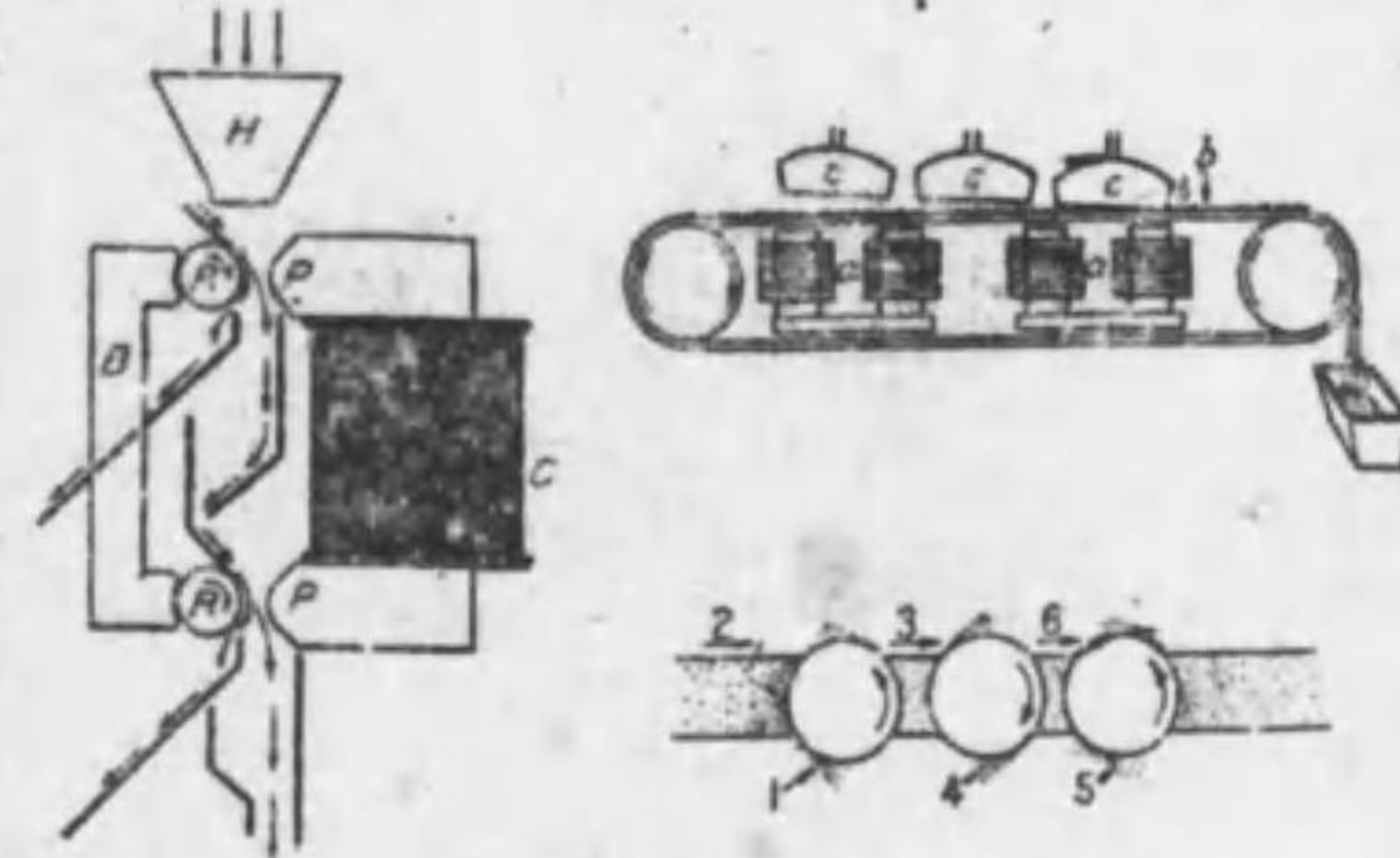
(備考) ドラムは真鍮板製でその表面は真鍮 17 番線を一面に捲き磨耗を防ぐ。磁石のコイル捲数は 1000 回。ドラム回轉の爲に 3/4 馬力を要する。

成 績	原精品位 (Fe)	精精品位 (Fe)	精尾品位 (Fe)	給精 (1 時間 1 臺)	精粒の大小 (150 メッシュ以下)
		38.75%	57.29%	13.46%	1.5 t

(備考) 精精は洗槽で更に洗ひ鐵分 58.6% として製鐵に附する。

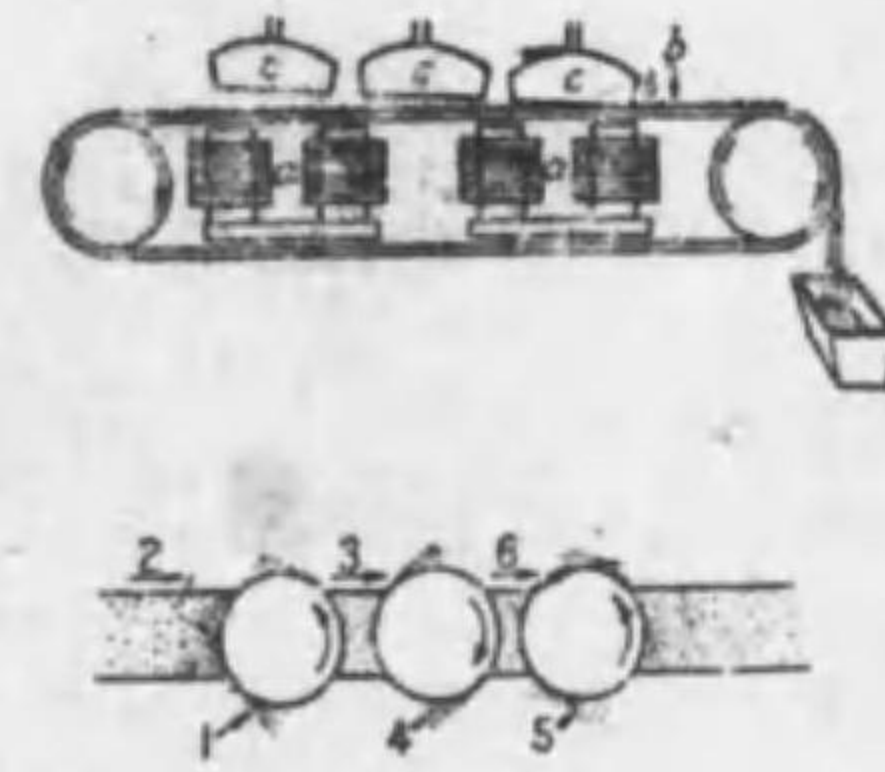
因に鞍山の精石は珪質赤鐵鐵で鐵分低く珪酸多く、非常に堅緻でそのままでは選礦に困難であるが、梅根常三郎等の研究の結果、これを焙焼して磁化し、同時に精石を粗鬆にすることが出来、粉碎も容易となり磁気選礦が可能になつたので大なる成功である。

(2) Dings IE 機(第 3 圖) 弱磁性精物に適用する機械で、従て磁石は強い磁界を作るやうな構造になつて居る乾式機である。尖鋭な極片 P を有する電磁石が保磁子 B と相對し、その間に圓板を重ねて作つたロール R があり、磁力線が極片とロールとの間に集中するやうになつて居る。かくして 18000 ガウスの密度が得られる。粉碎された精石は漏斗 H から供給されロールの表面に觸れつゝ落下する。この時磁性精物はロールに吸引せられ一方に運ばれ、逆磁性精物はそのまま落下する。磁石を數組排列して精物のロールに接する機會をしばしば與へるのである。



第 3 圖

(3) Rapid 機(第 4 圖) 弱磁性精物に適



第 4 圖

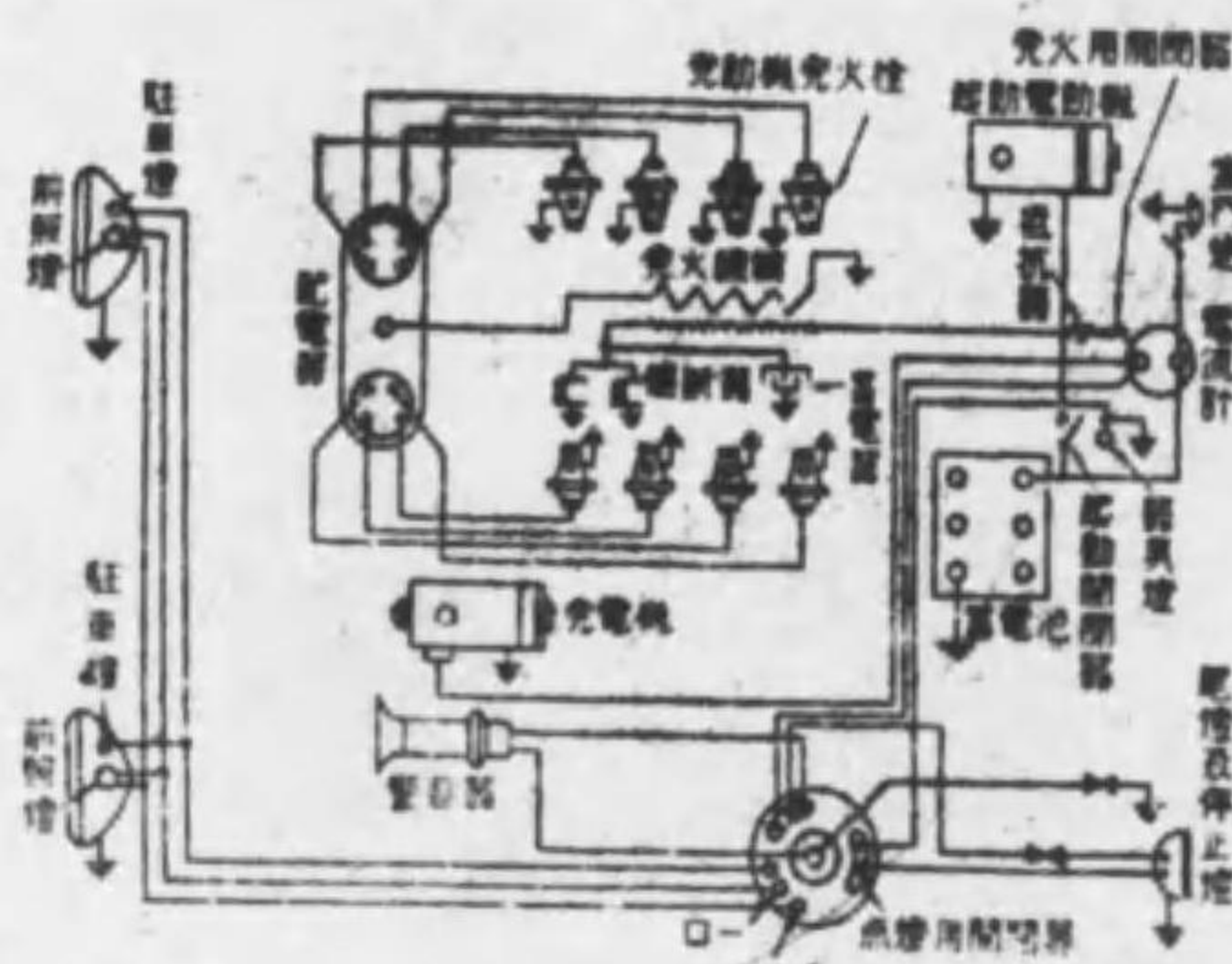
用する乾式機である。強い磁界を作る爲に平らな面を有する一次磁石 a と尖線を有する二次磁石 c とを圖の如く相對せしめ、これ等兩者の極片間を通して水平に運搬帯 b を運行せしめる。二次磁石は皿形の回轉圓板で、その直徑は運搬帯の幅よりも少し大である。一次磁石と相對する部分に於て磁力が誘導集中される。鐵石は左端から運搬帯上に供給せられ磁石の部分に運ばれ、そこで磁性鐵物は二次磁石の極片に吸引せられる。二次磁石を成す圓板は鐵物を附着したまゝ回轉し、一次磁石が最早や存在しない位置に至り、その誘導磁力は失はれて、附着して居た鐵物は極片を離れて、運搬帯の外に投げ出されるのである。これ等の數組の磁石は末端に至るに従ひ漸次その極間を近づけ磁界を強大にし、又回轉圓板の軸を傾斜し磁界の強さを變化せしめて、順次弱い磁性の鐵物を吸引分離する。逆磁性鐵物はそのまま運搬帯によつて運び去られるのである。圓板の回轉は夫々反對の方向として各側に於て夫々の產物を得るやうになつて居る。

4. 靜電選別法 鐵物には導體と不導體とがある。この差を利用して兩者を互に分離することが出来る。黄銅鐵、錫鐵、斑鐵鐵、方鉛鐵、磁鐵鐵、錫水鉛鐵、錫コバルト鐵、黃鐵鐵、磁鐵鐵などは導體であるが、閃電鉛鐵、石英、方解石、長石、綠黑石、柘榴石、燐灰石などは不導體に近いものである。

靜電選別法の原理は高壓に帯電された鐵條金屬棒（又はロール）に導體鐵物及不導體鐵物の混合鐵物を給すれば、前者は直ちにそれと同一の電氣を受けて棒から反撥され、後者はそのことなく、そのまま滑り落ち、又は却て反對の電氣を誘發して棒に吸引されるといふことに基くのである。金屬棒又はロールを高壓に帯電せしめるにはエレキトロードからロールに向つてコロナとして與へ、又直接整流機から棒に取るやうになつて居る。これに用ひる電壓は 18 000~25 000 V である。この種の機械で代表的なのは Huff 機である。

第 3 章 自動車の電気装置

1. 電気装置の概要 主なるものは蓄電池、發電機、起動電動機、電燈、開閉器等でその配線を第 5 圖に示す。作用は發火用開閉器を閉ち蓄電池より發火線軸の一次側に通電すると電流は遮断器を経て車體に流れ、次の瞬間遮断器により一次回路が断たれると二次側に高壓電流を誘導し配電器を経て各氣筒の發火栓に達し、こゝに火花を發し壓縮されたガスに點火する。次に起動電動機に送電してこれを回轉すれば自動增合装置によりエンジンを起動する。電燈、警音器等には夫々の開閉器により發電機又は電池より配電する。



第 5 圖

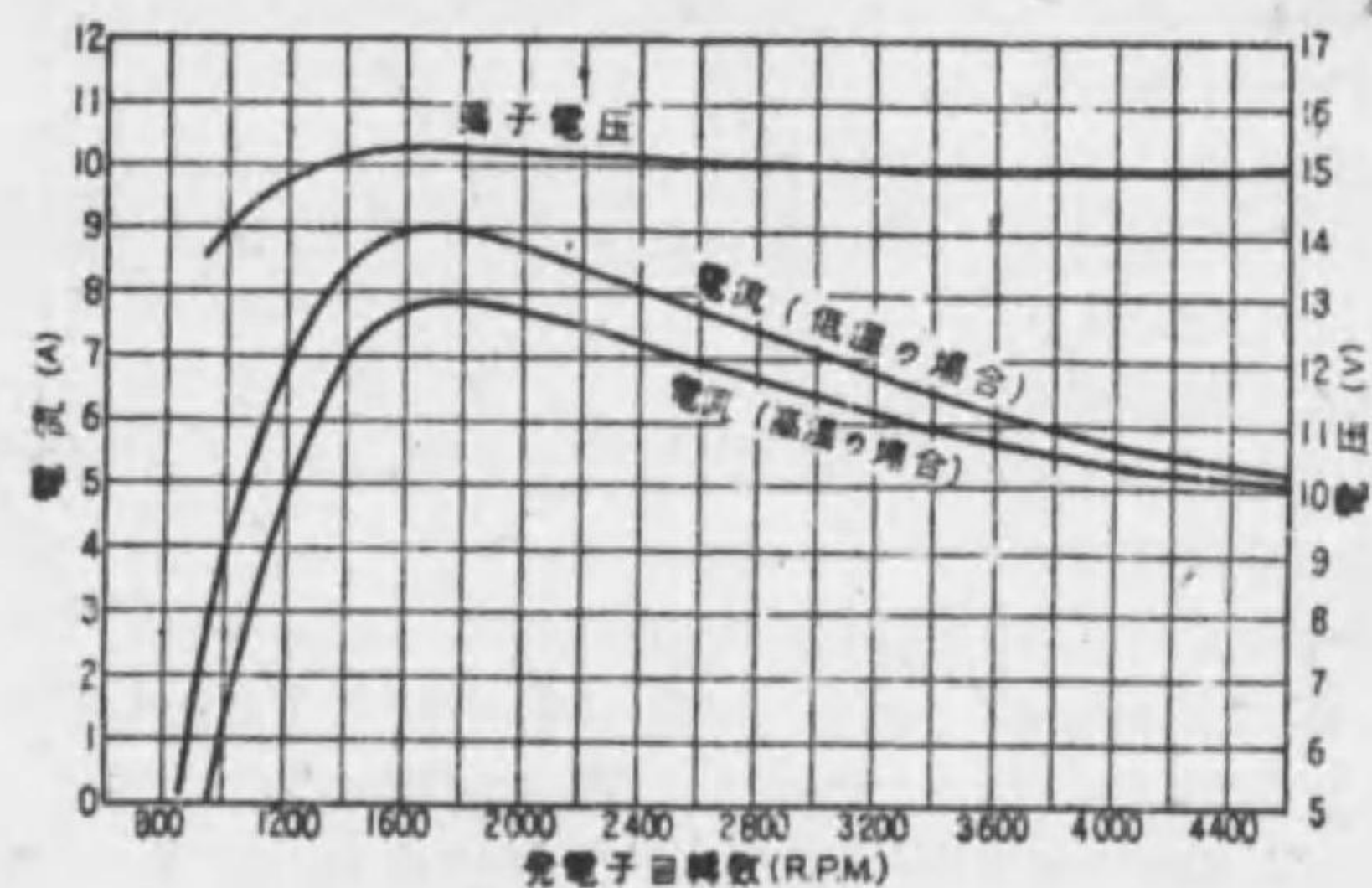
2. 配線方式 單線式及復線式回路が用ひられる。單線式は歸線として車體を使用す

るから接地式とも稱し、安價で簡單なため廣く一般に使用され、復線式は往復共絶緣電線を使用するもので一部のトラックに用ひられて居る。

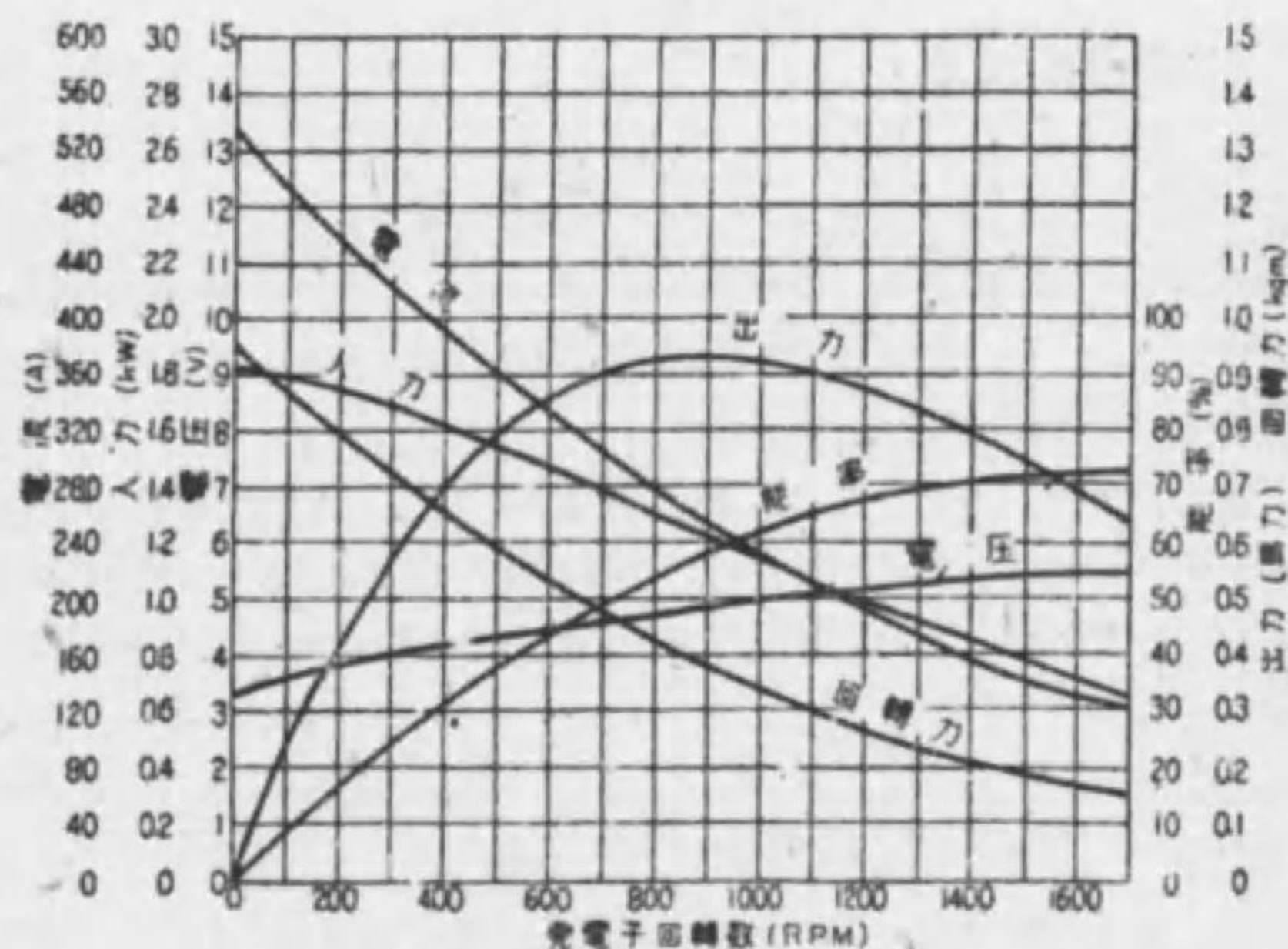
3. 蓄電池 發電機の運轉中はその過剩電力を貯へ、停止の際は發火、始動、照明その他電氣装置の電源として用ひられる。その標準型は鉛蓄電池である。内部抵抗が小で短時間放電電流の大きい點が起動用に適する。尙動搖に耐へるため構造堅固な事を必要とする。電壓は 6V, 12V 共に用ひられるが廣く 6V が用ひられ、國産品及トラック、バス等には 12V も用ひられる。容量は 20 時間放電率と、起動用として 20 分間放電率との二つの定格を持ち、20 時間率の容量 80~140 Ah のものが用ひられる。20 分間率の時の容量はその 30% 内外に減少する。尙寒冷の際容量が著しく減少する一方、電動機の起動には逆に大なる電流を要するため冬季は充電不十分となり易く、而も放電状態に於て電解液は非常に氷結し易いからこの點特に注意を要する。

4. 發電機 エンヂンの軸に齒車又は調帶で結合されその速度はエンジンの 1~2 倍で回轉する。エンジンの回轉速度に無關係に發電機電壓を一定に保つ方法として、主刷

子の外に第三刷子を設けその位置の調節による所謂第三刷子式が廣く用ひられ、特性は第 6 圖に示す如く、電壓は速度に無關係に略一定であるが電流は速度と共に變化する。尙界磁回路に抵抗を入れこれを恒溫器により低溫の際は短絡して發生電流を増して電池充電量を増し、高溫の際は抵抗を挿入して電流を減ずる。エンジンが起動せぬか又は低速度で回轉し、發電機電壓が電池の電壓より低い時には電池より發電機に放電するのを防ぐために自動カットアウトを設ける。



第 6 圖 發電機特性

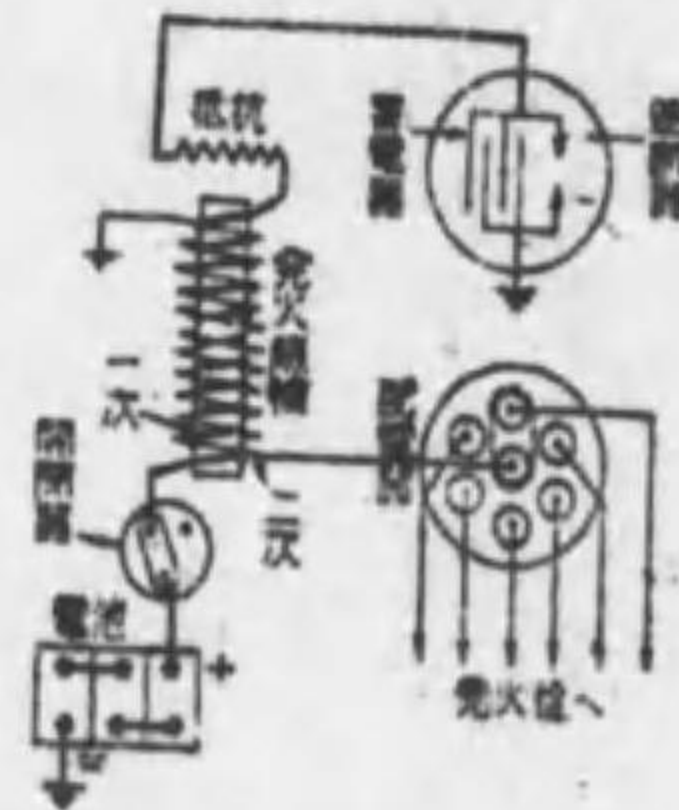


第 7 圖 起動用電動機特性

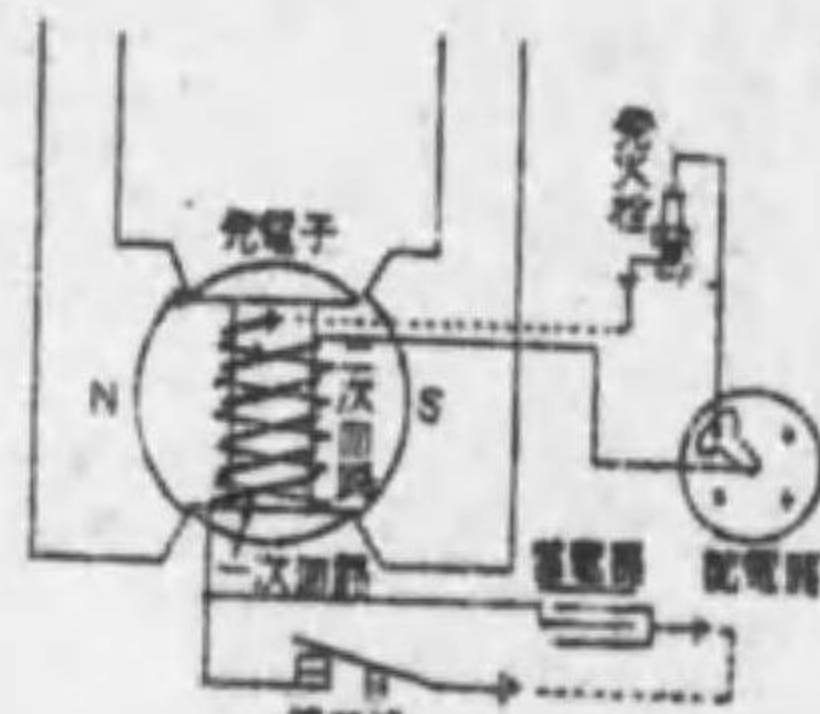
5. 起動電動機 蓄電池により運轉される 4~6 極の直捲電動機で、一定速度に達するとそのピニオンは自動的にエンジンの歯車と啮合してエンジンを起動し、起動し終ると同時に歯車が外れる。寒冷の際は潤滑油の粘度を増し起動が困難となるから 10% の石油を加へたものを使用する。第 7 圖にその特性を示す。

6. 發火装置 エンジンの気筒内の混合ガスに點火するために發火栓の兩電極間に高電圧を加へて間に火花を發せしめる。發火栓は磁器又は雲母製絶縁物の内部に導體を収め電極の間隔は 0.5mm 前後に保つ。發火栓としては間隔の絶縁破壊電壓 8000V、絶縁抵抗 0.1MΩ 以上、気筒内温度變化 50~2500°C に對し氣密な事が必要である。發火の電源としては蓄電池又は磁石發電機を用ひる。

a. 蓄電池式 第 8 圖に示す如く共通の磁氣回路に捲かれた一次二次の發火線輪、蓄電池、蓄電器付遮断器、發火順序を定める配電器より成る。開閉器を閉じると一次回路が作られ、次に遮断器が働いて一次回路を断つ間に二次回路に高電流を誘導し、それは配電器を経て對應する發火栓に於て發火する。



第 8 圖



第 9 圖

b. 磁石發電機式 高電式が一般に用ひられ、第 9 圖に示す如く、永久磁石の兩磁極内に發電子を回轉し電流を發生すると同時に遮断器が作用して發電子一次回路を断ち、二次線輪に高電流を誘導する。これは配電器を経て發火栓に於て火花を發する事同前である。

7. 照明装置その他

a. 電球 使用する電池の定格に應じて 8~8V 用と 12~16V 用の 2 種あるが前者が廣く用ひられ、多くはガス入で平均球面輝光を以て表し、2, 6, 10, 21, 32, 50 等種々の輝光のものがある。低輝光のものは尾燈、器具燈等に用ひられ、高輝光のものは前照燈に用ひられる。鐵線は機械的振動に耐へる構造にし、口金は挿込式を用ひ又車の配線方式に應じて單觸板觸の別がある。

b. 前照燈 前面左右に 2 側の反射器を設け、その中に高輝電球を収め前方を照射して車の運行に便にする外、駐車用の小電球をも併置する。車の行速ひの際相手方の眩輝を防ぐ方法としては、二つの鐵條を有する電球を用ひ、一方は反射鏡面の焦點に設けて平常運轉の際強い光を投射するの用に用ひられ、他の一は焦點外に設けて下向照射をなし行速の際眩輝を防ぐの用に用ひられる。尙この外反射器の硝子面を種々の形状のプリズムにより形成したもの、電球の前面に鏡を設けたもの等が併用される。

c. 尾燈及停止燈 車の後部に裝置し、前面は赤硝子を用ひて危険の信號となし側面は透明にして車輛番號札を照す。この外室内燈、車の兩側に 1 箇宛設けた側燈、運轉者燈、

針形類を照す機械燈、故障點檢用の電燈等がある。

d. 警音器 振動板を振動して音響を發せしめる方法として、(i) 小型直捲電動機の軸端に取付けた齒車の回轉によるものと、(ii) プザー式との 2 種類ある。

e. 硝子拂拭器 前面硝子窓の内側上部に小型分捲電動機を設け齒車によつて外側のゴム製拂拭片を回轉し窓硝子を透明に保つ。

f. 方向指示器 車の左右兩側に設け、方向轉換の際電磁石によつて赤色方向指示片を引上げそれと同時に内部に収めた豆電球を點火する。この外速度計、ガソリン計等もある。

8. 自動車取締令の中電氣に関するもの

- (1) 前照燈に付きては次の各號に従ふべし。
 - (イ) 車輛の前面兩側に各箇を備ふること。
 - (ロ) 50m の前方にある交通上の障害物を明瞭に認め得べき光度を有すること。
 - (ハ) 主要光線の限界は前方 25m 以内にありては地上 1.2m を超えざること。
- (2) 車輛の後面には相當の光度を有する赤色の尾燈 1 箇以上及夜間 25m の距離に於て後面車輛番號を明瞭に認め得べき燈火を備ふべし。前項の燈火は運轉者の座席より消燈し得ざる装置となすべし。
- (3) 運轉者の見易き箇所に速度計を備ふべし。
- (4) 歇脚の音響を發する警音器を備ふべし。但消防自動車及救急自動車にありてはこれに異なる警音器を備ふることを得。
- (5) 地方長官は市街地その他交通頻繁なる場所に於て運轉する自動車に付き方向指示器又は停止燈の備付を命ずる規定を設くる事を得。地方長官は緩衝器、後寫鏡、前面硝子拂拭器若しくは室内燈の備付又は本令に規定するもの他車輛の燈火若しくは塗色の制限に付き規定を設くることを得。

第 4 章 船舶に於ける電氣の應用

(電氣推進及動力裝置は 23 編 17 章参照)

1. 發電裝置

a. 一般電燈電力用電源 電燈を主とする船舶に於ては 100~110V、動力裝置を多く有する船舶に於ては 220~225V 直流不変電機式が普通に用ひられてゐる。

交流は電氣推進及通信用としては用ひられるが、一般用としては僅に米國 1932 年型驅逐艦の他二三の船に試験的に用ひられてゐるばかりである。英國では不定電壓最高直流 650V の不変電流直列式を動力用として採用したものもあるが、未だ一般的には用ひられてゐない。

船舶に許される最高電壓に關しては、船舶安全法及船級協會の規定によらねばならぬ。

b. 發電機特性 直流發電機は平復捲を普通とするが、並行運轉を必要とするものは少しく垂下特性を有する複捲とし、且均電線を使用する事が多い。但それ等の特性は原動機の変速變化を考慮に入れたものでなければならぬ。又負荷の變動の甚しい揚貨機等を使用する場合の並行運轉の爲には、各機に特性に不同があつてはならぬ。

c. 原動機の種類 蒸氣船に於ては往復式蒸氣機關、タービン又はディーゼル機關。モーター船ではディーゼル機關。非常發電機用は、ガソリン又は石油、稀に重油を燃料とする内燃機關。これ等原動機はすべて鋭敏な自動調速機を備へたものたるを要する。

d. 發電機容量及臺數 軍艦にあつては夜間戦闘時、貨物船にあつては揚貨機使用時の尖頭負荷に應じ得ると共に、普通航海中の負荷に適するやうに、各機の容量及臺數を定むべきで、且常に 1 臺の豫備を置くことが普通である。

日本最大モーター客船に於ては 450kW 4 臺、100kW 1 臺、非常用 40kW 1 臺。モーター貨物船では同じ大さの發電機 3 臺を備へる事が普通で、1 臺の大さ 300kW が最大。世界最大の電気推進船 (1932 年進水) の補助發電機は 2200kW、220V 6 臺。

e. 特殊電源 無線電信電話機、探照燈、船内外通信器その他の特殊電源としては、電動交流發電機、電動直流發電機並に二次電池等を用ひる。

2. 配電装置

a. 電線の種類及太さ 海軍又は船級協會規定によつて特に船用として製作せられたものを使用する。心線は銅。絶縁はゴムを普通とし、大電流又は特殊多心の通信線には紙。被覆は鉛被、鉛被編組、鉛被鋼線鍍装、鉛被鍍装編組、又はキャブタイヤシース等であるが、舊軍艦は鉛被、新軍艦は鉛被鍍装、商船ではその兩方を併用するのが普通である。温氣の少い客室の電燈及電鈴線としてはゴム絶縁の上に編組のみを施した第四種線類似のものを使用する事もある。米國ではカンブリック絶縁線が使用せられる。

単心線で普通に使用する最小のものは心線の直径 1.2mm。最大のものは 3.2mm 397 本撚り、鉛被鍍装の外徑 108.9mm に及ぶ。多心線には 1.6mm の 2 心乃至 600 心、外徑 145mm のものもある。

電線の使用量は、その船の電化の程度を表すものであるが、戦艦で 170t、新式巡洋艦で 123t、優秀モーター客船で 160t、モーター貨物船で 10~30t。

b. 電壓降下及安全電流 配電線中の電壓降下は、電燈線で 2V+3% 以下、動力線で 2V+5% 以下を許される。安全電流は各船級協會の規定による必要がある。

c. 配電盤 鐵、石板又は大理石とマイカ等の不燃性、不吸濕性物質を以て構成せられ、構造は堅牢で、器具はすべて振動及動搖に耐へるものでなくてはならぬ。

d. 配電方式 二線式が普通に用ひられ、電燈等の小電力に対しては配電盤より区分電盤、分電盤、小分電盤等を経て分枝給電する。分電盤には適當な可熔片を挿入して電路の保安を計るが、最終の小分電盤には 3A の可熔片を用ひ、これに 10 箇以内の電燈を屬せしめるのが普通である。電動機に対しては配電盤上の開閉器より直接又は区分電盤より分枝給電する。

大なる軍艦や商船では環式主電路 (Ring-main system) と稱し、配電盤の母線を延長して船内に環狀に布設し、その到る所に自動開閉器を置きこれより電燈又は動力に給電する方式を採用したものもある。獨逸では單線接地式が盛に用ひられる。英國では不變電流直列式を用ひた船がある。直流三線式の用ひられたことは未だ稀である。

e. 電線布設方法 船體又は特設した導板に副はせ 200mm 内外の間隔を以て、金屬クリップで電線を押へ付けるのが普通であるが、大なる鍍装電線は適當の距離にハンガー又はバンドを以て懸垂することがある。ゴム絶縁線又は鉛被線を、鐵管、木通又はゴム管に挿入して布設する事もある。

3. 電燈装置

a. 電球の種類 一般照明燈としては 100 又は 220V、20~80W を使用。機関室の一部、作業燈、荷役燈、非常時ポート照明用等には 100~500W を使用。電源が 220V

の場合に、その電球の断線率を考慮して船々電動發電機を設備し、100V の電球を使用することもある。

口金は日本軍艦は捻込口金、商船は一般に挿込口金を使用。鐵條はタンダステンであるが、断線を考慮し、形状を耐震型とし、又は口金に耐震装置を附する事がある。

計器燈、非常燈、通信用燈には 12~50V で低燭力のもので使用せられる。

b. 電燈器具 露天甲板又は機調室には、防水覆硝子付き、金屬棒で保護した型を使用し、客室又は食堂等の公室には、陸上用と大差のない裝飾的なものも用ひられる。但陸上用の如く紐線で懸垂する事なく、必ず天井又は壁に丈夫に固定される必要がある。

c. 電燈數及照度 電燈の設備數は、一萬噸貨物船 250~400、一萬五千噸客船 3500、巡洋艦 1500、戦艦 2500、世界最大客船 35000 程度。

電球設備の標準は普通の照明器具を用ひた場合、床面積 1m² 當りの燭光數、大約食堂その他の公室 15、一二等客室及上級船員室 10~15、並等客室及一般乗組員室 3 内外、事務室 8、機械室 5~8、艙室 2 内外で、夫々の場所に応じて 20~80 メートルキャンドル (me) の照度を得て居る。但照度は天井の高さ、室内配置及色合、間接照明の使用度合により大に差異を生ずるから、上記燭光數は適當増減を要するものである。

d. 船燈 海上衝突豫防法及安全法による舷燈、檣燈、船尾燈、碇泊燈、位置燈及其の電球の断線を警報する自動點滅報知器等を設備する必要がある。使用電球は 40W の規定。

4. 探照燈装置

a. 用途及大さの種類 照射用と信號用との 2 種類あつて、信號用のものには手動又は電動で敏速に開閉し得る遮光器を備へて居る。探照燈の大さは反射鏡の有効直径を以て表し、大さによる種類は 30、60、75、90、110 及 150cm 等である。

b. 光源及電源 炭素電極を用ひる弧光燈。小型信號用では 500~1000W の白熱電燈を光源とするものもある。弧光電壓は小型で 45~55V、大型で 70~80V。船の電源電壓が 220V の場合は電動發電機を置き、又 100V の場合は特設抵抗器に依つて變成するのが普通である。

c. 制御装置 旋回俯仰は電氣式遠方制御のもの、機械的燈側制御のものがある。

5. 對外通信装置

a. 無線電信電話機 船舶安全法によつて、近海航路以上の旅客船及總噸數 1600 噸以上の貨物船、100 噸以上の漁船には、無線電信機を設備するを原則とする。方式は殆ど總て電球式。長波又は短波。送信電源は電動交流發電機、非常用として二次電池。空中線電力は商船では 500W が普通。軍艦では無線の利用が最も大きく十數條の空中線を有する事も稀でない。陸上よりのラジオを受信して船内要所への放送も行はれる。

b. 方向探知器 安全法により 5000 噸以上の客船に設備するやうに規定されてゐる。他より發射した電波を受信しその發射方向を探知し、自船の位置を知り、又は敵艦の所在を探査するに用ひられる。周囲構造物の影響を受ける事の少いやうに空中線位置を選定する必要がある。

c. 水中信號及聽音装置 水上艦船と潜水艦及潜水艇相互間の信號又は聽音に使はれるもので、水中信號器では艦底水中に振動板を備へこれを電磁的に振動せしめて音波を發し、相手方は艦底に取付けたマイクロホンで探知擴大受信する装置である。水中聽音

器は例へば相手方艦船の推進器の音のやうな機械的に發生する水中音を聴取して、その所在を感知する装置である。

d. 電燈信號 信號用探照燈、各種船燈、點滅信號燈（モールス・ランプ）等。點滅信號燈とは橋頭などに取付けモールス符號を電燈の點滅によつて發射するもの。

e. モーター・サイレン 蒸氣を有せぬモーター船に氣笛代用となるもので、濃霧中に斷續的に信號を發する必要上、音響早止め装置を附して居る。

6. 船内通信装置

a. 通信系統の種類 艦船内一般通信、航海通信、機關通信、警報、電話、電鈴、自動火災報知器、軍艦に於ては上記の外に砲戰通信、水雷戰通信、照射通信等がある。

b. 通信器電源の種類 直流 6, 12, 15, 20, 24 V, 交流单相 50 V 50 ϕ 。

c. 通信器の種類

視覚通信 { 角度通信…直流電磁式。单相交流セルシン電動機式。
電燈通信

聴覚通信 { 發音式…電鈴。交直流式ブザー。モーター・サイレン。
通話式…電話。高聲令速器。

角度通信とは指針の回轉角度によつて、豫め目盛盤上に記録してある所要の通信事項を指示するものである。電燈通信はその點滅又は色別等の組合せによる通信。

電話器は陸上用と同一のものも使用するが、一般に高聲且耐震的なものを用ひる。主要箇所又は主要船員空間は直通又は自動交換電話。船客用は交換電話を用ひるのが普通である。

7. 航海用電気装置

a. 轉輪羅針儀 ジャイロスコーブ應用により、1 箇の主羅針儀より數箇所の從羅針儀を作動せしめるもので、スベリー式とアンシュット式とが主として用ひられる。

b. 航跡自畫装置 轉輪羅針儀を利用し時々刻々の船の針路を自記せしめるものと、更に船の速力をも加味し、海圖の上に直接自己の航跡を自畫するものがある。

c. 自動操舵装置 轉輪羅針儀を利用し、自動的に一定針路に對して操舵する装置。

d. 電氣測程機 船底又は船尾發信器により、船の速力及航程を所要箇所に表示する。

e. 測深機 電動機式の簡單なものと、音響又は不可聴音波を船底より發射し、これが海底より反射し來る迄の時間を以て水深を計るものがある。エコー・サウンダー又はランデバン式測深機等は後者に屬し、高周波電路を含むから電線布設等には注意を要する。

f. 舵角指示器 船内要所に舵機の角度を指示するもの。交流式及電磁式がある。

g. 主機回轉計及回轉方向指示器 發信器に發電機を用ひた電壓計式と、電磁式及セルシン電動機式とある。主機回轉數及方向を船橋その他の要所へ指示する装置。

h. エンヂン・テレグラフ 船橋より機械室へ前後進、回轉數等を命令する装置で、視覚通信に屬する交流式が主として用ひられ、電磁式又は電燈式も用ひられる。

i. アンカー及ステアリング・テレグラフ 投錨、操舵命令器で前項と同様式のもの。

j. 船體安定機 ジャイロスコーブの原理應用、船體の横搖れを防止する装置で、スベリー式、ジャイロモーター 560 馬力、回轉部の重量 100t のもの 2 臺を裝備した客船（伊國船）がある。飛行機母艦などにも採用せられてゐる。

8. 電氣駆動装置 電氣暖房器、電氣扇、電氣料理器、洗濯機械、體操機械、發信器、散裝用具、電氣時計、電氣溫度計、漏水檢査器、炭酸ガス檢出器、火災報知器等、陸上で使

用せられる電氣機械器具は、大部分船用としても利用せられて居るが、これ等の構造及設置方法に關しては、振動、動搖及衝擊に耐へること、鹽分を含んだ濕氣に侵されぬ耐濕的絶縁、及亂暴な取扱に耐へ且専門家の居ない船中で容易に修理の出来ることを絶對必要條件とする。これ等の考慮に缺く所があれば船用としては失敗すると考ふべきである。

9. 漁船の電化 漁船の電化も漸次進みつゝある。電動トロール・ウィンチ及揚錨機等を有するものは、獨立の内燃式發電機を備へ、100 V 直流を使用する。小型漁船では主軸より 24 V 内外の小型發電機を運轉して、無線電信電話及點燈用に使用し、これに二次電池を併用したものもある。天氣豫報、漁場及市場に關する緊急命令を受けて、安全且敏速な行動をなす爲に、無線装置は漁船になくはならぬものとなつて居る。

10. 法規及船級協會、學會規定類 軍艦を除く船舶の電氣設備は、總て逓信省規定によるべきは勿論であるが、漁船及小形船舶を除き大部分の日本船舶は、二つの船級協會（イ）及帝國海事協會のいづれか一つの検査を受けるのが普通である。故に船級に當つては、これ等の規定を知らねばならぬ。

- (1) 船舶安全法
- (2) 船舶安全法施行規則（無線電信）
- (3) 船舶設備規程（電氣設備）
- (4) 海上衝突豫防法
- (5) 海軍直流電動機規格
- (6) 海軍電線規格
- (7) Lloyd's Register of Shipping: Rules and Regulations (ワイド規程)
- (8) 帝國海事協會：鋼船規則（電氣設備）(B. C. 規程と大同小異)
- (9) I. E. E. Regulations for the Electric Equipment of Ships
- (10) British Standard Specification for the Electrical Performance of Industrial Electric Motors and Generators with Class A Insulation
- (11) A. I. E. E. Recommended Practice for Electrical Installation on Ship-board

第 5 章 X 線⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

1. X 線 X 線は電外線と γ 線との間にある電磁波でその波長は $10^{-8} \sim 10^{-9}$ cm に亘る。

a. X 線の發生 高速度の運動電子が急に障壁で停止されると、そこから電磁波として X 線が出る。これに 2 種ある。その一は高速度の一次電子が急激に阻止される爲に放射される電磁波で、連続スペクトルを與へる（白色 X 線）。他は一次電子が障壁材料物質の原子を構成する電子群を擾亂して發せしめる該物質に固有な振動數の電磁波で、線スペクトルを示す（特性 X 線）。

然しこれは原理であつて實際的にはこの事は所謂 X 線管 (X-ray tube) 内に於て實現せられるのである。

b. X 線管 陰極及陰極對片より成る一種の真空管で 2 種類に大別出来る。

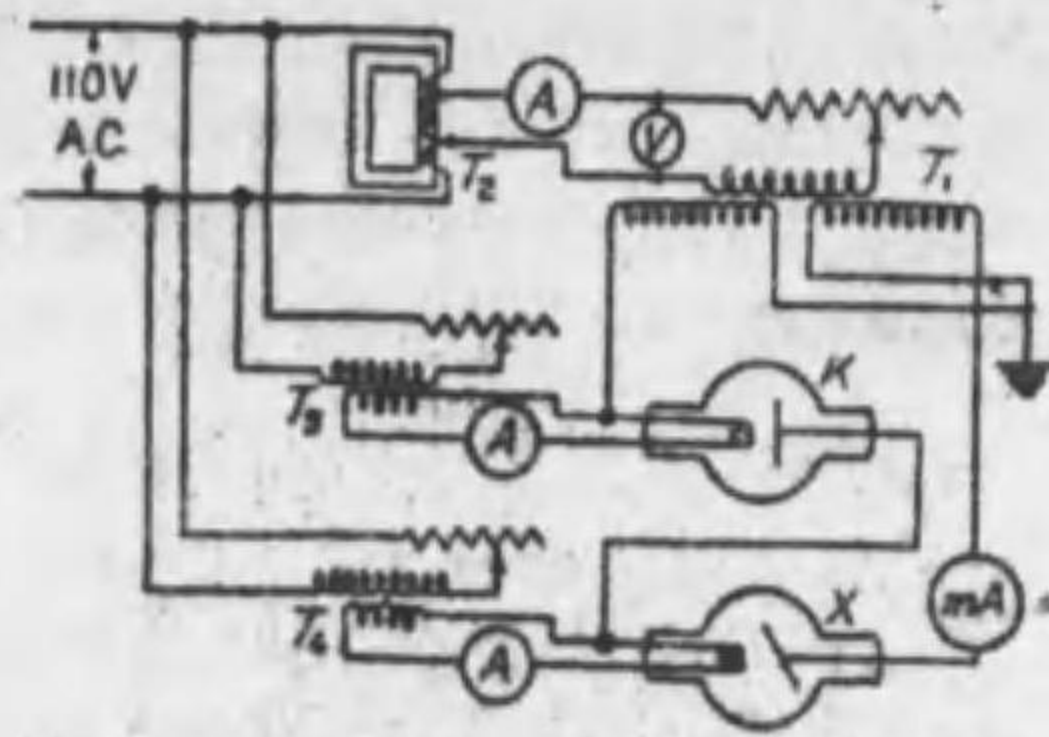
(1) ガス入管 (Gas tube) 水銀柱 0.001 mm 程度の真空としたもので、放電によつて殘留ガスはイオン化され、陽イオンは陰極に衝突して電子を飛び出させるのであるが

真空の程度により発生する X 線の硬度が異なる。陰極線が陰極対片上に焦点を結ぶやうにアルミニウムの陰極を凹面にしたものが普通である。陰極線物質が陰極対片上に附着するのを避けねばならぬ時に必要な管である。

(2) 電子管 (Electron tube) 出来るだけ高度の真空としたもので、陰極線は陰極線体(タングステン, 酸化被膜線体等)の加熱によつて得られる。ガス入管と異り X 線の硬度及強さを独立に加減することが出来る。Coolidge 管がその代表的なものである。

種々な陰極対片を必要とする時或は特に強い X 線源を望む時は真空ポンプを同時に働かせつゝ使用する金属製の管が便利である。これに属するものでは (1) の型として Shearer 管, Siegbahn 管, Müller 管, (2) の型として Siegbahn 管等がある。

c. X 線発生装置 第 10 図は最も簡単な結線図の一例であるが電子管の場合にはケノトロンを省略することが出来る。二次電圧 5~10kV, 容量 3kW 内外の高圧変圧器があれば先づ普通の目的には充分である。その一次側を単相変圧器と可変抵抗器で制御すればよい。



第 10 図 結線図の一例
T₁: 変圧器 T₂: 単相変圧器
T₃: 耐高圧絶縁油変圧器
K: ケノトロン X: X 線管

2. X 線スペクトル

a. X 単位 (X. U.) Å (Ångström) 単位と共に X 線分光學で用いられる波長の単位で、1 X. U. = 10⁻⁸ Å = 10⁻¹² cm なる大きさである。

b. 白色 X 線 (White X-rays) 白色 X 線の連続スペクトルは波長の短い側に極限を示し、(第 11 図) その波長 λ₀ は X 線管に加へた電圧 V によつて定まり、又一定の波長 λ を発生せしめるには一定の最低電圧 V₀ 以上加へる必要がある。即ち次の関係式が成立する。

$$\lambda_0 V = \lambda V_0 = hc/e = 12340$$

(Duane-Hunt の法則)

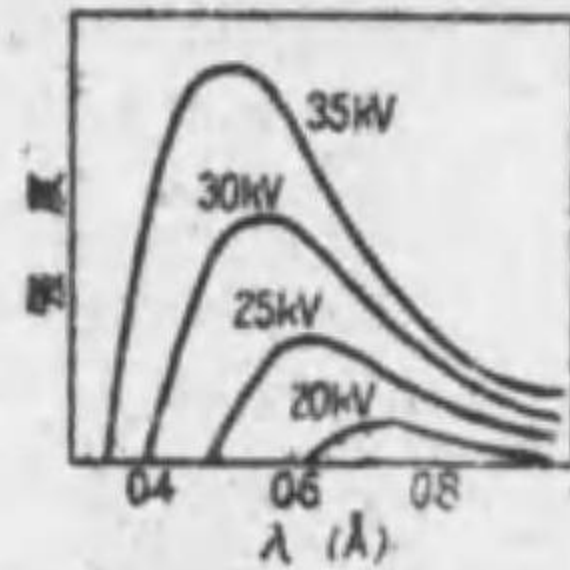
茲に h は Planck の定数, c は光の速度, e は電子の電荷とし, V をヴォルト, λ をオングストロームで表す。

連続スペクトルは 1.3 λ₀ の近くに最大強度を有し、全強度は大體電圧の自乗、電流及陰極対片の原子番号の一乗に比例する。然し放射線中のエネルギーは投射電子のそれに比べると 10⁻³ 以下に過ぎない。



Z は原子番号, λ は波長 (× 10⁻⁸ cm)
第 12 図

c. 固有 (又は特性) 放射スペクトル (Characteristic emission spectra) 各元素の

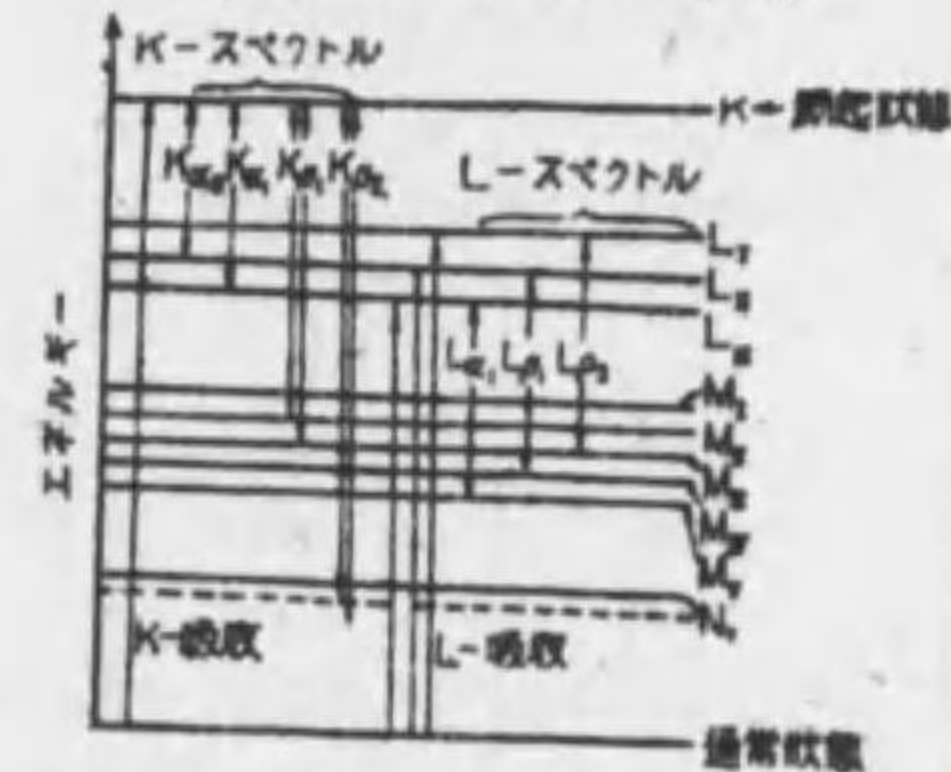


第 11 図 種々な電圧に於ける連続スペクトルの強度分布

固有放射スペクトルと原子番号との関係は第 12 図の如くである。固有放射スペクトルは陰極線によつて通常状態 (Normal state) からエネルギーの高い状態に励起 (excite) された原子が再び低い状態に遷移するに従つて移り変わる際、その前後二状態のエネルギーの差が線スペクトルとなつて発生したものである。(第 13 図) 即ち次の関係式がある。

第 5 表 K 系放射スペクトル及吸収端波長一例 (X. U.)

元素	KL _I α ₁	KL _{II} α ₁	KM _{III} β ₁	KN _{IV} β ₂	吸収端 K
17 Cl	4721	4718	4394	-	4384
24 Cr	2280	2285	2081	2067	2066
26 Fe	1936	1932	1753	1741	1739
28 Ni	1658	1654	1497	1486	1484
29 Cu	1541	1537	1389	1378	1377
30 Zn	1436	1432	1293	1281	1281
35 Br	1042	1038	930.9	918.5	918.1
42 Mo	712.8	707.8	631.0	619.7	618.5
47 Ag	562.7	558.3	496.0	486.0	484.5
74 W	213.5	208.6	184.2	179.0	178.2



第 13 図 X 線スペクトル模型

第 6 表 L 系放射スペクトル及吸収端波長一例 (X. U.)

元素	L _{III} M _{IV} α ₂	L _{III} M _V α ₁	L _{II} M _{IV} β ₁	L _{II} N _V β ₂	L _I N _{IV} γ ₁	吸収端		
						L _I	L _{II}	L _{III}
42 Mo	5401	5395	5166	4910	4712	4290	4712	4904
47 Ag	4154	4146	3927	3694	3515	3247	3507	3601
56 Ba	2779	2770	2562	2399	2237	2062	2199	2357
74 W	1484	1473	1279	1242	1096	1024	1072	1213
82 Pb	1184	1173	980.8	960.8	838.6	781.2	814.3	849.2
92 U	820.6	808.7	685	753.1	613.6	568.0	591.3	720.8

第 7 表 M 系放射スペクトル及吸収端波長一例 (X. U.)

元素	M _{IV} N _V α ₂	M _{IV} N _{VI} α ₁	M _{III} N _{VI} β	M _{II} N _V γ	吸収端				
					M _I	M _{II}	M _{III}	M _{IV}	M _V
74 W	-	6980	6743	6076	4365	4800	5416	6475	6708
82 Pb	5288	5274	5065	4665	-	-	4034	4747	4945
92 U	3916	3902	3708	3473	2228	2385	2877	3327	3491

$h\nu = W_i - W_j$ 但 ν : スペクトルの振動数, W_i, W_j : 発生前後のエネルギー而して初めの励起状態に従つてスペクトルは K, L, M, ... 等の系に分類される。(第 5 表, 7 表) K の状態 (量子数 $n=1, l=0$) は一つであるが, L の状態は $L_I (n=2, l=0)$ と $L_{II,III} (n=2, l=1)$ に分れ、電子の自己回轉を考へる時は $L_{II,III}$ は更に L_{II} と L_{III} とに分れ全部で三つとなる。M, N, ... 等の状態は量子数に應じて更に多くの状態に分れる。上の式は更に近似的に次の如くなる。

$$\sqrt{\nu} = a(Z - b) \quad (\text{Moseley の法則})$$

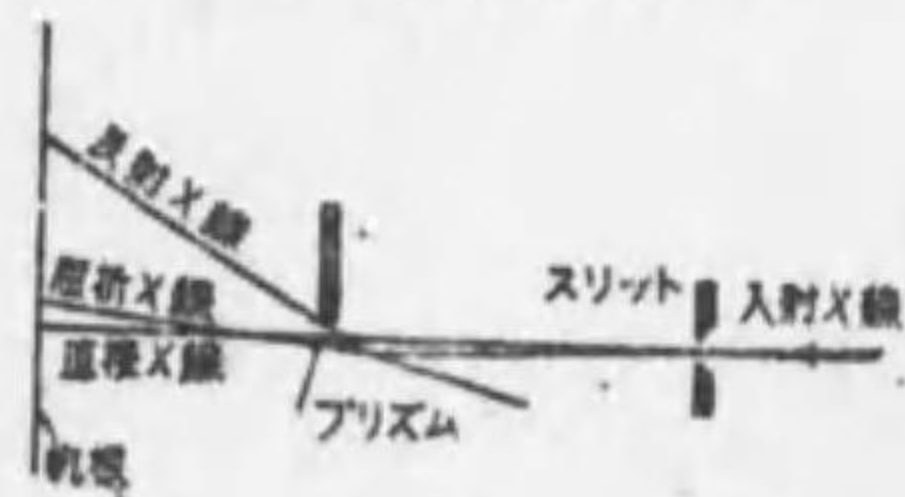
Z は原子番号, a, b は定数で, b は K, L, M... 等のスペクトルの系統により, a は同一系統中スペクトルの線の種類によつて定まる。これを圖示すれば先の第 12 圖である。

d. 銅の K_α 線の波長 1537.395 X.U. は標準として用ひられる。

3. X 線の屈折 屈折率は極めて 1 に近いが 1 より小である。(第 8 表) 故に充分小なる視射角 (Glancing angle) の場合には全反射の現象が認められる。(第 14 圖) その際次の近似式がある。

$$\theta = \sin \theta < \sqrt{2} \sqrt{1 - n}$$

但 θ: 全反射角, n: 屈折率



第 14 圖 プリズムによる X 線の屈折

屈折率は波長の函数であつて、物質中の各元素の吸収端に近づくと共に異常分散を示すに至る。

4. X 線の弱減

a. 質量弱減係数 (Mass absorption coefficient) 或る一定の波長の X 線が物質中を x (cm) 進んだ時の強度 I の減少は次の式で表される。

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

但 I₀: x=0 なる時の強度

μ を弱減係数, 物質の密度 ρ で除した μ/ρ を質量弱減係数と云ひ、物質固有の値を示す。(第 9 表)

b. 吸収 (True absorption) 及散乱 (Scattering) 弱減係数 μ は光電子の發生に伴ふ吸収係数 τ と散乱による散乱係数 σ とに分けられる。σ は波長及吸収物質の原子番号と共に漸次増加するが、τ は大體波長の三乗に比例して増加し或る波長の所で不連続的に減少する。(第 15 圖) 此の不連続点を吸収端 (Absorption edge) と稱し、K, L, M... 等の状態の勵起エネルギーを示すものである。

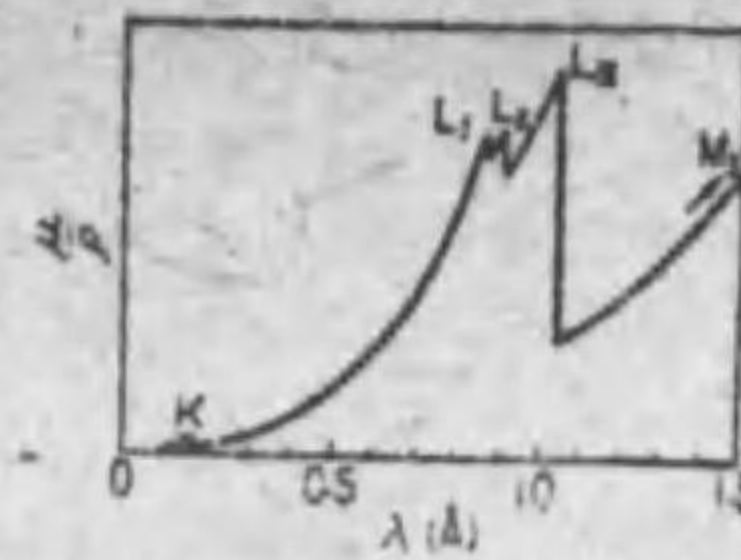
第 8 表 X 線屈折率 (n) 一例 (水晶プリズム)

λ (Å)	1-n
	×10 ⁻⁶
0.709	1.804
1.539	8.618
1.934	13.635
3.735	51.77
7.111	169.9
8.323	240.1

第 9 表 質量弱減係数 (μ/ρ)

λ (Å)	C	Al	Cu	Pb
9.866	—	553	5090	—
5.394	—	1480	1300	—
3.026	—	320	321	—
2.25	15.3	136	143	—
1.535	4.90	50.0	50.0	230
1.000	1.50	14.2	133	77
0.910	1.25	10.8	102	150
0.709	0.630	5.21	51.0	140
0.631	0.550	3.70	36.7	101
0.586	0.450	3.00	29.0	74.5
0.500	0.325	1.95	18.4	58.0
0.400	0.243	1.08	9.85	31.8
0.300	0.195	0.637	4.38	13.6
0.200	0.164	0.267	1.51	4.62
0.100	0.150	0.167	0.835	3.77

不連続点側の τ の比を飛躍因数 (Sprungefaktor) と稱し (第 10 表) 次の實驗式が成立する。例へば K 吸収端に於ける飛躍因数 δ_K は



第 15 圖 白金の吸収スペクトル

第 10 表 飛躍因数

元 素	δ _K
13 Al	12.6
29 Cu	8.2
47 Ag	7.3
74 W	5.6
82 Pb	5.4

$$\delta_K = E_K / E_L \quad \text{但 } L, E_L: K, L \text{ の勵起エネルギー}$$

又 τ と波長との間には種々の實驗式が與へられて居る。例へば Allen の式は

$$\begin{cases} \tau/\rho = 0.0182 \frac{N^2}{A} \lambda^{2.04} & \lambda < \lambda_K & \lambda_K: K \text{ 吸収端の波長} \\ \tau/\rho = 0.00181 \frac{N^2}{A} \lambda^{2.04} & \lambda > \lambda_K & N: \text{原子番号} \\ & & A: \text{原子量} \end{cases}$$

5. 二次線 (Secondary rays) X 線が物質にあるとその量子的エネルギーは種々の變化をなし従つて種々の二次線が出る。(第 16 圖)

a. 光電子 (Photoelectron) 及螢光 X 線 (Fluorescent X-rays) X 線量子は衝突によつて原子の内部電子を飛び出させる。光電子の速度は次の式で與へられる。

$$\frac{1}{2} m v^2 = h\nu - W$$

但 v: 光電子の速度, ν: X 線の振動数, W: K, L, M... 等の勵起エネルギー
その際勵起された原子は螢光 X 線 (第二次固有 X 線) を發して通常状態にもどる。従つて螢光 X 線は常に一次 X 線よりも波長が長い。

b. 散亂 X 線 (Scattered X-rays)

(1) 不變波長散亂線 (Unmodified) 古典法則による散亂線でその波長は入射 X 線と同一である。

(2) 變波長散亂線 (Modified) 及反跳電子 (Recoil electron) X 線は自由電子と衝突して量子的散亂をなしその波長は散亂方向によつて異つた値を持つ。その際エネルギー及運動量は保存されるので次の關係式が成立する。(Compton 效果)

$$\Delta\lambda = \lambda_\phi - \lambda_0 = \gamma(1 - \cos\phi) \quad \gamma = 0.0243 \text{ \AA}$$

φ: 入射線の向から測つた散亂角, λ_φ, λ₀: 散亂及入射 X 線の波長

一方電子は運動エネルギー $T = h\nu_0 \frac{\gamma(1 - \cos\phi)}{\lambda_0 + \gamma(1 - \cos\phi)}$ を以て反跳される。

6. X 線の透折干渉

a. スリットによる透折 単色 X 線を數ミクロンのスリットを通す時は明瞭な干渉縞が出来る。

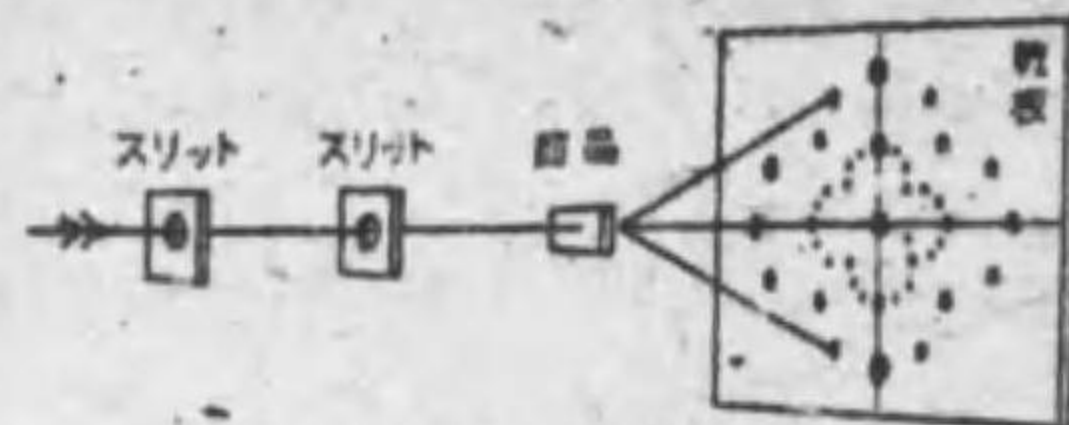
b. 線格子 (Ruled grating) による透折 全反射角以内の小さい視射角に於ては線格子によつて透折を生ずる。この方法は長波長 X 線の波長測定に應用される。又格子定數



第 16 圖 二次線

から波長の絶対値が求められ、更にこれを結晶法から求めた波長と結びつけて電子電荷の絶対値を求めることが出来る。

c. 結晶による廻折 並行連続 X 線を結晶を通す時その三次元格子による廻折像即ちラウエ斑点を得る。(第 17 圖) 廻折線は恰も結晶格子中の網平面 (Net plane) によつて入射 X 線が光學的反射を受けたやうな方向に進む。而して網平面の間隔 d , 視射角 θ 及廻折線の波長 λ との間には次の関係式がある。



$$2d \sin \theta = n\lambda \quad \text{但 } n: \text{ 整数 (Bragg の X 線反射式)}$$

一般にこの関係から X 線の波長を測定する。その際最もよく使用される結晶には第 11 表の如きものがある。或は逆に波長が既知ならば結晶の間隔が決定される。

第 11 表 X 線分光學に用ひられる結晶格子一例

結 晶	結 晶 系	化 學 式	反 射 面	面 間 隔 (第一次) (Å)
岩 鹽	等 軸	NaCl	劈 開 面	2.81400 (18°C)
方 解 石	六 方	CaCO ₃	劈 開 面	3.02704 (18°C)
雲 母	單 斜	H ₂ (K, Na)Al ₂ Si ₂ O ₇	劈 開 面	9.92758 (18°C)

d. ガス、液體による廻折 単色 X 線をガス或は液體を通す時は非常に幅の廣い廻折環を得る。これは分子の構造、分子間の距離等に關係する。

7. X 線結晶分析 これは結晶による廻折を寫眞又はイオン化室 (Ionization chamber) を用ひて測定し、結晶内に於ける分子、原子或は電子の配置を決定する方法である。ラウエ法、Debye-Scherrer 法 (粉末法)、Bragg 法、回轉結晶法等がある。第 12 表は分析結果の一例を示したものである。

第 12 表 結晶構造一例

構 造	結 晶	a (Å)	構 造	結 晶	a (Å)	構 造	結 晶	a (Å)	
面心等軸立方格子 O _h , O _h 	Al	4.04	體心等軸立方格子 O _h , O _h , O _h , O _h 	Li	3.50	等軸立方 Fm3m 	Si	3.56	
	Cu	3.60		Na	4.30		Si	5.42	
	Ag	4.08		K	5.20		型 O _h	Sn (灰)	6.46
	Au	4.07		Cr	2.87		等軸立方	CsCl	4.11
	Fe-γ	3.63		Fe-α	2.86		CsCl 型	TlCl	3.84
Ni-α	3.51	Fe-β	2.90	O _h	NH ₄ Cl-α	3.87			
六方密填型、D _{6h} 	Cd	2.98	等軸立方 NaCl 型 O _h , O _h 	LiF	4.01				
	Be	2.28		3.61	NaCl	5.63			
	Mg	3.22		5.23	KCl	6.28			
	Zn	2.66		4.95	MgO	4.20			
	Ti	2.92		4.67	PbS	5.97			

ガス、液體の廻折環からは分子の構造、排列等を研究することが出来る。尙金屬の研究、コロイドの研究等にも X 線の廻折は有力な方法である。

8. X 線スペクトルによる化學分析 この方法は物質を各元素に分離せず短時間に行ふ所に特徴がある。2 種類の方法がある。

a. 發光スペクトル法 物質を陰極射片につけて各元素から發生する固有スペクトルを測定する方法で微量定性分析を行ふにはよい方法である。その感度は例へば合金中の 0.00001% の含有元素を検出することが出来る。

定量分析を行ふには求むる元素のスペクトルと波長の極く近い他の元素のスペクトルを標準を選び、豫め兩元素のスペクトルの強度が等しい時の兩元素の比を定めて置く。次に未知物質に於て兩元素のスペクトルの強度が等しくなる爲に加へた標準元素の量から求むる元素の量を算出する方法がよく用ひられる。發光 X 線によつて行ふ方が誤差が少く充分よい條件の下に於ては 2~3 時間で 1% の含有元素を ±0.01 の正確さで定量することが出来る。

b. 吸収スペクトル法 未知物質を吸収體 (Absorber) として各元素の吸収端を利用する方法で、定量は次の式を用ひて行ふ。

$$P = \frac{\log e(I/I_0)_1 - \log e(I/I_0)_2}{m/f[(\mu/\rho)_1 - (\mu/\rho)_2]}$$

茲に P: 求むる元素の百分率, m/f: 吸収體の單位面積に對する質量, (I/I₀)₁, (I/I₀)₂: 吸収端の兩側に於ける吸収體の有無による X 線強度の比, (μ/ρ)₁, (μ/ρ)₂: 吸収端の兩側に於ける實質吸収係數。

2~3 時間で 2% 以下の誤差で定量を行ふことが出来るがこの方法は前項の場合よりも含有量の多いことが必要である。

9. X 線の檢出及エネルギーの測定 これには X 線のイオン化作用、發光作用、熱作用、光化學作用、光電効果作用、寫眞感光作用等を利用する。

a. 圓筒レントゲン單位 0°C、氣壓 760 mmHg に於て、1cc の空氣に X 線を放射しその空氣中に生じた第二次電子を完全に利用し、イオン化室壁の作用を除いて飽和電流によつて 1 C.G.S. 靜電單位の電氣量が運ばれた時、この X 線の量を單位とし、レントゲンと呼び、r なる文字で表す。

放射線の強さは毎分又は毎秒の r 數を以て示す。

b. 硬 度 (Hardness) これは X 線の性質を透過能の大小によつて示すもので、その度合は波長、アルミニウム等の弱減係數或は X 線管に加へられた電壓等で表される。(第 13 表)

第 13 表 X 線の 硬 度

X 線	最軟線	軟 線	中等硬線	硬 線	最硬線
波 長 (Å)	>0.8	0.8~0.45	0.45~0.2	0.2~0.1	0.1>
電 壓 (kV)	<15	15~27	27~60	60~120	120<
(μ/ρ) _{Al}	>7.3	7.3~1.5	1.5~0.28	0.28~0.16	0.16>

c. X線に対する防護 X線は人體細胞に危害を加へるものであるから、強いX線源を使用する時或は長時間の放射を必要とする時は充分な防護が必要である。この目的には鉛の板が最も便利である。普通の Coolidge 管に 100 000 V の電圧を加へた場合、鉛板の 1mm は 80%、2mm は 99.4% の X 線を吸収する。尙種々な防護材料 1mm を鉛板に換算した値が第 14 表である。

第 14 表 X 線に対する防護力

防護材料	防護力
鉛板	1
鉛硝子	0.12~0.20
鉛ゴム	0.25~0.45
練瓦、コンクリート	0.01
木材	0.001
重晶石入の壁	0.05~0.15
鋼	0.15

第 6 章 医療用電気機械

1. 医療用電気機械 電気エネルギー或はこれを他の形のエネルギーに変形したものを直接又は間接に医療上に使用する機械を總括して医療用電気機械といふ。

a. 第一種医療用電気機械 30 V 以下の電圧で使用するため、主として電気装置は人體に直接々する部分に連絡する。安全を期するため乾電池又は蓄電池から電流を取る。屋内線から交流を取り変圧器で降圧して用ひる場合には、屋内線に直結した部分を直接人體に接觸せしめることの無いやうに注意しなければならぬ。電気焼灼器、食道気管鏡、膀胱鏡、胸腔内癒着切断器、平流電気療法機械等がこれに屬する。

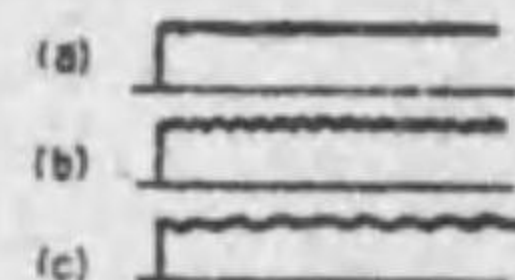
b. 第二種医療用電気機械 レントゲン、チオテルミー、ラヂオテルミーの如く低壓配電線から電流を取り、これを著しく昇壓して用ひるものと、光線療法機械、医療用電動機等の如くに昇壓せず大體そのままの電圧で使用するものがある。

c. 第三種医療用電気機械 前項第一種、第二種のいづれにも屬しないもの、例へばウィムシャースト感應起電機の如きものを第三種の内に包括せしめる。
(以上の分類は完全とはいへないが假に医療電気器調査委員会報告に基いて掲げる。)

2. 電気療法機械 狭義の所謂電気療法には下記の如きものがある。

a. 平流電気療法 平流電気の陰極は知覚及運動神経並に筋肉を刺激し、又血管を開張せしめ、その陽極は知覚及運動神経を鎮靜する作用を有つてゐる。

(1) 電源 精密を要する場合には全く脈動しない均等電流の直流即ち医療上でいふ平流(第 18 圖 (a))を理想とするから乾電池又は蓄電池を用ひる。しかし實用上にはさほど精密を要しないことが多いので交流電源も用ひられる。この場合には屋内線から電流を取り変圧器で所要の電圧に下げ、電動變流機(第 18 圖 (b))又は全波整流真空管(第 18 圖 (c))で直流とし更に整流線輪及蓄電器を適當に併用することによつて、相當大きい電流を用ひる時にも電流の動搖を 1~2 % 以下に保つことが出来る。治療に必要な電圧及電流は目的によつて異なるが、小型器械では先づ 10 V, 10 mA で足り、電気浴等では 2~65 V, 80 mA を要する。



第 18 圖 平流電気療法に使用する電流

(2) 導線及導子 装置から人體に電流を導く導線は軽くて容易に屈撓し、同時に汗や水に濡れても漏電しないやう護膜及絹を以て良く防水絶縁した細銅線を用ひる。陽陰

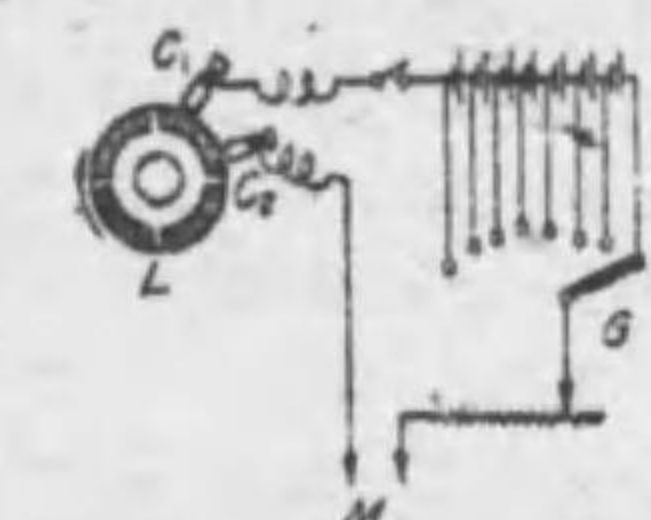
兩極の導線は別々の紐とし陽極側は赤色、陰極側は緑色の絹被覆とする。装置の端子には陽極、陰極の符號を明記しなければならない。

人體に接着する導子はその使用部位、目的によつて種々形状を異にする。患部に接着する方は小型でこれを刺戟導子といひ、把持移動に便利なやうに絶縁物の把手を付ける。把手に更に電流開閉用の鍵を裝備したものは特に斷接導子といふ。廣い患部に通電するには回轉移動するやうに出來てゐる金屬圓環の回轉導子を、又皮膚の知覚神経を刺激するには金屬細線の刷毛狀導子を用ひる。

他の一端の導子は身體の便宜な場所に接着して電流の回路を完成するためのもので固定又は無差別導子といひ、電流密度を小さくして刺激とならぬやうに廣い亞鉛板で作り、治療中に皮膚と離れないやう身體にしっかりと固定する。皮膚との接觸を良くし同時に硬い金屬感を受へないため導子の表面は布で包み、使用時はこれに温い水又は鹽類溶液を浸ませて導電性を與へる。次項の感傳電気療法にも同様の導子を用ひる。

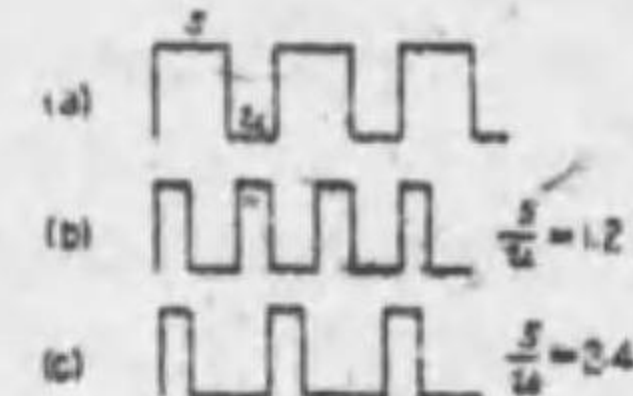
平流電気装置には電源、電圧電流の調整及計器、電流の方向轉換器、開閉器、接地用端子等を備へる。

(3) ルデュック平流斷接器 神経や筋肉を反復して刺激するには斷接導子の鍵を指で操作して電流を開閉する。これを頻繁、迅速、精密に規則正しく行ふにはルデュック斷接器を要する。これは第 19 圖 L の如き互に絶縁せられた 4 箇の金屬片を有する圓盤を小電動機で回轉し、2 箇の固定接觸子 C₁ 及 C₂ が同時に同一の金屬片に觸れてゐる時間だけ回路が閉ぢ、二つの金屬片に設けると電流が断たれるやうになつてゐる。この斷接器を平流装置と人體との間に直列に入れる。圓盤の回轉速度の調節によつて 1 秒間の刺激回数 f を、2 箇の接觸子の固定位置を變へることによつて通電時間 s と休止時間 u との比を、又以上兩者の調整によつて s 及 u の絶対値、その比 s/u、刺激回数 f を任意に選ぶことが出来る。(第 20 圖 (a), (b), (c) 参照)



L: ルデュック斷接器の回轉圓盤、C₁ C₂: 同固定接觸子、G: 平流装置の電池、電壓加減器、抵抗器、開閉器、M: 人體

第 19 圖



ルデュック斷接器の回轉速度及接觸子の固定角度の調節によつて刺激時間 s 及休止時間 u の絶対値及それ等の比を隨意に加減する。

第 20 圖

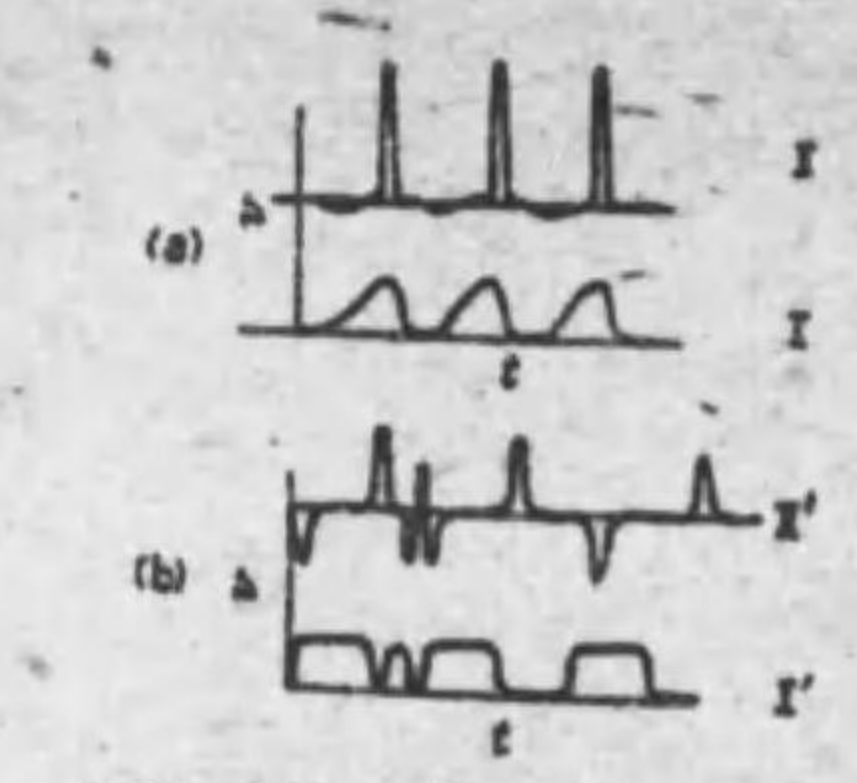
このルデュック電流は臨床上次項の感傳電流と本質的に同様のものであるが、f, s, u を任意にしかも簡単に調節することも測定することも出来るのみならず、皮膚の知覚刺激が少いから感傳電流よりも大きい電流を使用しても疼痛が少く、ために高度の麻痺の治療にも使用せられる利點がある。本器では s=0.001 s, u=0.009 s の時最小の電氣量で筋肉に反應を起させ得る。

b. 感傳電気療法 簡單で安價なため他動的筋收縮を誘起するために盛に用ひられるが、知覚刺激或は血管を刺激して貧血又は充血を起させるのにも利用せられる。

(1) 感傳電流 感應コイルの一次線輪に電池から電流を送り、ワグナーの槌子で拍

節的にこれを断続し、二次線輪に起つた感應電流を治療に用ひる。

感應電氣器に於ては第 21 圖 (a) に示す如く一次電流 I は回路閉鎖後比較的緩徐に且動搖せず最大値に達した時なるべく急速に電流を断ち、以て二次線輪には一次回路閉鎖後の感應電流はなるべく小に、一次回路開放時の感應電流 II はなるべく急峻に最大となり且急に消失するやう設計せられなければならない。蓋し本療法に於てはこの最後の短時間に經過する強い二次電流を以て生體を刺激することを主眼とするからである。断続器の動作の不安定なものでは、例へば第 21 圖 (b) の如く不規則な、刺激効果の貧弱な、しかも患者に不快な疼痛感を與へる感應電流 II' を生ずる。断続頻度は椅子を調節し、二次電流は一次二次線輪間の距離又は傾度、一次の線心又はその銅被覆の抽出或は挿入、回路の抵抗の加減等によつて調節する。



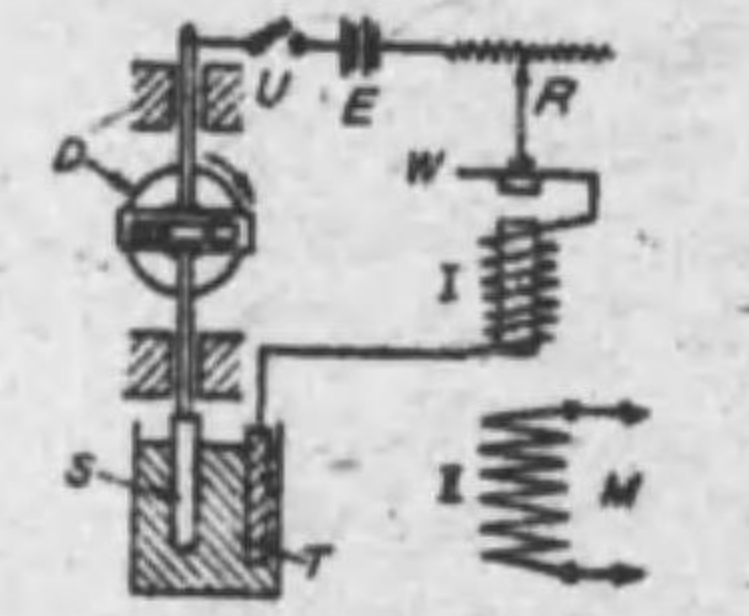
第 21 圖 断続に電流を、横軸に時間 t を取る。I, I' は一次, II, II' は感應二次電流。(a) は断続の優良な、(b) は不良な場合の一次、二次電流。

(2) 痛感傳電氣器 上記の断続動作の均整確實、二次電流の急峻を計り以て疼痛が少く、しかも運動刺激を強くして醫療効果を大にするため、使用電流強度の変化に伴ふ断続動作の変化を避けるため彈簧断続子の考案をなし、或は断続器に並列に蓄電器を入れて一次電流の不規則な動搖を少くするやう工夫したものである。

(3) 振動感傳電氣器 生理的の興奮に近似の刺激作用を起させやうとして感應電流の一群づつを第 22 圖の如く強度を正弦波形に変化させる装置である。第 23 圖はその一例のレオドロープで、小型電動機を以て鹽液中で銀棒電極に上下運動をさせ、それが液中に深く渡すれば抵抗を減じ、浅くなれば抵抗が増すやうにしたものを、普通の又は無痛感傳電氣器と人體との間に直列に連結して用ひるのである。



第 22 圖 正弦波形振動感應電流



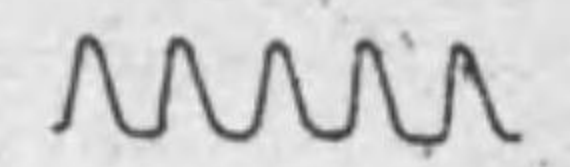
E: 電池, U: 開閉器, R: 抵抗器, W: ワグナー椅子, I: 一次線輪及線心, II: 二次線輪, M: 人體, D: 回轉調整, S: 上下に正逆運動する銀棒電極, T: 固定電極。

(4) 平流感傳併用法 平流電氣の有する電氣緊張の生理を巧に利用することによつて感傳電氣の刺激効果を増大させる方法で、同一導子から平流と感傳電流とを同時に人體に導く。この際兩種の電流が同一方向に流れる方が反対方向にするよりも有効である。一種の電流だけでは反応しない血管や内臓の平滑筋もこれによつて收縮させ得る。

(5) ベルゴニエの脱脂療法 強力な感傳電流を加減抵抗器によつて數條に分配し、脱脂椅子と呼ばれる肘掛椅子導子と四肢腰部等に當てた數條の移動導子とを通じて、全身の筋肉に同時に略同等の強さの運動を起させるやう夫々調節して電流を送る。患者の全身に亘り總重量が數十キログラムに達する程度に多くの砂囊を載せて通電すれば、全身の筋肉はこの砂囊を持ち上げながら運動して體內エネルギーを多く消費して脂肪を失ふ。

第 23 圖 振動感傳電氣器

(6) スミス蓄電器放電装置 充電電壓と容量を夫々加減し得る蓄電器を電源と人體とに並列に結び、電動機によつてこの蓄電器を回轉して電源と人體とに交互に連絡させて充放電を頻繁迅速に行はしめ、隨意の電氣量を以て反復刺激を加へ得るやうにしたものである。利用電流の波形は第 24 圖の如く上昇が急峻で下降は稍緩慢なものである。



第 24 圖 スミス蓄電器放電電流

c. 電氣浴 温湯を容れた浴湯中で通電すれば、人體を貫流しないで水の中だけを流れる電流も少くないが、温湯中皮膚は軟化充血して抵抗が減する外、電氣の流入する體表面が廣いため比較的大きい電氣量を疼痛なしに人體に導入することが出来る。浴湯中に藥物鹽類を溶解してそのイオンを導入することも出来る。電流は目的に応じて平流、感傳電流、ルデュック電流、三相交流のいづれかを用ひる。

(1) 電氣全身浴 電極は人體に接觸しないやうに木製格子で覆ひ、極数は 2~7 箇とし、材料は炭素又はアルミニウムとする。電源は 60 V, 300~2000 mA を準備すれば充分である。1 極だけを槽中にをくのを單極浴といひ、時には他極を槽外に出した手で握つてゐることもある。二極浴では電流の半以上が水を通して浪費せられるから大きい電源を要することになる。護膜製の隔壁を槽の中央に設け、その中央にある孔に人體の頭を入れ、隔壁の兩側に附極をおいて通電すれば電流は大いに節約せられる。

(2) 電氣四槽浴 兩脇及足許にある各別々の磁製の浴槽に四肢を浸し、患者はそれ等の中央にある椅子に着衣のまゝ坐る。特別の四槽浴配電盤の操作によつて、上肢を陽極下肢を陰極とする所謂下行電流、又はその反対の上行電流、或は各槽に感傳、正弦電流を通ずることも出来る。本法では電流の全部が人體を貫流するので経済的であり、廣い場所を要せず、患者を裸體とする必要もない。浴湯中に消毒液を混すれば創傷、瘡疽の患者にも特殊の治療が出来、藥物を溶解すれば全身イオン導入法も同時になし得る。

d. イオン導入法 一種の電解液である人體に直流を通ずるに當つて藥物溶液を導子とすれば、導子及人體は電氣分解によつてイオンの交換をなす。即ちこれによつて人體に藥物イオンを導入し得る。前項全身イオン導入法は例外であるが、一般にイオンは身體の深部組織に達する前に淋巴や血液に洗ひ去られるから、深い病竈に適用することには困難を伴ふ。皮膚の一部、眼、關節等比較的淺い病竈には簡單に有効に使用される。いづれにせよ相當強い電流を使用する關係上導子に接する皮膚にとかく疼痛を起しやす。これを防止するには装置及使用方法に多大の改良が加へられなければならない。

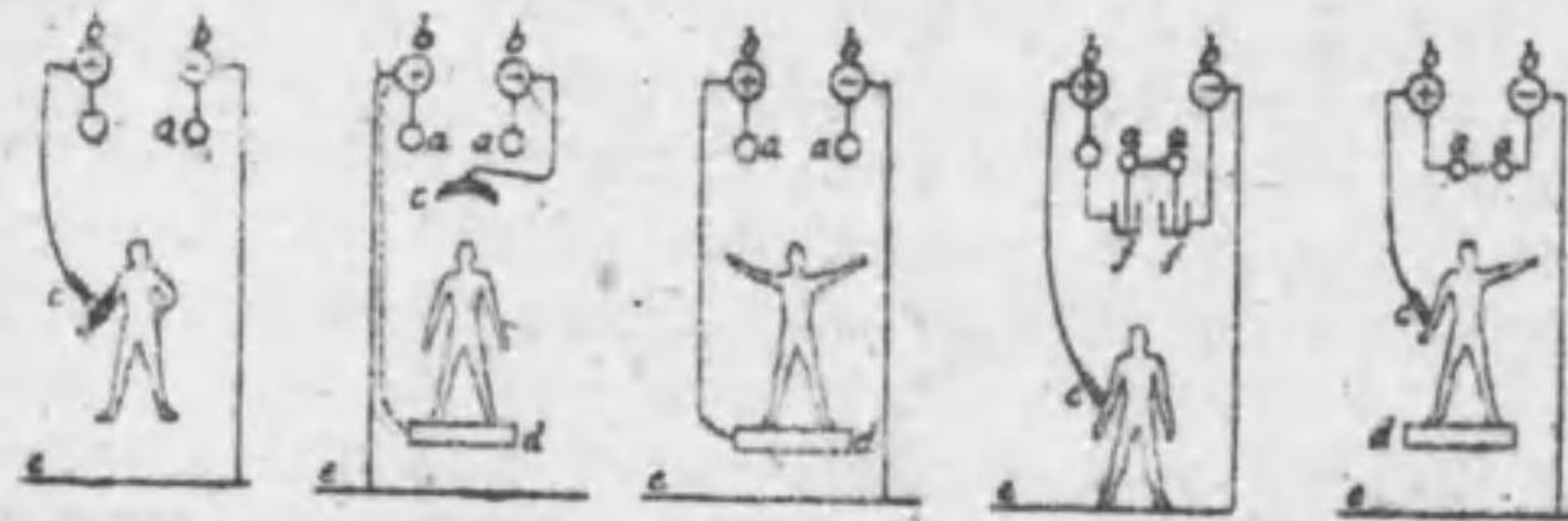
e. 電氣分解療法 (1) 洗髪治療法 白金又は特殊鋼の針を陰極として比發組織内に穿刺して通電すれば、陰極に形成せられたアルカリのために組織は腫脹して瘡疽に陥り、數日後には乾燥脱落して、鬚の髮度を減すことなしに治療する。2~4 mA の直流を用ひる。

(2) 脱毛法 尖鋭な針狀陰極導子を毛管中に穿刺して短時間 2 mA 内外の電流を通ずると毛根は破壊せられ、ピンセットでその毛を容易に除去し得る。腐蝕性金屬を陽極針狀導子とすれば病的組織の破壊凝固を行ふことも出来る。

f. イオン吸入療法 紫外線、レントゲン線、ラヂウムで空氣を電離してもイオンは極めて短時間内に再結合をしてしまふので、これを治療に利用することは不可能である。本法ではアルカリ金屬の酸化物を三極真空管の陰極線管で加熱電離させ、これを陽極と格子に加へた適當な電壓によつて遊離させ、陰イオンのみをロータリー・ポンプで管外に導

き出し、空気に混じて患者に吸入させる。

8. 感應静電気療法 ウィムスターの感應起電機を用いる。液電による電荷の損失を防ぐため特別な絶縁蓋を用意しなければならない。單尖、多尖、多尖冠狀、球狀、回轉圓錐導子等を使用する。(第 25 圖参照)

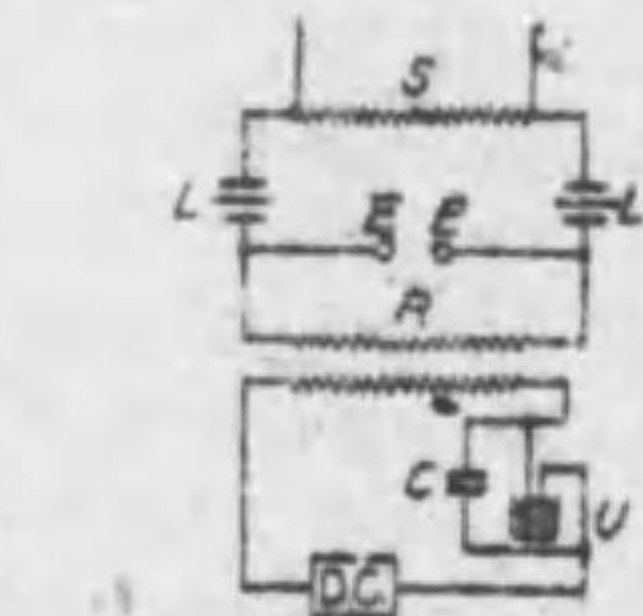


(1) 芒光放電法 (2) 頭部療法 (3) 靜電氣浴 (4) ホルトン電流法 (5) 波狀電流法
起電機内電球 a: 内外電球 b: 導子 c: 絶縁蓋 d: 地面 e: ライデン瓶
第 25 圖 感應静電気療法

- (1) 芒光放電法 尖狀導子を起電機の陽極に結び、陰極は接地する。導子を体表 5~10 cm に近づければ一種の音響を發しながら芒光が飛び、冷風の如き電氣風を感じる。
 - (2) 頭部療法 多尖冠狀導子を陰極に結んで患者の頭部の上方から放電させれば、電氣風を感じるるとともに頭髪は逆立つて陰極導子に引きつけられる。效力を強くするには陽極を絹織蓋に結び、弱くするにはこれを接地する。
 - (3) 靜電氣浴 陰極を接地し陽極を絶縁蓋に結んで、全身を陽荷電する。
- 以上の 3 方法はすべて起電機内内の電球を互に遠ざけて行ふ。
- (4) ホルトン電流法 兩ライデン瓶の内箱に連絡した兩内電球を初め接觸させ、一方の外箱は接地し、他の外箱は導子に結んで、接地せられてゐる人體の運動動に接觸する。かくて電球を互に遠ざけつつ通電すれば球間の火花放電に伴ひ人體にも火花放電を起して反復荷放電し、筋肉は痙攣する。
 - (5) 波狀電流法 蓄電器を用ひず、人體は絶縁し、陰極は接地し、陽極を導子に結んで兩球間に閃光放電を起させると人體は速に荷放電して震盪感と發汗を起す。

9. 高周波電氣療法

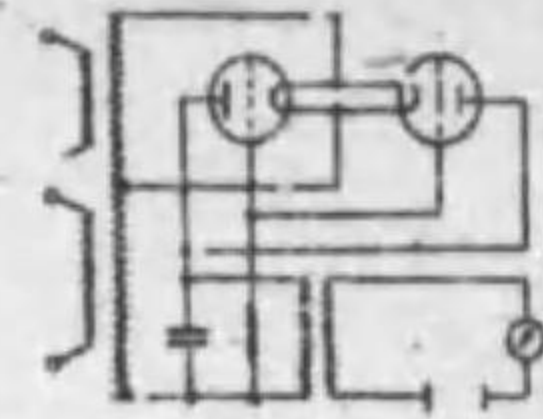
a. ダルソソワリサチオン 延長すれば數十マイクロームにも達するリュムコルフ火花感應起電機の長い二次線輪を第 26 圖の如くライデン瓶の内箱と放電子に結び、一次線輪は断接数の多い水銀断接器と容量の大きいファイゾー蓄電器を介して直流電源に連絡する。ライデン瓶の外箱はソレノイドに結ぶ。このダルソソワール装置によつて發生する高周波電流は著しい減幅振動をするものであるが、放電子その他の改良によつて不減幅振動に近いものも得られる。又近頃は火花感應起電機の代りに閉鎖式感應起電器を用ひ、更に遠んで真空管發振器(第 27 圖)を使用するやうになつた。



D.C.: 直流電源, U: 水銀断接器, C: ファイゾー蓄電器, A: 起電機二次線輪, L: ライデン瓶, E: 放電子, S: ソレノイド

第 26 圖 ダルソソワール装置

(1) 蓄電法 絶縁物を介して大金屬板上に患者を仰臥させ、この金屬板と手に握つてゐる導子とをソレノイドの兩端に結べば、人體は金屬板に對向する蓄電器の他の一極となつて、高周波電流のために血管運動、尿分泌促進等の作用を受ける。



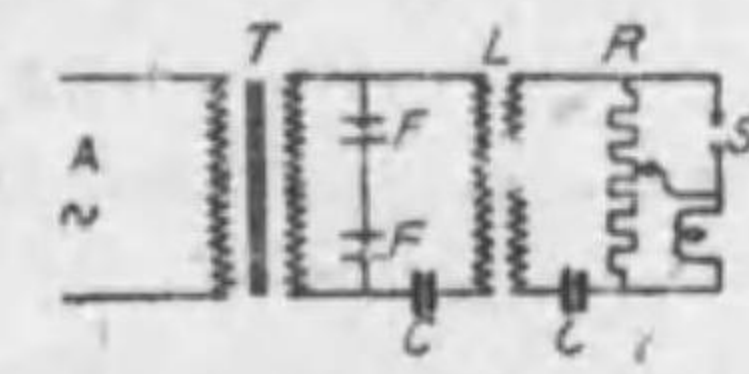
第 27 圖 高周波電流發振器結線圖の一例

(2) 自家發電法 大きい筒型ソレノイドを作りその中に人體をおけば、體內にそれ自身閉鎖してゐる感應高周波電流の回路を作る。

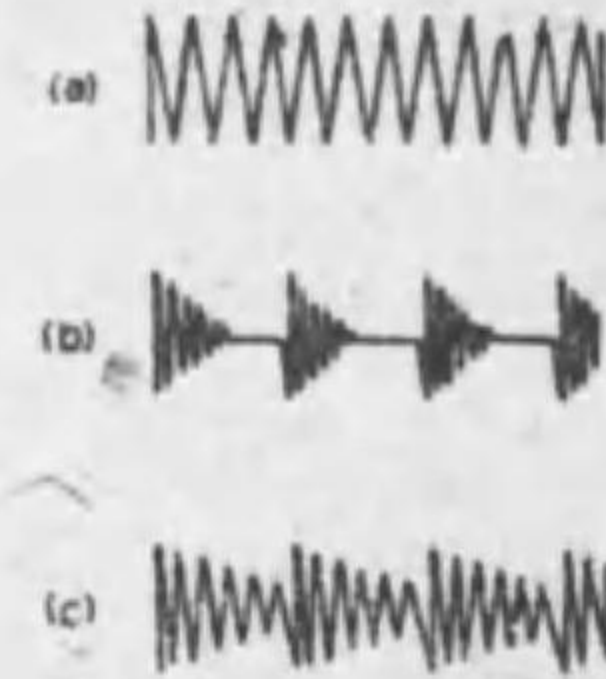
(3) ウーダン共振法 ソレノイドの一端を更に延長捲回してこれに特別高壓の高周波電流を送れば、ソレノイドの延長遊離端から芒光放電を起す。これを芒光導子によつて人體に導く。ソレノイドを平面に渦巻状に捲いたものはタウジイ共振器と呼ばれる。ソレノイドの一端に真空管を結んで人體に近づけると、管内は青紫色に輝き、同時に人體に向つて青紫色の芒光放電を起して、皮膚毛細管の收縮又は組織の破壊を起させる。これを紫光線といふ。

b. チアテルミー

(1) チアテルミー (電氣透熱療法) a 項で述べた真空管發振器(第 27 圖)又は第 28 圖に示す如き火花間隙發振器によつて高周波電流を發生させ、これを平板導子によつて人體に導くとジュール効果及細胞共振によつて體內に温熱發生その他の治療効果を起させ得る。導子は患部によつて夫々適當に設計せられる。周波数は通常 10^6 内外のものを用ひ、電流は 1000~3000 mA を要する。



A: 交流電源, F: タングステン板火花間隙, C: 蓄電器, T: 變壓器, L: 同調コイル, R: 抵抗, S: 治療用導子



(a) 切斷力良好なるも止血作用不良
(b) 止血作用良好なるも切斷力不良
(c) 切斷止血兩作用のかなり良好なるもの

(2) チアテルミーナイフ (電氣手術刀) チアテルミー導子の一方は廣い鉛板と

第 28 圖 火花間隙發振器の一例

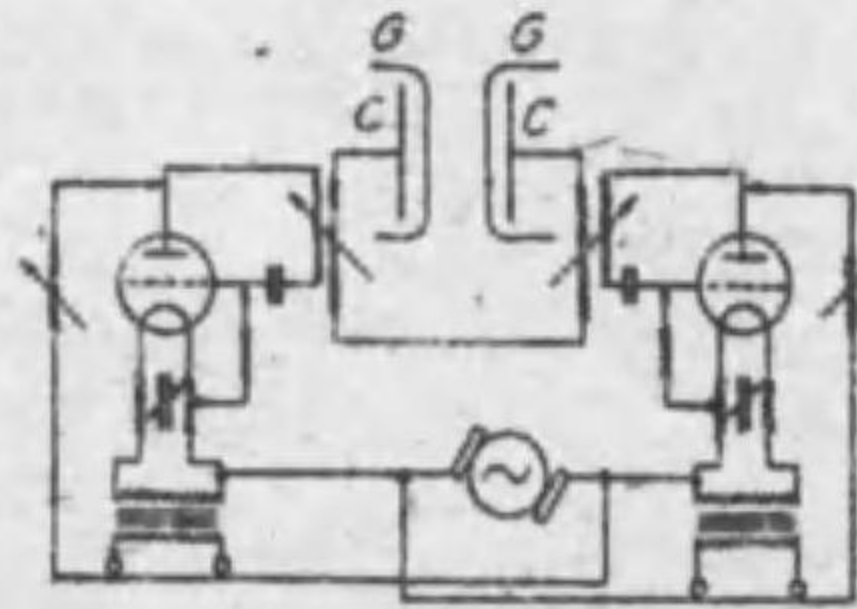
第 29 圖 チアテルミーナイフの電流

して適當の體部に密着させ、他方の導子は白金で針狀又は小刀狀に作りこれを輕く人體に觸れると恰も鋭利な手術刀で切斷するやうに、しかも餘り出血せず切開手術を行ふことが出来、同時に創面は消毒せられる。これをチアテルミーナイフ、電氣手術刀又は高周波切斷凝固器といひ、鬚髯、肝臓等の如き普通の手術刀では出血が強く困難な手術さへもこれによつて實施することが出来る。

第 29 圖 (a) の如く不減幅振動の電流は切斷力が強いが止血作用に乏しく、(b) の如く減幅著明なものは組織に對する脫水凝固作用が強く止血には便利であるが切斷力は劣る。故に 2 種の火花間隙を作るか、或は回路の自己誘導又は容量の調節によつて、一は不減幅、他は減幅の兩種の電流を發生させ、切換器によつて切斷用と止血用の電流を交代に使ふやうにしなければならぬ。或は (c) の如く兩者の中間即ち少しく減幅するものに兩作用を兼ねさせてもよい。刀の尖端の形狀も亦切斷止血の兩作用に影響する。

C. ラヂオテルミー

(1) ラヂオテルミー(短波、超短波療法)は $10^7 \sim 10^9$ の短波、超短波電流の應用であるが、發振器製作技術上チアテルミー装置とは全く別箇のものとしなければならない。構造は無線電信用送信器と同一で差支ないが、出力は數百ワット以上の強力なものでなければ治療に不充分である。その一次回路を發振回路、空中線の回路を治療回路といひ、この回路中に特別の蓄電器を入れ、その兩極板の間に患部を挟む。結線の一例として第 30 圖にエゾー回路の略圖を掲げる。實地に使用されてゐるものは各自の考案により夫々獨特の構造に改良せられてゐる。治療用蓄電器の極板が直接人體に觸れず、同時に人體との間に容量抵抗を有たせるために硝子又はエポナイト製の被覆を以て蓄電器を覆ふ。これを蓄電器靴といふ。極板と靴との間隙は任意に加減せられる。靴は直接又は衣服を介して人體に接觸する。



C: 治療用蓄電器 G: 蓄電器靴
第 30 圖 エゾー超短波發振回路

人體は蓄電器の兩極板間にあつてその誘電體となるが、その誘電率は大約 80 内外であつて、電流は體内で大きいエネルギー損を受ける。このエネルギーが人體に溫度上昇その他の生物學的作用の力源となる。

人體は種々の異つた組織の集積である。チアテルミーでは抵抗の比較的少い組織の中を主として電流が通過するから溫度上昇も筋肉、脂肪、内臓、皮膚、骨等に於て夫々異なる。ラヂオテルミーではこれに反して組織に対する電流の透過性は略均等であるから各種の組織は大體同程度の作用を受ける。しかし均等といつても絶對的ではなく、周波數によつて各組織に対する溫熱發生の能率を異にする。第 15 表にその關係の一例

第 15 表

組 織	導電率 ($k\Omega^{-1}cm^{-1}$)	波長(m)
	$\times 10^{-4}$	
器 官 液	179	0.79
汗 液	152	6.93
血 液	90	1.77
筋 肉	66	2.15
大 腦	18	7.87
小 腦	14	10.1
心 臓	11	12.9
肝 臓	8	17.7

を掲げる。この點を利用して、最も適當な周波數を用ひて特定の臟器を目標として治療を行ふ。

極超短波も醫療上利用の途があるだらうが、今日の所では治療に供し得る程度に大きい出力の器械を製作することが困難である。

(2) ラヂオナイフ(超短波手術刀) 治療用蓄電器の一極板を廣い平板とし、絶縁物を介して患者をその上に臥させ、他の一極は針狀又は小刀狀として軽く人體に觸れると何等の抵抗を感ずることなしに鮮かに組織を切開することが出来る。これをラヂオナイフといふ。切開の際附近の小血管は高周波電流のために收縮貧血して出血は非常に少い。しかし稍大きい血管からは出血するから別の球狀端針で凝固止血を行ふ必要がある。この際チアテルミー・ナイフの如くに振動波形の異なる電流を使ふ必要はないが尖端針と球端針とを別々の導線で装置に結んでおいて迅速に切換へなければならない。これ等の導線の長

さ、使用中のその彎曲、平板電極と人體との間隙等はやがて回路の自己誘導、容量等に影響して振動が微弱となり、又時には全く停止することさへあるから注意を要する。皮膚を切開するには 3×10^7 内外が最も適當である。

5. 光線療法 太陽の光熱以外はすべて電流によつて光源を作る。燃焼光源は全く利用せられてゐない。多くの光源は室外、可視、赤内の各線を同時に輻射するが、醫療上にはその中の最も主要なエネルギーの種類によつて次の如く分類する。

a. 室外線 刺戟、殺菌、免疫促進、新陳代謝促進、植物性神經系統の興奮又は鎮靜等の作用がある。光源としての大部分は弧燈である。

(1) 水銀石英燈 熔融石英管中に於ける水銀蒸氣のルミネッセンスは最も廣く實用に供せられてゐるもので、水銀石英燈、人工太陽燈、クローマイエルランプ、ウビオールランプ等がこれに屬する。カドミウム石英燈は水銀燈よりも更に短波長のスペクトルを出す。

(2) 發熱炭素弧燈 電極の發光以外に電弧自身のルミネッセンスをも増強併用するために炭素電極に金屬の心を鑄込み、又はその鹽類の液を含浸させる。交流式、直流式、開放式、閉鎖式各種のものを用ひる。フィンゼンランプ、アウレオールランプ、ジュビターランプ、ヘリオールランプ等がある。

(3) 蓄電器放電火花燈 ルムコルフ誘導線輪又は高壓變壓器で蓄電器を充電し、これを鐵の兩極間に放電させて、紫外線に富む火花を作る。

b. 赤外線 血管開張、充血、新陳代謝促進、病的產生物吸收促進、知覺神經鎮靜等の効果がある。炭素纖維電球、ニクロム加熱線、ゾールックスランプ、ジルベルストラルランプ、ゾーアライト等が用ひられる。ハラタム長波放射装置は線條が赤熱せぬ程度で既に $0.1 \sim 0.001$ mm 範圍の赤内線を多量に輻射する。

c. 可視線 これだけでも赤醫療に供せられる。青色光線は知覺神經を興奮させるが精神を鎮靜し、赤色光線は反對に精神を發揚させるが知覺神經を鎮靜する。ミン燈は特殊の白熱電球に青、赤、紫色等の濾光硝子板を付けて色帯を選擇するものである。この外可視線は病的產生物吸收促進の目的にも使用せられる。

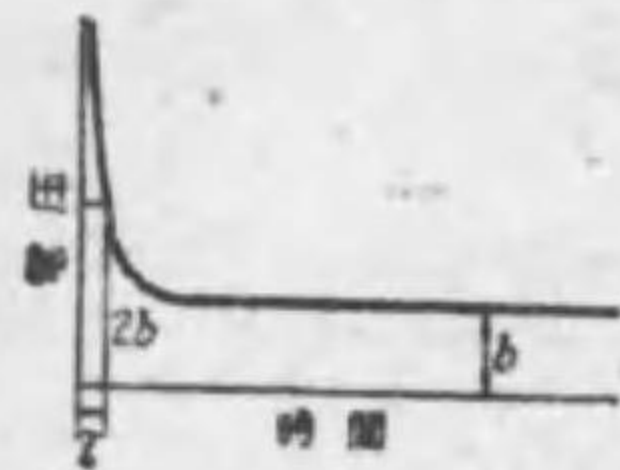
d. 混合光線 多くの場合には室外、可視、赤内各線の混合物、といふよりはむしろそれ等に分離しないそのまゝの光線の方が種々の生物學的作用を兼備してゐて都合がよいから、特別の場合を除く外は混合光線の光源をそのまゝ使用する。上記諸種の光源の大部分がこの目的にも使用せられるが、その他にスペクトロゾールランプ、ウェッスリーランプ、ウルトラランプ、メボライトランプ、ウルトラックス、バイタランプ等がある。

e. 電光浴 以上の光源は必ず反射笠によつて光束を一方に集めて照射するのであるが、特に全身電光浴装置といふものがあつて、多數のタンダステン及炭素纖維電球を裝備した櫃又は箱の中に患者を入れ、四方から光熱を與へて皮膚を刺戟し多量の發汗を起させる。局所熱氣浴といふのは患部の形に應じて作つた箱の中に電熱器を備へ、患部をこれに入れて加熱し、炎症の治癒、局所の充血を促す方法である。

6. 電気診断器 甚だ多くの種類があるが、その二三のものを挙げるに止める。

a. クロナキシメーター(時値測定器) 神經及筋肉に對する電氣の刺戟効果はその強さ、通電時間 t 、これ等の時間的變化 di/dt 等の複雑な函数である。 t を甚だ大即ち千分の一乃至數秒とした時に刺戟となり得る i の最小値を流基 b 、流基の 2 倍が刺戟とな

り得る。その最小値を時値即ちクロナキシー τ といふ。(第31圖参照) 器官の被刺戟性、特異性等を知つて病變の性質及豫後を推知するために流基、時値を測定する器械をクロナキシメーターといふ。神経及筋肉は電気刺戟には極めて鋭敏に反應するもので、その閾値エネルギー



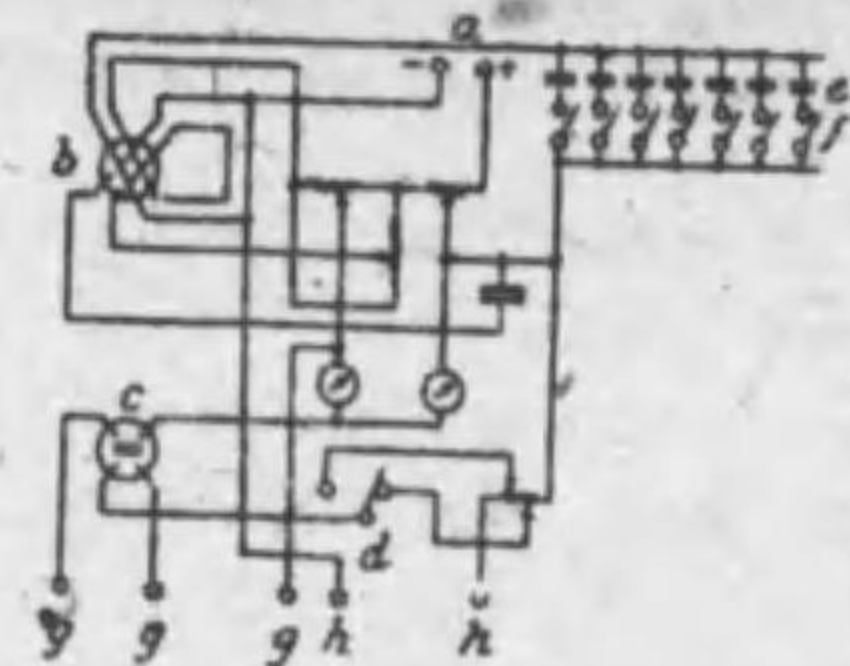
b: 流基, τ : bに對する反應時間即ち時値

第 31 圖 クロナキシー

は $(0.3 \sim 8.0) \times 10^{-3}$ エルグに過ぎず、b も τ も非常に小さいから、これ等の測定には精巧な装置と周到な注意を要する。蓄電器放電の理論を應用してヘルムホルツ又はリューカスの振子電流切斷器で微小時間を測定するのが最も精確に近いが、臨床上では便宜のため容量と有効放電時間既知の多數の蓄電器を使用して間接に時間を算出する方法を用ひる。第32圖に酒井式クロナキシメーターの結線略圖を掲げる。

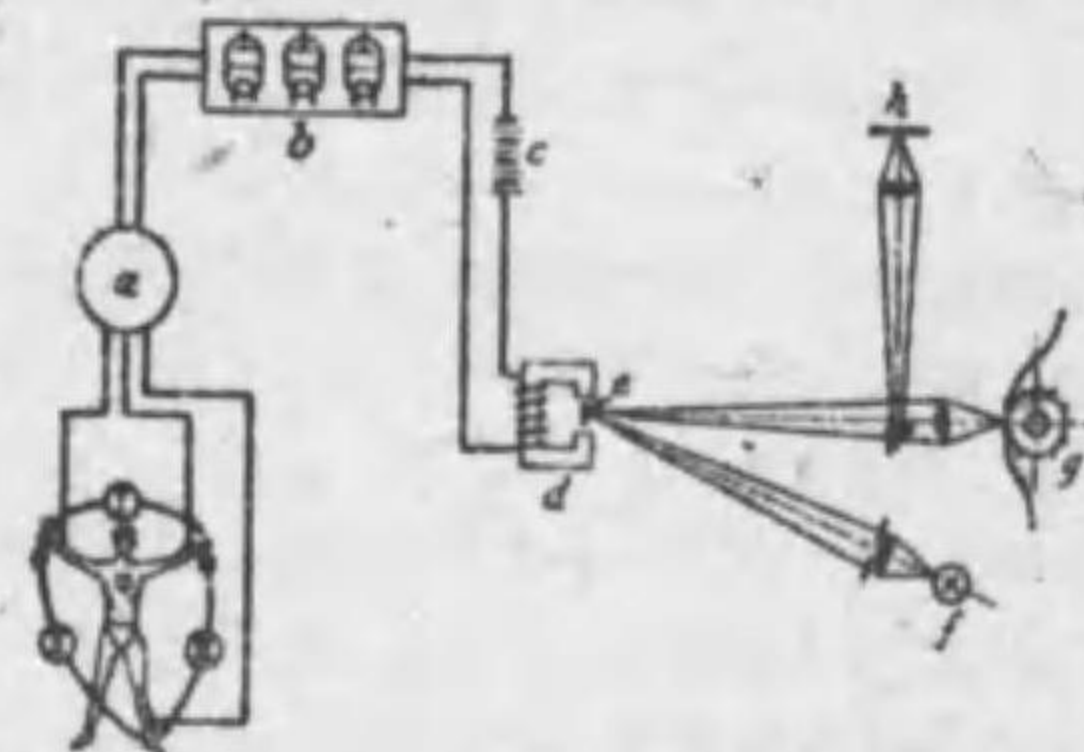
b. エレクトロ・カルチオグラフ(電気心臓曲線描寫装置) 筋肉が收縮すると非常に短い時間に經過する電流が起る。これを筋肉の動作流といふ。人類の心臓は左右の心房及心室の四つの部位から成り、それが無數の筋線維の集團である。その收縮開張によつて複雑な動作流が起る。これを體外に誘導してその時間的經過を描記する装置をエレクトロ・カルチオグラフといふ。心臓に起つた電位差の變化は四肢末端まで擴がつてゆくから、左右の手と手(第33圖I), 右手と左足(II), 左手と左足(III)のいづれかから誘導して動作流の消長を觀測する。この結合方法 I, II, IIIのいづれによるかに從つて曲線に多少の相違を生ずる。装置は非常に敏感であるから交流の影響からよく遮断する。

横川式エレクトロ・カルチオグラフは電気心臓曲線をフィルムに撮影する代りに、強い磁界で動く電流計の動作に伴つて硝子ペンが左右に運動して、縦に移動する巻紙にインキで曲線を畫くやうに改良せられたものである。かくすることによつて現像の手数を要せず患者の傍で即座に曲線を觀察し得るのみならず、破損し易い單線電流計を使つてないから汽船、軍艦等移動物中でも使用出来る。小型で一つの金屬箱中に全装置が入つてゐるから電氣的遮断の繁雜もなく、運搬も容易である。



a: 直流電源, b, c, d: 切替器, e: 容量の異なる多數の蓄電器, f: 可變器, g: 充電端子, h: 放電測定端子

第 32 圖 酒井式クロナキシメーター結線略圖



I, II, III: 第一, 第二, 第三結合, a: 結合選擇器, b: 真空管増幅器, c: 電源, d: 單線電流計, e: 電流計の鏡の反射鏡, f: 光源, g: フィルム移動装置, h: 曲線描寫檢用硝子

第 33 圖 シーメンス電気心臓曲線描寫器原理圖

c. 電氣聽診器 心音、子宮雜音、胎兒心音、呼吸音、ラッセル等を特殊の小型マイククロホンで電流に變へ、これを真空管で増幅して擴聲機で聽き、又はオッシログラフで曲線を畫かせて後日の參考記録を作製する装置である。

7. 電氣の間接應用

a. 診斷用照明

(1) 體腔內部檢診照明 體腔内に豆電球を挿入して挿入管腔から直接内部を見る直視鏡、體腔内に反射鏡を挿入し體外光源の光を反射回歸させて内部を覗く喉頭鏡又は氣管食道鏡、反射鏡と米粒大の豆電球を膀胱に挿入して檢診する膀胱輸尿管鏡等がある。ラパロトスコブ即ち胸腔内癒着切斷器は胸壁に2箇の孔を穿ち、その中の一つから小電球と反射鏡を挿入して肋膜腔内を檢視しながら、他の孔から挿入した電氣燒灼器を以て肋膜の癒着を切斷するものである。

これ等の照明には 2~6 V, 1 A 内外、燒灼には 10~50 A を要する。

(2) 胃内壁立體攝影器 直徑 10 mm 内外の半硬護管の先端に同直徑の暗箱を裝置して胃、喉頭、直腸等に挿入し、それ等の内壁を撮影診斷する。シーメンス會社の暗箱はニッケル、コバルト及銀の合金で、中央に發熱量の少い 12000 燭光の小電球があり、その上下に幅 6 mm のフィルムを入れた取枠を差込むことが出来る。電球の上下に各 2 對の微小な圓錐形の針狀孔があつてレンズの代用をしてゐる。この針狀孔の直徑と光の分散角度とは一定の精密な數學的比例が保たれてゐる。各レンズ間の角度は 90° であるから 4 對のレンズによつて 360° 全周の立體像が得られる。寫眞は引伸して立體鏡で觀察する。體外の變壓器から硬護管挿入管を通じて送電すれば小電球は 1/120 秒間だけ發光して自然に消滅する。

(3) トランスイルミネーション 指頭大の強力な無發熱性電球を體腔内又は皮膚皺襞内に挿入して照明し、體組織を體外から透視する。この電球の構造は發表せられず、未だ我國では製作せられない。

(4) 無影照明 手術中施術の妨害になる陰影を作らないやうに反射を工夫したものである。

b. 醫藥用電磁石 は眼球内に迷入した小鐵片を強力な電磁石で抽出するため特に設計せられたものである。因に人體は鐵分を含んでゐるが蛋白質と結合してをり、非常に強力な磁界におかれても別に磁力の影響を直接受けることはない。

c. 電動力の應用 板邊按摩器、電氣體操器、ツァンデル體操治療器械、陰壓吸氣療法器、鼓膜氣壓マッサージ器、膜吸引器、外科手術用穿孔器、截斷器、帶鋸、鑿等の動力裝置、水治療法用動力裝置、齒科用エンチン、遠心沈澱器、潜水病再壓療法室動力裝置等。

d. オゾン發生器 電氣火花中に酸素を送つてオゾンを發生させるもの。

第 7 章 電 氣 時 計⁽⁴⁾

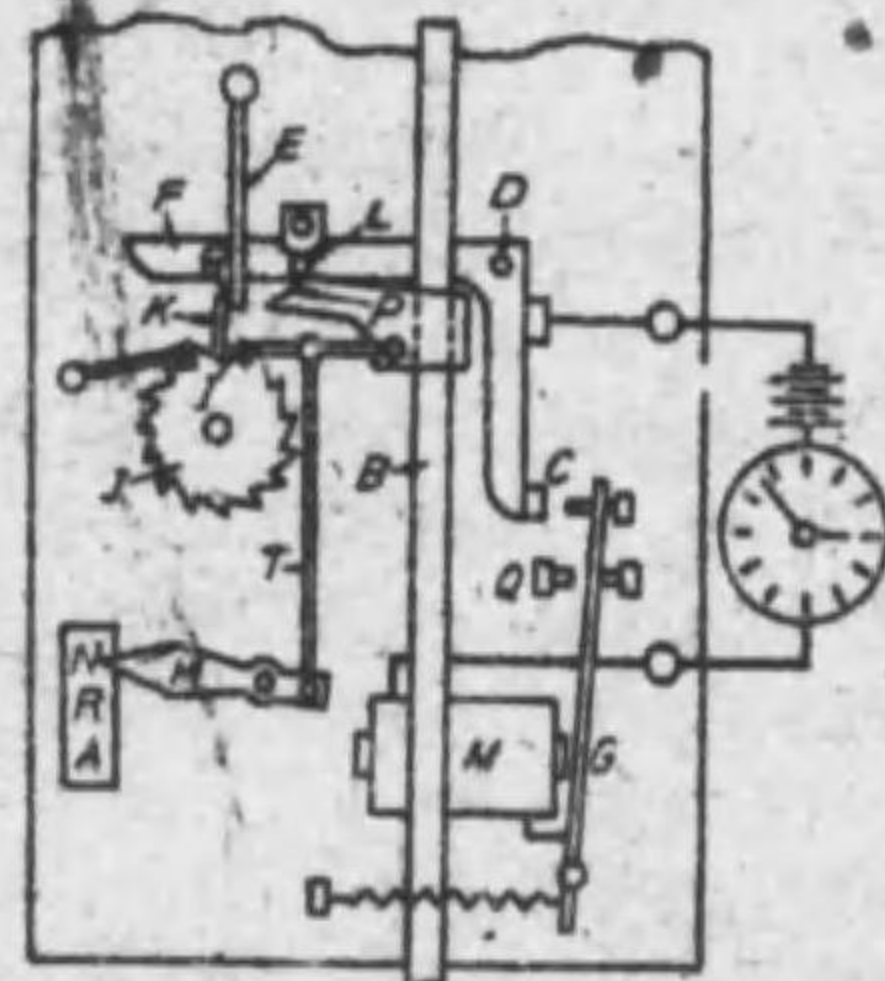
1. 電氣時計の種類 電氣時計は電氣を應用した時計の總稱で次のやうに分類される。

- a. 電氣驅動型—(1) 振子驅動型, (2) 衝流型, (3) 同期型
- b. 電氣捲型—(1) 重錘捲上型, (2) 彈簧捲型
- c. 電氣補正型—(1) 指針補正型, (2) 振子補正型

公共施設等で同一構内の多数の子時計が總て親時計と同一の正しい時刻を示す事を目的とするものは、通常振子駆動型の親時計と衝流型の子時計とを組合せる。同期型は周波数調整を行ふ系統に接続して使用するもので公共施設にも家庭にも適する。

2. 振子駆動型 機械時計では垂錘や彈簧に依て駆動される齒車の進みを振子又は天府の等時性で制御するが、振子と齒車列との間の機械的干渉に依り等時性を害し易い。正確な親時計とする振子駆動型では振子は出來得るだけ自由に振動するやうに留意する。

第 34 圖の例では振子杆 B が圓の位置から右に振れると I に依て小齒車 J を 1 齒だけ廻しそれに固定した棒 K で E を引きはづし D を支點とする横杆 F を落下させる。この時轉子 L が斜面 P を押して振子に勢力を補給する。F が落ちて接點 C が閉ちると電池から子時計に衝撃電流が送られる。親時計の指針も子時計の一つで振子と機械的干渉は無い。衝撃電流は電磁石 M にも通り鐵片 G を引き C を押し戻す。G は途中 Q に止められ C は慣性で更に進み接點を開き F が原位置に歸ると E で支へられる。J は 15 齒あり 2 秒に 1 齒宛進められ 30 秒毎に K が圓の位置に来て上述の操作を繰返す。振子は單

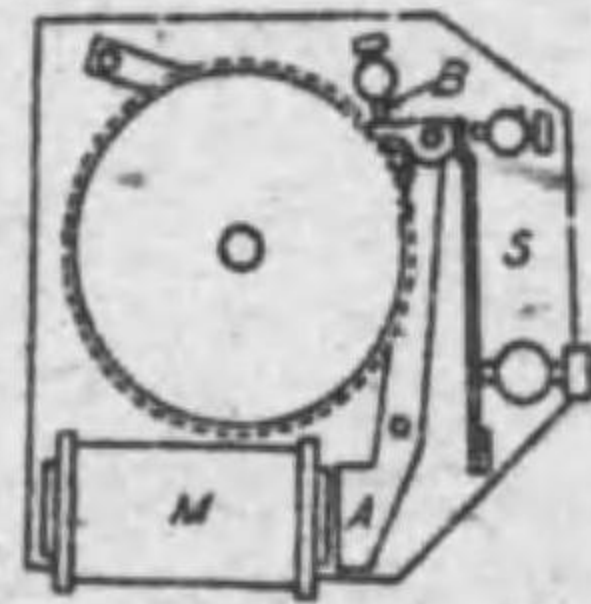


第 34 圖 振子駆動型

に J 齒車を動かすだけであるが、更に精密なものでは J 齒車も電磁石で動かされる。同時に多数の子時計を遅らせるには調整柄 H を R に合せ T に依て I を押し上げ齒車 J からはずして振子を空振させ、進ませるには調整柄を A に合せ I を更に上げて振子の振動毎に直接 E をはづさせて電流を送る。普通の親時計は 30 秒毎に電流を送るが 1 分毎、1 秒毎、1 秒毎に送るものもある。電源には蓄電池が普通で電源の弱つた場合の警報装置としては炭素電球又は電鈴の慣性を利用し平常の短い衝撃電流では動作せず、電源が弱り電磁石が C を押し戻し得なくなり振子が右から戻つて L を押し上げる迄電流が續く時にのみ動作して警報を與へるやうにする。親時計には上のやうに一定方向に電流を通すものと、轉極子に依り毎回電流の方向を反轉するもの及耐久磁石の極間の線輪中で鐵片が急動して誘導する起電力を電源に代へるもの等がある。

振子駆動型には振子下端に耐久磁石を附し、一方に振れた時に固定線輪の接點を閉ちて電流を通して磁石を吸込み振子に勢力を補給する式もある。家庭用で乾電池を用ひ振子下端の線輪と固定耐久磁石との反動力に依り振子を駆動して指針を動かして 1 箇の乾電池で 1~2 年保つものもある。又塔時計の振子を電磁石に依て駆動する場合もある。

3. 衝流型 親時計からの衝撃電流に依て指針を躍進させるもので、子時計として用ひられる。第 35 圖の例では電磁石 M に電流が通ると鐵片 A を吸ひその他端が彈條 S を押し、電流がやんだ時に彈條が戻つて齒車を進め指針を躍進させる。齒車は B に依て 1 齒以上進み過ぎぬやうにする。轉極子を有する場合又は誘導起電力を利用する親時計には有極磁石を



第 35 圖 衝流型

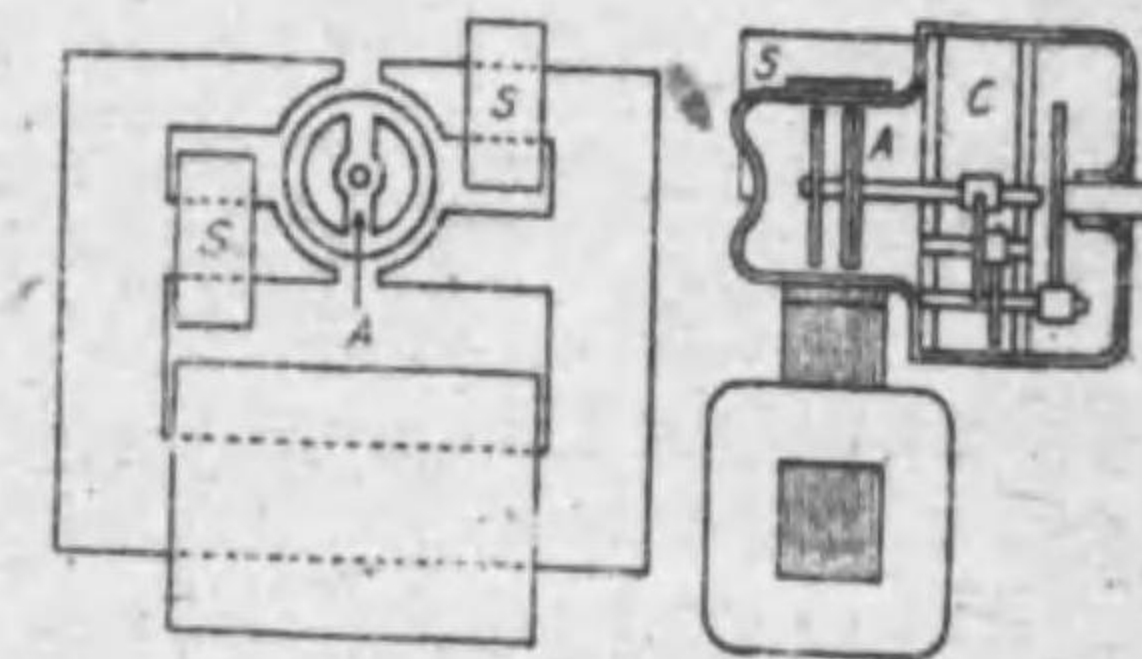
有する子時計を用ひる。子時計は通常は指針型であるが現字窓型もある。

子時計は並列又は直列に接続され電流は 10~30 mA、電圧は 10~30 V 程度であるが、直列用には 1 V 位のものもある。子時計が數十箇を超過する場合には親時計との間に繼電器を用ひる。親時計は豫備共 2 箇を具へた方がよい。

塔時計では衝撃電流に依て繼電器を動かし電動機を起動して指針を躍進させた後次の電流の來る迄停止するやうにしたものもある。

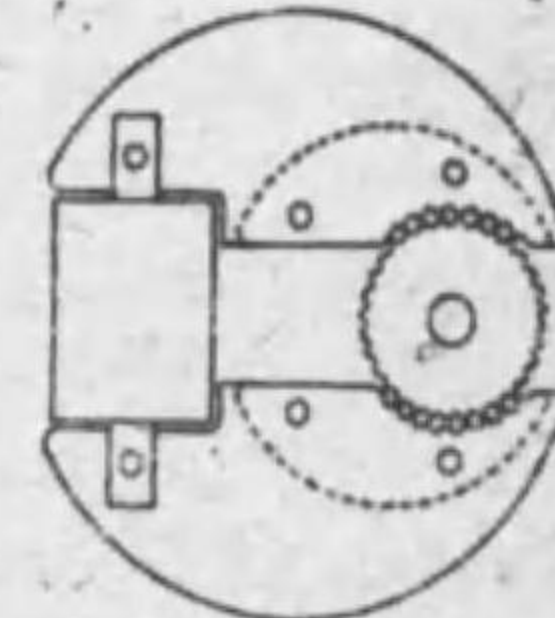
4. 同期型 同期電動機で運轉する時計でその速度は電源周波数に比例するから發電所に周波数調整装置を備へた系統に接続された同期型時計は正確な時間を刻む。

電動機は普通 2 W 程度の單相同期電動機で、限取環を利用した自起動型のもは電源に接続すれば直に動き始めるが、然らざるものは指針を合せる操作に依て起動される。



第 36 圖 Warren 型

第 36 圖は Warren 型で成層磁極に限取環 S を附して移動磁界を作る。回轉子は A に示す形の鐵片を 2~3 枚同軸に取付けたもので矢の方向の磁氣抵抗が小であるから二極反作用電動機となる。50 \sim では 3 000 R.P.M. から齒車列で減速して指針を動かすが、摩擦及噪音を減する爲に回轉子と齒車とは油を入れた C 器内に封じてある。周波数の異なる場合には齒車を変更する。第 37 圖は Hammond 型の反作用電動機で、回轉子には多数の凸極があるから半周期に 1 齒宛進み 200 R.P.M. 程度の同期速度を有し齒車の減速比が小となる。これは自起動式でない。第 38 圖は磁石回轉子型の電動機で固定子 S は例へば 19 對の凸極 T を有し、交流で磁化せられて半周期毎に極性が變り、2~6 極の耐久磁石回轉子 R が 200 R.P.M. 程度で回轉する。



第 37 圖 Hammond 型

塔時計にも同期電動機を使用し得られ 5 馬力の誘導同期電動機を用ひた例がある。

a. 停電に対する用意 停電の際に同期型時計が停止するのを避ける爲に、停電と共に自動的に齒車を切換へて彈條に依て駆動されるやうにしたものもある。多数の同期型時計を使用する場合に停電と共に豫備發電機を起動してこれに切換へる所もある。

普通は停電と共に同期型時計も停止し、自起動型でないものは停電恢復後指針を合せると再び動き始める。自起動型では停電恢復後自ら起動し停電時間だけ遅れた時刻を示すが、停電と共に停電表示が現れ指針を合せる迄は引込まない。

停電後多数の同期型時計の遅れを短時間に恢復する爲の調時装置には 50 箇以上には二



第 38 圖 耐久磁石回轉子型

重周波式、50 箇以下には二重電動機式が適し、いづれも手動又は自動になし得る。
 二重周波式では停電後一時 100V 位の電源に切換へて速く進ませて遅れを取返した時に常用電源に切換へる。二重電動機式では各時計に齒車比の異なる 2 箇の電動機を備へ、三線式配線により停電後は齒車比の大なる方に電流を送つて平常の 10 倍の速さで進ませ、恢復後常用の電動機に切換へる。いづれの方法でも指針の遅れを恢復した事を知るには正確な電気推押時計と同期型時計とに依つて差動的に動く指針を用ひる。又はこれに依つて繼電器を動作せしめ自動的に切換を行ふ。

b. 周波数調整装置 発電所に標準時計及同期型時計と夫々連結し、5 分間に 1 回轉するやうにした 2 箇の指針を同心軸に取付けた文字盤を有する **A 型観時計**、或は標準時計と同期型時計とに依つて差動的に動かされる 1 箇の指針を有する **B 型観時計**を備へる。A 型では同期型時計に遅速を生ずると 2 本の針の間に開きを生ずるから、これを監視して発電機を調整し兩針が常に重なり合ふやうにする。B 型では遅速に応じて指針が右又は左に進行するから、常に眞上を指すやうに発電機を調整すればよい。通常は手動で速度を調整するが自動にもなし得る。標準時計と比較して調整を行へば刻々の指示は数秒の遅速があつても、周波計に依る調整のやうに誤差が蓄積する虞が無い。

特殊の標準時計に水晶制御の發振器で運轉する同期型電気時計も作られた。

5. 電気捲型 陸上標準時計や塔時計の重錘を捲上げ、海上標準時計や家庭用時計の彈簧を捲くのに電動力を應用すれば手数が省け且捲き忘れる虞が無い。彈簧の場合には短時間毎に捲けば回轉力が平均され且短い彈簧で足りる。家庭用としても電力の小なること、周波数に無關係なこと、停電又は他の電気器具使用の爲一時取外した際も運轉を続けること等の利益がある。捲輪回轉装置には次の數種がある。

- (1) 電鈴機構 (2) 圓板型渦流電動機
- (3) 小型筒形誘導電動機 (4) 交直兩用小型整流子電動機

重錘の行程の下端で起動し、上端で停止するものや、指針軸の一定回轉毎に起動し捲輪の一定回轉毎に停止するもの等がある。

6. 指針補正型 電気駆動又は機械時計の分針が眞上を指すべき時刻に標準時計から有線又は無線に依り報時電流を送り指針が眞上を指すやうにするもので、(1) 電磁石に依つて動く機構に依り分針を眞上に向けるものと、(2) 時計を稍進むやうに調整し分針を定刻より早目に眞上を指す位置に達せしめ、その位置に阻止し置き定刻の報時電流に依つてこれを開放し進行を開始せしめるものがある。

7. 振子補正型 振子の振動を補正する方式で (1) 報時電流の到達した際に振子の位相が進み又は遅れたに応じて振子上部に重量を附加又は取去つてその周期を伸縮させるものと、(2) 振子を稍遅れるやうに調整し置き報時電流が到達した場合に振子を反撥して振幅の途中から引返させてその周期を短縮し遅れを補正するものがある。後者はタイムレコーダーや塔時計に應用され、振子の遅れのみならず進みをも補正する式もある。

第 8 章 信 號 装 置

1. 交通整理信號機

a. 交通整理法 道路上の交通事故は交叉點に最も多く起るのであるから、その交通を整理する爲に循環式、高低交叉式及斷續式等が用ひられる。循環式は廣場又は街路の交

叉點に半径 15 m 以上の圓又はこれに準ずる形状の島を設け、これを環る一方交通をなせしめ、停車することなく進行せしめ得る方法である。高低交叉式は交通の特に頻繁な交叉點に於て主なる路線を地下或は高架として相互の路面上の交叉を避ける方法である。然るに孰れの場合でも多額の工事費を要するから既設街路では斷續式が用ひられることが多い。斷續式は街路交叉點に信號機を設置し、東西の交通と南北の交通を交互に行はしめる方法であつて、信號機には圓板式、腕木式等が用ひられたが、最近は主として燈光信號が自動式操作で使用せられてゐる。

b. 信號現示方式 信號色としては綠は「進」を、赤は「止」を意味し、橙黄は停止線前の車馬は停止し停止線を通じたものはそのまま進行せしめることを意味するのである。この外に交叉點に電車の互線がある場合には電車専用の信號として矢印付橙黄色信號を用ひ、右折又は左折する一般交通の多い交叉點に於ては右折又は左折の交通に對して矢印付綠色信號を用ひてその矢印の方向により右折又は左折を指示する事がある。信號色の組合は標準として右表のやうにする。

東西道路	綠 色	橙黄色	赤 色
南北道路	赤 色	綠 色	橙黄色

外に橙黄色信號燈を 1.5~2 秒のサイクルで閃光せしめ街路交叉點で交通整理をしない時間及場所に於て注意して進行せしめる爲に用ひる。

綠橙黄赤の段階を経て再び綠に到るまでの時間をサイクルと稱し、その長さは街路の幅員、交通の繁閑、通行車馬の種類及速度等によつて異なるものであるが、普通 40~90 秒の程度である。東西と南北の信號現示時間は交通量の割合に応じて定められ、注意時間は場合によつて異なるけれども大體 1 サイクルの 6~10% の程度である。

c. 制御方式 斷續式交通整理法には單獨式制御法と系統的制御法とあり、後者には同時式、交互式及進行式の 3 種がある。系統的制御法は或る系統の路線の交通整理を或る方針に従ひ一齊に制御する方式である。その内同時式といふのは各交叉點に於ける東西の信號が一齊に「進」を現示する時は、南北の信號が一齊に「止」を現示するやうに各交叉點の信號は總て同時に同一變化をなす方式である。交互式と稱するのは同時式の一變形であつて、奇數番目の信號が同時に東西「進」となる時、偶數番目の信號が一齊に東西「止」となるやうに組合せ且孰れの信號も同時に變化する方式である。

進行式は或る街路の一端を出發した一群の車輛が一定の速度を保つて進行すれば、孰れの交叉點に於ても停止せしめられることなく終端まで到達し得るやうにサイクル及時相を適當に組合せて各交叉點の信號を現示せしめたものであつて、斷續式中最も能率の良いものである。

d. 信號燈 燈光信號機に用ひる信號燈は側柱式、中央柱式及中央懸垂式とあり、側柱式の場合には水平型とし赤を街路の中央に近く赤橙黄綠の順に排列し、又中央式の場合には孰れも鉛直式を用ひ上位から赤橙黄綠の順に排列する。信號燈は一般に電球、反射鏡、前面着色硝子、焦點調整装置及外函から成り、電球は 100 V、100 W 又は 60 W のガス入透明電球を用ひ、前面硝子は直径 185~250 mm の圓形のものを用ひ反射鏡と共に投射光線を左右各 20°、下方 15° に擴散せしめ、且太陽の入射光線による偽似現示をしないやうな構造とする。

e. 單獨式制御器 一般に單獨式制御器は自動制御、手動制御、橙黄色閃光、全停止信號(非常)等をなし得る機構を具へてゐる。自動制御の原動機としては 50 又は 60V、

100 V の交流によつて動作する同期電動機を用ひ、齒車比を變へて信號現示時間を變へるものと、圓錐式誘導電動機を用ひて電動機を調整するものがある。後者には 2 種類あつて、一は電動機を調整することによつてサイクルを變へ次に接點を開閉するカムとの關係角度を變へて東西及南北道路の信號現示の百分率を調整するものと、他の一は電動機の驅動線輪を 3 種具へて東西線、南北線及橙黄の驅動回轉力を別々に調整しサイクルはその總和になるやうに裝置したものがある。橙黄色の閃光裝置としては自動制御器とは別に電動機式閃光裝置を設けたものと、自動制御器の電動機を閃光に兼用するものがある。

f. 系統的制御器 主制御器より各交叉點の二次制御器に到る制御回線には二線式乃至六線式等あり、制御電流には交直流共に用ひられる。但直流の場合には電壓も低く電流も少いため電話回線をそのまま利用し得るので便利なが多い。各二次制御器では最寄の電源から電力の供給を仰ぎ信號燈その他に使う。

制御回線には放射式と串形式とある。前者は全系統の中央に主制御器を設け 1 電動機によつて駆動される多數の接點を有する回路制御器あり、各接點は夫々開閉の時相を變更し得るもので、これより各交叉點に一回線宛制御線を設け主制御器に於て各交叉點の時相その他を制御調整し得るものであるが制御回線の設備費が多額となる。後者は一系統に對して一回線の制御線を設け、二次制御器の繼電器をこれに並列又は直列に接続して主制御器より周期的に衝動電流又は一定電流を送つて同期を保たしめ、各二次制御器に於て適當に各時相を調整するものである。

2. 火災報知機 失火事故を警察署、消防署その他に速報する爲に使用せられるもので、普通手動式、自動式の二つに分つが、その原理に於ては一つの電気回路を作り、これに流れる電流に依て直接警報を發し、又は繼電器を経て警報用電気回路を作るものである。何れの場合にも警報としては電鈴が最も普通使用せられるが、同時に失火の場所を示し、報知の時刻を記録するやう裝置せられたものもある。

a. 手動式報知機 押鈕開閉器を用ひて、警報用電路を形成させるやうに裝置したものが普通である。多くの場合鐵製の箱の中に藏められた押鈕の前面には、硝子又はセルロイドの小窓が作られて居て、失火報知の場合にはこの小窓を破つて押鈕を押すのである。箱の中に回轉曲車式の電流斷接器があつて、その電流斷接の種類に依て警報の發せられた場所を示すやうになつたものは、20 箇位の報知機を一群として施設せられる。又標示燈を備へ、受信所から受信の信號を發すると初めて滅火するやうになつたものもある。

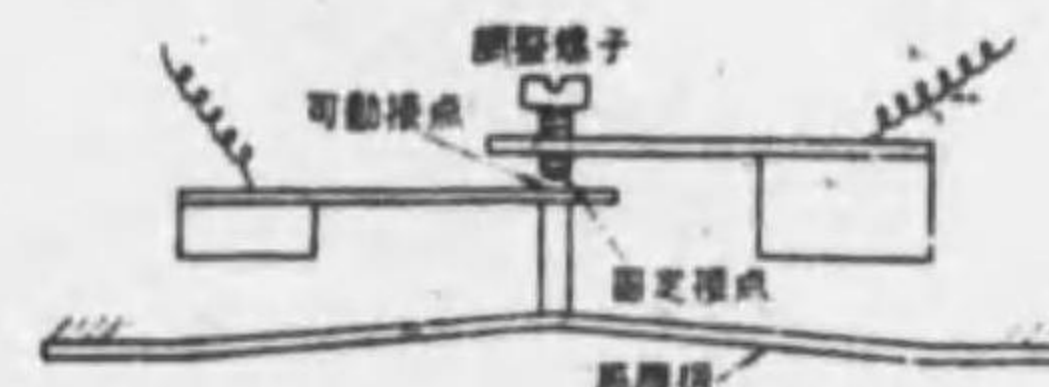
b. 自動式報知機 失火に依る溫度上昇の爲の物體の膨脹を利用して開閉器を動作させるものが普通であるが、稀にサーモフューズが使用せられる。膨脹を利用したものには、(1) 金屬の膨脹に依るもの——棒、平板、針金等の伸長を利用したもの、バイメタルを利用したもの等、(2) 液體の膨脹に依るもの——溫度計のやうな構造のもの、(3) 氣體の膨脹に依るもの——空氣、エーテル等を利用したもの等がある。これ等の中、感度の點から考へれば膨脹係數の大きいもの、比熱の小さいものが理想的である。従て實用的には最も多く前記 (3) の氣體膨脹を利用したもの等が使用せられて居る。上記の原理に基いて作られた實用的なものには次のやうなものがある。

(1) 膨脹係數を異にする金屬板を數枚重ねて鍛接し、これを感應板として過熱の際この變形に依て電路を閉じ警報用回路を作る。(第 39 圖参照)

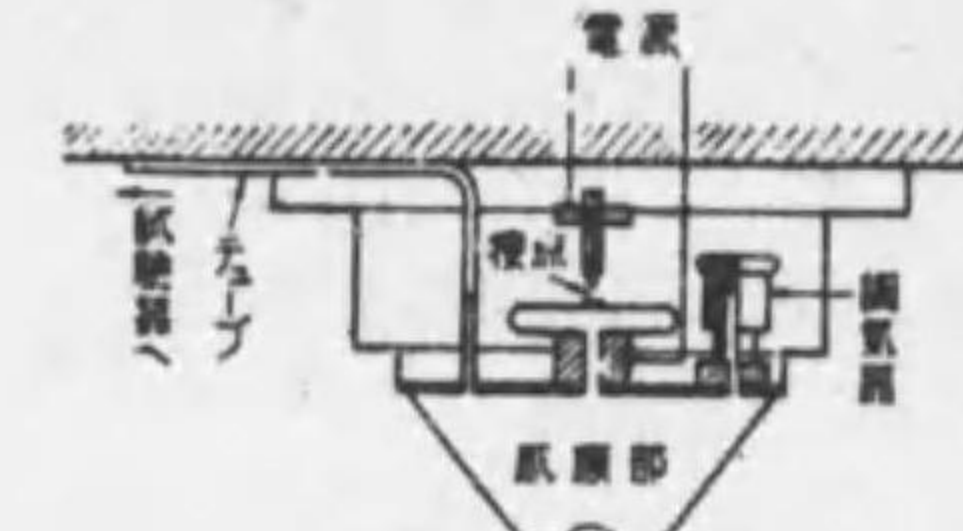
(2) 密封された空氣の膨脹を利用して、感應部上部にあるダイヤフラムの押上げられ

ることによつて電路を閉する。(第 40 圖参照)

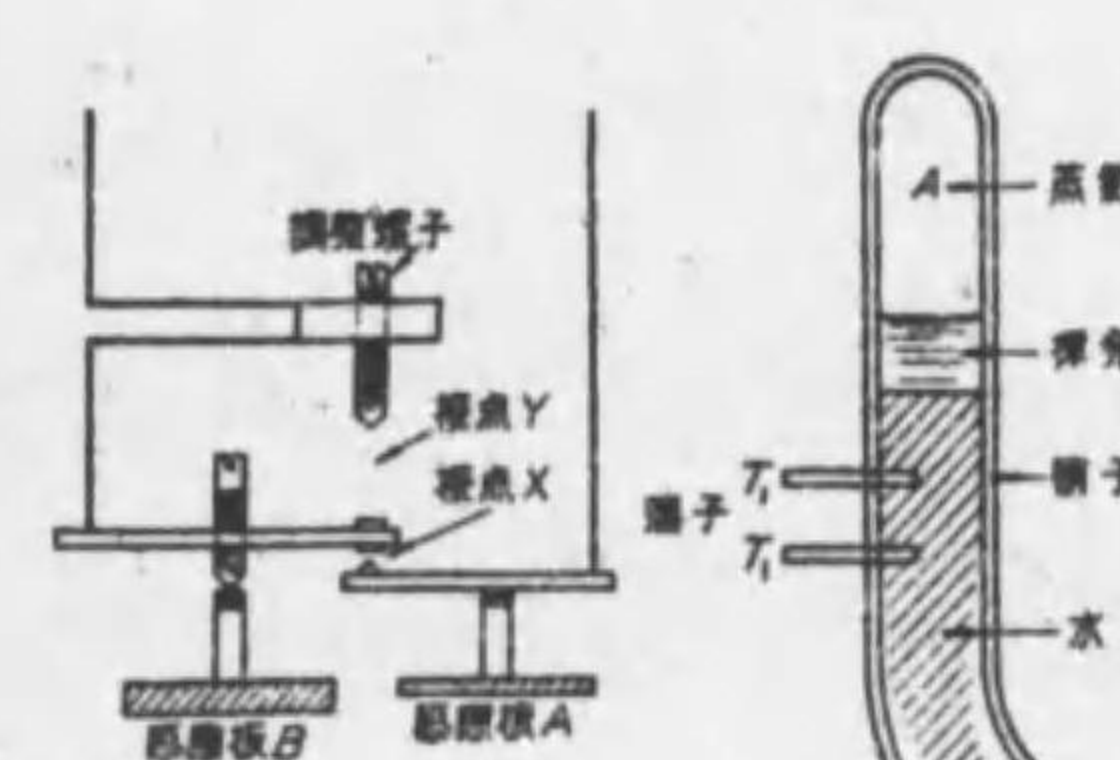
(3) 2 枚の異なる種類のバイメタルを使用し、同一溫度變化に對する變形の遲速の差を利用して、急激な溫度變化に對してのみ電路を閉するやうに作用せしめる。(第 41 圖参照)



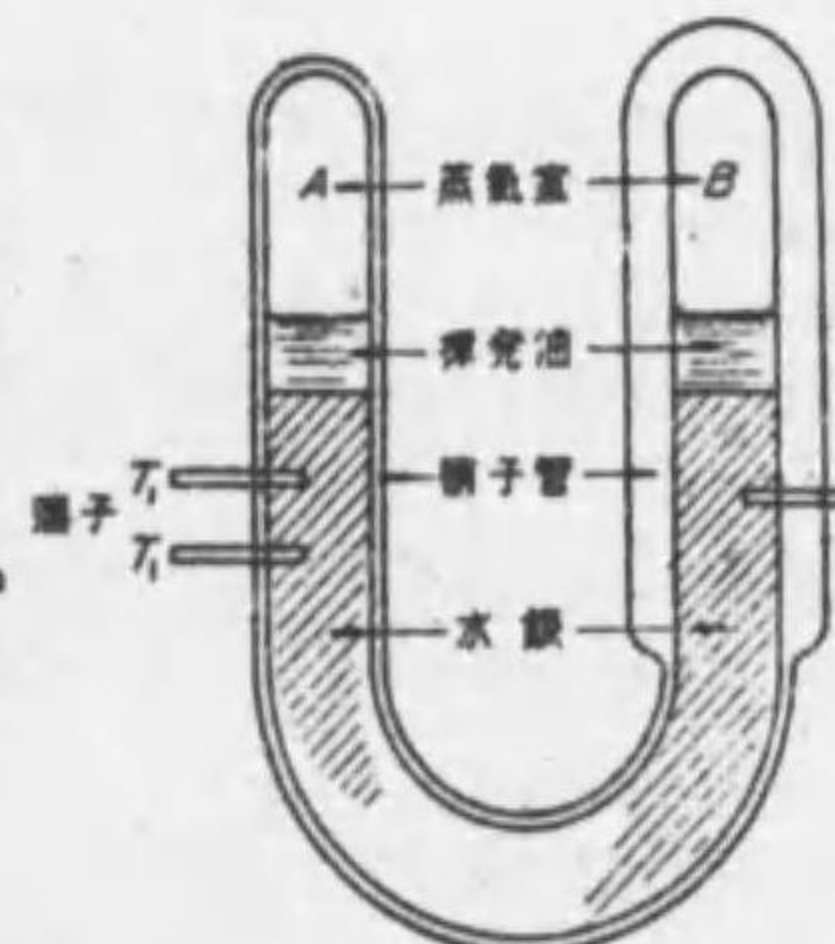
第 39 圖



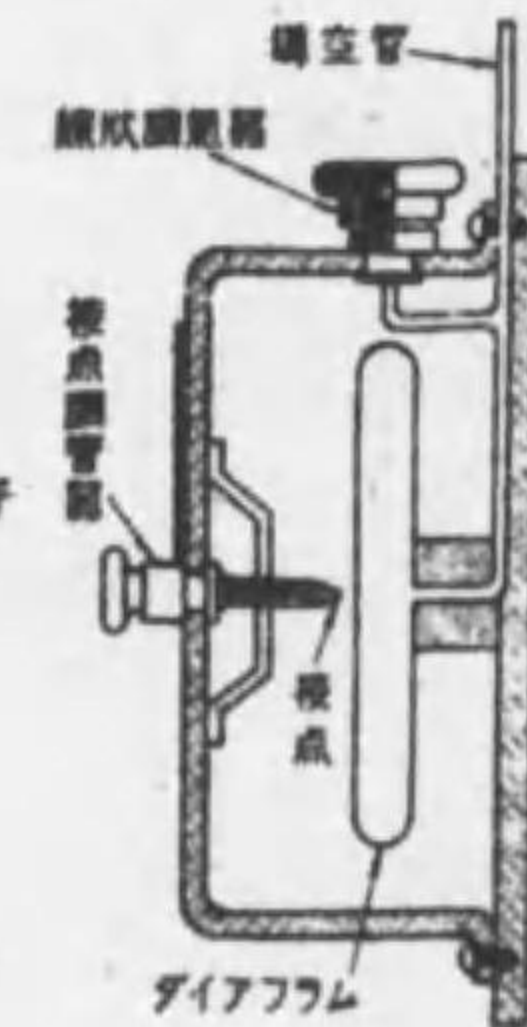
第 40 圖



第 41 圖



第 42 圖



第 43 圖

(4) 氣體の膨脹を利用して、第 42 圖 A, B 兩室の氣體が急に過熱せられる時には、A 室は B 室よりも硝子が薄いので、A 室内の氣體は速に膨脹し水銀を押し下げて電路を開き繼電器を作用させるが、溫度の徐々の変化には動作しない。(第 42 圖参照)

(5) 空氣の膨脹壓を利用したものであつて、内徑 1.3 mm の細い銅管を以て感應器としこの中の空氣が急に膨脹した時の壓力を管端の金屬板に傳へ、その移動に依て電路を閉する。無論徐々の溫度變化に對しては排氣孔を設けて動作を防ぐ。(第 43 圖参照)

3. 呼 鈴 呼鈴は音響を發する部分と信號のあつたことを標示する部分とから成り立つ。

a. 電鈴及ブザー (1) 直流用、(2) 交流用、(3) 交直兩用の 3 種類がある。直流用のは乾電池又は蓄電池に依て働くものが多く、交流用のは變壓器を使用し 4~100 V で働く。

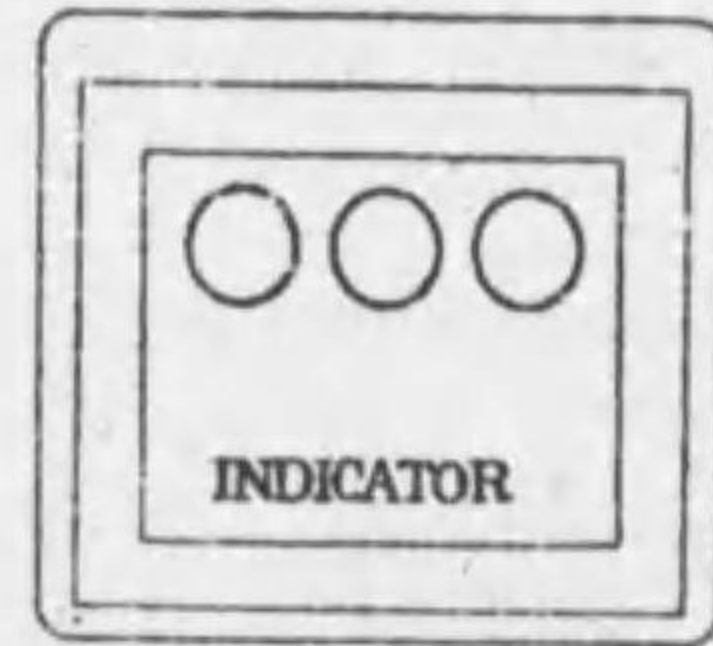
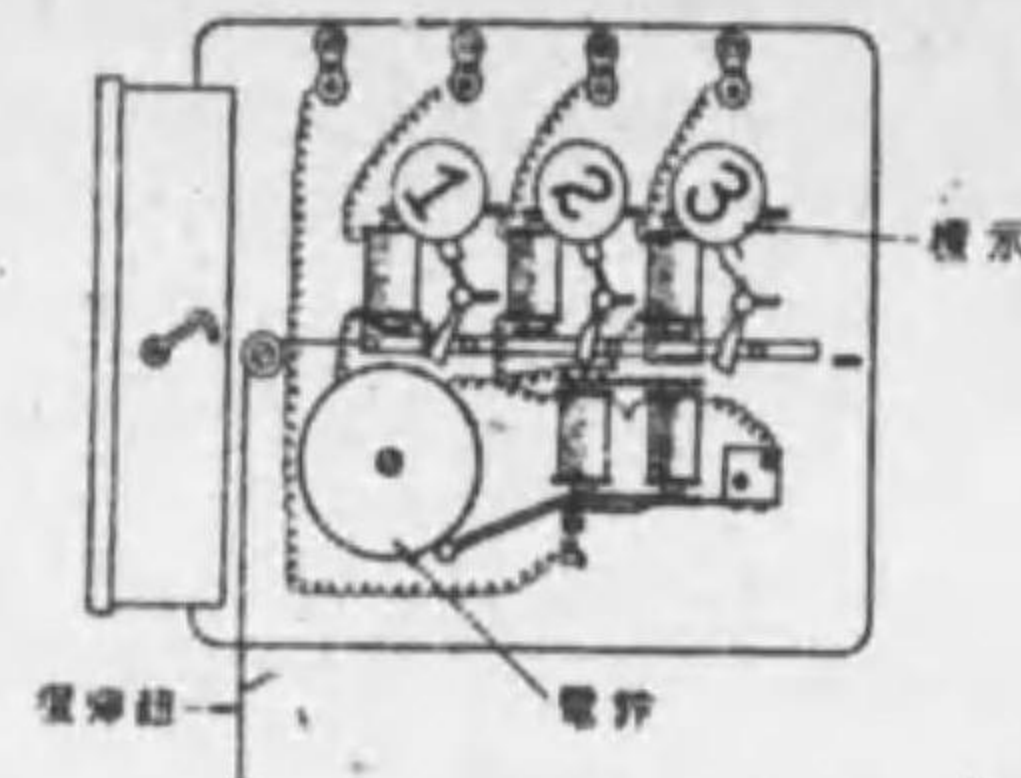
b. 標示器 1 箇所に對して多くの場所から呼鈴を設備する場合に使用せられるもので、次の如き種類がある。

(1) 電磁石に依て小窓に音響と共に數字或は記號を標示する。押鈕に依て元の位置に返すことが出来る。(第 44 圖参照)

(2) 標示器の蓋を音響と共に降して數字或は記號を標示する。元の位置へは手で返す。

(3) 豆ランプを点じて標示をする。

4. 個人呼出装置 百貨店、事務所、病院等に於て、所在不明の個人を呼出すのに用ひられる信號装置である。第 45 圖の如き標示器には 1 より 9, 0 に至る數字が 2 段或は 3 段表されて居り、各數字毎に電燈が點滅出来る。個人は數字の組合せに依て代表せられ、標示器は各階、各所に装置して、事務室より個人を呼ぶ時には、その人を代表する數字を表すキーを押すことに依て標示器にその數字を現すことが出来るのである。



第 44 圖

5. その他 上記の電鈴、標示器、個人呼出装置等を組合せて種々複雑した配線を爲して、各種の目的の信號装置が施される。實用せられて居るものに次の如きものがある。

a. 病院に於ける看護婦呼出装置 患者が病室から看護婦を呼出すのに用ひられる装置であつて、患者のベッドの傍に押鈕があり、これを押すと病室の入口上、看護婦室及看護婦長室に標示燈が點ぜられて患者の呼んで居ることを示す。而して看護婦が病人の所に行つて自らスイッチに依て減燈しない間は、標示燈は消えないやうに装置せられる。



第 45 圖

b. 醫者在否信號装置 病院に於て醫者の在否を示す爲に用ひられる。醫者室の出入口にスイッチを設け、この操作に依て電話交換室、看護婦長室、その他必要な所に標示燈を點滅してその在否を表す。この装置は會社、銀行、官廳等に於ても重要な個人の在否を各必要場所に示すのに使用せられる。

c. エレベーター用信號装置 電鈴と標示器とを組合せたもので、各階から呼ばれた時には標示燈の小窓に階數の數字が現れ、その階に来れば自動的に減燈するやうになつてゐる。

第 9 章 農事に於ける電気の應用

1. 電気栽培 發育促進の目的で植物體に電氣を通ずる栽培法を云ふものであつて、普通行はれて居るものは植物體の上空に金網を張り、これと植物との間に高壓放電を行はしめるものである。商用周波數の交流及高周波電氣も試みられたが、10 000~60 000 V の直流を使用し、植物及大地を陽極とし金網を陰極とする場合効果顯著である。電壓をこれ以上高めると收塵作用が起り、葉面に塵埃集積して發育を害する。蕎麥、玉蜀黍、苜蓿等に應用して 7~20% の增收を得て居る。その他の蔬菜類についても相當の增收を示して居るが、經濟的に價值あるものとは考へられない。

2. 養 鶏 養鶏に電氣を應用する途はかなり廣く、凡そ第 16 表の範圍に亘つて居る。

第 16 表

用 途	目 的	電氣機器	用 途	目 的	電氣機器
檢 卵	有精無精の鑑別	白熱電燈	給水、飼料粉砕混合	大量人工飼育	電動機
電燈飼育	冬季産卵率の向上		青葉栽培		
紫外線照射	殺菌、健康増進	水銀弧光燈	孵 卵	同上	電熱器*
鶏舎通風	健康増進	扇風機	育 雛		
孵卵室内温度循環	温度の平等分布				

* 22 編 4 章 4 参照

この内電燈飼育は冬季電燈を使用して人工的に所謂晝間時間の擴大を計り、鶏の食餌及運動時間を充分にして、營養不足に依る産卵率低下を豫防するものである。その方法として宵又は曉に於て鶏舎内の照明を行ふもので、これを宵點燈法又は曉點燈法と稱して居る。餌を散布する地表を 10 Lx 程度で照らす爲地上 2 m の所に約 40 W の電燈を装置するのが普通であつて棲木をも充分照らす必要がある。宵點燈法に於ては突如消燈するとき、鶏が棲木に至ることが出来ぬ爲、照明を漸減する必要がある、又産卵成績が稍低いので曉點燈法が多く採用されて居る。

3. 養 蠶 養蠶に電氣を使用する途は甚だ廣く、凡そ第 17 表の範圍に亘つて居る。

第 17 表

用 途	機 器	用 途	機 器
蠶種冷蔵	電動冷凍機	蠶室保温*	電熱器
催 青	電熱器	電燈飼育	白熱電燈、
蠶種人工孵化		蠶室通風	扇風機
1. 放電法	整流装置、高壓放電装置	蠶室冷却	電動ポンプ、導管、冷却扇
2. 浸液後の乾燥	アドソール乾燥器	蠶室の温度調節	アドソール乾燥器
桑園照明		乾葉貯蔵	電動機、扇風機、電熱器
1. 照明栽培	電球、反射器	冷葉貯蔵	電動冷凍機
2. 害虫誘殺	電球、水盤	繭の鑑別	水銀弧光燈、紫外線透過器

* 22 編 4 章 1 参照

この中、最も普及して居るのは蠶室通風と電燈飼育とである。蠶室通風は夏蠶又は秋蠶の熟蠶期及養蠶期に於て蠶室内の蒸發作用を促進させる爲必要のもので、これに依て蠶兒強健となり且解舒良好となり繭質は著しく向上する。電燈飼育は蠶兒に對して 40 Lx 位の照明を適時に與へる事に依て、(1) 發育の増進及均齊、(2) 收繭量の増加、(3) 繭質向上等の効果を挙げようとするもので、この目的の爲には八氣數程度の蠶室に於て 60 W 白熱電球 4 箇を使用するがよい。蠶種人工孵化には種々の方法があるが、放電法も實用に供せられて居る。一例を挙げると、一つの孵卵機は 24 箇の放電器の組合せから成つて居る。各放電器は中空圓錐形の固定子と、その内部に同心軸に取付けた圓錐形の回轉子から成立ち、固定子に向合つて居る回轉子の圓錐外面には無數の針狀突起を有して居る。固定子の内側に蠶卵紙 4 枚を各巢

限に嵌め込み、回轉子を回轉しながら兩者の間に約 25 kV の脈動電壓をかけると、蠶卵紙を通して放電を始める。各蠶卵紙 1 mA, 15 分間放電を繼續すれば蠶種稍膨上り特殊の光澤を帯び、兩三日間放置すれば完全に解化する。解化率は他の方法のものに比べて高く 90~98% と稱せられる。変圧變器、整流器、電動機等を要する。放電器 24 箇に對し所要電力 7 kW, 一日 2000 枚の蠶卵紙の處理が出来る。

アドソール乾燥器は、養蠶技術に於て定温乾燥を必要とする場合屢使用される。酸性白土を吸濕劑として室内空氣の水分を急激に吸収し濾過された乾燥空氣を供給するものである。通風の原動機として電動機、吸濕能力の回復に電熱器が用ひられる。

繭の鑑別に水銀弧光燈を用ひ、暗所でこれに蠶外線管を透過して照射すると熟蠶期や營繭期の狀況如何に依て特殊の螢光を發し、繭質良好なものは黄色の螢光を發し、營繭の際乾燥緩慢であつたものは紫色の螢光を發する。螢光の色の區別に従て繭を区分して處理するときは製絲に際し優良な生糸を得る事が出来る。

4. 害虫誘殺 電燈で誘殺出来る害虫は、稻に對する螟蟲、葉莖に對する螟蛉蛾、果樹に對する蛾心喰、心喰その他の蛾又は鞘翅類である。

螟蟲の被害は農家の最も恐れて居るものの一つで、全國を通じ毎年數千萬圓の損害額に上ると稱せられて居る。その驅除法の一つとして石油燈の誘殺燈が以前から使用されて居るが、電燈を使用すれば次の理由から比較にならぬ程良結果が得られる。

- (1) 蛾を誘ふに充分な光度を作る事が出来る。
- (2) 風雨の際でも使用出来る。
- (3) 燈火と水盤との間に陰影を作るものなく誘殺の目的を達するに都合がよい。

螟蟲の趨光的活動を誘致するには照度 0.02 Lx 以上を要する。光源には真空又はガス入タンダステン電球が最もよい。これ等の點と經濟關係とを考慮して第 18 表の如き電燈の配置が推奨されて居る。

第 18 表

電球の大きさ (W)	稲田支配面積 (ヘクタール)
10	0.1~0.2
20	0.2~0.3
30	0.3~0.5
40	0.5~0.7
60	0.7~1.0

電燈は地上 1.2~1.5 m の高さに於て無蓋のまま取付けるのが普通である。その直下に徑 60 cm, 深さ 10 cm 位の水盤を置きこれに水と少量の石油とを容れて置く。誘殺燈の据付場所から 1~2 m 以内の距離にある部分は水盤の陰影部分もあり螟蟲からの被害が却て増すことがある。且 60 W 程度の電燈を用ひるときは、この部分で稻の青立ちを生じ出穂遅れる事もあるから特別の考慮を拂ふがよい。即ち管理上の都合もあり畦畔、水路等の部分に置くのが便利である。無點燈の場合と比較すると多くの場合被害が六七割減じて居る。

葉莖の害虫螟蛉蛾に對する誘殺法は螟蟲の場合と略同じである。果樹の害虫は蛾の外鞘翅類に屬するものも多いから、水盤には石油の代りにクレオソートを注下するがよい。燈器は果樹棚より 50 cm 位の下の處に置き、且時々棚を揺つて蟲の追立てをすれば燈火に向つて集り易い。

文 献

(1) Compton: X-rays and Electrons (1926) (2) 本多: 物理學叢論 (昭 7) (3) Siegbahn: Spektroskopie der Röntgenstrahlen (1931) (4) Philpott: Modern Electric Clocks (1933)

第 30 編 機械及土木工學

主任 竹内壽太郎 (明電會)
大島滿一 (東京電燈會社)
津村重信 (明電會)

目 次

機 械 工 學

第 1 章 力 學	1649-1653
運動、速度及加速度—ニュートンの三法則—力、力のモーメント及偶力—質量、重量及運動量—重心—慣性モーメント—圓運動、角速度及角加速度—遠心力と求心力—仕事、勢力及工率—單振子及複振子—衝突—摩擦	
第 2 章 材料及構造の強さ	1653-1660
外力と内力—歪とボアソン比—内力歪線圖—彈性係數—破壊強さ、彈性限度と比重—材料の常用内力—梁の曲げと抵抗モーメント—均一断面の梁の曲げモーメント、剪斷荷重及撓の公式—断面の慣性モーメントと断面係數—長柱の公式—捩り—軸の限界速度即ち危險速度—繰返荷重と材料の疲れ	
第 3 章 機械の要素	1660-1669
ねじ—軸—キー—軸接千—軸承	
第 4 章 動力の傳達	1669-1674
調帶傳動—鋼傳動—齒車傳動—ウォーム傳動—鎖車傳動	

土 木 工 學

第 5 章 基 礎	1675-1683
地盤強度—基礎地盤改良—基礎段—杭打基礎—井筒基礎—潜函基礎	
第 6 章 土 工	1683-1684
切取—盛土—切土並に盛土の安全法面勾配	
第 7 章 コンクリート	1684-1691
セメント、砂及砂利—配合、強度、練り方及重量—土壁及土留擁壁—桁—柱	
第 8 章 道路及橋梁	1691-1693
道路定規—舗裝工事—橋梁	
文 献	1693

第 30 編 機械及土木工學

機 械 工 學

第 1 章 力 學

1. 運動、速度及加速度 運動には等速度運動と不等速度運動とがある。不等速度運動には必ず加速度を伴ひ、加速度に等加速度と不等加速度とが生ずる。今運動距離を s 、速度を v 、時間を t 、加速度を α とすると、等加速度では $\alpha = v/t$ 、不等加速度では $\alpha = dv/dt$ 、又等速度で $v = s/t$ 、不等速度で $v = ds/dt$ となる。

2. ニュートンの三法則





- a. 第一法則 總て物體は外力の作用せぬ限り、静止するか、等速度運動を行ふ。
- b. 第二法則 物體の運動及運動量の變化は、これに作用する外力に比例し、その力の作用線上に起る。
- c. 第三法則 總て作用は、必ず大きき相等しく逆方向の反作用を伴ふ。

3. 力、力のモーメント及偶力 力は静止物體又は運動物體に加速度を與へようとする傾向を持つもの、力のモーメント M は或る一點から力 f の方向に下した垂直距離 r と力との相乗積 ($M = fr$) である。偶力は方向相反する二平行力で、物體を回轉させ、又はさせようとする傾向を持つ。そして力とその垂直距離との相乗積 ($M' = fr$) を偶力のモーメント (M') と云ふ。

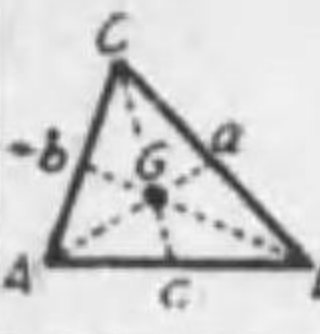
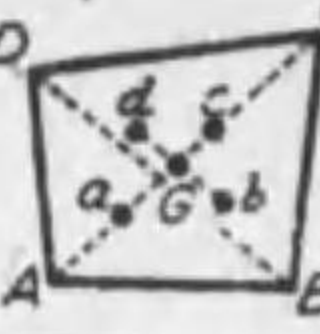

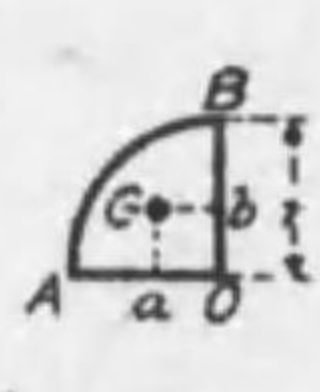


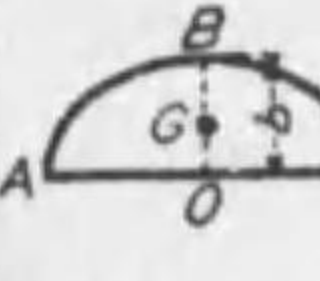
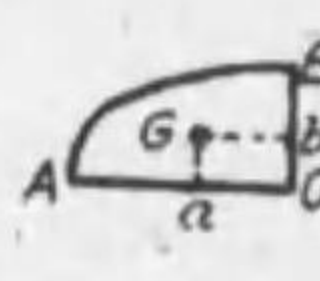
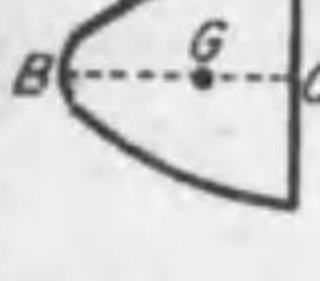
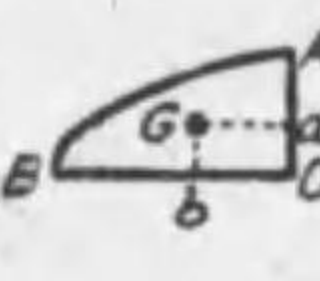
4. 質量、重量及運動量 質量とは物體固有の定數で、或る物體に加速度を與へる時、これに要する力は、その加速度に比例する。この比例定數を質量 (m) と云ふ。($m = f/\alpha$) 重量とは物體と地球との引力で、物體の重量 w は、質量に重力加速度 g を乗じた値 ($w = mg$) である。運動量とは或る物體の質量とその速度の相乗積 ($h = mv$) を云ふ。

5. 重 心

a. 線の重心 (G は重心を示す)

 <p>三角形の周邊。 重心は各邊の中點を結ぶ三角形 abc に内接する圓の中心 G である。 $d = \frac{h(A+B)}{3(A+B+C)}$</p>	 <p>圓弧。 $l = \widehat{ADB}$ の長さ。 $OG = \frac{cr}{l} = \frac{c(c^2 + 4h^2)}{8hl}$ 又 $OG = \frac{180}{n} \times \frac{c}{\pi}$ 但 n は度で表す。</p>
 <p>平行四邊形の周邊。 重心は對角線の交點である。</p>	 <p>半圓弧。 $OG = \frac{2r}{\pi} = 0.6366r$</p>

b. 面積の重心

 <p>三角形。重心は二邊の中点とその各に対する頂点とを結ぶ直線 Aa, Bb の交点である。 $aG = \frac{1}{3}Aa$</p>	 <p>四邊形。重心は $\triangle ABD, BCA, CDB, DAC$ の各重心を結ぶ線 ac, bd の交点である。</p>
 <p>四分。a を四分の面積とする。 但 $a = \frac{1}{2}r^2(\frac{2\alpha}{90^\circ} - \sin 2\alpha)$ $OG = \frac{c^2}{12a}$ 半圓の重心 $OG = \frac{4r}{3\pi} = 0.424r$</p>	 <p>四分。Ga, Gb は O, I, OB に垂直で $Oa = Oa = \frac{4r}{3\pi} = 0.424r$ $OG = \frac{4r\sqrt{2}}{3\pi} = 0.6002r$</p>
 <p>扇形。l = 圓弧の長さ。 $OG = \frac{2cr}{3l}$</p>	 <p>圓輪の一部。 $OG = 38.197 \frac{(R^2 - r^2) \sin \alpha}{(R^2 - r^2)\alpha}$</p>
 <p>半圓。OA は長徑の $\frac{1}{2}$, OB は短徑の $\frac{1}{2}$。 $OG = \frac{4b}{3\pi} = 0.4244b$</p>	 <p>四分圓。Ga, Gb は OA, OB に垂直で $Oa = \frac{4OA}{3\pi} = 0.4244 \times OA$ $Ob = 0.4244 \times OB$</p>
 <p>拋物線形。 $OG = \frac{3}{8}OB$</p>	 <p>拋物線半形。 $Ob = \frac{3}{8}OB$ $Oa = \frac{1}{4}OA$</p>

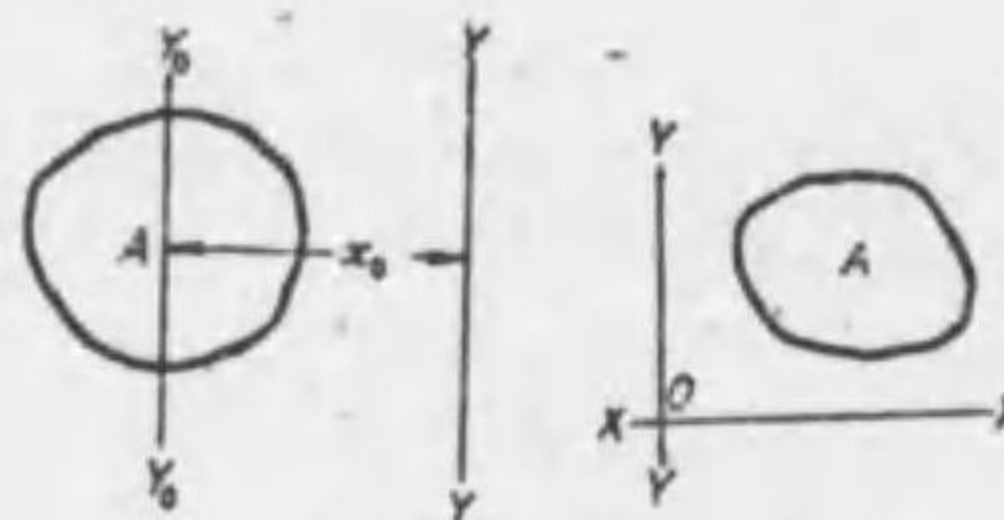
d. 慣性モーメント

a. 1 面の充實體又は面積の慣性モーメント (I) とはその上の一微分點の重量 (又は面積) と 1 軸からの垂直距離 y の自乗との相乗積を積分した値 ($I = \int y^2 dw$) を云ふ。又全重量を W, 全面積を A, 回轉半径を R とすると $I = R^2 W$, 又は $I = R^2 A$ となる。

b. 數箇の充實體又は面積總體の慣性モーメント は各箇が各一軸に関する慣性モーメントの總和となる。 ($I_n = \sum I$)

c. 任意軸の周りの慣性モーメント は軸 YY に平行で或る面積 (又は充實體) の重心を通る軸 $Y_0 Y_0$ に関する慣性モーメント I_0 に兩軸の間隔 x_0 の自乗とその全面積 (又は重量) との相乗積との和である。

$I = I_0 + x_0^2 A$ (第 1 圖)



第 1 圖

第 2 圖

d. 極慣性モーメント は或る平面を含む平面に垂直な一軸に関する慣性モーメントで, I 及 J を (第 2 圖) 夫々 A 面積の XX 軸及 YY 軸の慣性モーメント, I_p をこの面に垂直で O を通る軸の極慣性モーメントとすると $I_p = I + J$ である。

7. 圓運動, 角速度及角加速度 或る半径 r の圓周上を運動する時はこれを圓運動と云ひ, 單位時間の移動角度を角速度 (ω) と云ひ, ラジアン/秒 で表す。又單位時間の角速度の變化率を角加速度 (α) と云ひ, ラジアン/秒/秒 で表す。今 v を線速度, α_t を線加速度とすると $v = \omega r$, $\alpha_t = \alpha r$ となる。

8. 遠心力と求心力 圓運動に於て, その圓中心に引き付けてゐる力を求心力, これに皮する力を遠心力と云ふ。この際向心方向の加速度 $\alpha_r = v^2/r$ で, その力は $f = m\alpha_r = mv^2/r = \omega^2 r$ となる。

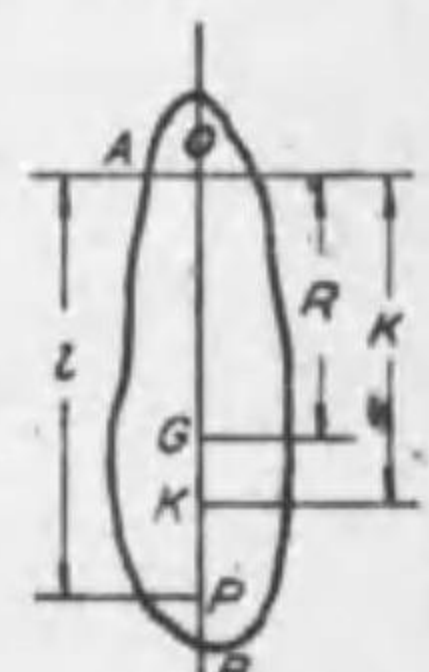
9. 仕事, 勢力及工率 仕事 W とは力 F とこれに抗して移動した距離 S との積である。 ($W = F \times S$) 又抵抗力が S の函数である時は $W = \int F ds$ となる。

勢力とは物體が保有する仕事能力を云ひ, 静止物體は位置勢力, 運動物體は運動勢力をもつ。今 E を位置, E' を運動勢力とすると, 速度 v, 落下高 h との間に次の關係がある。 $E = mgh = wh$, $E' = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}wv^2/g$

圓運動で, I を回轉體の極慣性モーメントとすると $E = \frac{1}{2}I\omega^2$ となる。

工率とは單位時間になされる仕事量を云ひ, 動力の測定に用ひられる。實用單位として毎秒キログラムメートル, ワット, キロワットが用ひられる。

10. 單振子及複振子 單振子に於て糸の長さを l, 1 往復振動時間即ち周期を t とすると $t = 2\pi\sqrt{l/g}$, $l = g t^2 / 4\pi^2$, $g = 4\pi^2 l / t^2$ となる。第 3 圖は複振子で固定軸即ち懸垂中心 O の周りに振動する。G は重心, P は OG の延長線上にあり, これと同周期をもつ單振子の糸の長さ l に等しく OP を切る。K は OP 上で, O の周りの圓轉半径 K に等しく O から取つた點である。然るときは $t = 2\pi\sqrt{l/g} = 2\pi\sqrt{K^2/gR}$ となり, $l = K^2/R$ の關係が生ずる。この P を振動の中心と云ひ, これを懸垂中心とすると, O が振動の中心となる。又 P は打擊中心とも云ひ, これに打擊を與へても懸垂中心には少しも衝動を感じない。



第 3 圖

11. 衝 突 2 物體がその重心線上で衝突する時は中心衝突, 他を偏心衝突と云ふ。又運動方向が衝突線上と一致する時は正, 他を斜衝突と云ふ。衝突の瞬間は非常に大きな力が生じ, これを打擊力 F と云ひ, その衝突時間 t との積をもつて衝撃値 s とする。この値は衝突體の運動量の變化に等しい。 $s = Ft = m(v' - v)$

a. 正中心衝突 今 m_1, m_2 を 2 質量, v_1, v_2 を夫々衝突前の速度, u を最大壓縮瞬間の共同速度, v_1', v_2' を衝突の終の速度とすると次式を得る。

$s_1 = m_1(v_1 - u) = m_2(u - v_2)$ $s_2 = m_1(u - v_1') = m_2(v_2' - u)$
 $u = (m_1 v_1 + m_2 v_2) / (m_1 + m_2)$ $k = s_1 / s_2 = (v_2' - v_1') / (v_1 - v_2)$

この k を衝突係数と云ひ, 衝突體の弾性による定數である。

一般物體の衝突 ($0 < k < 1$)

$v_1' = u - k(v_1 - v_2) m_2 / (m_1 + m_2)$ $v_2' = u + k(v_1 - v_2) m_1 / (m_1 + m_2)$

$s = m_1(v_1 - v_1') = m_2(v_2' - v_2) = (1 + k)(v_1 - v_2) m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$

E (衝突損失) $= \frac{1}{2}(1 - k^2)(v_1 - v_2)^2 m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$

完全非弾性體の衝突 ($k = 0, v_1' = v_2' = u$)

$$E = \frac{1}{2}(v_1 - v_2)^2 m_1 m_2 / (m_1 + m_2)$$

完全弾性體の衝突 ($k=1, E=0$)

$$v_1' = [(m_1 - m_2)v_1 + 2m_2v_2] / (m_1 + m_2) \quad v_2' = [2m_1v_1 - (m_1 - m_2)v_2] / (m_1 + m_2)$$

k の値は初速 v により異なり, $v=2.8$ m/s では, 象牙 8/9, 鋼及キルク 5/9, 硝子 15/16, 木 1/2 である。

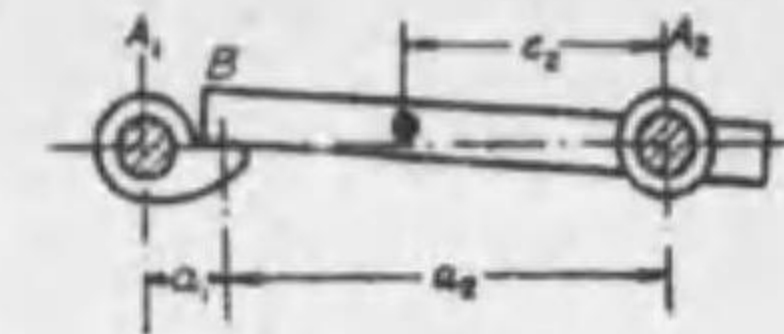
b. 正偏心衝突 第4圖はこの一例で, A_1, A_2 の各軸が ω_1, ω_2 の角速度で回轉し, I_1, I_2

第 1 表 静止摩擦係数 μ_0 と滑動摩擦係数 μ

摩擦物體	摩擦面の繊維の状況	摩擦面の状態	摩擦係数	
			μ_0	μ
錫鐵上錫鐵	-	少量グリース	0.16	0.15
		水	-	0.31
錫鐵上青銅	-	乾燥	-	0.21
		油	0.19	0.18
錫鐵又は青銅上錫鐵	-	油	-	0.44
		少量グリース	0.13	-
錫鐵上青銅	-	油	-	0.16
		乾燥	-	0.20
青銅上青銅	-	油	-	0.49
		乾燥	-	0.22
鋼上錫鐵	-	水	0.65	0.22
		少量グリース	-	0.19
鋼上錫鐵	-	水	0.65	0.26
		乾燥	0.11	0.08
鋼上眞鍮	-	乾燥	0.02	-
		油	0.62	0.43
鋼上鋼	-	乾燥石鹼	0.44	0.16
		乾燥	0.54	0.34
鋼上鋼	-	水	0.71	0.25
		乾燥	0.43	0.19
鋼上鋼	-	油	0.61	-
		乾燥	0.43	0.33
鋼上鋼	-	水	0.79	0.29
		乾燥	0.47	0.27
鋼製車上皮	-	油	0.50	-
		乾燥	0.28	0.56
粗面の木上麻綱	-	油	-	0.56
		水	0.62	0.36
錫鐵上皮	-	油, 石鹼	0.12	0.15
		グリースを温す	-	0.23
ピストンパッキングとしての皮	平	油	0.62	0.36
鋼上鋼	-	油	0.12	0.15
		乾燥	0.15	-

記號 = は上下の摩擦體共縦線方向に動かした場合, ≠ は縦線に直角に動かした場合, ⊥ は立目の木の上に横目の木を動かした場合。

の慣性モーメントをもつと, 前述の正中心衝突式中に次の値を入れて計算し得る。 $m_1 = I_1/a_1^2, m_2 = I_2/a_2^2$; $v_1 = a_1\omega_1, v_2 = a_2\omega_2, v_1' = a_1\omega_1', v_2' = a_2\omega_2'$, 但 m_1, m_2 は衝突点 a_1, a_2 に換算した値である。又 A_2 に衝撃の及ぶのを防ぐには衝突点 B と A_2 とは互に打撃中心, 懸垂中心の關係にあらねばならない。即ち e_2 を重心半徑とすれば $a_2 = I_2/m_2e_2$ となる。



第 4 圖

12. 摩擦

a. 静止摩擦と滑動摩擦 今水平面上に重量 W の物體を靜置し, これを水平に引張り, 將に動き出さうとする時の力 P を静止摩擦抵抗, $\mu_0 = P_0/W$ を静止摩擦係数と云ふ。一度動き出した後も尚引張力 P を要する。これ滑動摩擦の存在を示し, $\mu = P/W$ を滑動摩擦係数と云ふ。若し静止のまま面を傾斜すれば, 或る角度迄動かず, 静止摩擦角度 α_0 に達して始めて動く。静止摩擦係数との間に $\mu_0 = \tan \alpha_0$ の關係がある。

b. 轉動摩擦 圓柱が水平面上を轉動し, 荷重 N がその面に直角に作用すると, その支柱の周りのモーメント M は $M = Nf$ なる偶力となる。(第 5 圖) f は轉動係数で材料の硬度, 面の滑性に關し, 次の値を持つ。

リグナムバイターとリグナムバイター

$$f = 0.047 \text{ cm}$$

輪とリグナムバイター

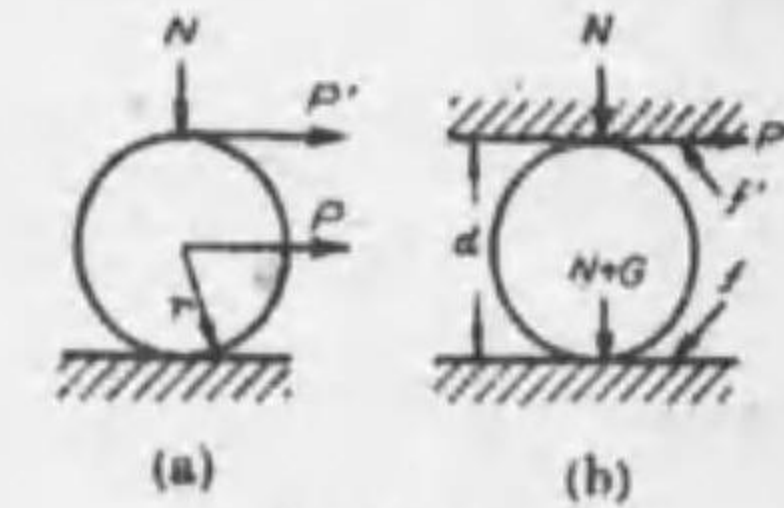
$$f = 0.080 \text{ cm}$$

鐵と鐵 (鋼と鋼)

$$f = 0.005 \text{ cm}$$

鋼球と鋼球軸承

$$f = 0.0005 \sim 0.001 \text{ cm}$$



第 5 圖

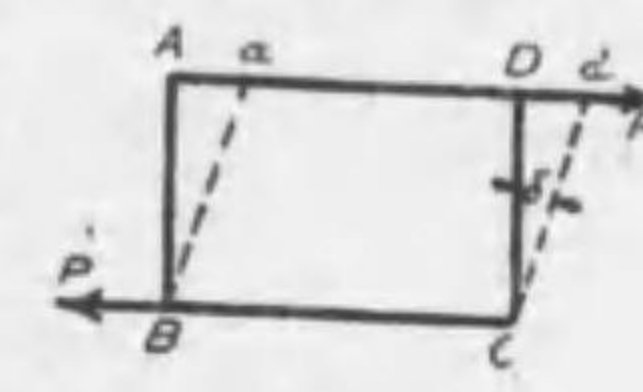
若し P が圓柱の中心を通り水平に作用すると (第 5 圖 (a)) $Pr = M = Nf, P'$ が圓柱の頂上に水平に作用すると, $P' \cdot 2r = M = Nf$, 又荷重 N が轉子の上を動くならば (第 5 圖 (b)) f' と f を上下の轉動係数とし, G を轉子の重量とすれば, $Pd = M = Nf' + (N+G)f$ となる。又半徑 r の圓柱が傾斜面を轉動し始める時のその面と水平との角度を α とすれば $\tan \alpha = f/r$ となる。

第 2 章 材料及構造の強さ

1. 外力と内力 外力とは物體に作用しこれを變形させようとする力又は荷重, 内力とはこれに抗して, 物體内に生ずる反力を云ふ。

2. 歪とポアソン比 歪とは外力による物體の變形を云ひ, 引張及壓縮では, その長さの變化 λ と元の長さ l との比

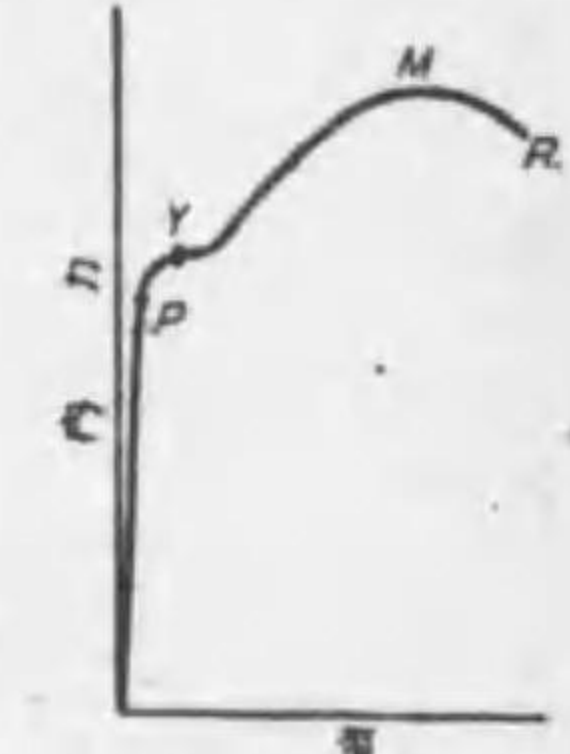
$\epsilon = \lambda/l$ で表す。又剪断では第 6 圖 $ABCD$ のやうな矩形片に力 P が作用し $aBCd$ に變形すると, その歪 γ は Aa と AB との比即ち角 δ の正切で表される。



第 6 圖

$$\gamma = Aa/AB = \tan \delta$$

今一本の棒を引張り, その長方向の縦歪 λ , 横歪 λ' を生じたとすると $\lambda'/\lambda = 1/m$ をポアソン比と云ふ。 m は, 銅 3, 眞鍮 3, 板硝子 4.4, 大理石 3.6~4, 花崗岩 4~5, 錫鐵 3.3~3.5, 鋼



第 7 圖

3.57, 鉛 2.3, コンクリート 10~5 である。

3. 内力歪線圖 は材料の引張或は壓縮内力と歪との特性曲線である。第7圖は一般に延性大なる材料の線圖で、P 點迄は歪は内力に比例し、これを過ぎると急に歪が多くなる。この P を弾性限度と云ひ、常用内力はこれ以内に選ぶ。更に引張ると内力は増さず、減少する。この點 Y を降伏點と云ふ。尚引張ると最大内力 M に達し、遂に内力 R に達して破壊する。これを破壊内力と云ふ。

4. 弾性係數 弾性係數とは、弾性限度内の内力と歪との關係々數を云ふ。引張或は壓縮即ち縦弾性係數を E' とし、内力を f とすると $E=f/\epsilon$, 又剪断即ち横弾性係數を G とし、内力を f_s とすると $G=f_s/\gamma$ となる。(第 2 表参照)

第 2 表 (A) E の平均の値 (kg/cm²)

材 名	E	材 名	E
錫 鐵	750 000	鋳 造	675 000
錫 鐵	1 050 000	アルミニウム (98.5~99%)	725 000
錫 鐵 { 棒	2 000 000	線	1 130 000
錫 鐵 { 板	1 850 000	アルミニウム・ブロンズ (9 アルミ, 1 銅)	260 000
軟 鋼	2 100 000	硝 子	560 000
硬 鋼 (燒 鈍)	2 200 000	皮	1 750
錫 鋼	2 150 000	ト ネ リ コ	112 000
鋼 { 鋳 造	850 000	物	170 000
鋼 { 壓 延	1 050 000	黄 銅	125 000
鋼 { 線	1 200 000	鋼	105 000
黃 銅 (燒 鈍) { 鋳 造	800 000	松 (白)	70 000
黃 銅 (燒 鈍) { 壓 延	880 000	松 (赤)	128 000
鋼 { 線	1 000 000	チ ー ク	140 000
青 銅 (鋳 造)	900 000	リヂナムバイター	70 000
錫青銅 ()	980 000		

第 2 表 (B) G の平均の値 (kg/cm²)

材 名	G	材 名	G
錫 鐵	290 000	鋼 { 壓 延	394 000
錫 鐵	440 000	鋼 { 線	425 000
錫 鐵 { 棒	740 000	燒 鈍 (線)	373 000
錫 鐵 { 板	980 000	錫青銅 (鋳 造)	373 000
鋼 板	910 000	アルミニウム (98.5~99%)	280 000
軟 鋼	910 000	トネリコ又は鋼	5 350
錫 鋼 { 燒鈍セテ	840 000	鋼	5 720
錫 鋼 { 燒鈍	980 000		

5. 破壊強さ、弾性限度と比重 (第 3 表参照)

第 3 表 破壊強さ、弾性限度と比重

材 名	弾 性 限 度 (kg/cm ²)	破 壊 引 張 強 さ (kg/cm ²)	破 壊 壓 縮 強 さ (kg/cm ²)	比 重
錫 鐵	—	1 200~3 200	7 000~8 500	7.25
錫 鐵	1 800 以上	3 300~4 000	1 800 以上	7.85
軟 鋼 { 棒	1 800	3 400~5 000	2 000	7.85
軟 鋼 { 線	—	6 000~12 000	—	—
軟 鋼	2 500~6 000	5 000~20 000	3 000 以上焼 入せる者は引 張内力と同じ 2 000 以上	7.86
錫 鋼	2 000 以上	3 500~7 000	—	7.85
鋼 { 鋳 造	—	1 575	—	8.60
鋼 { 板	—	2 000~2 300	—	8.90
鋼 { 線	—	4 000~4 700	—	8.93
黃 銅 (燒 鈍) { 鋳 造	650	1 500	—	8.60
黃 銅 (燒 鈍) { 壓 延	—	4 500	—	—
青 銅	300	2 000	—	8.60
錫 青 銅	900	3 000	—	—
錫 青 銅	—	3 850	—	8.70
アルミニウム { 鋳 造	300	860	—	2.60
アルミニウム { 板	900	1 700	—	2.72
デュラルミン (板) (95 Al, 1 Mg, 3.3 Cu 等)	2 500~5 200	4 200~5 600	—	2.80
シムミン (鋳 造) (89~86 Al, 11~14 Si)	—	1 000~2 200	—	2.60
エレクトロン (棒) (90~99.5 Mg, 20~0.5 Al)	—	2 500~2 800	—	1.80
松 { 引 張	—	790	—	0.48
松 { 壓 縮	155	—	280	—
柳 { 引 張	475	965	—	0.90
柳 { 壓 縮	150	—	345	—
楠 { 引 張	580	1 340	—	0.83
楠 { 壓 縮	100	—	320	—
チ ー ク	—	965	—	0.90
リヂナムバイター	—	788	—	1.32

6. 材料の常用内力 とは機械部分の設計に用ひる安全内力で、必ず弾性限度内に定め る。第 4 表は静止荷重の常用内力で、衝撃なき一方向の繰返し荷重の場合はこの値の 2/3。

第 4 表 常用 内 力 (kg/cm²)

材 名	引 張 内 力 (f _t)	壓 縮 内 力 (f _c)	曲 げ 内 力 (f _b)	剪 断 内 力 (f _v)	捩 り 内 力 (f _{t'})
錫 鐵	900	900	900	720	300
低炭素鋼	900~1 500	900~1 500	900~1 500	720~1 200	600~1 200
中炭素鋼	1 200~1 800	1 200~1 800	1 200~1 800	960~1 440	900~1 440
錫 鋼	600~1 200	900~1 500	750~1 200	480~960	480~960
錫 鐵	300	900	—	300	—
壓 延 鋼 板	600	—	—	—	—

第 5 表 均一断面の梁の曲げモーメント

負荷状態	最大曲げモーメント M_m	最大剪断荷重 P	最大撓 d
	WL	W	$\frac{WL^3}{3EI}$
	$\frac{WL^2}{2}$	W	$\frac{WL^3}{8EI}$
	$\frac{Wmn}{L}$	$\frac{Wm}{L}$	$n < m$ の場合最大撓は $x_1 = m\sqrt{\frac{1+2n}{3+2n}}$ に生ず。 $\frac{Wn^3n}{3EIL}$ W 上の撓は $\frac{Wm^3n^3}{3EIL}$
	$\frac{WL}{8}$	$\frac{W}{2}$	$\frac{5WL^3}{384EI}$
	$\frac{2Wm^3n^3}{L^3}$	$\frac{(L+2m)n^3W}{L^2}$	$n < m$ の場合最大撓は $x_1 = 2mL/(L+2m)$ に起る。 $\frac{2Wm^3n^3}{3EIL+2m^3}$ W 上の撓は $\frac{Wm^3n^3}{3EIL^3}$
	AB 最大 $\frac{WL}{12}$	AB 最大 $\pm \frac{W}{2}$	$\frac{WL^3}{384EI}$

表中 ▲ は最大剪断内力, ● は最大撓, ⊙ は最大曲げモーメントの位置

正負の繰返し荷重では 1/3 の値を取る。又破壊内力と常用内力の比を安全係数と云ひ、第 4 表は安全係数 4 とした値である。

7. 梁の曲げと抵抗モーメント 梁を曲げるには曲げモーメントが要る。梁材の内では曲り外側に引張、内側に壓縮内力が生じてこれに抵抗する。これを抵抗モーメントと云ふ。

引張と壓縮内力との釣り目には内力の生じない境界があり、これは切断面の重心と一致する。この重心を通る軸を中性軸と云ひ、曲りの最外側及最内側が最大内力となる。これを f とすると、梁の断面の抵抗モーメントは fZ で、この Z を断面係数と云ひ、断面形状に関する値である。(本章 9 参照)

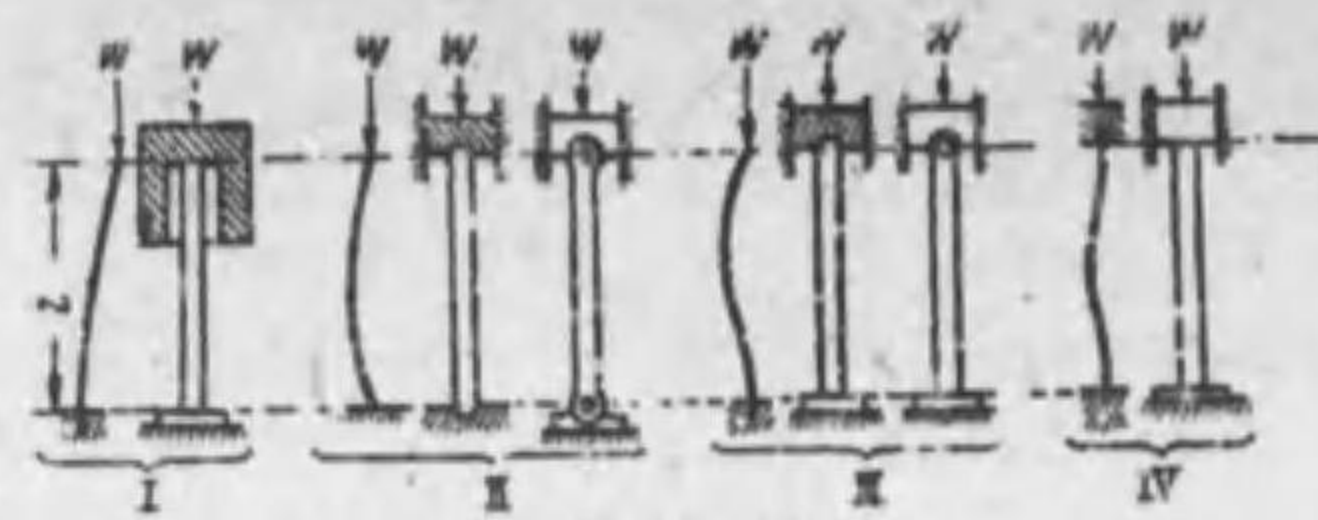
8. 均一断面の梁の曲げモーメント、剪断荷重及撓の公式 (第 5 表参照)

9. 断面の慣性モーメント (I) と断面係数 (Z) (第 6 表参照)

第 6 表 断面の慣性モーメント

	$I = \frac{a^3b}{36}$ $Z = \frac{a^2b}{24}$		$I = \frac{a^4}{12}$ $Z = \frac{a^3}{6}$
	$I = \frac{b^4}{12}$ $Z = \frac{b^3}{6}$		$I = \frac{b^4 - b_1^4}{12}$ $Z = \frac{1}{6} \frac{b^4 - b_1^4}{b}$
	$I = \frac{\pi d^4}{64}$ $Z = \frac{\pi d^3}{32}$		$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ $Z = \frac{\pi}{32} \frac{D^4 - d^4}{D}$
	$I = \frac{\pi a^3b}{4}$ $Z = \frac{\pi a^2b}{4}$		$I = \frac{\pi}{4} (a^3b - a_1^3b_1)$ $Z = \frac{\pi}{4} \frac{a^3b - a_1^3b_1}{a}$
	$I = \frac{1}{12} (a^3b - a_1^3b_1)$ $Z = \frac{1}{6} \frac{a^3b - a_1^3b_1}{a}$		$I = \frac{1}{12} (a^3b_1 + a_1^3b)$ $Z = \frac{1}{6} \frac{a^3b_1 + a_1^3b}{a}$
	$y_1 = \frac{a^3b - a_1^3b_1}{2(ab - a_1b_1)}$ $y_2 = \frac{a^3b - 2aa_1b_1 + a_1^3b_1}{2(ab - a_1b_1)}$ $I = \frac{1}{12} \frac{(a^3b - a_1^3b_1)^2 - 4aa_1b_1(a - a_1)^2}{(ab - a_1b_1)}$ $Z_1 = \frac{I}{y_1} = \frac{(a^3b - a_1^3b_1)^2 - 4aa_1b_1(a - a_1)^2}{6(a^3b - a_1^3b_1)}$ $Z_2 = \frac{I}{y_2} = \frac{(a^3b - a_1^3b_1)^2 - 4aa_1b_1(a - a_1)^2}{6(a^3b - 2aa_1b_1 + a_1^3b_1)}$		

10. 長柱の公式 第 8 圖は長柱の両端取付を示す。I は一端自由他端固定、II は両端自由で荷重と一直線上に案内あり、III は一端自由で他端固定され、荷重と一直線上に案内あり、IV は両端固定され荷重と一直線上



第 8 圖

にある。l を柱の長さ (cm), A を危険断面の面積 (cm²), I を危険断面の慣性モーメント (cm⁴), k を危険断面の回轉半径 (cm) = $\sqrt{I/A}$, E を弾性係数 (kg/cm²), n を両端の取付係数, s を安全係数 (錬鐵 5, 軟鋼 5, 鑄鐵 8, 木 10), W を常用荷重 (kg) とする。

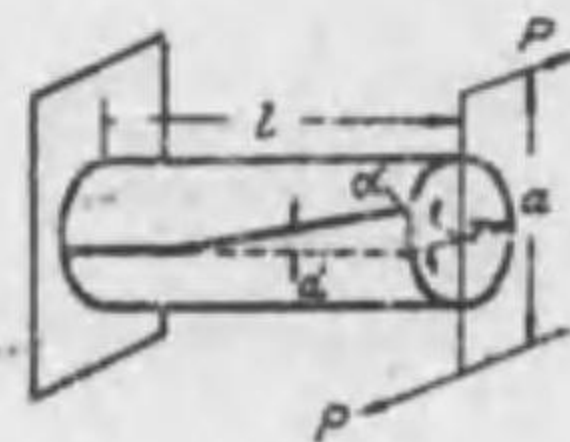
a. オイラー (Euler) の公式 $W = n\pi^2 EI / sl^2$

但 n の値は I では 1/4, II では 1, III では 2, IV では 4 に取る。

b. ランキン (Rankin) の公式 $W = A\pi^2 / s(1 + c_1 l^2 / k^2)$

c₁ は壓縮内力と曲げ内力の組合内力で、略次の値を取る。錬鐵、軟鋼は c₁ = 1000 kg/cm², 鑄鐵は 500 kg/cm², 乾燥せる堅木は 50 kg/cm²。又 c₂ は両端取付と l/k に關する定數で、Tetmajer によると次表の値を取る。

	l/k	c ₂
錬鐵	20~150	0.00070
軟鋼	20~250	0.00014
鑄鐵	20~250	0.00016
木	20~200	0.00023



第 9 圖

11. 振り 棒の一端にその軸線に直角に偶力 P x a を作用する時は、軸に振りが生ずる。即ち (第 9 圖) 棒の表面では、d 角 (rad) 捩れ、l 距離の断面では alpha 角 (rad) 捩れる。今 f_s を r 半径上の剪断内力, I_p を極慣性モーメント, G を横弾性係数, Z_p を振り断面係数とすれば、外力振りモーメント T は内力抵抗モーメントと平衡し次式を得る。内力公式 $T = f_s I_p / r = f_s Z_p$, 振り角度公式 $T = \alpha G I_p / l$

Z_p は圓徑軸では I_p/r として軸心よりの最大半径で I_p を除した値であるが、他の断面形のもの第 7 表の通りである。

12. 軸の限界速度即ち危険速度

a. 撓限界速度 回轉軸はその軸の撓固有振動に共振する回轉數に上げると非常な振動を起す。最初のこの共振速度を第一次限界速度即ち危険速度と云ふ。これを越すと振動は消失し、第二次危険速度に達して再び出現する。危険速度は重さなき軸上ではその荷重數だけの次數速度を生ずる。従て分布荷重では無限次の危険速度がある。實算では軸の重量の 1/2~2/3 を集中荷重中に加算する。支へ状態は自動調心型軸承は自在支へ、長い圓筒軸承は固定支へと看做す。一般電機では第一次危険速度以内を用ひ、タービン發電機、高周波發電機等は第一第二次間に定める。第一次危険速度附近のものは 0.8 か 1.5 倍に取る。今 N_c を第一次危険速度 (毎秒) d を軸の各荷重による撓 (cm) とすると $N_c = 300\sqrt{1/d}$ となり、次表から求められる。(第 5 表参照)

負荷状態	第一次危険速度	第二次以上の危険速度
二軸承間の単一荷重(自在支へ)	$N_c = 300\sqrt{3EI/Wm^2n^2}$	
同上 (固定支へ)	$N_c = 300\sqrt{3EI^2/Wm^2n^2}$	
二軸承間の平等荷重(自在支へ)	$N_c = 300\sqrt{384EI/5WL^2}$	第二次 $2^2 \times N_c$ 第三次 $3^2 \times N_c \dots$
同上 (固定支へ)	$N_c = 300\sqrt{384EI/WL^2}$	
數多の荷重 (第 10 圖)	$N_c = 300\sqrt{\sum Wd/\sum Wd^2}$	荷重數の危険速度あり。

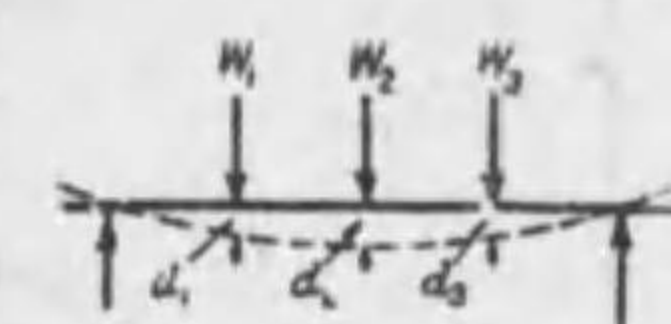
但 $\sum Wd = W_1 d_1 + W_2 d_2 + \dots$ $\sum Wd^2 = W_1 d_1^2 + W_2 d_2^2 + \dots$

第 7 表 極慣性モーメント (I_p) と振り断面係数 (Z_p)

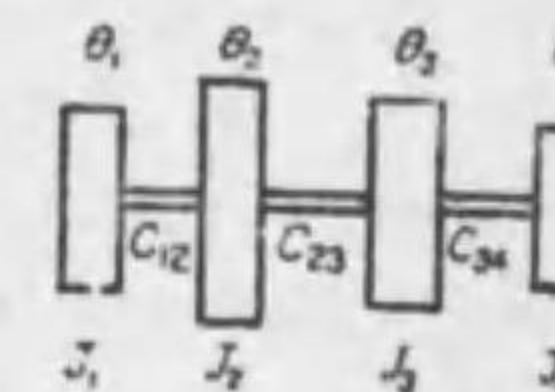
<p>充實圓 $I_p = \frac{\pi}{32} d^4$ $Z_p = \frac{\pi}{16} d^3$</p>	<p>矩形 a > b $I_p = \frac{ab(a^2 + b^2)}{12}$ $Z_p = \frac{2}{9} ab^2$</p>
<p>中空圓 $I_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{32}$ $Z_p = \frac{\pi(D^4 - d^4)}{16D}$</p>	<p>正方形 $I_p = \frac{s^4}{6}$ $Z_p = \frac{2}{3} s^3$</p>
<p>橢圓 a > b $I_p = \frac{\pi ab(a^2 + b^2)}{4}$ $Z_p = \frac{\pi ab^2}{16}$</p>	<p>正六角形 $I_p = 1.08a^4$ $Z_p = \frac{b^3}{1.02}$</p>
<p>中空橢圓 a > b, b₀/b = a₀/a $I_p = \frac{\pi}{4} [ab(a^2 + b^2) - a_0 b_0 (a_0^2 + b_0^2)]$ $Z_p = \frac{\pi(ab^2 - a_0 b_0^2)}{16b}$</p>	<p>正三角形 $I_p = \frac{b^4}{16\sqrt{3}}$ $Z_p = \frac{b^3}{20}$</p>

b. 振り限界速度 とは軸

の振り振動に共振する場合の危険速度を云ふ。内燃機直結の發電機は爆發衝動によりこの共振を生ずる危険がある。數多の集中荷重ある場合はやはりその



第 10 圖



第 11 圖

數だけの共振振動即ち危険速度を生ずる。次に Lawis, Holzer による計算式を示す。第 11 圖で J₁, J₂, J₃ を集中質量の極慣性モーメント, θ₁, θ₂, θ₃ 及 A₁, A₂, A₃ を夫々各質量の回轉變位及最大振幅, C₁₂, C₂₃ 等を各質量間の單位振り角の抵抗モーメントとする。

$$\omega^2(J_1 A_1 + J_2 A_2 + J_3 A_3 + \dots) = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\left. \begin{aligned} A_2 &= A_1 - \omega^2 J_1 A_1 / c_{12} & A_3 &= A_2 - \omega^2 (J_1 A_1 + J_2 A_2) / c_{23} \\ A_n &= A_{n-1} - \omega^2 (J_1 A_1 + J_2 A_2 + \dots + J_{n-1} A_{n-1}) / c_{(n-1)n} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (2)$$

$$\therefore N_c = \omega / 2\pi \dots\dots\dots (3)$$

上式中先づ (2) 式群より $A_1=1$ として A_2, A_3, \dots を順次見出し、次に ω を種々假定して、繰返し試算し $\sum \omega^2 J A = 0$ となる ω 値を見出す。然る時は ω は $n-1$ 箇の値を得、従て危険速度 N_c は $n-1$ 次あることになる。 c_{12} は下記符号質量間の軸の単位振り角に対する軸の抵抗を示す。軸の直径 d 、長さ l なる時は $c = \pi d^4 G / 32 l$ である。

13. 繰返荷重と材料の疲れ 材料はこれに繰返し荷重を加へると、徐々に同方向の荷重を加へた場合よりも小さな荷重で破壊する。これを繰返荷重の疲れと云ふ。

s_1 ... 材料内の最小内力 (kg/cm²) s_2 ... 材料内の最大許容内力 (kg/cm²)
 δ ... 内力変化の範囲 (kg/cm²) = $s_2 - s_1$ (若し s_2 が引張内力で、 s_1 が壓縮内力ならば $\delta = s_2 - (-s_1) = s_2 + s_1$)
 s ... 静時の破壊内力 (kg/cm²)

s_2 は疲れの界限と呼び、これ以内では無限回数繰返しても破壊することのない値である。

a. Unwin の公式 $s_2 = \delta / 2 + \sqrt{\delta^2 + c \delta s}$

但 c は材料による定数で伸の大きな鋼は $c=1.5$ 、銅は $c=2$ に取る。

b. Johnson の公式 $s_2 = \frac{\frac{1}{2}s}{1 - \frac{1}{2}s/s_2}$

この公式によると各種の荷重に対する常用内力 (最大許容内力) s_2 を簡単に見出すことが出来る。

- (1) $s_1 = s_2$ (静荷重) $s_2 = s$
- (2) $s_1 = 0$ (s_2 から 0 までの繰返荷重) $s_2 = \frac{1}{2}s$
- (3) $s_1 = -s_2$ (正負の繰返荷重) $s_2 = \frac{1}{3}s$


第 3 章 機械の要素

1. ね ち

a. 日本標準ねち 日本標準規格ねちは大正十三年第一號メートルねち (JES 第 13 號 B 3)、次でウィットウォースねち第一號 (JES 第 68 號 B 12) が制定せられ、一般用としてはねちの外径 9mm 以下は第一號メートルねち (第 8 表)、3/8 吋以上はウィットウォースねちに依ること決定した。別にウィットウォース細目ねち第一號、二號、三號、四號及特號 (JES 第 115 號 B 25)、航空機、自動車用としてメートル細目ねち (JES 第 114 號 B 24) が制定せられた。尚瓦斯管用ねちとして管用ねち (JES 第 36 號 B 8) がある。

b. 傳動用ねち 傳動用として用ひられるのは梯形及角ねちである。梯形ねちには山の傾角が 30° (メートルねち系用 JES 第 102 號 B 22) のものと 29° (ウィットウォース系用 JES 第 103 號 B 23) のものとあり、孰れも谷の深さ l は p をピッチとすると $l = 0.5p + 0.25$ (mm) となる。角ねちは兩側平行で、その幅は $\frac{1}{2}p$ 、深さも $\frac{1}{2}p$ である。

第 8 表 第一號ねち (JES 第 13 號 B 3)



外 径 d	をねち		ピッチ p	山の高さ h_1	隙 c	谷の丸味 r	めねち	
	谷の径 d_1	谷の断面積					谷の径 D	内径 D_1
1	0.652	0.0033	0.25	0.174	0.011	0.02	1.022	0.674
1.2	0.852	0.0057	0.25	0.174	0.011	0.02	1.222	0.874
1.4	0.984	0.0076	0.5	0.208	0.014	0.02	1.428	1.012
1.7	1.214	0.0116	0.35	0.243	0.016	0.02	1.732	1.246
2	1.444	0.0164	0.4	0.278	0.018	0.03	2.036	1.480
2.3	1.744	0.0239	0.4	0.278	0.018	0.03	2.336	1.780
2.6	1.974	0.0306	0.45	0.313	0.020	0.03	2.640	2.014
3	2.166	0.0368	0.6	0.417	0.027	0.04	3.054	2.290
3.5	2.606	0.0558	0.6	0.417	0.027	0.04	3.554	2.720
4	2.958	0.069	0.75	0.521	0.034	0.05	4.068	3.026
4.5	3.458	0.094	0.75	0.521	0.034	0.05	4.568	3.526
5	3.750	0.110	0.9	0.605	0.041	0.06	5.082	3.832
5.5	4.250	0.142	0.9	0.625	0.041	0.06	5.582	4.332
6	4.610	0.167	1	0.695	0.045	0.06	6.090	4.700
7	5.610	0.247	1	0.695	0.045	0.06	7.090	5.700
8	6.264	0.308	1.25	0.868	0.056	0.08	8.113	6.376
9	7.264	0.414	1.25	0.868	0.056	0.08	9.113	7.376

ねち山の型式
 $h = 0.8600 p$
 $h_1 = 0.6945 p$
 $c = 0.045 p$
 $r = 0.0633 p$

をねち
 単位—長さ: mm, 面積: cm²

2. 軸 軸には動力用の傳動軸と車輛用の車軸とがある。本節では傳動軸に就て述べる。普通の軸材は鍛鋼で、主要電機軸は破壊強さ 44~55 kg/mm²、破壊剪断強さ 30~37 kg/mm²、伸 25~20% 程度の強さを持つ。従て常用内力は第 9 表位に取る。同表中 (1) に属する電機は直結機械としてタービンポンプ、水車、蒸汽タービン、又は電動機又は發電機を持つもの、調車連結軸もこれに属する。(2) に属するものは往復動機関 (ディーゼル、空気圧搾機) 連結の電動機又は發電機で、飛車傳動もこれに属する。

第 9 表

荷 重 の 種 類	安全係数	常用曲げ内力 f_b (kg/cm ²)	常用振り内力 f_s (kg/cm ²)
(1) 振りモーメントの變化少き場合	8	500~700	400~500
(2) 振りモーメントの變化激しきか 稍衝撃を受ける場合	12	350~450	200~350

次の諸記號は本章全部に適用する。

T ... 振りモーメント (kgem) M ... 曲げモーメント (kgem)
 Z_p ... 丸軸の振り断面係数 $= \frac{\pi}{16} d^3 (\text{cm}^3)$ n ... 毎分回転数
 Z ... 丸軸の曲げ断面係数 $= \frac{\pi}{32} d^3 (\text{cm}^3)$ N ... 傳動力 (kW)

a. 振りモーメントのみを受ける軸の設計

$$T = 97400 \times N (1 + \alpha) / n \quad (\text{但 } \alpha \text{ は負荷率で普通 } 0.25)$$

$$= 122000 \times N / n \quad (\alpha = 0.25 \text{ の時}) = Z_p f_s = \frac{\pi}{16} d^3 f_s$$

$$\therefore d = \sqrt[3]{16T / \pi f_s} = 1.72 \sqrt[3]{T / f_s} = 85.3 \sqrt[3]{N / n f_s}$$

b. 曲げモーメントのみを受ける軸の設計

$$M = Z f_b = \pi d^3 f_b / 32 \quad \therefore d = \sqrt[3]{32M / \pi f_b} = 2.17 \sqrt[3]{M / f_b}$$

c. 曲げ、振り両モーメントを同時に受ける軸の設計

M_e ... 曲げ、振りモーメントの相当曲げモーメント (kgem) $\tau = M/T$
 T_e ... 曲げ、振りモーメントの相当振りモーメント (kgem)
 $M_e = \frac{1}{2}(M + \sqrt{M^2 + T^2})$ (1)
 $T_e = \sqrt{M^2 + T^2}$ (2)

(1) 式は曲げモーメントが大なる時、(2) 式は振りモーメントが大なる時に用いられるが、両式から同じ軸径を得る為には次の関係がある。

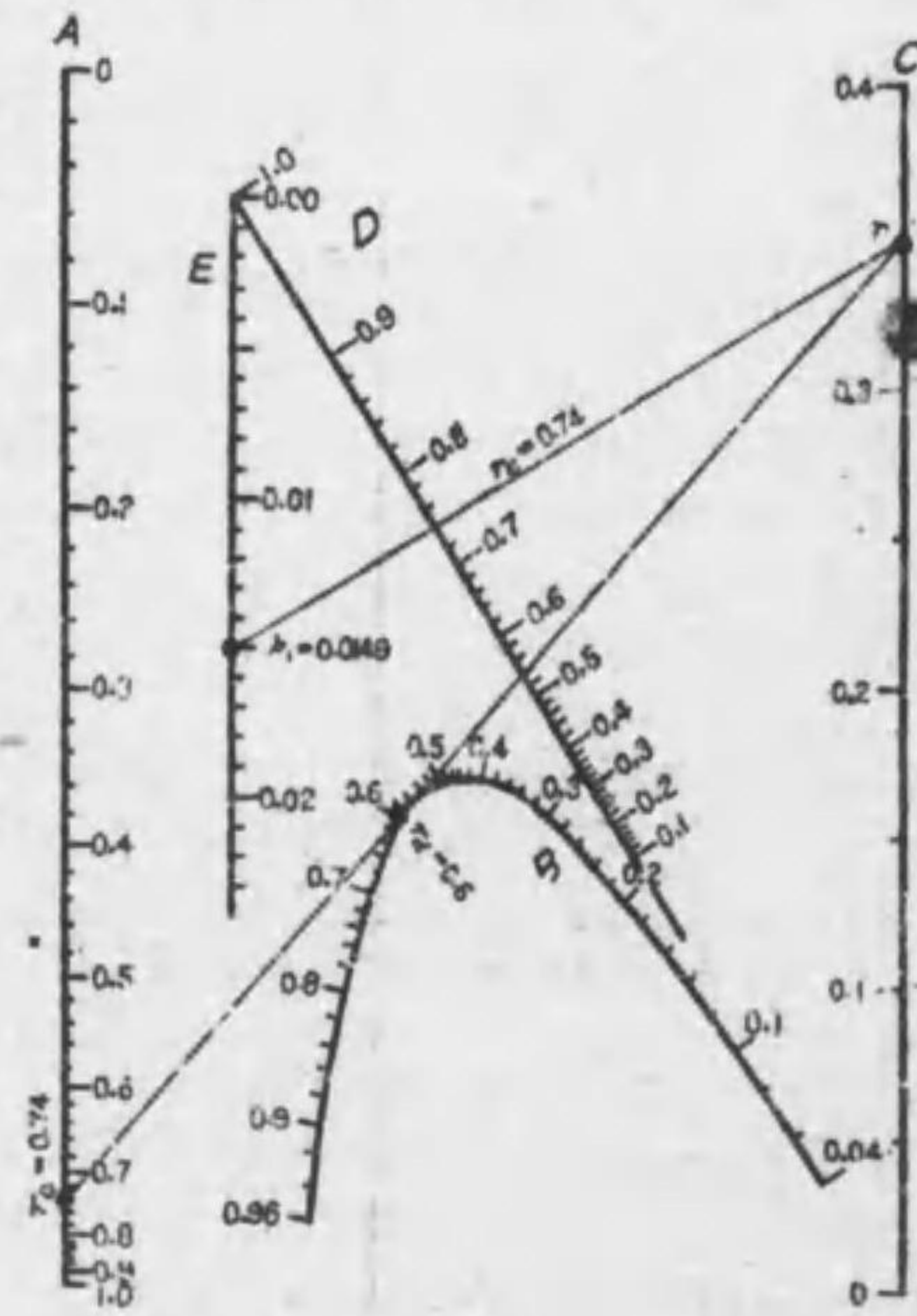
$$f_s / f_b = \sqrt{M^2 + T^2} / (M + \sqrt{M^2 + T^2}) = \sqrt{x^2 + 1} / (x + \sqrt{x^2 + 1})$$

然るに普通軸用鋼は $f_s / f_b = 0.7 \sim 0.8$ で $x = 0.5 \sim 0.27$ であるから、 M_e 式で計算した方が一般に大軸を得る。

d. 撓みによる軸の設計 発電機、電動機等の固定子と回転子との空隙は少いから、軸の撓みは空隙 6mm 以下でその 1/10、それ以上は漸次撓みを小とし、空隙 18mm で 1/20 以下とする。回転子軸の荷重は、鉄心、整流子、炭電子等が各その中心に加はる集中荷重と考へ、調車、齒車軸等ではその幅の中心の集中荷重とする。第



第 12 圖



12 圖は三荷重の例で、先づ W_1 のみの撓を求め、 x_1 點の撓を d_1 、 x_2 點の撓を d_2 とする。(均一直徑)

$$d_1 = W_1 n_1 x_1 (m_1^2 + 2m_1 n_1 - x_1^2) / 6 I E L$$

$$d_2 = W_1 m_1 x_2 (n_1^2 + 2n_1 m_1 - x_2^2) / 6 I E L$$

の二式から x_1 及 x_2 點の撓を見出すことが出来る。第 13 圖はこれをノモグラフで簡単に求める法で、上式を $d_1 = k_1 \times W_1 L^3 / I E$ とし、撓點の比 $r_a = x_1 / L$ 、荷重點の比 $r_e = m_1 / L$ とから係数 k_1 を求め、これから撓を算出する。この際 $r_a < r_e$ に選ばねばならない。先づ A 線上に r_e を求め、B 線上の r_a と直線で結び、参考線 C 上の切點 r と D 線上の r_e とを結び、これが E 線上を切る點の値が k_1 となる。同様に W_2, W_3 に依る x_1 點の k_2, k_3 の値は次の r_a と r_e に対して見出す。

$$\text{荷重} = W_2 \quad r_a = x_1 / L, r_e = m_2 / L \text{ から } k_2$$

$$\text{荷重} = W_3 \quad r_a = (L - x_1) / L, r_e = n_3 / L \text{ から } k_3$$

従て W_2, W_3 による x_1 點の撓 $d_2 = k_2 \times W_2 L^3 / I E$ 、 $d_3 = k_3 \times W_3 L^3 / I E$ となる。そしてその點の總撓は

$$d = d_1 + d_2 + d_3 = (k_1 W_1 + k_2 W_2 + k_3 W_3) L^3 / I E$$

として求める。

例 軸承距離 $L = 50$ cm, 軸徑 8 cm, 二荷重 $W_1 = 1400$ kg, $W_2 = 1000$ kg の $x_1 = 30$ cm に於ける撓を見出せ。(第 13 圖)

解 第 13 圖で見出した k の値は次表の通りである。

荷重 W (kg)	n (cm)	m (cm)	r_a	r_e	k	kW
$W_1 = 1400$	13	37	$x_1 / L = 30 / 50 = 0.6$	$m / L = 37 / 50 = 0.74$	0.0149	20.9
$W_2 = 1000$	36	14	$(L - x_1) / L = 20 / 50 = 0.4$	$n / L = 36 / 50 = 0.72$	0.0143	14.3

$$I = \pi d^4 / 64 = 201.1 \text{ cm}^4, \quad E = 2000000 \text{ kg/cm}^2$$

$$x_1 \text{ 點の撓は } dx_1 = (k_1 W_1 + k_2 W_2) \times L^3 / I E = 0.01092 \text{ cm}$$

e. 電機軸の軸荷重と軸承壓力の計算

$$D$$
... 調車又は齒車のピッチ圓直徑 (cm) $T = 122000 N / n$ (kgem)
 W_1, W_2, W_3 ... 荷重 (kg) P_1, P_2, P_3 ... 軸承壓力 (kg)

(1) 張出式調車又は齒車軸 (第 14 圖)

荷重 (kg) W_1 は調車又は齒車の壓力, w_1 は車の重量

$$\text{調車の場合 } W_1 = 6 T / D + w_1$$

$$\text{齒車の場合 } W_1 = 3.6 T / D + w_1$$

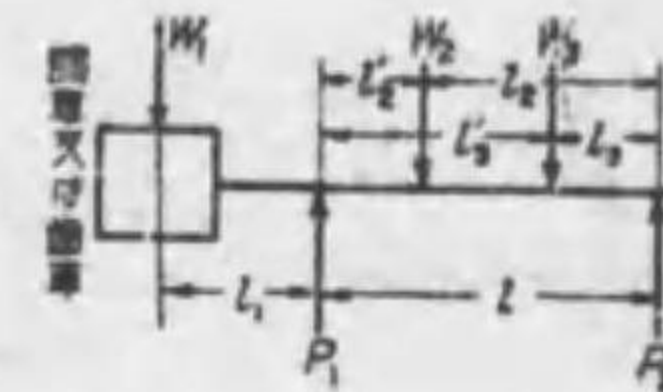
$$\text{齒車の場合 } W_1 = 2.18 T / D + w_1$$

W_2, W_3 は回転子各部の重量

曲げモーメント (kgem)

$$\text{最大曲げモーメントは } P_1 \text{ に起る。 } M_m = W_1 l_1$$

軸承壓力 (kg) 一般に W_1 は W_2, W_3 荷重に対して或る角度を爲す故軸承壓力はこれ等のベクトル和であるが、次式は總て垂直荷重として表す。



第 14 圖

$$P_1 = (l+l_1)W_1/l + l_2W_2/l + l_3W_3/l$$

$$P_2 = l_1W_1/l + (l-l_2)W_2/l + (l-l_3)W_3/l$$

(2) 三軸承式軸 (第 15 圖)

荷重 (kg) W_1 は上例と同じ。電動発電機の場合は一方の回転子の重量 W_2 , W_3 は他方の回転子の重量となる。

曲げモーメント (kgem) (W_1, W_2, W_3 共同一平面内に作用するものとする)

最大曲げモーメントは P_2 に起る。

$$M = W_1(l_1 - n_1) - P_2l_1$$

軸承壓力 (kg)

$$P_1 = m_1W_1/l + n_2W_2/l + n_3W_3/l - l_2P_2/l$$

$$P_2 = \frac{n_1W_1}{2l_2} \left[\left(\frac{m_1}{l_1} \right)^2 + \frac{2m_1n_1}{l_1^2} - \left(\frac{l_2}{l_1} \right)^2 \right] + \frac{n_2W_2}{2l_1} \left[\left(\frac{m_2}{l_2} \right)^2 + \frac{2m_2n_2}{l_2^2} - \left(\frac{l_1}{l_2} \right)^2 \right] + \frac{n_3W_3}{2l_1} \left[\left(\frac{m_3}{l_2} \right)^2 + \frac{2m_3n_3}{l_2^2} - \left(\frac{l_1}{l_2} \right)^2 \right]$$

$$P_3 = n_1W_1/l + m_2W_2/l + m_3W_3/l - l_1P_2/l$$

(3) 二軸承式軸 (第 16 圖) (荷重は總て同一平面内に作用するものとする)

荷重 (kg) W_1, W_2, W_3 は同上。尚不平衡磁気吸引力のある場合は、必ず加算する。

曲げモーメント (kgem) は殆ど中央。

若し W_1, W_2 間が中央であれば

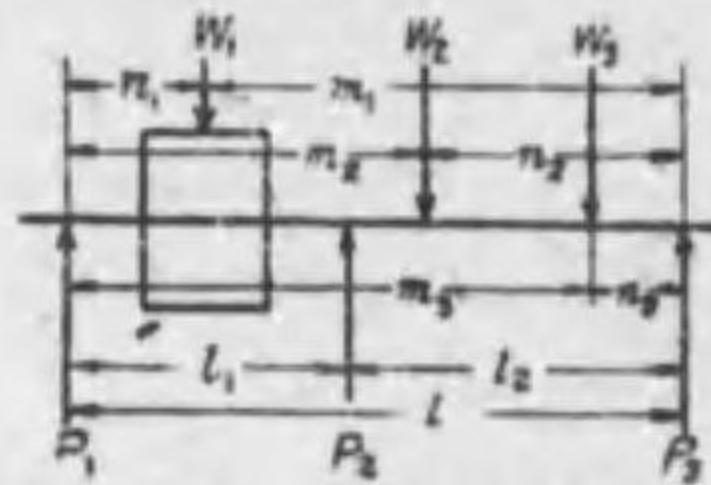
$$M = P_1l/2 - (n_1 - l/2)W_1$$

若し W_2, W_3 間に中央があれば

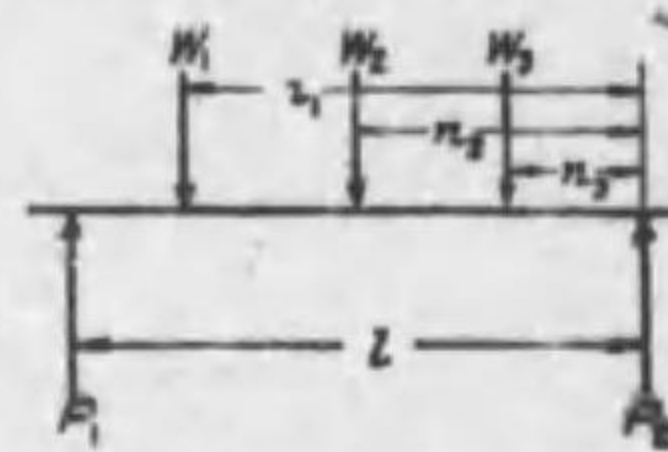
$$M = P_2l/2 - (l/2 - n_2)W_2$$

軸承壓力 (kg)

$$P_1 = (n_1W_1 + n_2W_2 + n_3W_3)/l \quad P_2 = [(l - n_1)W_1 + (l - n_2)W_2 + (l - n_3)W_3]/l$$



第 15 圖

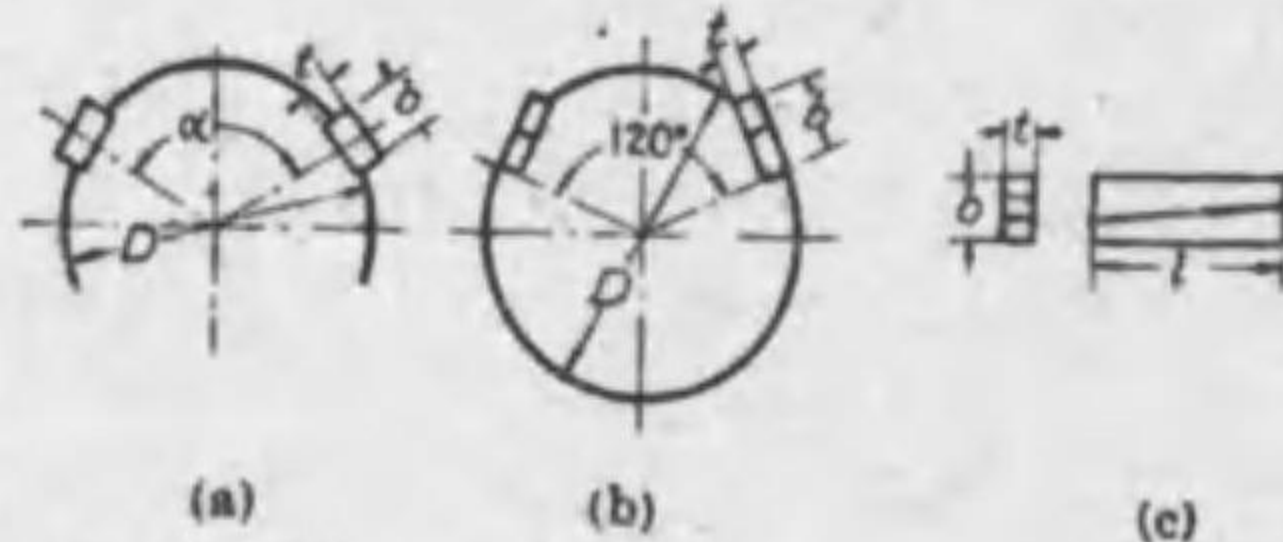


第 16 圖

3. キー

a. 打込キー、頭付打込キー及フェザキー (JES 第 71 號 B 15) (第 10 表参照)

b. 二重キー 大動力を傳動する場合には 2 箇のキーを用ひる。第 17 圖 (a) は兩方向回轉に對し有效であるが、(b) は一方向に有效である。而し割り車形には (b) を用ひる。そのキーは一般に



第 17 圖

4. 軸接手 本節では大型電機に用ひる皮軸接手について説明する。 N を最大傳動力 (kW), n を毎分回轉數, $x = N/n$ を毎分毎回轉の傳動力, T を最大捩りモーメント (kgem),

第 10 表 キー (JES 第 71 號 B 15 抜萃)

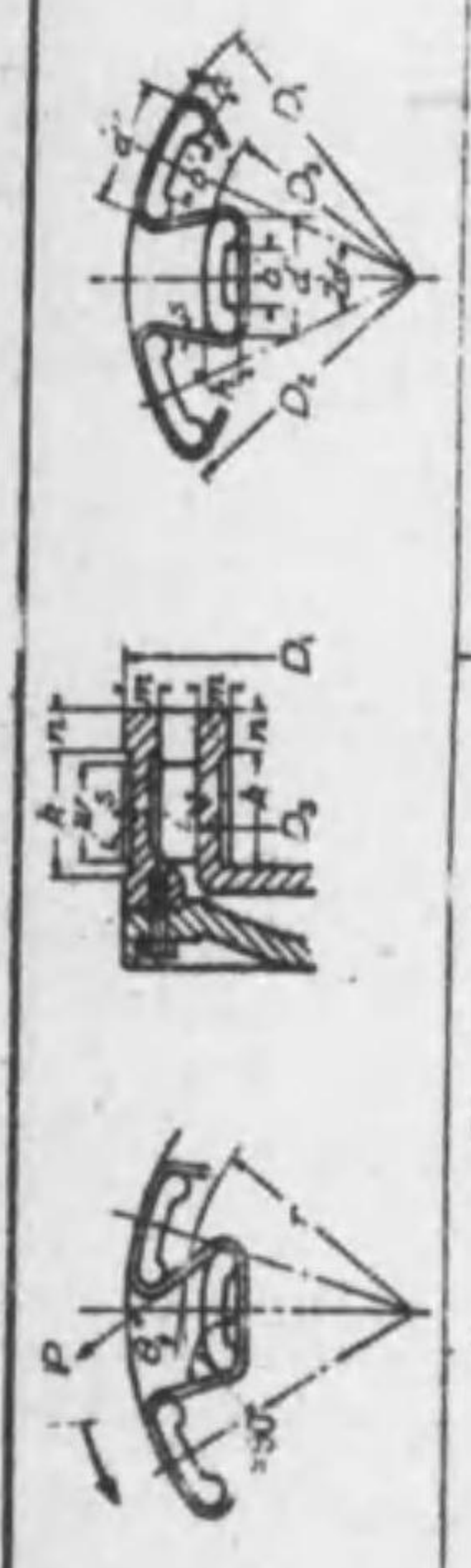
軸 徑 (mm) D	キーの寸法 (mm) 幅 (b) × 高さ (h)	キーウェーの深さ (mm)	
		軸 (t)	ボス (t_1)
10 以上 13 以下	4 × 4	2.5	$D + 1.5$
13 を超え 20 "	5 × 5	3.0	$D + 2.0$
20 " 30 "	7 × 7	4.0	$D + 3.0$
30 " 40 "	10 × 8	4.5	$D + 3.5$
40 " 50 "	12 × 8	4.5	$D + 3.5$
50 " 60 "	15 × 10	5	$D + 5$
60 " 70 "	18 × 12	6	$D + 6$
70 " 80 "	20 × 13	7	$D + 6$
80 " 95 "	24 × 16	8	$D + 8$
95 " 110 "	28 × 18	9	$D + 9$
110 " 125 "	32 × 20	10	$D + 10$
125 " 140 "	35 × 22	11	$D + 11$
140 " 160 "	38 × 24	12	$D + 12$
160 " 180 "	42 × 26	13	$D + 13$
180 " 200 "	45 × 28	14	$D + 14$
200 " 230 "	50 × 30	15	$D + 15$
230 " 260 "	55 × 34	17	$D + 17$
260 " 290 "	60 × 36	18	$D + 18$
290 " 330 "	70 × 42	21	$D + 21$

z を接手の内外側各の柱數, P を皮の最大張力 (kg), w を皮の幅 (cm), s を皮の厚さ (cm), p を皮の許容張力 (kg/cm²), r を皮の波平均半徑 (cm) とし, θ を傳動中の張力 P と切線とのなす角とする。 $T = 97400 N/n = Prz \cos \theta$ 。然るに $P = psw$ であるから $x = pwsrz \cos \theta / 97400$ で、今 $\theta = 40^\circ$ とし $p = 38 \text{ kg/cm}^2$ とすると、 $x = wrz / 3350$ となり、皮の傳動力が解る。この式と第 11 表の皮の大きさより、所要の接手を選ぶ。次に接手の強さは本表では毎分 100 回での遠心力と皮の張力による曲げ内力 σ_b が示してあるから、他回轉數 n に対して σ_b は $(n/100)^2$ 倍となる。従て σ_b の値が過速度に於て 400 kg/cm² 以下ならば鑄鐵で差支なく、これ以上の時は必ず鑄鋼とする。鑄鋼では σ_b は 1200 kg/cm² 迄採つてよろしい。

5. 軸 承 軸承には圓筒軸承、輪形スラスト軸承、球入及ころ入軸承等が用ひられる。

a. 圓筒軸承 一般電機には給油環付軸承、タービン發電機には強壓注油式軸承が用

第 11 表 皮輪軸長手



速度	皮		寸										内		z (kW/n)	r (cm)	c ₀ (kg/cm ²)			
	α 度	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸	寸			寸	寸	寸	外
1	36	5	150	144	90	10	10	30	15	10	10	104	44	10	10	10	0.0042	5.7	1.16	1.84
2	30	6	200	194	50	7	7	35	19	10	134	50	14	14	10	10	0.0063	7.4	1.90	2.64
3	24	8	300	288	90	8	8	56	24	12	212	82	18	18	12	12	0.0245	11.6	3.35	4.75
4	18	10	400	384	140	9	9	80	30	15	310	104	20	20	15	15	0.0578	16.3	4.80	6.67
5	15	12	500	480	194	10	10	100	36	17	410	130	25	25	17	17	0.101	21.4	6.95	9.78
6	12	15	600	586	250	11	11	115	44	25	500	160	30	30	25	25	0.342	25.9	9.55	13.2
7	10	18	800	780	320	13	13	140	54	35	670	200	40	40	35	35	0.890	34.8	13.5	18.8
8	9	20	1000	980	400	14	14	160	66	40	840	250	50	50	40	40	1.400	43.5	19.5	27.0
9	12.35	24	1300	1280	500	15	15	180	80	40	1020	300	60	60	40	40	1.980	53.0	27.0	37.0
10	11.25	28	1400	1370	600	16	16	200	96	40	1170	350	70	70	40	40	3.050	61.8	37.0	51.0
11	10	30	1600	1570	700	17	17	220	114	40	1360	400	80	80	40	40	4.800	71.0	51.0	70.0
12	9	36	1800	1770	800	18	18	240	135	40	1500	450	90	90	40	40	7.58	80.5	66.0	90.0
13	7.5	40	2000	1970	900	19	19	260	158	40	1700	500	100	100	40	40	10.00	88.5	81.0	108.0
14		45			1100	200	20	280	185	40	1700	550	110	110	40	40	12.20	89.8	91.0	120.0
15		50			1100	210	21	300	215	40	1700	600	120	120	40	40	15.10	89.0	91.0	120.0
16	0.92	55	2400	2370	125	22	22	325	250	40	2110	650	130	130	40	40	17.80	108.3	108.3	142.4
17	0.4	60	2600	2564	130	23	23	350	280	40	2300	700	140	140	40	40	34.80	117.5	117.5	150.1

ひられ、その大きさは発生する摩擦仕事により決定される。摩擦係数 μ 、全軸承圧力 P (kg)、軸頭の周速 v (m/s)、軸承の直径 d (cm)、長さ l (cm) とし、単位軸承圧力 $p=P/dl$ とする。発生する摩擦仕事 $A=\mu P v$ (kgm/s) となり、比摩擦仕事 $A_s=A/dl=\mu p v$ (kgm/s/cm²) となる。従って軸承の大きさは A_s の値を大に取る程小でよい。然るに A_s は又軸承の放熱能力から制限される値で、給油環付軸承のやうに自然冷却のものより注油式軸承のやうに人工冷却の方が大で軸承も小となる。

(1) 給油環付軸承の設計 この軸承は周速 6 m/s 迄、これに油循環装置を施すと約 8 m/s 迄用ひられる。Tower, Lasche 等の実験によると、 μ は静止の際は p に関係なく約 0.21~0.24、回轉を始めると共に急減し低速で或る最小値に達し、 v の増加に伴ひ徐々に増し、 $v=1$ m/s 以上で $\mu=c_1\sqrt{v}/p$ 、 $v=2.5\sim 10$ m/s の間は $\mu=c_2/p$ となる。 $(c_1, c_2$ は定数) 又 μ は軸承温度に逆比例するが、一定軸承温度では関係がない。故に $A_s=c_1 v\sqrt{v}$ 又は $A_s=c_2 v$ で、軸承は速度に比例して熱する。又実験上最高速度 6 m/s の安全壓力は軸承温度 55°C で $p=9$ kg/cm²、 $\mu=0.01$ であるから、安全な A_s 即ち放散熱量と摩擦仕事と平衡する放熱比摩擦仕事は $A_s=0.01 \times 9 \times 6=0.54$ kgm/s/cm² となる。従って 6 m/s 以上の周速では自然冷却の放熱作用は不充分であるから、油循環ポンプで冷却油を送り、その放熱作用を助ける。大型發電機はこの例で 6~8 m/s 迄用ひられる。かく軸承の大きさは A_s で決定されるから、速度が一定ならば p に関係なく、これを大とすれば如何程でも小さくなる筈だが、 p は油膜の負荷能力から自然に制限される。Livingston⁽³⁾ に従へばこの最大常用単位軸承壓力 $p_0=7.35\sqrt{v}$ (kg/cm²) となる。そして常用單位壓力 p はこれを安全係数 S で除した値とする。毎分回轉數 n 、軸頭の太さ d (cm)、 $v=dn/1900$ (m/s)、軸承長 l (cm) とすれば、全軸承壓力 P (kg) に対する軸承の大きさは次の通りとなる。

$$p_0=7.35\sqrt{v} \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad p=p_0/S \text{ (kg/cm}^2\text{)} \quad l=P/dp=SP/dp_0$$

一般に l/d は 2~1 で、平均 3 とする。 S は普通 1.5~3 で、調車又は齒車傳動では 1.5~2、二軸承式では 3 位に取る。又循環油装置を備へた場合は 1.5 以下にも取ることが出来る。給油環は軸承長さ 20 cm 以上には 2 箇を付ける。又循環油式の油量は約 $Q=0.4 dl v$ (g/m) 位、但 d, l はセンチメートル、 v はメートル秒を單位とする。

例 8 極 75 kW 誘導電動機の軸承を設計せよ。但荷重様式は張出調車傳動(第 14 圖)とし、調車直径 $D=50$ cm、 $l_1=30$ cm、 $l_2=43$ cm、 $l=86$ cm、軸承直径 $d=9$ cm、調車重量 $w_1=90$ kg、回轉車重量 $W_1=600$ kg、 $n=730$ とする。

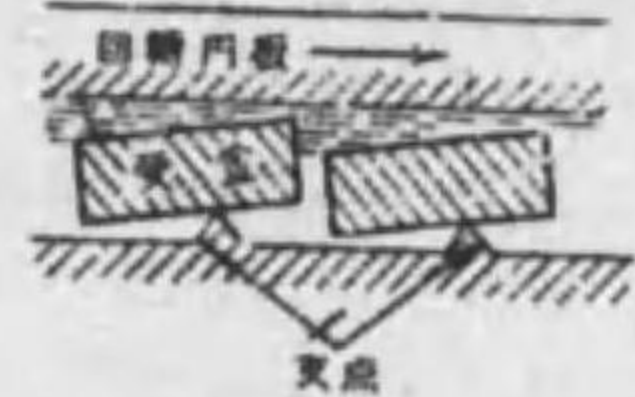
解 本章 2a 及 c より $T=122000$ N/n= 12500 kg cm、 $W_1=6T/D+w_1=1590$ kg、 $W_2=600$ kg、 $W_3=0$ であるから、 $P_1=(l+l_1)W_1/l+l_2W_2/l=2445$ kg。

又 $v=dn/1900=3.45$ m/s、従て $p_0=7.35\sqrt{v}=13.65$ kg/cm²、この場合 $S=1.5$ なる故 $p=p_0/S=9.1$ kg/cm² 依て $dl=P_1/p=268.7$ 或は $l=268.7/d=30$ cm となる。尙本例のやうな調車傳動の場合に經驗上 S は 1.3 位迄従てこの例では $l=27$ cm 即ち $l/d=3$ 迄 l を短縮しても差支ない。

(2) 強壓注油式軸承の設計 この軸承は周速 10 m/s 以上の高速に用ひられ、その最高速度は 60 m/s で $p=9$ kg/cm² にも及ぶと云ふ。Lasche⁽³⁾ の實驗によると $v=10\sim 20$ m/s の間は $\mu p t=\sigma$ は略一定で、白色合金 (White metal) 内張受金では $\sigma \approx 3$ 、油の平均温度 $t=40\sim 100$ °C の間で用ひて差支ない。従て放熱比摩擦仕事 $A_s=\sigma \frac{v}{t} \approx 3v/t$ (kgm/s) となる。現今タービン發電機等に常用されて居る値は $v=30$ m/s、 $p=6.5$ kg/cm²、

$\mu=0.01$ で、送油量 $Q=0.8dlv$ (g/m) (油入口温度 35°C , 油平均温度 50°C) である。依てこの摩擦仕事 $A_s=0.01 \times 6.5 \times 30=1.95$ となり、上式 $A_s=3 \times v/t=3 \times 30/50=1.8$ とも大體一致するから安全運転が出来る。

b. 輪形スラスト軸承 堅型発電機等に用ひられるスラスト軸承は、殆ど輪形で 1 箇の圓板形鈔と受金とから成つてゐる。最新型では受金を數箇に分割し、扇形としてゐる。第 18 圖はこれだ。受金は回轉方向に稍偏心に支點を置き、圓板の回轉につれ支點の後面は押下げられ、楔状の油溝となり油膜の形成を容易にし高壓高速に堪へ得られる。 μ は Freudenreich の實驗によると約 $\mu=c\sqrt{v/p}$ であるから p の大なる程 μ は小となるが油膜の負荷制限上低い常用壓力を取る。一體輪形受金では $p=5 \text{ kg/cm}^2$, $v=1 \text{ m/s}$ で $\mu=0.03$, 扇形受金では $p=20 \text{ kg/cm}^2$, $v=10 \text{ m/s}$ で $\mu=0.0015$ 位である。然し始動時は油膜が出来上らぬ爲、始動摩擦は孰れも大で $0.15 \sim 0.2$ 位である。今軸承のスラスト荷重 P (kg), 常用單位壓力 p (kg/cm²), 輪形軸承面積 a (cm²), 輪形軸承の外徑 d_2 , 内徑 d_1 (cm) とすると $a=\pi(d_2-d_1)/4=P/p$, 又 $d_2/d_1=\gamma$ とすると $d_2=1.13\sqrt{a/(1-\gamma^2)}$ の兩式から軸承の大きさを決定することが出来る。



第 18 圖

次に給油方法は、普通循環油式でスラスト軸承の周圍に滑油を滑動面の稍上迄充し、常に一定の油面を保ち、大出力のものはこの油槽中に冷却水管を設備してある。送油量 Q は約式から算出される。 $Q=30C A_s a/t$ (g/m), 但 $A_s=\mu pv$, $\mu=c\sqrt{v/p}$, c は輪形受金で $c=0.07$, 扇形受金で $c=0.002$, $v=d_m n/1900$ (m/s), $d_m=(d_2^2-d_1^2)/3(d_2+d_1)$ (cm) である。 t は油のスラスト受金の入口温度と出口温度との差 ($^{\circ}\text{C}$) である。

c. 球入及ころ入軸承 球入及ころ入軸承が他に優る點は始動摩擦が小で、殆ど運轉中と異ならないことである。運轉摩擦係数は優良球入軸承で $0.001 \sim 0.002$, 又ころ入軸承で $0.0035 \sim 0.014$ である。潤滑方法も亦極めて簡単で、一般に 3000 R.P.M. 以下ではグリースを 3000~5000 R.P.M. で浴油式とし、5000 R.P.M. 以上となると稍これより粘度の高い油を用ひてサイト・フィード (Sight feed) 式とする。給油量は特に注意を要し、グリースは球箱の半容量、浴油式は最下球又はころの中心迄送油を充す。



第 19 圖 單列ラヂアル型軸承

第 20 圖 自動調心ラヂアル型軸承

第 21 圖 スラスト型軸承

軸承種類はラヂアル型とスラスト型とあり、ラヂアルには單列と複列とがある。SKF 社には複列で自動調心型と稱するのがある。(第 19 圖乃至第 21 圖) ラヂアル型球入軸承では 5000 R.P.M. 以上の高速回轉に用ひられるが、スラスト型軸承では 1500 R.P.M. 以上となると遠心力の爲好ましくならず、單列單列ラヂアル型軸承を用ひるがよらしい。ころ入軸承もころの長さの短いものは 5000 R.P.M. 近くまで用ひられるが、一般に低速、高壓軸承として適する。單列ころ入軸承には又スラストを絶對加へぬやう設計すべ

きてある。

軸承の壽命は負荷容量によつて非常に相違あり一般製造会社のカタログに掲げてある荷重を W とし、實際荷重を L とし、係数を S とすると、壽命は次の通りとなる。従てカタログにより實際荷重を決定する場合は $S=4$ とすれば安心である。

壽命 (時間)	200	1500	4000	10000	20000	60000
係数 $S=W/L$	1	1.5	2	2.5	3	4

ラヂアル軸承の安全荷重 Goodman の實驗に依ると球數 10~20 箇の焼入鋼球及球輪について、その全安全荷重 P (kg) は次式から算出される。

P_0 = 球又はころ 1 箇に加はる最大荷重 (kg) d = 球又はころの直徑 (cm)

Z = 球又はころの數 k = 定數 l = ころの長さ (cm)

D = 球又はころの溝内徑 n = 毎分回轉數

(球入軸承) $P = \frac{1}{4} Z P_0$ $P_0 = k d^2$ $k = \frac{180 \sim 400}{2000 \times \frac{D}{d} + 1}$

(ころ入軸承) $P = \frac{1}{4} Z P_0$ $P_0 = k l d$

ラヂアル型軸承も前述のやうにスラスト型軸承として用ひる場合は勿論水平軸でも、ラヂアル荷重以外にスラスト荷重を受ける。單列軸承ではラヂアル荷重 R とスラスト荷重 T とを同時に受ける時はラヂアルに換算した全荷重 $P=R+10T$ とする。但 SKF 社の自動調心型軸承では $P=R+4T$ に取ることが出来ると云ふ。

第 4 章 動力の傳達

1. 調帯傳動

a. 調帯の種類と強さ 調帯には皮の外に、ゴム、バラタ又は木綿調帯が用ひられる。

ゴム及バラタ調帯は帆布を數枚重ね合せ、前者はゴム、後者はバラタの液を壓入し硬化して作られる。その大きさは、厚さは 8 枚重ね、幅は 150 cm 迄製作される。皮の破壊引張強さは $250 \sim 450 \text{ kg/cm}^2$ 位で、1 箇月位使用すると約 $2/3$ の強さになる。バラタは大體同等の強さ、ゴム又は木綿製はこれより稍弱い。第 12 表はこれ等の強さの比較表である。

第 12 表

調帯の種類	一重皮		二重皮		三重皮	
皮の厚さ (mm)	4	5	6	8	10	14
ゴム (重ね枚)		2	3	4	5	8
バラタ (枚)		2	3	4	5	8
木綿 (枚)		2	3	4	5	8

b. 皮調帯の傳動力 (第 13 表参照) 今 b を調帯の幅 (cm), t を調帯の厚さ (cm), w を皮調帯の重量 $=0.095 \text{ kg/m/cm}^2$, D を調車の直徑 (cm), n を毎分回轉數, v を調帯の速度 (m/s), T_1 を張り側の調帯の張力 (kg), T_2 を弛み側の調帯の張力 (kg), N を傳動力 (kW) とすれば皮の常用強さは 26 kg/cm^2 で、 T_1 は約 $2T_2$ であるから次式を得る。

傳動力 $P = \frac{1}{4}(26bt - 0.095btv^2/9.8) \approx (2600 - v^2)bt/200$ (kg)

従て 傳動力 $N = Pv/102 \approx (2600 - v^2)btv/20400$ (但 $v = Dn/1900$) となる。

この式で最大傳動力を出す速度は 1800 m/分 であるが、實際の経済的速度は 1200 m/分 である。

第 13 表 皮調帯 1 cm 幅の傳動力

調帯の厚さ t (cm)	調帯の速度 (m/s)							
	9	12	15	18	20	25	30	35
	調帯の速度 (m/分)							
	540	720	900	1080	1200	1500	1800	2100
0.4	0.464	0.577	0.690	0.804	0.833	0.968	1.000	0.944
0.6	0.696	0.866	1.048	1.206	1.294	1.450	1.500	1.416
0.8	0.928	1.154	1.397	1.608	1.725	1.935	2.000	1.888
1.0	1.160	1.448	1.747	2.010	2.157	2.420	2.500	2.360
1.2	1.392	1.733	2.095	2.410	2.590	2.905	3.000	2.830

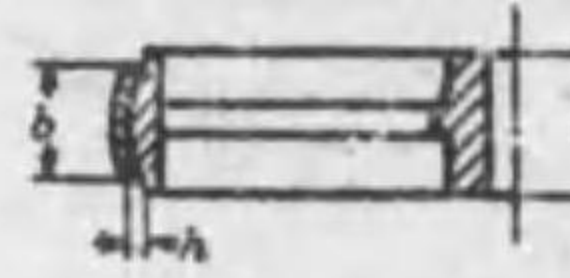
c. 調車の直径と調帯の厚さとの関係 (第 14 表参照)

第 14 表

皮の厚さ (cm)	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2
最小調車直径 (cm)	15	22	33	45	58

d. 傳導用調車 (JES 第 66 號 B 10) (第 15 表参照)

第 15 表 傳導用調車 (JES 第 66 號 B 10 扱率)



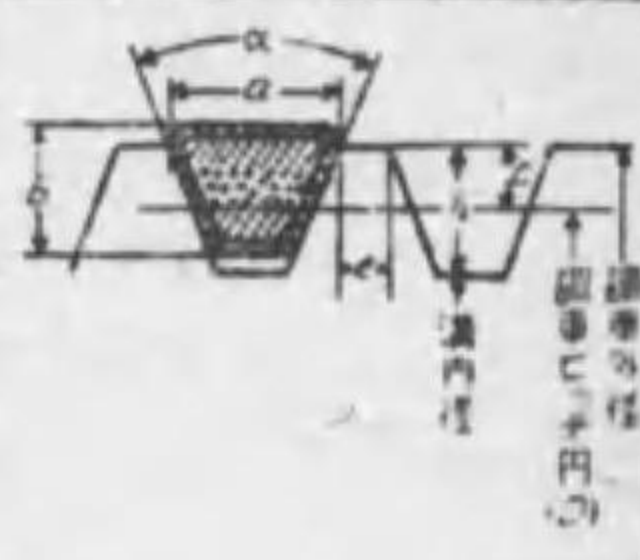
単位: mm

幅 B	35	40	45	60	70	80	90	100	140	135	155	175	200	230	280	300	340	390	450	500	550	600
調帯幅 b	25	30	35	45	55	65	75	85	100	115	130	150	175	200	230	260	300	350	400	450	500	550
丸球高 h	約 1				1.5				2				3				4					

e. V 形調帯 V 形断面を有するゴム調帯で、網と同じく一本又は数本掛けとして用ひられ、滑りが少ないから中心距離の短い速比大なる場合(約 1/10) に用ひられる。第 16 表に示す形状をもち、その製作方法により種々の特徴をもつ。一般にゴムを主體とし、布又は糸で補強性を與へる。調帯には数種あり種目なく一本の輪に作りその長さも在庫寸法を定めてゐる会社もある。調車の溝は調帯の大きさ、車の直径等によつて定まる。(第 16 表参照) 調車の中心距離は最高速比 1/10 に於て大滑車の直径に等しく取ることが出来る

第 16 表 V 形調帯用調車 (単位: mm)

調帯 番號	アデン ダム c	溝深 h	山頂幅 e	ピッチ間 D	溝角度 α°	
					最小	最大
1	12.7×8.7	4.5	14.5	3.5	90(最小) 230 350	34 33 40
2	16.7×11	5.5	17.5	5	125(最小) 250 350	35 38 40
3	22×16	8	22.5	5	210(最小) 300 400	36 38 40
4	32×19	9.5	28.5	6.5	300(最小) 400 500	37 38 40
5	38×25.4	12.5	35	6.5	450(最小) 500 600	37 38 40



溝角度は車の径により種々異なるが、調帯の角度は大體 40° である。

が、接觸角度による傳動力の減少を更正しなければならない。(第 17 表参照)

第 17 表 接觸角度による傳動力の更正係數

接觸角度 θ	180°	175°	170°	165°	160°	155°	150°	145°	140°	135°	130°	125°	120°
更正係數 k	1.00	0.99	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.87	0.86	0.84	0.83

この接觸角度は $\theta = 180^\circ - (D-d) \times 57/C$ 。(但 D は大調車、d は小調車のピッチ間、C は中心距離である。) 又調帯の長さ $L = 2C + 1.57(D+d) + (D-d)^2/4C$ である。又傳動力は接觸角度による外、負荷率及機械の性質によるものである。第 18 表に示すは速比 1 對 1 で、接觸角度に従つて 180°、定格負荷率の場合である。又この調帯の経済速度は約 20 m/s 位である。

第 18 表 V 形調帯 1 本の傳動力 (kW)

(速比 1:1, 接觸角度 180° とした場合)

調帯 番號	調帯 a×b	調帯の速度 (m/s)						
		5	9	12	15	18	20	
1	12.7×8.7	0.64	1.16	1.50	1.72	1.94	2.10	
2	16.7×11	0.89	1.45	1.90	2.35	2.80	3.08	
3	22×16	2.23	3.40	4.50	5.40	6.20	6.80	
4	32×19	4.00	6.80	8.8	10.7	12.0	13.0	
5	38×25.4	5.5	9.4	12.0	14.5	16.4	17.4	

2. 網傳動

a. 網の種類と強さ 網はマニラ麻又は木綿から作られ、3 又は 4 素捻が多く用ひられる。破壊引張強さは前者で 1200~1350 kg/cm² (新網), 500 kg/cm² (使用後網),

後者では稍弱い。然し常用引張強さは大體兩者同こと見て、17 kg/cm² 以下に取る。

b. 傳動力 d を鋼の直径 (cm), D を鋼車の直径 (cm), v を鋼の速度 (m/s), W を鋼 1 m の重量 (kg), T_1 を鋼の張り側張力 (kg), T_2 を綱の弛み側張力 (kg) とすれば、綱の常用強さ $T=14 d^2$ (約 17 kg/cm²), $T_1=1.3 P$, $T_2=0.3 P$ で $W=0.07 d^2$ であるから傳動力は $P=(1960-v^2)d^2/182$ (kg) となり、従て綱 1 本の傳動力 N (kW) は

$$\text{傳動力 } N = Pv/102 = (1960 - v^2)d^2v/18560 \quad (\text{但 } v \approx (D+d)n/1900)$$

となる。この最大傳動力を與へる速度は 25 m/s であるが、經濟速度は幾分低く 20~25 m/s 位である。(第 19 表参照)

第 19 表

d (cm)	W (kg/m)	T (kg)	v=15 m/s		v=18 m/s		v=20 m/s		v=25 m/s		v=28 m/s		v=30 m/s	
			P (kg)	N (kW)	P (kg)	N (kW)	P (kg)	N (kW)	P (kg)	N (kW)	P (kg)	N (kW)	P (kg)	N (kW)
2.5	0.437	87	57.5	8.45	56.0	9.83	53.7	10.52	45.9	11.24	40.4	11.10	38.5	10.72
3	0.630	126	82.6	12.15	81.0	14.27	77.2	15.13	66.2	16.20	58.2	15.98	52.5	15.48
3.5	0.857	172	112.5	16.54	110.2	19.44	105.0	20.6	90.0	22.05	79.0	21.7	71.4	21.00
4	1.120	224	146.8	21.60	144.0	25.4	137.0	26.9	117.5	28.8	108.5	28.4	93.3	27.45
4.5	1.417	283	185.7	27.30	182.0	32.1	173.3	34.0	148.5	36.4	130.7	35.9	118.0	34.70
5	1.750	350	230.0	33.80	225.0	39.7	214.0	42.1	183.5	45.0	163.0	44.4	145.5	42.80

c. 綱の太さと鋼車 (第 20 表参照)

3. 齒車傳動

a. 齒の形 齒の噛み合面の形には Cycloid 及 Involute の二つが用ひられる。動力用は殆ど後方で、普通傳動用には、壓力角 14 1/2° の Involute を用ひる。電管用電動機等のやうに強力齒車には、壓力角 20° の Involute 齒又は Stub, Maag 齒と稱せられるものを用ひる。

b. 齒の大きさ 齒の大きさは圓周ピッチ (p) 又はモジュール (M) で表す。M はピッチ圓直径 D (mm) を齒數 Z で除した値 $M=D/Z$ である。又吋単位ではダイヤメトル・ピッチ (P_s) で表し、 $P_s=Z/D$ となる。

壓力角 14 1/2° Involute 齒の高さは h_1 (ピッチ圓より外の高さ) = M , h_2 (ピッチ圓より内の高さ) = $M + f$, f (齒の高さの隙) = $h_2 - h_1 = M/6$, h (全齒の高さ) = $h_1 + h_2 = 2 1/2 M$, 又 $p = \pi M$ (單位はミリメートル)

c. 電動機用小齒車の最小齒數 電動機では速比

第 20 表

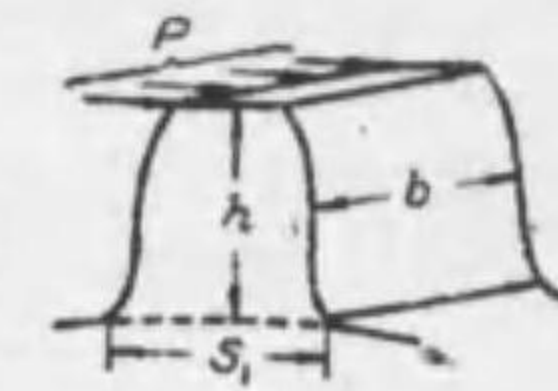
鋼車と綱の直径の比	綱の速度 (m/分)
16	0
20	800
24	1000
28	1350
32	1650

第 21 表

ピッチ圓周速度 (m/分)	齒數	ピッチ圓周速度 (m/分)	齒數	ピッチ圓周速度 (m/分)	齒數
0~150	12	301~335	18	461~475	24
151~180	13	336~365	19	476~485	25
181~210	14	366~400	20	486~500	26
211~240	15	401~425	21	501~520	27
241~270	16	426~440	22	521~535	28
271~300	17	441~460	23	536~550	29

を大とする爲、小齒車の齒數はなるべく少く選ぶ。第 21 表は 14 1/2° 壓力角の齒の最大強さを與へる最小齒數を示すが、18 以下の齒數は用ひぬこと、若しその必要ある時は Stub 又は Maag 齒を用ひるがよい。

d. 齒の強さ 第 22 圖で D をピッチ圓直径 (cm), v (圓周速度) = $Dn/1900$ (r. s), n を毎分回轉數, N を傳動力 (kW), P (ピッチ圓上の切線壓力) = $102 N/v$ (kg) とし、 P が全部一齒の肩に加はるとし、齒數が 20 以上の 14 1/2° 角 Involute 齒では略 $h=0.63p$, $S_1/p=0.8$ であるから、その強さは次式から算出される。(b, h, S₁, p の單位はセンチメートル)



第 22 圖

$$P/bh = p_s \approx \zeta \cdot f_s/10 \quad \text{又は} \quad P/bp = 10 P/\pi b M \approx \zeta C = \zeta f_s/14$$

ζ は速度による係數で周速 $v=0.5 \sim 10$ m/s の間では第 22 表から求められる。 f_s は常用曲げ内力で第 23 表から求められる。

第 22 表

v (m/s)	0.5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
v (m/分)	30	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600
ζ	0.97	0.92	0.84	0.78	0.74	0.69	0.65	0.62	0.58	0.55	0.52

第 23 表

材料の種類	f_s (kg/cm ²)	$c=f_s/14$	材料の種類	f_s (kg/cm ²)	$c=f_s/14$
鋼	350~450	25~32	青銅	500~600	35~43
鋳鋼	500~660	35~65	鑄青銅	700~800	50~55
軟鋼	800~1400	55~100	木	80~230	5.5~16
ニッケル鋼又は工具鋼(素材)	1000~1400	70~100	生皮	200~300	14~21
同上(焼入後焼戻し)	1400~2800	100~200			

e. 平齒車, ねち齒車及傘齒車 平齒車 (Spur gear) とは齒列が車軸に並行なのを云ひ、ねち齒車 (Helical gear) とは齒列が或る角度をなすもので、單純ねちと山形ねちとがある。注意して設計製作されたねち齒車は音響少く、齒の強さも大であるから大動力傳達に用ひられる。然し單純ねちはスラストを生ずるが山形ねちはこれを生じない。

傘齒車 (Bevel gear) は直角軸の傳達に用ひられる。そのピッチ圓直径は大徑をもつて表し、その強さの計算は大徑小徑の平均徑とその幅の同じ平齒車として行つて大差ない。

4. ウォーム傳動

a. 齒形 ウォームの齒形は一般に平齒車に準じて作られ、斷面の形は正梯形で面の角度は 20°, 齒の全高 $h=2 1/2 M$, ウォーム車の齒幅 $b=1.5 p=4.7 M$ (mm), ウォームには一重乃至三重ねちが用ひられ、その速比は 1/8 以上に用ひられる。

b. 能率 α をウォーム軸と直角な軸線とねちとの作す角, μ を摩擦係數とすると、能率 η は次式から算出される。(但摩擦及スラストは加算しない)

$$\eta = \tan \alpha (1 - \mu \tan \alpha) / (\mu + \tan \alpha)$$

従てねち角度 45° の時が能率最大で、普通は $30\sim 35^\circ$ 邊で用ひられるから能率は相當大で、 $\mu=0.02$ 位の場合 90% を超える。又ウォームを逆轉除けに用ひるには $\mu=\tan \alpha$ で α は小となり、能率は 50% 以下となる。 μ は始動で 0.2 注油方法良好の場合は運轉中 0.05 、最も給油完全な場合で 0.02 位である。然しスラストが非常に大であるからスラスト軸承には球入等を用ひて完全周到な設計をすべきである。

c. 齒の強さ d をウォーム車のピッチ圓直徑 (cm), n をウォーム車軸の毎分回轉數, P (ウォーム車の傳達力) (kg)= $194800 N/dn$, b をウォーム車の齒幅 (cm), p をピッチ (cm) とすると齒の強さは平齒車の場合と同様式から算出される。

$$P/bp=c \quad c^{(n)}=60/(1+v_1/2) \quad (\text{青銅車と鋼ウォームの場合})$$

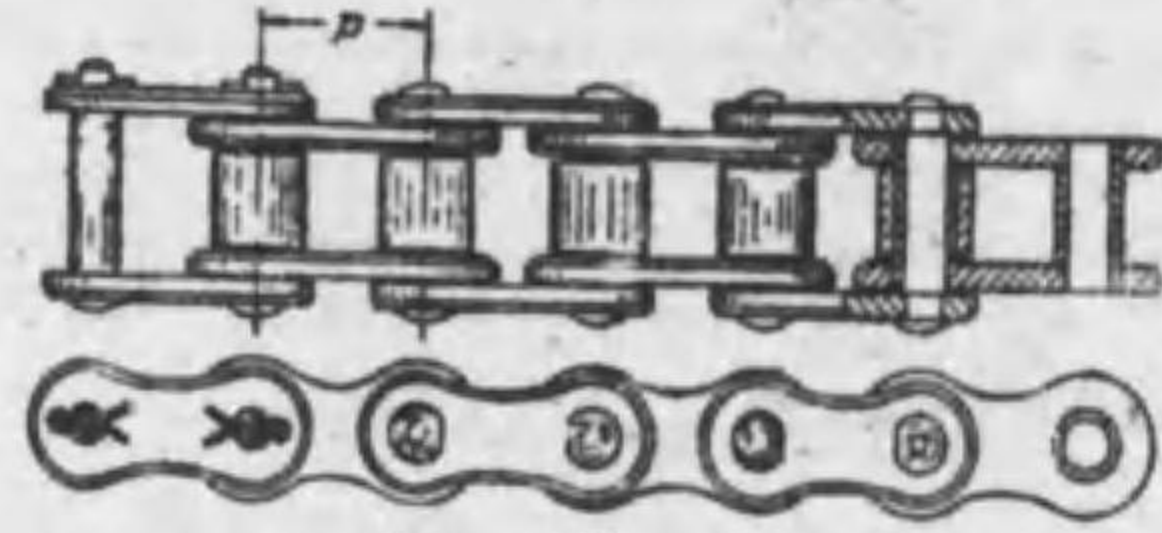
但 v_1 は滑動速度= $v_1/\cos \alpha$ (m/s), v_1 はウォーム車のピッチ圓周速度= $dn/1900$ (m/s) 但、青銅車と鋼ウォームでは v_1 は 10 m/s 以下とする。

5. 鎖車傳動 電動機用としては、ころ鎖又は音なし鎖等が用ひられる。

a. ころ鎖 (Roller chain) この常用速度は 6 m/s 以下で鎖車の齒數は最小 16 、速比は $1/8$ 以下にとる。常用荷重は最高速度 6 m/s 位で $p=1/2$ " では破壊荷重を P とすると、 $P/50$, $p=2$ " で $P/30$ 位にとる。(第 23 圖参照)

b. 音なし鎖 (Silent chain) この常用速度は 7 m/s 以下で $1 1/4$ " より大なる p ではこれより低速をとる。鎖車の最小齒數は 17 (60° の爪角度) 位である。速比は $1/6.5$ 以下であるが $1/8$ 迄は用ひられる。

一般に鎖車の注油方法は等閑にされ勝ちであるが、その適否はその壽命に影響する處が多い。普通用途では滴下式注油器が良く、塵埃の多い場所には函内に収めるがよい。又高速度運轉の場合は浴油式とする必要がある。



第 23 圖

土 木 工 學
第 5 章 基 礎

1. 地盤強度

a. 粘着力を無視し粉體とした場合の支持力計算法 垂直荷重に對し土中の或る層の水平面の支持力算出に關する Rankine 氏公式は次の如くである。

$$p=wy \left(\frac{1+\sin \varphi}{1-\sin \varphi} \right)^2 = wy \tan^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi}{2} \right) \quad \dots \dots \dots (1)$$

p は地表より y なる深さに於ける地盤の單位面積上の支持力、 w は土の單位重量、 φ は土の息角とする。(第 24 表参照) この場合安全率は $2\sim 3$ とし、許容支持力は $\frac{P}{2}\sim \frac{P}{3}$ とする。

第 24 表 土砂の息角及重量表

土 質	息 角 φ	摩擦係數 $\tan \varphi$	重量 w (kg/m ³)	
眞 土	乾 濕	$30\sim 40^\circ$	$0.36\sim 0.84$	$1300\sim 1600$
	飽 和	$30\sim 45^\circ$	$0.58\sim 1.00$	$1400\sim 1700$
	飽 和	$14\sim 27^\circ$	$0.25\sim 0.51$	$1500\sim 1800$
粘 土	乾 濕	$20\sim 37^\circ$	$0.36\sim 0.75$	$1200\sim 1700$
	飽 和	$40\sim 45^\circ$	$0.84\sim 1.00$	$1700\sim 1800$
	飽 和	$14\sim 20^\circ$	$0.25\sim 0.36$	$1800\sim 1900$
砂	乾 濕	$27\sim 40^\circ$	$0.51\sim 0.84$	$1500\sim 1700$
	飽 和	$30\sim 45^\circ$	$0.58\sim 1.00$	$1700\sim 1800$
	飽 和	$20\sim 30^\circ$	$0.36\sim 0.58$	$1800\sim 2000$
砂 利	乾 濕	$30\sim 45^\circ$	$0.58\sim 1.00$	$1600\sim 1800$
	飽 和	$27\sim 40^\circ$	$0.51\sim 0.84$	$1700\sim 1800$
	飽 和	$25\sim 30^\circ$	$0.47\sim 0.58$	$1800\sim 1900$

b. 天然地盤の許容支持力 (第 25 表参照)

第 25 表

地 盤 の 種 類	許容支持力 (t/m ²)
硬質岩盤	500 以上
硬岩 (硬質切石として使用し得る程度のもの)	300~400
中硬岩 (上等煉瓦程度の硬度のもの)	180~240
軟岩 (並煉瓦程度の硬度のもの)	60~120
膠着せる砂利及細砂	60~80
固き粘土及膠着せる粗砂	40~60
乾硬せる粘土	30~40
乾硬せる砂層 (清淨なもの)	20~40
眞土 (水分少いもの) 及砂質粘土	10~20
眞土及粘土 (水分多いもの)	5~10

(註) 衝撃を與へる機械類基礎の場合は重量の外に衝撃に依る荷重を計上したものが許容支持力以内なるべきは勿論である。

c. 垂直荷重に依る地盤の沈下量 内務省土木試験所發表の地盤が弾性體である場合に於ける沈下量の算出公式の内、荷重作用面が矩形で地盤が相當の深さ迄一様な場合の算式は

$$W_0 = \frac{1-\sigma^2}{E} p_0 a S_0 \dots \dots \dots (2)$$

W_0 は弾性係数一様な地盤の基礎の中央の沈下量、 σ は基礎地盤のポアソン比即ち地盤の水平變形、 p_0 は單位面積當りの垂直荷重、 E は基礎地盤の弾性率、矩形の邊の長さを $2a$ 及 $2b$ とし、 $b=na$ とし、 S_0 は a と b との比が沈下量に及ぼす影響の係数である。(第 26 表参照) σ 及 E は地盤に就き實驗に依り求める。

第 26 表 S_0 の 値

h	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	2	3	4	5	7	10
S_0	0	0.83	1.32	1.71	2.00	2.25	3.06	3.57	3.93	4.21	4.63	5.00

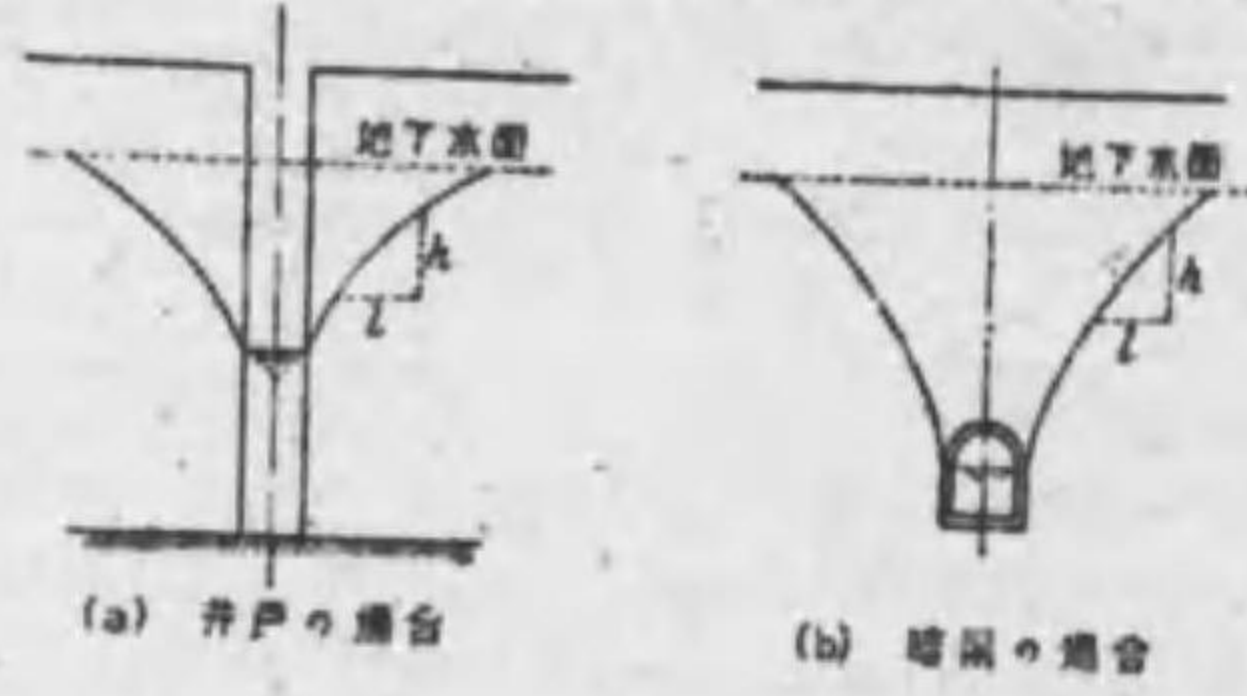
2. 基礎地盤改良

a. 壓縮法(搗固法) 人力に依る場合は千本突、鉋突、棒突等の方法に依り、機械力に依る場合はローラーを用ひる。施工の時には散水又は排水を爲し、土質に應じ適度の湿度を保たしめる。例へば砂はよく濕し、粘土、眞土等は僅に濕つた程度にする。搗固め又はローラー轉壓は深さ 30cm 以上に及ばない。深い厚さを固めるには 15cm 以下の厚さ毎に搗固める。粘土、眞土等の土質には栗石、砂利(容積比で栗石の 3~4 割)を入れる。表面には目潰砂利を用ひて隙間なく平にして搗固める。止水の目的を有する工作物基礎地盤改良には栗石砂利を用ひない。

b. 排水法 土又は砂礫の地盤は含水量多くなれば支持力を減ずるから、地表水を排水し又は地下水を基礎地盤面以下に下げる。地表水の排水は溝渠、土管、暗渠等を基礎地盤の周圍に設けて排水する。地下水位を下げるには基礎地盤面以下 1m 以上深く井戸を設けこの水を排除する。若し地形が近くに自然流下で排水し得る場合は暗渠に依る。滲透層に於て井戸又は暗渠の水位と周圍地盤の各距離に於ける水位との關係は排水量地質、地層の構成に依り異なる。Darcy はこれに關し次の法則を定め、實驗に適合せしめた。

$$Q = Ka \frac{h}{l} = KaI \dots \dots (3) \quad v = \frac{Q}{a} = K \frac{h}{l} = KI \dots \dots (4)$$

Q は總流量、 K は滲透係数、 a は滲流總斷面積、 h は距離 l に於ける水面落差、 I は水面勾配即ち $\frac{h}{l}$ に等しく、 v は流速(第 24 圖 (a), (b) 参照) とする。
流速 v (m/s) なる場合の K の値は次表の如くである。



第 24 圖

土 質	石層の砂比層	ローームを含む砂層	川 砂	川 砂	瀝過砂	豆砂利層	小砂利層
粒徑 (mm)	—	—	0.1~0.3	0.1~0.8	—	2.0~4.0	4.0~7.0
K (m/s)	0.0002	0.0008	0.0025	0.0088	0.0077	0.03	0.0351

c. 固結法 抗打基礎の出来ない場合、又は既設工作物基礎地盤の補強を爲す場合等に極めて稀に用ひられる方法で、基礎地盤の空隙にセメント又は藥液を注入してこれを固結せしめるのである。セメント注入(Cement grouting)の方法は鑽孔(主に地質調査に使用する Boring 機械を用ひる)して鐵管を 30cm 位引抜きセメントに水を加へ充分な流動體となつたものを壓縮空氣でこの管内に注入する。若し空隙が多量な場合はセメント砂比 1:2~1:3 モルタルを用ひる。藥液注入化學的固結法中現に相當成績を擧げて居るのは獨逸冷凍工業會社特許のもので、これは第一液は珪酸溶液、第二液は鹽類溶液で地中でこれが化合し膠質珪酸を生成し地盤内の石英砂粒を結合し、水に不溶解の固體と爲すものである。

3. 基礎段

a. 石材、コンクリート、煉瓦等の石工段(Masonry footing) 荷重の重心が基礎の中央にあつて、基礎地盤面での荷重が等布なる場合は、 W を基礎面單位長に來る荷重、 B を基礎面幅、 p を基礎面單位面積荷重、 l を段幅、 t を段厚、 f を石工の許容彎曲應力とすれば(第 25 圖参照)

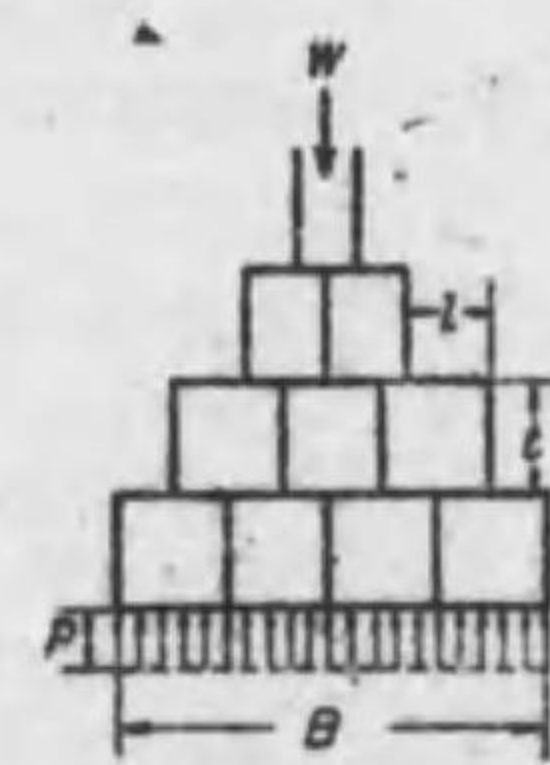
$$p = \frac{W}{B} \leq \text{基礎地盤許容支持力} \dots \dots \dots (5)$$

$$\frac{pl^2}{2} = \frac{ft^2}{6} \dots \dots \dots (6)$$

$$l = t \sqrt{\frac{f}{3p}} \dots \dots \dots (7)$$

第 27 表 p の 値

石工種別	許容強度 f (kg/cm ²)	P (t/m ²)		
		$l:t=1$	$l:t=1.5$	$l:t=2$
花崗岩	13.0	2.1	1.7	1.5
石灰岩	11.0	1.9	1.6	1.4
砂 岩	9.0	1.7	1.4	1.2
安山岩	10.0	1.8	1.5	1.3
上等煉瓦	11.0	1.9	1.6	1.4
普通煉瓦	6.0	1.4	1.1	1.0
コンクリート (1:2:4)	2.0	0.8	0.7	0.5
コンクリート (1:3:6)	1.5	0.7	0.6	0.5



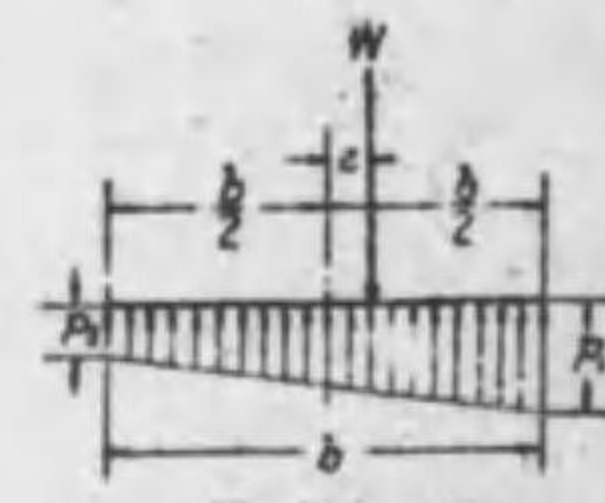
第 25 圖

偏心荷重が中央 1/3 幅以内の場合の荷重分布は第 26 圖の如く端に於て最大荷重 p_1 が來る。

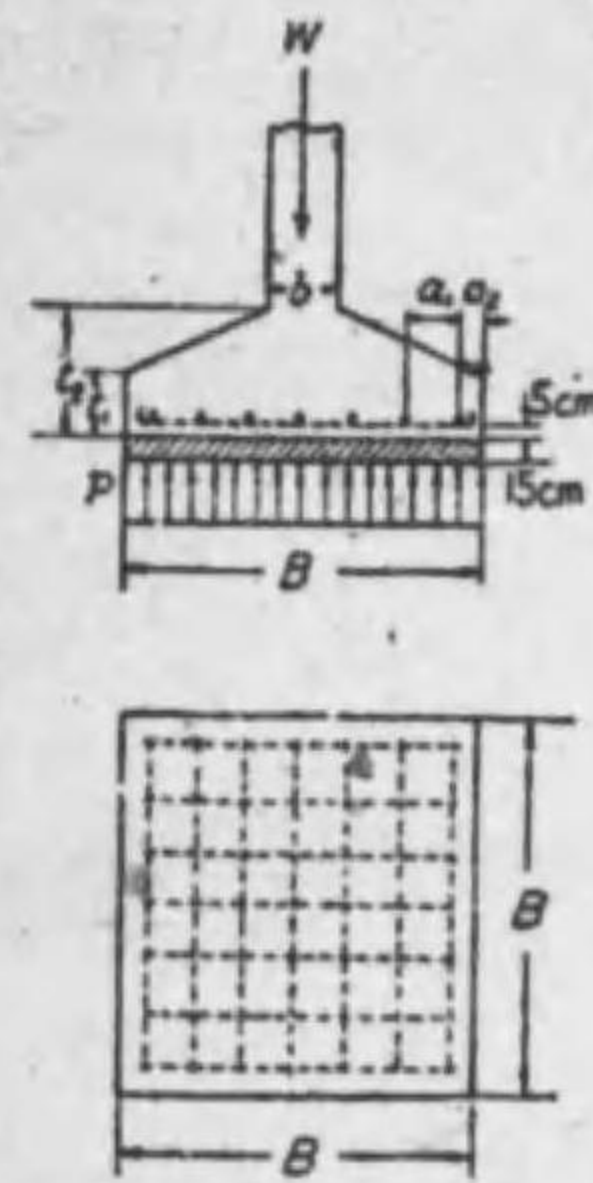
$$p_1 = \frac{W}{b} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) \dots \dots \dots (8)$$

この p_1 を第 27 表 p とすればよい。

b. 鐵筋コンクリート段(第 27 圖及第 28 表参照)



第 26 圖



第 27 圖

第 28 表 段の寸法と p の値

コンクリート割合比 1:2:4
 鉄筋許容張力 $\sigma_{as} = 1000 \text{ kg/cm}^2$
 コンクリート許容座圧力 $\sigma_{ca} = 45 \text{ t}$
 パンチングレシヤ $v = 8 \text{ t}$

B (m)	b (cm)	l ₁ (cm)	l ₂ (cm)	鉄筋			座圧力 P (t/m ²)	許容荷重 W (t)
				径 d (mm)	間隔 a ₁ (cm)	a ₂ (cm)		
1	30	30	20	10	18	5	20	20
1	35	40	25	10	18	5	40	40
1.5	35	45	25	12	15	7.5	20	45
1.5	50	55	30	12	12.5	6.25	40	90
2	50	55	30	14	15	10	20	80
2	70	80	50	14	15	10	40	100

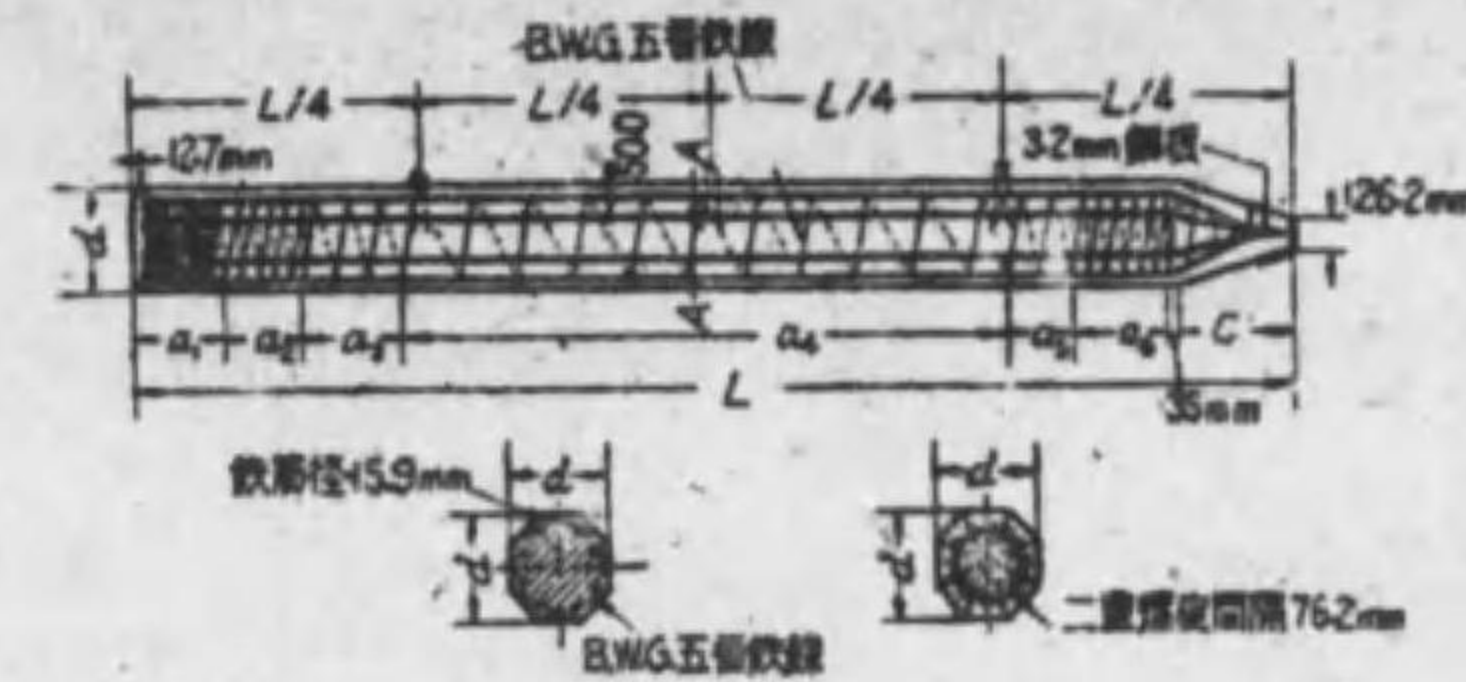
4. 杭打基礎 基礎地盤の支持力不足の場合に支持力増加の目的を以て杭打基礎を施行する。この場合支持力は杭の支持力を以て荷重に堪へしめる設計とし、地盤の支持力は計上しないのを普通とする。

a. 木杭 松材を用ひ、長さは末口の直径の 30 倍以内とする。寸尺ものは末口 24~30cm、長さ 18~21m 迄ある。曲りは直径の 1/3 以内を許し、杭先端と杭頭との中心は一直線なるを要する。砂利層の如き硬い層に打込む場合は沓金を附する。杭が常に地下水位以下にあれば、永久的にその效ありと見て差支ないが、乾濕の変化を受ける場合は腐朽する。

b. コンクリート杭及鉄筋コンクリート杭 木杭より工費多額となるが、強度が大きく且永久性である。地上で製作するものと場所打のものとの 2 種類に大別し得られるが、前者は概ね鉄筋コンクリート杭で、後者の場合はコンクリートのみの場合もあれば、又鉄筋を入れる場合もある。これ等の種類は極めて多く、又特許を得て居るのが多い。

地上製作鉄筋コンクリート杭標準設計の一例を第 28 圖及附表に示す。

場所打の杭の種類の内一般に使用されるものは Simplex pile, Raymond pile, Compressol pile, Pedestal pile, New pedestal pile (新フランキー杭) 等である。日本の特許に白石式もある。Simplex pile は鋼管を所要の深さに打込み、この管内にコンクリートを注入し全管内に充填した後、小籠で搦固めつゝ漸次管を抜取るものである。先端には初め鋼管に附した鑄鐵製尖端が埋め殺しになつて残る事になる。(第 29 圖参照) 又この尖端の残るのを防ぐために鋸口尖端を用ひこれを抜き去る方法もある。Raymond pile は鋼製心棒に薄い鋼板の外管を附して所定の深さに打込み心棒のみを抜き取り、その内部にコンクリートを注入し、外管は土中に残るのである。即ち鋼製外管を有するコンクリート杭となるので杭の強度は強い。(第 30 圖参照) Compressol pile は 1.5kg 程度の重量を有する円錐形鑄鐵製真矢を以て所要の深さと径とを有する杭穴を穿ち、この穴中にコンクリート、砂利及割栗を交互に投げ入れ、搦固め用の真矢を以て搦固め、最後に截頭圓錐形真矢を以て仕上を爲すものである。(第 31 圖参照) Pedestal pile は内外二管よりなる鋼管を打ち込んだ後、外管より約 1m 長い内管を抜き取り、先端部に少量のコンクリ-



第 28 圖

第 28 圖 附 表

l (m)	C (mm)	d (mm)	垂直鉄筋数	螺旋鉄線 (mm)												
				a ₁		a ₂		a ₃		a ₄		a ₅		a ₆		
				L	P	L	P	L	P	L	P	L	P			
3.658	381	305	8	9.5	305	25.4	25.4	50.8	305	101.6	177.8	177.8	305	101.6	305	50.8
4.572	381	305	8	9.5	330	25.4	25.4	50.8	305	101.6	206.7	177.8	305	101.6	305	50.8
5.486	406	330	8	12.7	330	25.4	25.4	50.8	305	101.6	355.6	177.8	305	101.6	305	50.8
6.098	406	330	8	12.7	330	25.4	305	50.8	305	101.6	411.5	152.4	305	101.6	305	50.8
6.705	406	330	8	12.7	330	25.4	305	50.8	305	101.6	479.4	152.4	305	101.6	305	50.8
7.594	406	330	8	12.7	457	25.4	305	50.8	305	76.2	548.6	152.4	305	76.2	305	50.8
8.230	432	356	8	12.7	457	25.4	305	50.8	305	76.2	609.6	127.0	305	76.2	305	50.8
9.144	457	381	8	12.7	457	25.4	305	50.8	305	76.2	696.6	127.0	305	76.2	305	50.8
9.754	457	381	8	12.7	508	25.4	356	50.8	305	76.2	749.6	127.0	305	76.2	305	50.8
10.672	483	406	8	12.7	559	25.4	508	50.8	457	76.2	779.6	101.6	457	76.2	457	50.8
12.191	538	432	8	15.9	610	25.4	508	50.8	457	76.2	914.4	101.6	457	76.2	457	50.8
13.716	538	457	8	19.1	763	25.4	610	50.8	610	76.2	1030.2	101.6	457	76.2	457	50.8

トを注入し再び内管を挿入し、上部より外力を與へてコンクリートを擴大せしめる。この作業を繰返し所要の太さとなつた時にその操作を止め、内管を取り去り、コンクリートを注入しつゝ最後に外管の引抜作業を行ふのである。(第 32 圖参照) New pedestal pile は Pedestal pile の先端を作る作業と同じ作業を上部迄繰返して用ひ、コンクリートは水を入れない空練りのものを用ひる事に改良したものである。これは最近の發明に俟り結果良好とされる。(第 33 圖参照)

c. 杭の支持力 地盤構成の状況に依り支持力の原因を爲すものを大別すれば (1) 杭全長に於ける地盤の摩擦及粘着力、(2) 堅固な末端地盤の支持力である。(1) がなく即ち途中の地盤が不良で、(2) のみに依る場合は杭の支持力は杭が長柱としての強度である。斯の如き場合は木杭又は地上製鉄筋コンクリート杭が正確にその強度を計算し得られ、信頼し得られる。

d. 支持力算出費用公式 P を杭の安全支持力 (kg)、R を杭打錘の重量 (kg)、h を打止め時の錘の落高 (cm)、r を打止め時の杭の沈下 (cm) とすれば、

錘落下杭打の場合 Sander 氏公式
$$P = \frac{Rh}{8r} \dots \dots \dots (9)$$



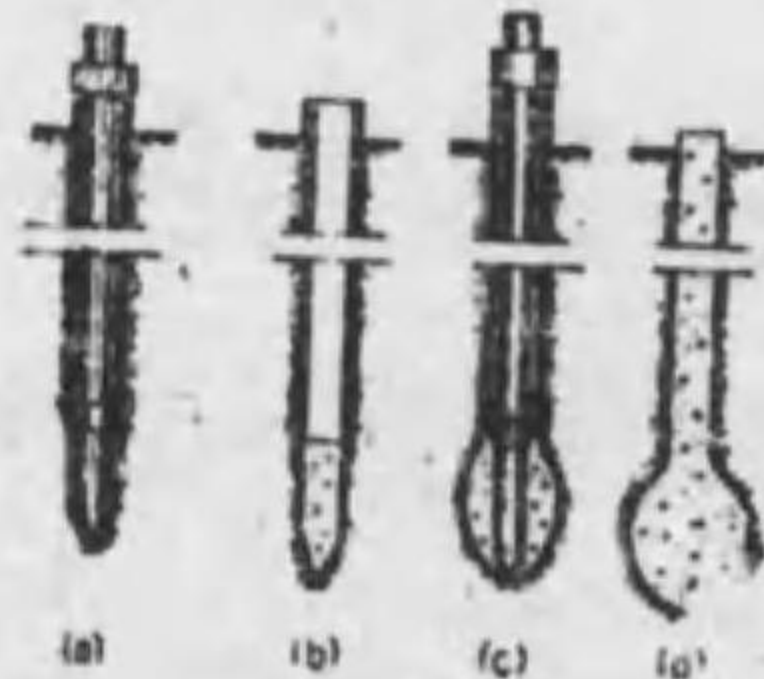
第 29 圖 Simplex pile



第 30 圖 Raymond pile



第 31 圖 Compressol pile



第 32 圖 Pedestal pile



第 33 圖 New pedestal pile (新フランジャー杭)

Wellington 氏公式 $P = \frac{Rh}{6(r+2.54)} \dots\dots(10)$

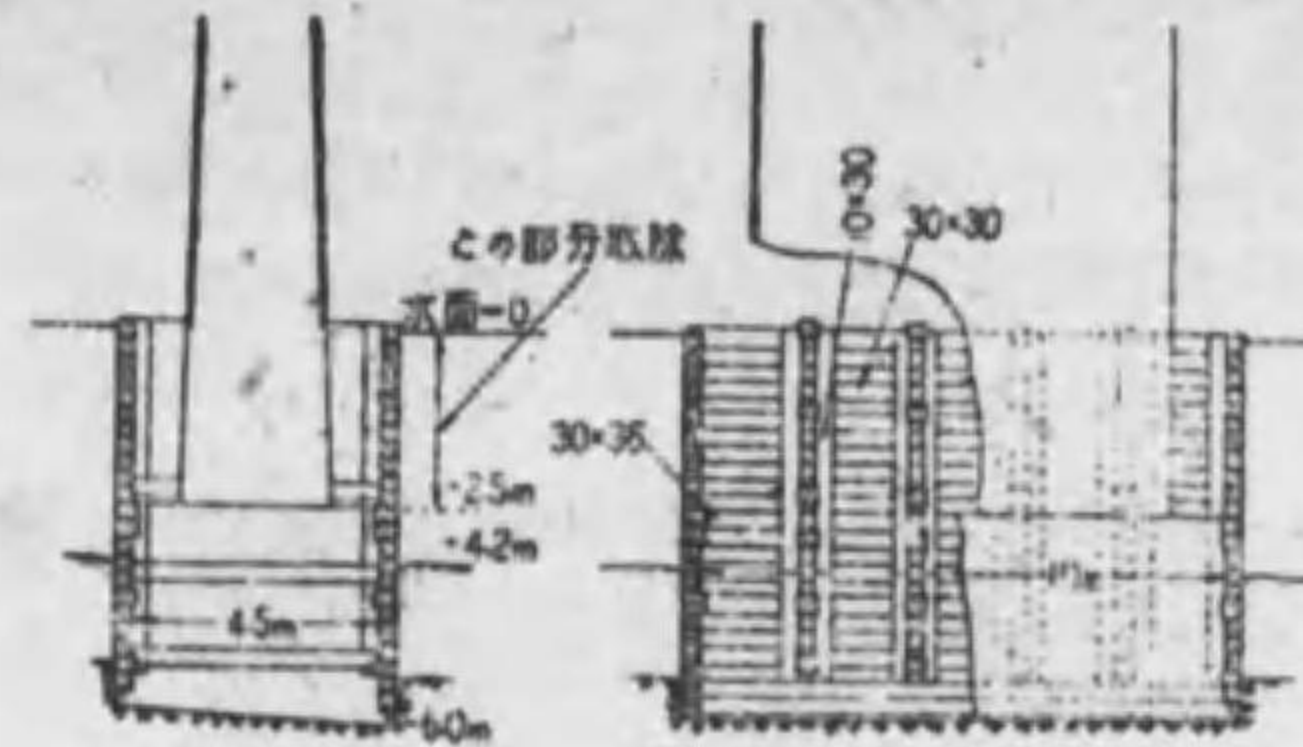
取動蒸気錘杭の場合 Wellington 氏公式 $P = \frac{Rh}{8(r+0.254)} \dots\dots(11)$

複動蒸気錘杭の場合 Wellington 氏公式 $P = \frac{(R+pF)h}{6(r+0.254)} \dots\dots(12)$

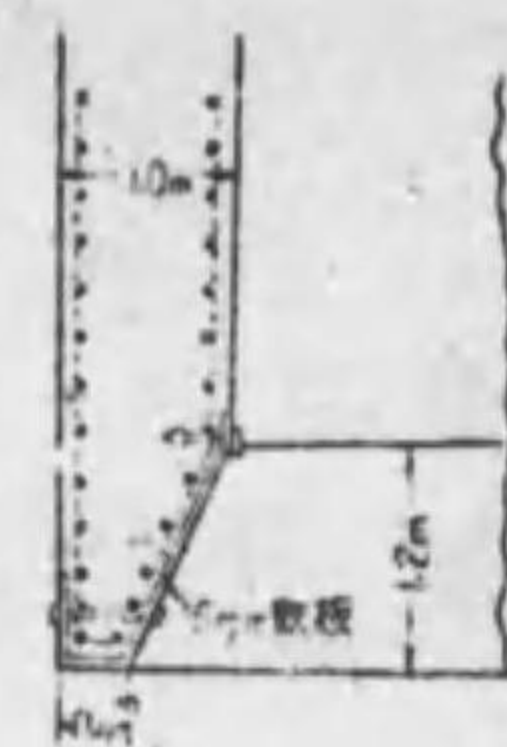
但 p は有効圧力 (kg/cm^2), F は活錘の有効断面積 (cm^2) である。
 e. 支持力積荷試験 杭 4 本を 1 組とし積荷する。積荷は一定時間を経て徐々に増加し、その都度沈下を測る。或る程度積荷を増加し行くと沈下は徐々に増加するが或る限度の積荷に依り急に沈下を増大するに至る。この限度の積荷が杭の限界支持力であつて、杭の許容支持力は安全率 3~4 を以て限界支持力を除したものとす。

5. 井筒基礎 (Well foundation) 信頼し得べき地盤が深く、強固な基礎を要する時に用ひられる。橋脚基礎に用ひられる場合で砂利玉石層の如き流水で洗掘せられる層に洗掘されない深さ迄深く入れるための目的で特別の使用をされる事もある。これは井戸側壁の如く、上下共開いた函を地盤内に沈下し、所定の深さに達せしめ、函の内部をコンクリート、砂、又は礫等で充填し、基礎とする。沈下させるには内部を掘り上げ、井戸側の上にレールその他で荷重を加へ、重量で沈むやうにする。内部の掘削は概ね水中作業になり潜水夫を使用するか、又は水上より行ふもので、その費用多額に昇り、且沈下は 1.0~2.0m 深さ毎に行ふので荷重の積卸に手数を要する。

井戸側壁は木材、煉瓦、コンクリート、又は鉄筋コンクリートを用ひる。煉瓦は往時はよく用ひられたが、現在は木、コンクリート、鉄筋コンクリートが主に用ひられる。木造井筒は箱下基礎とも稱せられる。第 34 圖は構造を示す。玉石、砂利層等を沈下せしめる時は側先は鑄鐵製管又は鉄板張りとする。



第 34 圖 木造井筒



第 35 圖 井筒管

コンクリート井筒は小なるものには鉄筋を入り、大なるものは塊鉄筋コンクリート造とする。普通小断面は圓形とし、大なるものは楕圓形とする。壁厚は圓形で外径 2.1m で 0.3m、外径 8.0m で厚さ 0.6m 内外の割合とする。楕圓形の場合は中央に隔壁を入れ大體短徑で上記割合程度の厚さとする。底の尖端は第 35 圖の如くするのが普通である。

許容支持力 W を井筒全体の許容支持力、 W_1 を井筒底の地盤の許容支持力、 W_2 を井筒周壁の摩擦抵抗、 A_1 を井筒底面の面積、 A_2 を井筒周壁と地盤との接觸面積、 p を井筒底地盤の單位面積に對する許容支持力、 f を周壁摩擦係數とすれば

$$W = W_1 + \frac{W_2}{n} \dots\dots(13)$$

$$= p \cdot A_1 + \frac{f A_2}{n} \dots\dots(14)$$

n は安全率とし 2 内外にする。 f は第 29 表に標準を示してあるが、これは沈下の時の荷重に依り推定し得られる。設計の時には第 29 表で見當を附ける。

第 29 表 井筒基礎の摩擦抵抗 (t/m^2)

地盤の土質	地表よりの深さ (m)				
	8	16	25	30	40
軟らかい泥土	0.24	0.36	0.48	0.60	0.73
相當固まつた土	0.48	0.60	0.73	0.85	1.00
相當締つて居る砂	1.20	1.40	1.70	2.00	2.30
粘土又は砂利層	1.40	1.70	2.00	2.30	2.60
堅固な砂利層	1.70	2.00	2.30	2.60	2.90
固堅砂利又は土丹堅壁	2.20	2.40	2.70	2.90	3.10

底の地盤の支持力不明の時には積荷試験に依り井筒基礎の許容支持力を定める。 P を完成後井筒に凡ての活荷重と井筒自身の重量と中埋部分の重量との合計荷重、 A を井筒底の總面積、 A_1 を中空の面積、 W_1 を井筒が沈下を始める迄の荷重 (摩擦抵抗と見る)、 W_2 を最上の試験荷重、 n を安全率とすれば

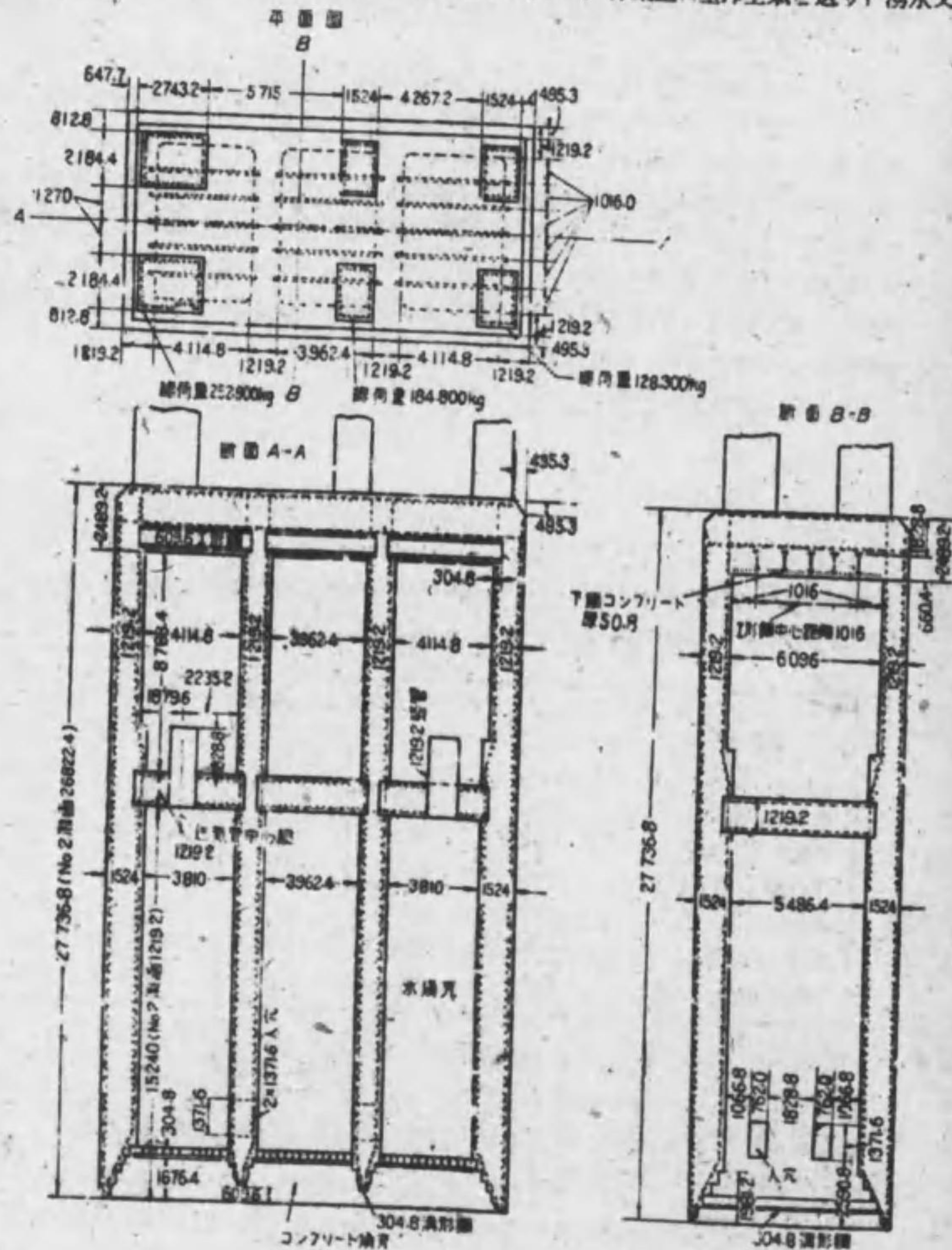
$$nP = W_1 + (W_2 - W_1) \frac{A}{A - A_1} \dots\dots(15)$$

$$\frac{A - A_1}{A} = r \text{ とすれば}$$

$$W_1 = nrP + W_2(1-r) \dots\dots\dots (16)$$

即ち上式で W_1 を算出し、試験を爲すべきである。若し井筒の支持力増加の必要があれば、根入を増加するか、井筒底面の場所詰コンクリート面を増加するか、又は底の地盤に杭打を爲す。

6. 潜函基礎 (Pneumatic caisson) 底部に底開きの函形の作業室を有し上部は井筒に似たもので、沈下せしめるために底の掘鑿を爲すに、作業室に壓縮空気を送り、湧水又



第 36 圖 火力發電基礎潜函圖

は土砂の流入を防ぎ、壓縮空气中で掘鑿作業を爲すものである。沈下の方法は井筒と同じであるが自重以外の荷重が少なくて済む。井筒より工事が早く進み、大面積の基礎面を得られ、沈下の時の傾斜を防ぐ事も容易で、火力發電所機械基礎、大橋梁橋臺基礎等はこれに依る。然し工費が大となる缺點を有する。

構造材料は木材、鉄筋コンクリート、鐵の 3 種ある。作業室は最後にはコンクリートを充填し潜函の底部となる。第 36 圖は東京電燈會社鶴見火力發電所鐵筋コンクリート造潜函圖の一例を示す。

潜函工事では底部の地盤支持力は直接試験される。工事中には
 潜函重量 = 揚昇力 + 表面摩擦力 + 油盤支持力
 の關係より摩擦力を容易に算出される。故に潜函基礎の支持力は正確に定められる。

第 6 章 土 工

1. 切 取 掘鑿とも云ふ。人力切取に於て土運車の如き容器に積み込む場合の原土量 $1m^3$ に対する切取並に積込に要する人力歩掛を第 30 表に示す。(單位は人)

第 30 表

記号 土質	掘上げ高さ (m)	0	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	1.8	2.1
A 軟土砂		0.042	0.042	0.043	0.045	0.046	0.048	0.053	0.058	0.066
B 土砂		0.050	0.051	0.053	0.054	0.057	0.063	0.074	0.084	0.102
C 硬土砂又は粘土		0.063	0.068	0.074	0.077	0.079	0.083	0.090	0.096	0.115
D 硬粘土又は塊粘土		0.063	0.064	0.066	0.067	0.068	0.070	0.077	0.084	0.100
E 粘土砂質層又は土丹層		0.107	0.107	0.109	0.112	0.115	0.119	0.127	0.137	0.167
F 硬石又は碎石		0.056	0.056	0.057	0.059	0.062	0.067	0.074	0.084	0.100

(備考) D 及 E は表記の値以上とす。

A はショベルを胸の力で容易に突込み得るもの、B はショベルを突込む爲上體を幾分持たせ掛けるもの、C はショベルを足で押へ體重を利用して二三度押し込む程度のもの、D は水分少く固く、て鐵を必要とするもの 又は水飴の如く軟く泥津で取扱ひ難いもの、E は硬粘土に砂利を交へ掘鑿を要するもの、F は 10 kg 以内の小なるもの。

第 31 表 人肩運搬歩掛表 (原土 $1m^3$ に対し)

運搬距離 (m)	30	60	90	120
高低差				
平坦な場合	0.050	0.100	0.150	0.200
砂點 3m 高い場合	0.065	0.115	0.135	0.215
砂點 6m 高い場合	0.110	0.160	0.210	0.260

但實際土工の際は積込待ち合せ等の爲上記歩掛は原土 $1m^3$ につき C.025 以上を増加する。

自動車運搬の場合は走行速度を路面の良否、交通の繁閑等に依り 20~30 km/h、積込時

面を積込設備の如何に依り又捨土時間をその状態に依り定め、一日の往復回数運搬量を定め、運轉用消耗品はガソリン 1 リットルに付き走行キロメートルは 1 トン車 3.9 km, 2 トン車 2.5 km, 3 トン車 1.8 km, 機械油の消費量はガソリンの 1/12~1/15, タイヤの走行キロメートルは砂利道で 2000 km, 車輛耐久年限 5 年, 修繕費年額 300 圓として運搬費を算出す。

2. 盛 土 現場へ運搬の歩掛りは切土の場合と同じでこれに換固を並に法面保護歩掛りを加算す。又底面に草木或は腐蝕土ある時はこれが取除きの歩掛を加算する。換固めは盛土の目的により著しく相違する。よく換固めるには厚さ 15 cm 毎に千本突、鉋突、棒突を一面に行ふ。ローラーを用ひる時は一面に付き 3 回以上をロールする。盛土は自體の壓縮に依てその容積を減じ又底の地盤の沈下に依て沈下するから、施行面は目的の高さ及幅より餘分に高く且廣くする。

この餘盛の高さ (h) 及幅 (b) は總高 (H) に對し土質が砂利の時 $h = \frac{1}{4}H, b = \frac{1}{4}H$; 砂の時 $h = \frac{1}{3}H, b = \frac{1}{3}H$; 質土の時 $h = \frac{1}{2}H, b = \frac{1}{2}H$; 粘土の時 $h = \frac{1}{3}H, b = \frac{1}{3}H$ とする。

3. 切土並に盛土の安全法面勾配 水流が法面になく特別の法面保護工事を施さない場合には切土法面に葎芝を爲し、盛土法面には放芝を施す。安全限度の法面勾配(垂直高 1 に對し水平距離を示す)は一般に第 32 表の如くである。但本表に飽和とあるのは水中にある場合である。

第 32 表

土 質	盛 土		切 土	
	乾いたもの	湿つたもの(飽和)	乾いたもの	湿つたもの(飽和)
砂利、石層	1.0	1.5	1.0	1.5
粗砂	1.0	1.5	1.0	1.5
細砂	1.5	2.5	1.5	2.5
微細砂	1.8	3.0	1.8	3.0
質土と砂入り土(堅いもの)	1.2~1.5	2.5~3.0	1.0~1.2	2.5~3.0
同上(軟いもの)	1.5~2.0	3.0~3.5	1.2~1.8	3.0~3.5
粘土(堅いもの)	1.2	3.5	1.0	3.5
同上(軟いもの)	1.5	5.0	1.2	5.0
軟岩(割目多いもの又は風化したもの)			1.0~1.5	
同上(割目少く風化しないもの)			0.7~0.7	
硬岩			0.1~0.3	

第 7 章 コンクリート

1. セメント、砂及砂利 ポートランドセメントの化学成分百分率は SiO₂(珪酸) 19~25%, CaO(酸化カルシウム) 60~64%, Al₂O₃(礬土) 5~9%, Fe₂O₃(酸化鐵) 2~4%, MgO(酸化苦土) 1~2.5%, 尙これに少量のアルカリ (K₂O 及 Na₂O) 又は無水硫酸 (SO₃) も含まれて居る。比重 3.05 以上、1 m³ 重量 1500~1550 kg, 粉末程度は 1 cm² に付き 4900 孔隙の残滓量 12% 以下とする。セメント空隙 41~50%。凝結の始發は混

合してから 50 分以上、100 分以内に來り、凝結の終結は混合より 3~8 時間の後に來る。凝結の始發は水とセメントの混合たる糊状セメントを厚さ 4 cm に模型内に入れ、重量 300 g の棒の先端に附した断面 1 mm² の針が自重に依て底より 7 mm の高さにセメント内に止まる程度を以て標準とする。セメントと水とを相當の硬さに練つてガラス板の上に直径 10 cm, 中心厚さ 1.5 cm の銀頭形を作製し、これを 24 時間温氣中に置き、後 90 分間煮沸する。この煮沸試験後に於て

第 33 表

成形後の日数	7 日	28 日
耐圧力 (kg/cm ²)	220 以上	500 以上
抗張力 (kg/cm ²)	20 以上	25 以上

供試體には龜裂、又は不均等性變形なく、表面に斑點なく、硝子板に破損なきを要する。セメント砂比 1:3 のモルタル供試體 6 個の平均強度は第 33 表以上たるを要する。(昭和 5 年 8 月 20 日商工省告示第 41 號日本標準規格第 28 號)

高級セメントに就ては一定の規格はないが、これは粉末程度が普通セメントより細かく、短期間内に高強度を出すもので、日本では現今は耐壓強度材齢 3 日で 450 kg/cm², 7 日で 600 kg/cm², 28 日で 700 kg/cm² 以上とする。高強セメントもポルトランドセメント規格に合格すれば、ポルトランドセメントと同様に用ひる。

砂はコンクリートの細骨材となる。粘土や石灰や有機物を含まない、容易に風化されない、堅硬なものたるを要する。団粒性のものが最も理想的である。粒の大きさは大小相混じり、砂利の空隙を充すに最も密度が大なるやうなるを理想とするが、土木學會の示方書に於ては砂は全部が 4 番篩(目の大き 4.76 mm)を通過し、その中 50 番篩(目の大き 0.25 mm)を通過する量は重量に於て 30~10%, 100 番篩(目の大き 0.149 mm)を通過する量は 6% 以内、泥土量は 3% 以内として居る。普通砂の比重は 2.60~2.75 である。

砂利、又は碎石はコンクリートの粗骨材となる。土や有機物の附着して居ない清淨なもので、耐久的なもので強度の大なるを要する。形は扁平なものはよくない。大きさは普通コンクリートではその施工の厚さ、大きさに依て最大限度が制限され一般に徑 45~80 mm が最大限度である。鐵筋コンクリートではその施工の厚さ、大きさに依り鐵筋配置の状況に依て大きさが制限され、一般に徑 15~36 mm が最大限度である。砂利の大きさは大小混じりその空隙が少いのがモルタル量を節約し得られる。土木學會示方書では最大目の篩を重量で 95% 以上通過し最大目の半分の目の篩を 75~40% 通過し、且第 4 番篩を通過するものが 10% 以下なるを可として居る。

煉瓦又はシンダーも層シンダー・コンクリートとして用ひられる。この特徴は軽い事、耐火的である事である。尙安い事もある。缺點は耐壓強度が低い事、コンクリート調合が良く行かない事、小孔が多い事(従て水密性でない事)である。

大量コンクリートを使用する箇所では割栗又は玉石を混入する。これ等、大きさ性質等は砂利に就て述べたと同様である。

2. 配合、強度、練り方及重量 コンクリート配合はセメント、砂、砂利の容積比を以て示し、特に大なる軸壓力を受ける鐵筋コンクリート柱の如きもの、或は高い水壓を受け水密性を必要とする鐵筋コンクリート管又は水槽の如きものでは配合 1:1.2~1:1.5 を用ひ、鐵筋コンクリート構造物(彎曲力を受け大なる強度を必要とするもの)では配合 1:2.4~1:2.25:4.5 を用ひ、基礎、橋梁、擁壁等で彎曲力を生ぜず相當強度を必要とする普通コンクリートでは配合 1:2.5:5~1:3:6 を用ひ、大なる強度を必要としない

普通コンクリートでは配合 1:4:8 以下を用ひる。(第 34 表及第 35 表参照)

第 34 表 コンクリート 1 m³ に要する材量表

配合	セメント (kg)	砂 (m ³)	砂利 (m ³)
1:1:2	585	0.39	0.78
1:1.5:3	425	0.42	0.85
1:2:4	338	0.45	0.89
1:3:6	255	0.47	0.94
1:4:8	180	0.48	0.96

第 35 表 モルタル 1 m³ に要する材量表

配合	粗砂の場合		極微砂の場合	
	セメント (kg)	砂 (m ³)	セメント (kg)	砂 (m ³)
1:1	1083	0.72	999	0.66
1:2	716	0.95	673	0.90
1:3	533	1.06	509	1.01

水の量は必要限度より多ければ著しく強度を弱める。即ち堅練にしてよく搗固めものが強いのであるが、堅練ではモルタルが砂利の空隙によくまはらず、殊に型枠内に打つコンクリートではその缺點を増し、一部に於てはモルタルの充填されない部分が出来、不均等質、非水密性のコンクリートとなるものである。水の適量は Slump test, Flow table test, 吉田徳次郎氏落下試験法等に依り定める。現場に於ては最も簡単な Slump test が便利である。これは高さ 30 cm, 上部直径 10 cm, 下部直径 20 cm の圓錐體の型中に、練立のコンクリートを四層に分ちて詰め込み、各層は長さ 50 cm, 直径 16 mm の鐵棒で平等に 27 回搗固める(搗棒の先が下の層に達する程度に)。各層を斯の如くして搗固めた後に、急に型を真上に引き抜く。コンクリートは型の高さより低くなつて安定する。その高さ減少して得た水の程度をその使用セメント、砂、砂利に對して知られるのである。

第 36 表 Slump の高さ

構造物の種類	Slump の高さ (cm)
薄き壁及柱、版又は桁	10~20
厚き版、大なる桁又は壁	7.5~15
大なる断面、鋪裝	2.5~10

コンクリート使用目的に依り適當とされる Slump 高さを第 36 表に示す。コンクリートはその施工法に依り著しい強弱の差がある。相當の注意を以て施工すれば次の程度の強度を得られる。一般に第 37 表の中位のものを採用する。

第 37 表 コンクリート破壊應圧強度 (kg/cm²) (材齢 28 日)

骨材の性質	1:1:2	1:1.5:3	1:2:4	1:2.5:5	1:3:6
花崗岩程度のもの	230	185	155	125	100
硬質石灰岩程度のもの	210	175	140	115	90
軟質石灰岩程度のもの	185	125	105	85	70

許容應圧強度を定めるに安全率は軸應圧力に對し 4 以上、彎曲應圧力に對し 3 以上支持應圧力に對し 3.5 以上とする。

破壊抗張強度は配合 1:2:4, 材齢 28 日で 13 kg/cm², 材齢 3 箇月で 18 kg/cm², 配合 1:3:6, 材齢 28 日で 9 kg/cm², 材齢 3 箇月で 13 kg/cm², 内外が標準で彎曲抗張強度はこれの 1.8 乃至 2.0 倍である。普通にはコンクリートの抗張力を計入しない。止むを得ずこの強度を必要とする時には上記の半分を以て破壊強度とし安全率 3 以上を採る。

破壊抗剪強度は破壊應圧強度との比が配合 1:2:4 で 0.44~0.63, 配合 1:3:6 で 0.56~1.00 であるが普通 1/2 とする。

弾性係数は許容強度の限度に於て第 38 表の範囲にある。

第 38 表 コンクリート弾性係数

配合	1:1.5:3	1:2:4	1:2.5:5	1:3:6	1:4:8
係数	1/5 000~252 000	140 000~221 000	126 000~196 000	112 000~175 000	91 000~140 000

湿度の上昇又は下降に依る膨脹又は収縮の係数は 1°C に對し 0.00001 内外である。コンクリートの変化に從ての収縮率は極めて大きく、その係数はコンクリートの配合、水量並に養生法に依り異なるが、外氣中に置かれたものでは材齢 90 日間が最も収縮率の變化著しい期間であつて、その率は 0.0065~0.0006 である。90 日以後の増加率は極めて少い。

手練りは幅 1.2 m, 長さ 2~2.4 m の鋼版を練臺とし、これに砂を掛けその上にセメントを掛けて置きショベルで切り返し混合し同じ色合に爲し、これに水を加へて同様切り返し更に砂利を加へて同様切り返す。何れの場合も同じ色合になる迄切り返すので、熟練工も 3 回以上を必要とする。1 回の練り量は 0.08~0.12 m³, 1 日 1 臺の練り量は 6~9 m³, これに要する人夫は 5~7 人である。機械練りは混合時間を 1~2 分間とし、なるべく長さを長しとし、1 回の分量は公稱容量の 70% とする。(第 39 表参照)

第 39 表 コンクリート・ミキサの練り容量, 所要馬力, 歩掛

公稱容量 (切)	4	7	10	14	21
1 時間練り容量 (m ³)	1.6	2.7	3.4	5.5	8.2
所要馬力	3.5	6	7.5	10	15
歩掛	熟練士	1	1	1	1
	人夫	2	3	3	4

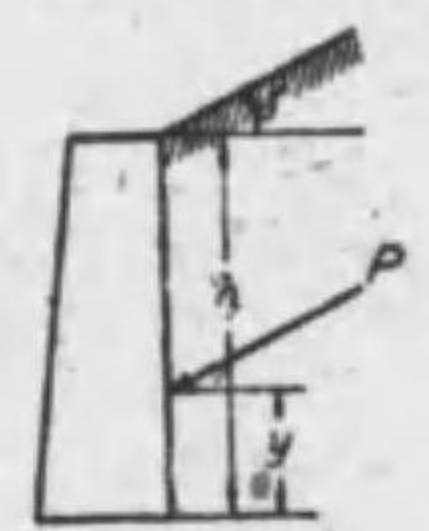
水量を一定し又セメント、砂及砂利の量を一定し等質の良質コンクリートを練る爲には機械練り機にインダンダー装置を附加する。コンクリートの重量は普通 2400 kg/m³ とする。

3. 土壓及土留擁壁 粘着力を無視し粉體とし、裏の土の面を無窮の平面とした場合に擁壁に於ける土壓は、

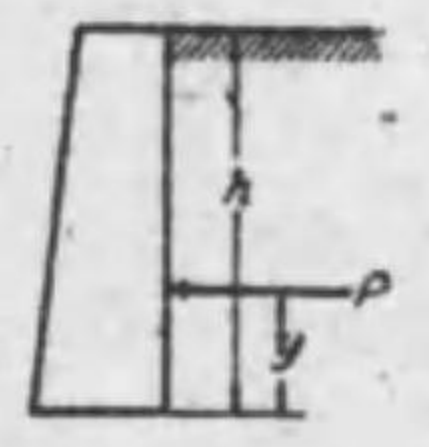
$$\text{Rankine 氏公式 } P = \frac{1}{2} w h^2 \cos \delta \frac{\cos \delta - \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi}}{\cos \delta + \sqrt{\cos^2 \delta - \cos^2 \varphi}} \quad (17)$$

P は擁壁單位長に來る土壓總力, w は土の單位重量, h は高さ, δ は土の表面が水平面と爲す角度, φ は土の息角(本編 5 章第 24 表参照)である。この場合 P の方向は δ と平行で働點は底より 1/3 の高さにある。y = 1/3 h

$$\delta = \varphi \text{ の時は } P = \frac{1}{2} w h^2 \cos \varphi \quad (18)$$



第 37 圖



第 38 圖

$\delta=0$ 即ち土の表面が水平なる時は

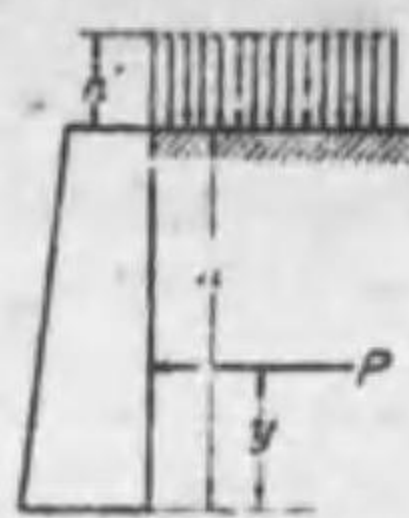
$$P = \frac{1}{2} wh^2 \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} = \frac{1}{2} wh^2 \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \dots (19)$$

$y = \frac{1}{3} h$ で P の方向は水平である。

土の表面は水平でその上に過剰荷重が土に換算して h' の高さなる時は

$$P = \frac{1}{2} wh(h+2h') \frac{1 - \sin \varphi}{1 + \sin \varphi} \dots (20)$$

$$y = \frac{h^2 + 3hh'}{3(h+2h')} \dots (21)$$



第 39 図

擁壁は石積、煉瓦積でも作られるが、最近では河川の護岸になる所、石が安値に得られる所、外観を考へる所では、表面石積で裏はコンクリートで作られ、外観を考へない時はコンクリートが安いのでこれを用ひる事が多い。土壓の計算は盛土の所、水で飽和される所、粘着力のない所では上記の Rankine 氏公式に依るが、粘着力を有する自然地盤の所では土壓は上記計算より少いから大に減を要する。第三紀層より古いものでは表面の保護に止めて良いものもある。然しこれ等の岩質でもハダ落といふ地の部分が落下せんとする土層は動く事があるから、これ等を考慮して擁壁の設計をする。土質の悪い所で高い擁壁を要する所では基礎地盤の關係上鉄筋コンクリート擁壁を用ひるのが安値である。

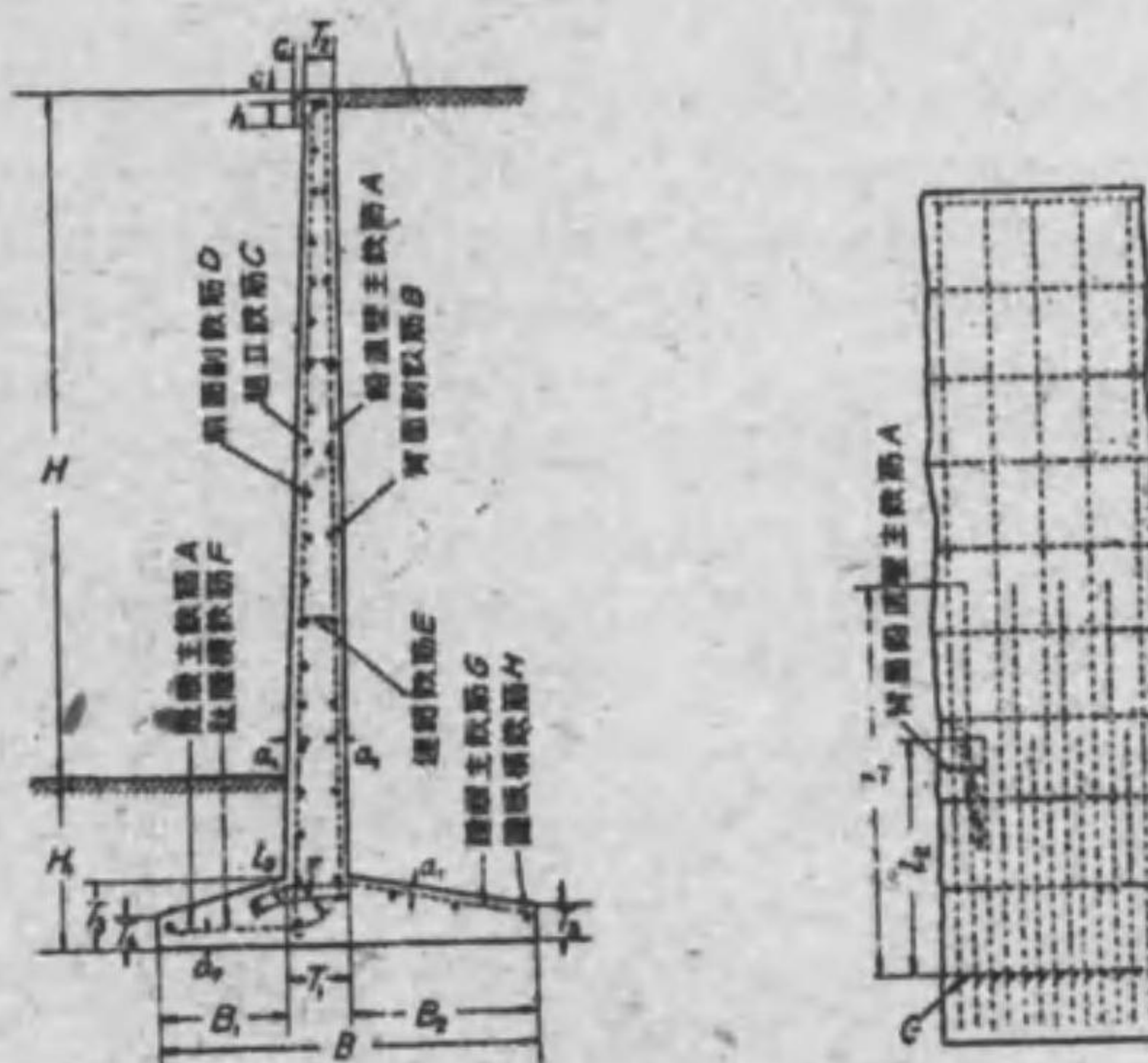
第 40 表 コンクリート擁壁の寸法

寸法	ランキン氏公式 適用す			クーロン氏公式 適用す			ランキン氏公式 適用す			クーロン氏公式 適用す		
	b_1 (cm)	b_2 (cm)	p_1 (kg/m ²)	b_1 (cm)	b_2 (cm)	p_1 (kg/m ²)	b_1 (cm)	b_2 (cm)	p_1 (kg/m ²)	b_1 (cm)	b_2 (cm)	p_1 (kg/m ²)
1	15	45	3.1	15	35	3.0	45	27	1.2	15	27	1.1
2	20	80	6.0	20	70	5.6	15	39	2.1	15	39	1.9
3	30	120	9.0	30	105	8.3	15	51	2.9	15	51	2.7
4	40	160	12.0	40	140	11.1	15	73	3.6	15	73	3.3

コンクリート擁壁、又は表面石張裏込コンクリート擁壁の断面は轉覆に對して土壓及擁壁重量の合成力が底面中央 1/3 幅の端に来るを限度として定める。基礎に来る應力は本編 5 章 3 基礎段の偏心荷重の通りである。擁壁では滑動を生ずる水平力に對しては擁壁底面と基礎地盤面との摩擦に依る。これが不十分の時は擁壁の表面側の底部を一部地中に深く入れこれが抵抗土壓に依り滑動を防ぐ。

4. 桁 鉄筋コンクリート桁は普通 1:2:4 配合を用ひ、単鉄筋桁に於ては彎曲に對しコンクリートは應力強度のみを計上し、抗張強度は計上せず、鉄筋が抗張材となるやうに設計する。

第 41 表 鉄筋コンクリート L 型擁壁の寸法



地表面水平 $\varphi = 33^\circ 42'$ $\theta = 90^\circ$ $w = 1600 \text{ kg/m}^3$

H (m)	H ₁ (m)	B (m)	B ₁ (m)	B ₂ (m)	T ₁ (m)	T ₂ (m)	T ₃ (m)	T ₄ (m)	T ₅ (m)	c (m)	h (m)	鉄筋 A						
												徑 (mm)	間隔 (cm)	a ₁ (cm)	l ₁ (cm)	l ₂ (cm)	a ₂ (cm)	r (cm)
4	1	2.4	0.8	1.2	0.4	0.2	0.4	0.2	0.2	0.05	0.15	20	10	5	230	140	10	30
6	1.5	3.5	1.17	1.68	0.65	0.2	0.6	0.2	0.2	0.05	0.15	22	7.5	5	338	198	10	50

鉄筋 B		鉄筋 C		鉄筋 D		鉄筋 E		鉄筋 F		鉄筋 G		鉄筋 H				
徑 (mm)	數	徑 (mm)	間隔 (cm)	徑 (mm)	數	徑 (mm)	數	徑 (mm)	數	徑 (mm)	間隔 (cm)	l ₂ (cm)	a ₂ (cm)			
12	10	12	60	5	12	20	12	2	12	3	18	10	75	5	12	4
12	18	12	67.5	5	12	37	12	5	12	4	20	7.5	80	5	12	5

単筋桁の彎曲力率に対する設計算式 (第 40 圖参照)

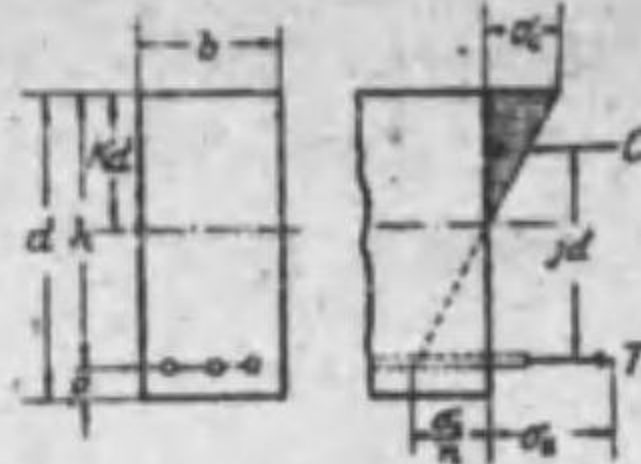
$$K = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_s}{n\sigma_c}} = \sqrt{2p_0n + (p_0n)^2} - p_0n \dots (22)$$

$$p_0 = \frac{1}{\frac{2\sigma_s}{\sigma_c} (\frac{\sigma_s}{n\sigma_c} + 1)} \dots (23)$$

$$j = 1 - (K/3) \dots (24)$$

$$bd^2 = \frac{M}{\sigma_s j p_0} = \frac{2M}{\sigma_c K j} \dots (25)$$

$$A_s = p_0 b d \dots (26)$$



第 40 圖

σ_c はコンクリート中に来る単位面積に於ける最大應壓力, σ_s は鉄筋中に来る単位面積に於ける抗張力, b は桁の幅員, h は高さ, d は有効高さ, Kd は中立軸の高さ, jd は合成應壓力重心と抗張力重心との距離, n はコンクリートと鉄筋との弾性比 (普通 15 とす), A_s は桁の有効断面積即ち bd , A_c は鉄筋の断面積, $p = \frac{A_s}{A_c}$, C は總應壓力, T は抗張力, M は彎曲率である。

算法は初め鉄筋の許容抗張力 (普通 1000 kg/cm^2) とコンクリートの許容彎曲應壓力 ($1:2:4$, 45 kg/cm^2) と n (普通 15) とを定めると (22), (23) 及 (24) 式で K, p_0, j が定まる。次に彎曲率 M に対し b を豫定すれば (25) 式で d が定まり (d を豫定すれば b が定まる), (26) 式で A_s が定まる。但両端自由支承の桁で d は $\frac{A_s}{\sigma_c}$ より大なるを要し, 両端固定桁では $\frac{A_s}{\sigma_c}$ より大なるを要する。 l は径間の長さである。

桁では彎曲力率の外に剪力に對し安全なるを要し剪力 τ に依るコンクリート内に来る應剪力を計算する。

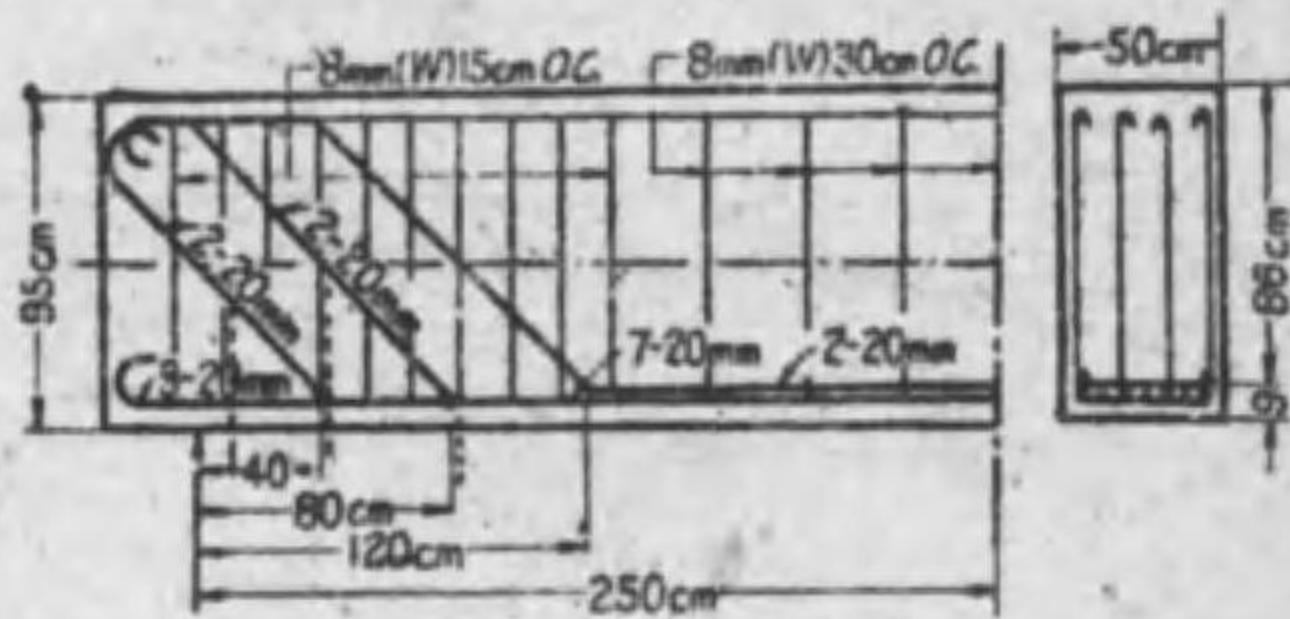
$$\tau = s/bjd \dots (27)$$

τ は単位面積に来る應剪力で $1:2:4$ コンクリートの許容應剪力は普通 4.5 kg/cm^2 とし居る。 τ が 4.5 kg/cm^2 より大なる時はコンクリートの應剪力を無視して $6 \sim 12 \text{ mm}$ 鉄筋を入れる。これを助筋と云ふその配筋法は第 41 圖に示す 2 種がある。

鉄筋の抗張力は附着力に依て抵抗される。 $1:2:4$ コンクリートの許容附着力は 5.5 kg/cm^2 とし, 鉄筋の単位長附着力よりその長さを定める。附着力を増加するには小断面のものを数多くするがよいが, 砂利の大きさに依りその間隔は制限すべきであるから, 所要断面に對し数にも制限が来る。砂利の小なるものを用ひれば間隔は鉄筋直径の $2\frac{1}{2}$ 倍位が最小限度である。又鉄筋を置く必要の時はこれを重複せしめてその重複距離の附着力に依



第 41 圖



第 42 圖

てその位置の張力に抵抗せしめる。一般に鉄筋は両端を曲げて附着力の助と爲し所要延長を小にする。

矩形桁設計の一例: $b=50\text{cm}, d=86\text{cm}, h=95\text{cm}$, 主鉄筋 $9 \sim 20\text{mm}\phi$, 等布荷重 7000 kg/m , 径間 5 m とすれば第 42 圖の通りになる。

5. 柱 第 43 圖の如き四角形帯鉄筋柱の短柱の場合 (高さが邊長の 13 倍より小) は荷重 P に對する柱の断面及軸鐵筋量は次式に依り定める。他の記號は前節の通り。

$$P = \sigma_c A_c (1 + np) \dots (28)$$

鐵筋量はコンクリート断面の 0.008 以上 0.030 以下とし, 又邊長 b は次式に依る。

$$b = 0.945 \sqrt{\frac{P}{\sigma_c}} \dots (29)$$

長柱の場合は短柱の許容荷重に次の C の値を乗する。

$$C = 1.45 - 0.01 \frac{h}{i} \dots (30)$$

h は高さ, i は環動半徑即ち $\sqrt{\frac{\text{慣性モーメント}}{\text{断面積}}}$ に等しい。



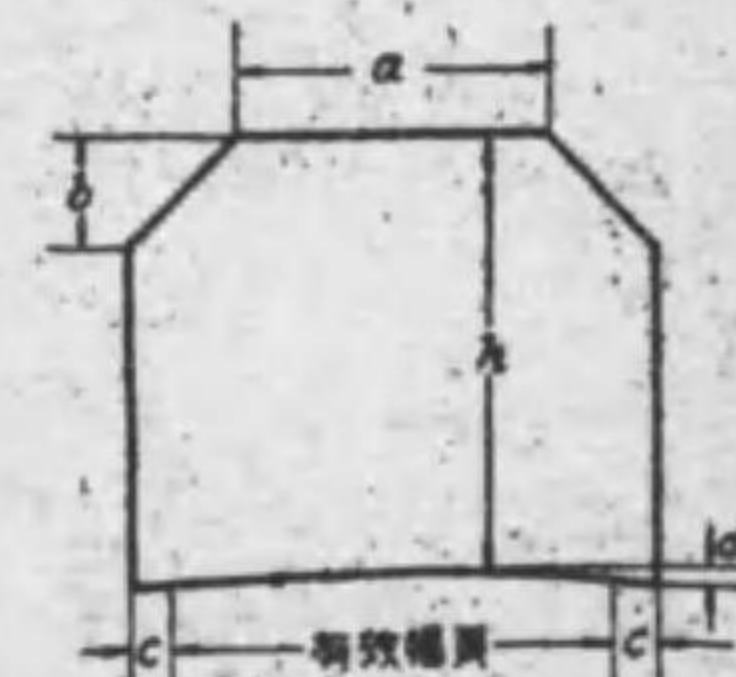
第 43 圖

第 8 章 道路及橋梁

1. 道路定規 地方道路の有効幅員は國道 7.27 m (4 間) 以上, 府縣道 5.45 m (3 間) 以上, 主要なる市道 5.45 m 以上, 主要なる町村道 3.64 m (2 間) 以上を標準とする。幹路構造令では廣路 43.64 m (24 間) 以上, 一等大路 21.82 m (12 間) 以上, 二等大路 10.91 m (6 間) 以上, 一等小路 7.27 m (4 間) 以上, 二等小路 1.82 m (1 間) 以上, 歩道の幅員は全幅員の $1/8$ を下る事を得ずと規定して居る。道路の有効幅員は路面幅より路肩の幅員 (0.5 m 以上) を除いたものである。内務省内規に依る地方道路建設定規は第 44 圖で $a \geq 2.7 \text{ m}$, $b \leq 1.3 \text{ m}$, $h \geq 4.5 \text{ m}$, $c \geq 0.2 \text{ m}$, $d \geq 0.2 \text{ m}$ とし居る。地下埋設物の位置標準は第 45 圖の通りで, 凡例は第 42 表に依る。

第 42 表

埋設物種類	本線	支線	備 考
電信電線	T	t	T は普通 5 段 5 列
高壓電線	HV	h	HV は普通 5 段 5 列
電燈電線	l	l	l は 3500 V 以下
氣管	A		徑 10cm 2 段 4 列
水道管	W	w	
下水管	S	s	r は雨水側, s は汚水側
瓦斯管	G	g	



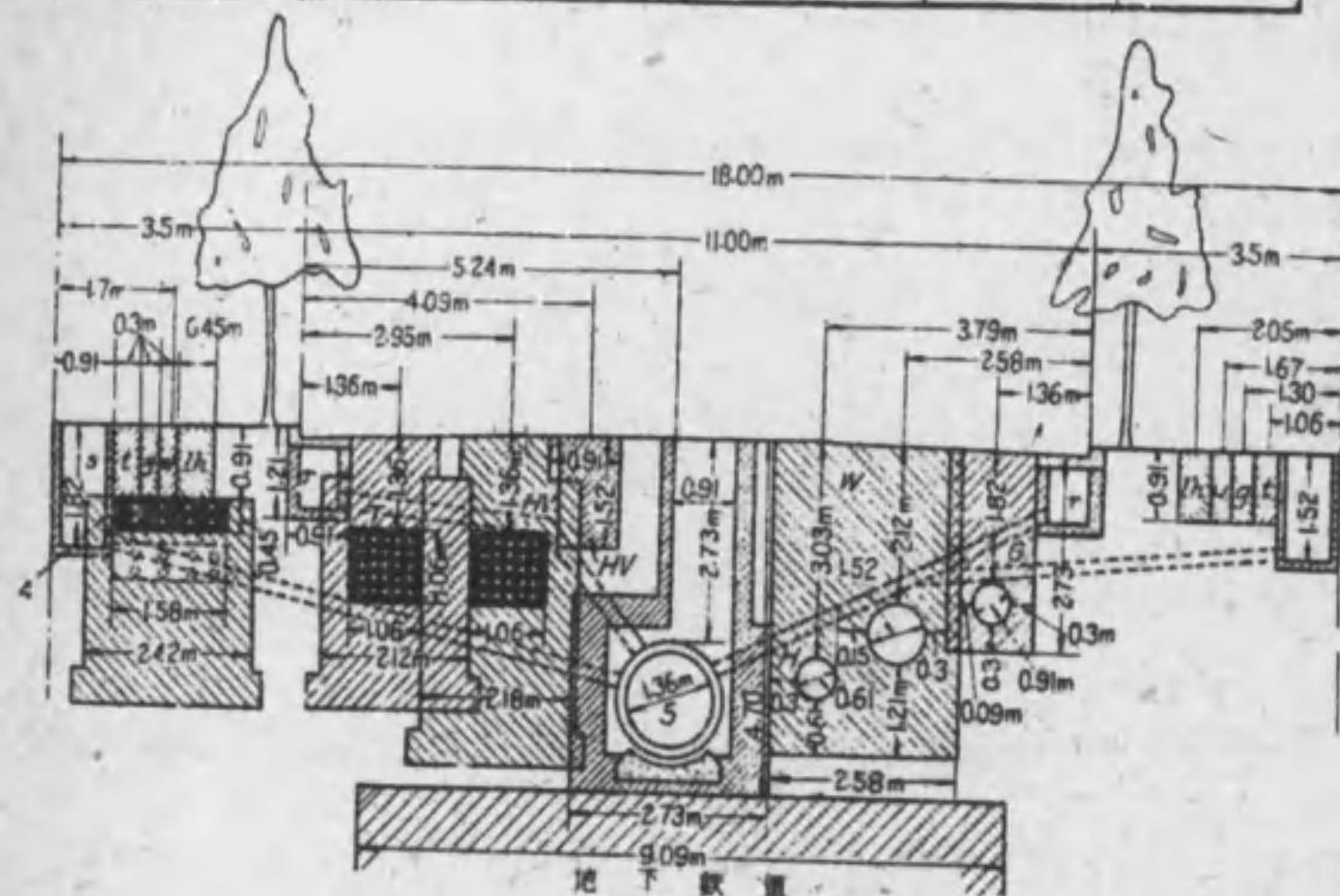
第 44 圖

路上工作中電柱, 變壓塔, 開閉塔, 配電函, 公衆電話, ポスト, 街燈柱, 轉轆手柄, 消火栓柱は直径 0.8 m 以内のものは歩道内車道側 1.0 m 以内又は路端 1.0 m 以内に設置し, これより大なるものは廣場, 橋臺地又は河岸等道路有效幅員外に置く。

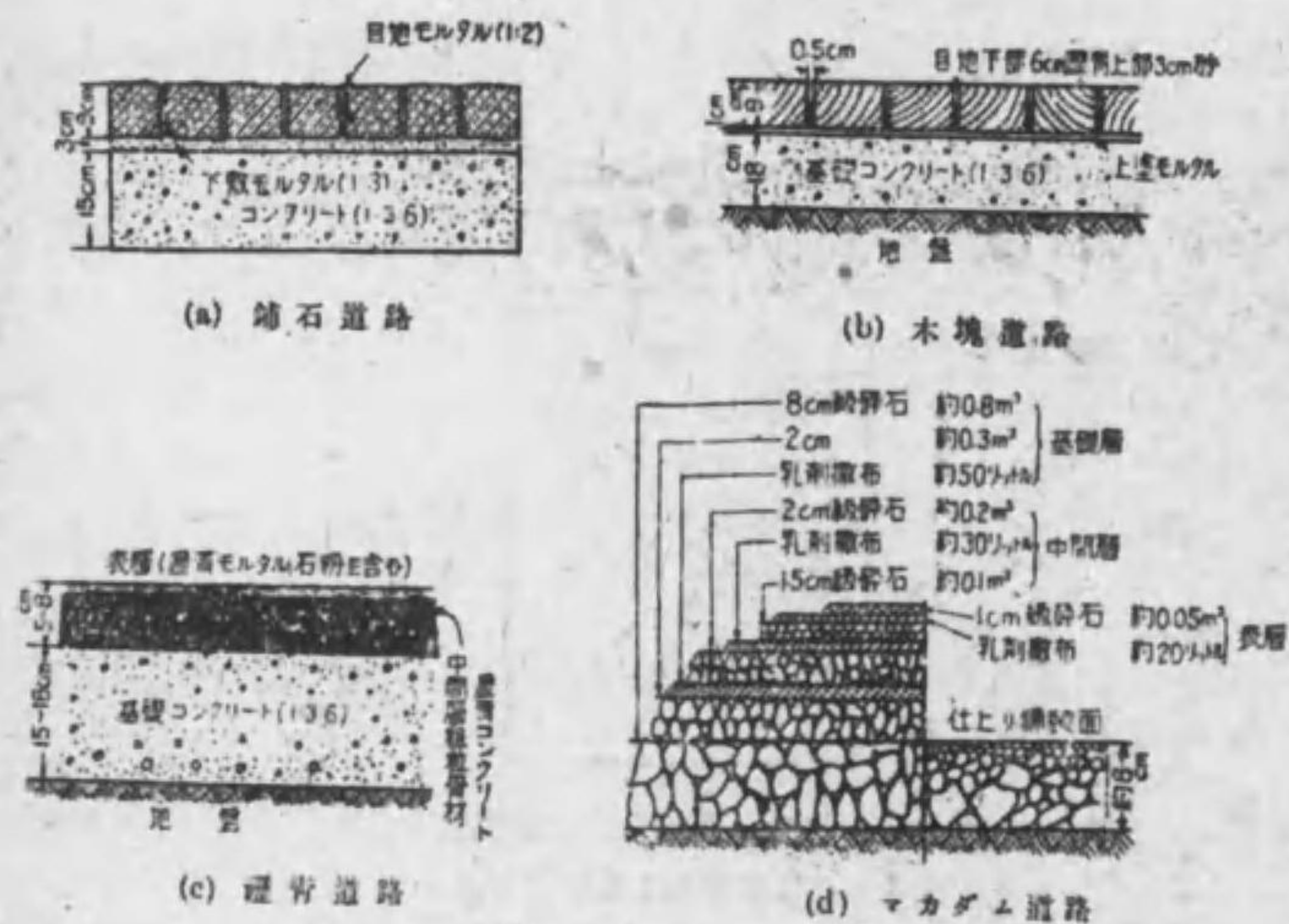
2. 舗装工事 路面に働く外力は最近では自動車が最も大なるもので第 43 表に依る。

第 43 表 路面荷重表

種類	総重量 (kg)	車輪の種類	一車輪に来る 総重量 (kg)	最大圧力 (kg/cm ²)	衝撃
大型乗合自動車	6000	ゴム	2000	27.1	1.8
大型貨物自動車	8000	鉄輪	3000	63.8	2.4



第 45 圖



第 46 圖

路床の基礎コンクリートは地質に応じて厚さ 15~20 cm としこの上に舗装を爲す。その標準断面の二三を示せば第 46 圖の如くである。

3. 橋 梁 有効幅員は国道及府縣道に於て橋長 7.27 m (4 間) 以下は道路幅員と同じとし、これ以上のものは 5.45 m 以上、街路に於ては橋長 54.55 m (30 間) 以上のものは二等大路以上に於て街路幅員の 2/3 以上、一等小路に於て 7.72 (4 間) 以上とし、その他のものは街路幅員と同一とする規定である。建設定規は道路と同じく、荷重は最近竣工の橋梁では第 44 表の通りである。

第 44 表 橋梁荷重表

道路	等布荷重 (kg/m ²)	自動車荷重			ローラー荷重		
		総重量 (kg)	最大 1 車輪 荷重 (kg)	同上幅 (cm)	総重量 (kg)	最大 1 車輪 荷重 (kg)	同上幅 (cm)
第一等橋(街路)	600 歩道 500	12000	4500	40	14000	5600	110
第二等橋(街路)	500 歩道 400	8000	3000	27	11000	4400	110
第三等橋(府縣道)	500 歩道 400	8000	2250	24	8000	3200	110

街路中重要でないものはその程度に依り第二等橋又は第三等橋に依る。

文 献

- (1) 標準 32, 197 (昭 4)
- (2) Livingston: The Mechanical Design and Construction of Generator 70 (1914)
- (3) Bach: Maschinenkunde II, 第 12 版, 21 (1924)
- (4) Livingston: The Mechanical Design and Construction of Generator 10 (1914)
- (5) Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch II, 195 (1931)
- (6) Hütte: Des Ingenieurs Taschenbuch II, 292 (1931)

第 31 編 電氣に関する標準規程

(昭和 15 年 1 月改訂増補)

主任 加藤 録 二 (電氣廳)

目 次

第 1 章 電氣機器	1697-1728
同期機—變壓器、誘導電壓調整器及びリアクトル—誘導電動機及び一般誘導機—直流機—小型單相變壓器—中型高壓單相油入變壓器—小型三相誘導電動機—小型單相誘導電動機—ネオン管變壓器	
第 2 章 標準電壓	1728-1731
標準電壓—變壓器の標準定格電壓及び標準タップ電壓に関する暫定標準規程	
第 3 章 電線及び電力ケーブル	1731-1742
國際標準軟銅—電氣用銅線—電車線—硬銅熱線及び架空送電線用硬銅熱線—絶緣電線及びコード—紙絶緣ベルトケーブル—SL型紙ケーブル	
第 4 章 電氣計器	1742-1742・12
指示電氣計器—交流積算電力計—計器用變成器	
第 5 章 電路操作表示方法	1742・12-・13
第 6 章 端子類	1742・13-・21
懸垂端子—180 mm 懸垂端子—特別高壓ピン端子—高壓端子類—饋電線用ピン端子—低壓端子類	
第 7 章 鐵塔及び鐵柱設計標準	1742・21-・23
第 8 章 絶緣油	1742・23-・25
變壓器油—開閉器油	
第 9 章 白熱タングステン電球	1742・25-・30
第 10 章 乾電池	1742・30-・33

第 31 編 電氣に関する標準規程

(昭和 15 年 1 月改訂増補)

第 1 章 電 氣 機 器

1. 同期機 [JEC-35 (1934)]⁽¹⁾

a. 適用範圍

101. 本標準規程は次の同期回轉機に適用す。

- (1) 同期發電機 (2) 同期電動機 (3) 同期調相機
(4) 同期周波數變換機 (5) 同期回轉相數變換機

回轉變流機に對する規程は別に設く。

高周波電機その他特殊の同期機に對しては原則として本規程の準用を推奨するも、條項によりては適用し難きものあるべきを以て特に注意を要す。

b. 定義

201-215. 同期機の種類 發電機—電動機—電動發電機—同期機—交流發電機—同期發電機—タービン發電機—單相交流發電機—多相交流發電機—同期電動機—同期調相機—周波數變換機—誘導子型發電機—反作用電動機—回轉相數變換機

216-227. 同期機に関する術語 同期速度—飽和曲線—短絡曲線及び持續短絡電流—電氣角—同期機の周期的最大變位角—抵抗降下—リアクタンス降下—インピーダンス降下—短絡比—同期インピーダンス—過渡短絡電流—過渡リアクタンス

c. 同期機の種類

301-305. 外殼の型による分類 開放型—半閉型—閉鎖通風型—全閉型—全閉外被通風型

306-321. 保護方式による分類 防禦型—耐塵型—耐濕型—防滴型—耐水型—防水型—水中型—氣密型—耐ガス型—耐酸型—全閉耐爆型—狹隙耐爆型—防爆型—耐爆集電型—防爆集電型—屋外型

322-326. 冷却方式による分類 自己通風型—他力通風型—水冷型—油冷型—ガス冷却型

d. 使用及び定格

401. 常規使用狀態 本規程に於ては次の使用狀態を常規使用狀態とし、特に指定なき場合は機械は常規使用狀態に於て使用せらるるものと看做す。

- (1) 周圍溫度が $40^{\circ}\text{C}^{\text{(2)}}$ を超過せず、且
(2) 標高 1000 m を超過せざる場所に使用せらるる場合

402. 特殊使用狀態 本規程に於ては次の使用狀態を特殊使用狀態とし、溫度上昇に關し特別の規定を設けたり。(504, 505 参照)

- (1) 周圍溫度が $40^{\circ}\text{C}^{\text{(2)}}$ を超過する場所に使用せらるる場合

(1) 暫定規程に依る場合は JEC-35Z (1938) (2) 暫定規程に於ては 35°C

(2) 標高 1000 m を超過する場所に使用せらるる場合

403. 構造に影響すべき使用状態 次に掲ぐる如く機械の製作上特別の考慮を要する使用状態に対しては特にこれを指定すべし。

- (1) 有害ガス中に使用せらるる場合
- (2) 爆発性ガス中に使用せらるる場合
- (3) 湿気多き場所に使用せらるる場合
- (4) 水蒸気中に於て使用せらるる場合
- (5) 油の蒸気の多き場所に使用せらるる場合
- (6) 塵分を含む空気中に使用せらるる場合
- (7) 塵埃非常に多き場所又は特殊の塵埃(砂, 鉛, 金屬, 炭粉等)の多き場所に使用せらるる場合
- (8) 屋外に於て使用せらるる場合
- (9) 雲の吹込み甚しき場所に使用せらるる場合
- (10) 通風を制限せらるる場所に使用せらるる場合
- (11) 冷却水を得ること不能なる場合
- (12) 噪音の甚しく嫌はるる場所に使用せらるる場合
- (13) 異常なる振動又は衝撃を受くる場合
- (14) 地震が屢襲する場所に使用せらるる場合
- (15) 地盤の不良なる場所に使用せらるる場合
- (16) 軸心を傾斜して運轉せらるる場合
- (17) 負荷に急激の變化又は大なる周期的變化ある場合, 又は短絡せらるる回数の非常に多き場合
- (18) 電壓及び周波数等の變化甚しき回路に使用せらるる場合

404. 連続使用 連続使用とは實質的に一定なる負荷にて機械の温度が一定となる時間以上連続的に動作せしむる使用を云ふ。

405. 短時間使用 短時間使用とは實質的に一定なる負荷にて機械の温度が最終一定温度に達せざる範囲の一定時間動作せしめたる後停止する使用にして, 次回起動時迄に機械の温度が周囲温度迄降下するものを云ふ。

406. 短時間負荷連続使用 短時間負荷連続使用とは實質的に一定なる負荷にて機械の温度が最も一定温度に達せざる範囲の一定短時間動作せしむる使用にして, 負荷なき時も運轉を休止せず, 次回負荷時迄に機械の温度が無負荷温度に降下するものを云ふ。

407. 断続使用 断続使用とは實質的に一定なる負荷に於て交互に動作及び休止せしむる使用にして, 休止中に機械の温度が周囲温度迄降下せざるものを云ふ。

408. 反覆使用 反覆使用とは負荷が周期的に變化する使用を云ふ。

409. 變負荷連続使用 變負荷連続使用とは負荷及び使用時間共に一定ならざる使用にして連続的に運轉するものを云ふ。

410. 定格の定義 電氣機器の定格とは或る規程に適合するものにして, 機器に表示せられたる使用限度を云ふ。これは出力, 電壓, 電流, 速度, 周波数, 力率等を含み銘板に記載せらるべきものとす。これ等を夫々定格出力, 定格電壓, 定格電流, 定格速度, 定格周波数, 定格力率等と稱す。

411. 日本電氣工業委員会標準定格 日本電氣工業委員会標準規程に基く機器の定格

を日本電氣工業委員会標準定格と稱し, 該機器の銘板に特定の記號を附するものとす。(下略)

412. 連続定格 連続定格とは機械が指定試験條件に於て連続的に動作し得る定格を云ふ。

413. 短時間定格 短時間定格とは機械が指定試験條件に於て一定の短時間(この時間は各場合に於て明示すべきものとす)動作し得る定格を云ふ。

414. 短時間定格の時間標準 短時間定格の時間標準を實用上の次の 6 種とす。
5分, 10分, 15分, 30分, 1時間, 2時間

415. 公稱定格 公稱定格とはその定格に於て連続負荷し一定温度に達したる後, 更にその 150% 負荷にて 2 時間運轉する時各部の温度上昇が 501 の限度より 5°C 以上を超過することなく, 且引續き 200% の負荷にて 1 分間運轉するも, 機械の連続使用を不能ならしむるが如き悪影響を機械の何れの部分にも與ふることなき定格を云ふ。
公稱定格は電氣鐵道用發電機に限りこれを適用することを得。

416. 断続使用, 反覆使用並に變負荷連続使用に對する定格 断続使用, 反覆使用並に變負荷連続使用に對する定格は, その使用に於ける機械の發熱狀況に最も近似せる短時間又は連続定格を以て表すものとす。而してこの機械は使用行程中の最高負荷及び負荷の急激なる變化に充分耐ゆるものたることを要す。この場合には使用行程中に於ける機械の最大出力を仕様書に指定することを推奨す。

417. 定格及び位用の種類の指定せられざる場合 この場合に於ては機械は連続定格と看做す。

418. 交流發電機の定格出力 交流發電機 定格出力とは定格周波数, 定格電壓及び定格力率に於て發電機端子に發生する皮相電力を云ひ, キロヴォルトアンペア (kVA) を以て表す。定格力率が指定せられざる場合はこれを遅れ力率 0.8 と看做す。

419. 同期電動機の定格出力 同期電動機の定格出力とは定格周波数, 定格電壓及び定格力率に於て電動機軸に發生する機械的有效出力を云ひ, キロワット (kW) を以て表す。定格力率の指定せられざる場合はこれを 1.0 と看做す。

420. 同期調相機の定格出力 同期調相機の定格出力とは定格周波数, 定格電壓に於て調相機端子に於ける皮相電力を云ひ, キロヴォルトアンペア (kVA) を以て表す。特に明記せざる場合は力率は進み力率(過勵磁)とす。

e. 温度

501. 温度上昇限度 定格試験に於ける機體各部の可測温度上昇は 501 表⁽¹⁾に示す限度を超過すべからず。但 C 種絶緣材料 (508 参照) のみを使用する機械の部分に對しては温度上昇の制限を附せず。

(附記) 本規程に於て單に機械の或る部分の温度上昇と稱するは冷却媒體の温度とその部分の可測温度との差を意味す。

502. 定格電壓 5000 V を超過し且定格出力 500 kVA (又は 500 kW) 以下なる機械の温度上昇限度 この場合に於ける電機子巻線の温度計法による温度上昇限度は 501 表の數値より定格電壓が 5000 V を超過すること 1000 V 又はその端數を加ふる毎に 1.5°C 宛これを低下す。

503. 公稱定格機械の温度上昇限度 415 参照。

(1) 暫定規程あり

504. 周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する場所に使用せらるる機械の温度上昇限度 周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する場所に使用せらるる機械に対しては、501 表の温度上昇限度より冷却媒の温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する温度を減じたるものを限度とす。但周囲温度不明の場合は 10°C を減ずるものとす。

501 表⁽²⁾ 温度上昇限度 (°C)

絶 縁 種 別	A 種絶縁				B 種絶縁			
	温	抵	埋 2	埋 1	温	抵	埋 2	埋 1
1 電機子巻線	50*	60	60	55	70*	80	80	70
2 界磁巻線	(a) P-ピン巻電機界磁					90		
	(b) 平打巻	60	60		80	80		
	(c) (a)(b)を除きたるすべて	50	60		70	80		
3 絶縁せる巻線に近接せる鐵心その他の部分	50				70			
4 穿電環	65				85			
5 絶縁せられざる永久短絡線軸(例へば制動巻線)	附近の絶縁物又はその他の材料に障害を及ぼす温度上昇以下たること							
6 絶縁せられたる巻線に接触せざる部分								
7 軸受					40			
7 軸受メタル中に温度計の素子を埋入したるもの					45			

[附記] 1. *定格電圧 5000 V を超過し且定格出力 500 kVA (又は 500 kW) 以下の機械に対しては 502 を参照すべし。

(1) 暫定規程に於ては 35°C (2) 暫定規程 (501-Z 表) の数値下の如し

絶 縁 種 別	A 種絶縁				B 種絶縁			
	温	抵	埋 2	埋 1	温	抵	埋 2	埋 1
1	50*	70	70	65	75*	85	85	75
2	(a)					95		
	(b)	70	70		85	85		
	(c)	60	70		75	85		
3	60				75			
4	70				90			
5	(本文に同じ)							
6								
7					45			
					50			

- 501 表中風、抵、埋は夫々温度計法、抵抗法、埋入温度計法を表す。
- 501 表中埋 2 は二層以上の巻線の巻線間に埋入したる場合、埋 1 は一層巻線にて巻線と鐵心間に埋入したる場合とす。(501 表参照)
- 軸受の温度上昇は周囲温度を基準として定む。但水冷式のものに就ては 517 (1)(ロ) を適用す。
- 全閉型電機機の電機子巻線、界磁巻線及び鐵心の温度計法及び抵抗法による温度上昇限度は 501 表の数値に 5°C を加へたるものとす。

501 表

505. 標高 1000 m を超過する高地に使用せらるる機械の温度上昇の更正 標高 1000 m を超過する高地に於て使用せらるる機械を海面附近にて試験する場合には、温度上昇限度は 1000 m を超過すること 100 m 又はその端数を加ふる毎に 501 表の温度上昇限度よりその 1% を減じたるものとす。

506. A 種絶縁 A 種絶縁とは A 種絶縁材料を以て絶縁したるものを云ふ。A 種絶縁材料とは木綿、絹、紙及び類似の有機質材料をワニス類その他適當の材料を以て含浸し又は常に油中に浸したるものを云ふ。

合成樹脂(ベークライト類を含む)並に絶縁エナメル等は A 種絶縁材料と看做す。

507. B 種絶縁 B 種絶縁とは B 種絶縁材料を以て絶縁したるものを云ふ。B 種絶縁材料とは雲母、石棉及び類似の無機質材料を接着材料と共に用ひたるものを云ふ。A 種絶縁材料を B 種絶縁材料と共に用ふる場合、A 種絶縁材料は單に構造上の目的に少量使用せられ、これが損することあるも全體として電氣的及び機械的性質を害せざるものは、B 種絶縁材料と看做す。(マイカナイト、石棉紙等の如し)

508. C 種絶縁 C 種絶縁とは C 種絶縁材料を以て絶縁したるものを云ふ。C 種絶縁材料とは生雲母、石棉、磁器、石英及び類似の高温度に耐へ得る材料を云ふ。

509. 數種の絶縁材料を組合せて作られたる絶縁物の温度上昇限度 數種の材料を組合せて作られたる絶縁物に於ては、その中最低の温度上昇限度を有する材料の限度を以てその絶縁物の温度上昇限度とす。但低き温度上昇限度を有する材料を機械の構造上少量使用し且これに絶縁作用を要求せざる場合に於ては本項を適用せず。

511. 温度測定方法の種類 温度測定は次の 3 種の方法によるものとす。

- (1) 温度計法 (2) 抵抗法 (3) 埋入温度計法

515. 同期機各部の温度測定方法 同期機各部の温度は次の方法により測定す。

- (1) 界磁巻線 抵抗法、但平打巻の場合は温度計法によるも可なり。

- (2) 電機子巻線

定格出力 5000 kVA (又は 5000 kW) 以上又は鐵心の長さ 1 m 以上のもの埋入温度計法

定格出力 5000 kVA (又は 5000 kW) 未満のもの 抵抗法又は埋入温度計法

定格出力 500 kVA (又は 500 kW) 以下のもの 抵抗法又は温度計法

- (3) その他の部分 温度計法

2 種以上の温度測定法を用ひたる場合は、何れもその方法に就き定められたる限度以下たることを要す。

519. 連続定格機械の温度試験時間 連続定格機械の温度試験は不變最終温度上昇を決定するに充分なる確證を得る迄試験を續行するものとす。

520. 短時間定格機械の温度試験時間 短時間定格機械の温度試験時間はその定格に

要求せられたる時間たるべし。

521. 短時間定格機械温度試験の初温度 短時間定格機械の温度試験は巻線の可測温度と冷却媒の温度との差が 5°C 以内の時より始むべし。

522. 温度試験の時間の短縮 連続定格機械に於て最終温度に達するに長時間を要する場合は、時間を短縮する爲に運転の初に於て電流、電圧又は双方を増加し、或は冷却水又は通風の量を減少する等の方法により、相當の温度に達したる後定格運転状態となすことを得。

524. 同期機温度試験の負荷方法 下記の何れかによる。(説明略)

- (1) 實負荷法 (2) 零力率法

525. 零力率法の適用

(1) 同期調相機 同期調相機に於ては本法は實際運転状態と殆ど異ならず。(下略)

(2) 力率 0.8 以下の發電機又は電動機 この場合は界磁電流増加の爲實機子は實際運転状態より少しく過熱せらる。然れども開放型低速機械の如き特殊の場合を除き、多くの場合この影響大ならざるを以て、電機子温度上昇には更正を要せず。

界磁巻線の損失は實際状態と相當差異を生ずる故、温度上昇は界磁電流の自乗に比例するものとして更正すべし。

(3) 力率 0.8 を超過する發電機又は電動機 この場合殊に力率 1.0 のものに於ては定格電圧及び定格電流を同時に発生せしむること殆ど不可能なり。依て適當の更正を要す。(下略)

526. 負荷試験を行ひ得ざる場合の温度推定法 (3 方法を挙げあるも省略す)

f. 損失及び能率

602. 同期調相機の損率 同期調相機にありてはキロワット損失を皮相オメガボルトアンペア出力の百分率にて表したるものをその損率と稱す。

本項能率に関する規定事項はこれを損率に對しても準用す。

603. 能率決定の常規條件 能率は次の常規條件に於ける値を以て表すものとする。

(1) 電壓及び周波數——定格値。 (2) 力率——指定値。 (3) 電壓波形——電動機にありては電壓の電壓波形はなるべく正弦波に近きものたること。 (4) 温度——巻線の抵抗損は 75°C に於ける値、その他の損失はなるべく使用温度に近き状態に於ける値。

604. 能率の種類 機器の能率を分ちて規約能率(出力と出力に損失を加へたるものとの比、或は入力より損失を減じたるものと入力との比を云ふ)及び實測能率の 2 種とす。但特に指定せざる場合に於ては規約能率とす。

607. 同期機の機體以外の損失の歸屬 同期機の入力又は出力を決定するに當り機體以外の損失は次の如く定む。

(1) 勵磁機の損失 主機に直結せられ主機に專屬せる勵磁機の損失はこれを主機の損失中に含ましむ。

(2) 界磁抵抗器損 界磁抵抗器損は主機の損失中に含ましむ。他勵磁の場合も同様とす。

(3) 送風機動力 送風機の動力はその專屬せる主機の損失中に含ましむ。但 2 臺以上に共通の場合には各主機の定格出力に比例して分け、その旨別に記載すべし。

(4) 入力又は出力を傳動するベルト、齒車等の損失 これ等は主機の損失中に含ましめず。

(5) 上記以外のものは、測定上分離困難なるものの外主機の損失に含ましめず。

608. 同期機の損失の種類 規約能率の算定には 608 表の諸損失を含む。(607 参照)

g. 絶縁耐力及び絶縁抵抗

701. 絶縁耐力試験 茲に定むる絶縁耐力試験は、新しき機械にして組立を完了したるものに施行し、特に指定せざる時は製造工場に於て温度試験終了後直に施行すべきものとす。

絶縁耐力試験に先ちて絶縁抵抗を測定し、これが 707 の最低限度値以上なることを確むべし。

704. 絶縁耐力試験電壓 試験電壓は 704 表による。試験時間は 60 秒とす。

608 表

	實用上正確に測定し得るもの	近似的に測定し得るもの
界磁回路の損失	界磁抵抗損 界磁抵抗器損 勵磁機の損失	刷子電氣損
一定と看做す損失	鐵損 軸受摩擦損 全風損 刷子摩擦損	
負荷損	電機子巻線の抵抗損	鐵中の滲透負荷損 導體中の滲透負荷損

704 表 試験電壓の表

項	機械及び部分の區別	試験電壓(實數値)	
1	電機子巻線	(a) 定格出力 1kW 又は 1kVA 未満 E=50V 未満 E=50V 以上 250V 未満 E=250V 以上	500V 1000V 2E+500V
		(b) 定格出力 1kW 又は 1kVA 以上	2E+1000V (最低 1500V)
		(c) 定格出力 10000kW 又は 10000kVA 以上 E=2000V 未満 E=2000V 以上 6000V 未満 E=6000V 以上	2E+1000V (最低 1500V) 2.5E 2E+3000V
2	電動機として起動せざる同期機の界磁巻線	10E ₀ (最低 1500V)	
3	電動機として起動する同期機の界磁巻線 (a) 界磁巻線を短絡して起動するもの (b) 界磁巻線を閉路して起動するもの	10E ₀ (最低 1500V) 2E ₁ +1000V	
		2E ₁ +1000V	
4	絶縁せる起動用回轉子巻線	2E ₁ +1000V	

〔注意〕 (1) 704 表中 E は主機の定格電壓、E₀ は勵磁機の定格電壓を表す。

(2) 704 表中 E₁ は回轉子を停止せしめ起動電壓を電機子巻線に加へたる場合の界磁巻線又は起動用回轉子巻線の端子間に於ける誘起電壓とす。但界磁巻線又は起動用回轉子巻線に高抵抗を接続して起動する場合はその状態に於ける端子電壓とす。

(3) 界磁短絡用抵抗値が界磁巻線抵抗値の 10 倍以下の場合を短絡起動と看做して (a) を適用し、10 倍を超過するものには (b) を適用す。

707. 絶縁抵抗 一般に機器の絶縁抵抗は温度、湿度、清潔度等により大なる変化を来すものにして、その値は單に絶縁物の状態即ち水分若くは塵芥等の有無を検して絶縁耐力試験を行ふべき状態にありや否やを示すに過ぎず。然れども通常電機子巻線に対しては下式より得たる數値を以て最低限度と考ふることを得。

$$\frac{\text{定格電壓 (V)}}{\text{定格出力 (kW 又は kVA)} + 1000} \text{ (M}\Omega\text{)}$$

絶縁抵抗は直流 500 V にて測定するを可とす。

h. 電壓變動率

801. 電壓變動率の定義 交流發電機の電壓變動率とは、勵磁及び速度を変更することなく定格出力(定格力率に於けるもの)より無負荷になしたる時の電壓變動の割合を云ひ、これを定格電壓の百分率にて表す。

上記以外の場合に於ける電壓變動率はその指定條件に於ける電壓變動率と稱す。

802. 電壓變動率及び昇磁電流の算定法 實負荷により同期機の電壓變動率及び昇磁電流を測定すること困難なる場合には、次に挙ぐる 4 の方法の中何れかによることを得。この場合にはその算定に何れの方法を使用したかを附記すべし。

- 1. 起電力法 その一
- 2. 起電力法 その二
- 3. 起磁力法 その一} 三相同期機に對して
- 4. 起磁力法 その二} のみ適用す。

(各方法の説明省略)

i. 勵磁機 (901-903) (省略)

j. 波形

1001. 波形の狂ひ率 波形の狂ひ率とはその波と等價正弦波とを兩者の瞬時値の最大差が最小なるが如き位置に於て重ね合せたる場合、その波と等價正弦波との最大差の等價正弦波の最高値に對する百分率を云ふ。

茲に等價正弦波とは自乗平均平方根値の等しき等波長正弦波を云ふ。

1002. 最大許容狂ひ率 同期機の無負荷誘起電壓の波形はなるべく正弦波に近きことを要す。その狂ひ率は端子間に於て 10% を超過すべからず。但定格出力 100 kVA (又は 100 kW) 以下の機械はこの限にあらず。

1003. 高次高調波に對する注意 同期機の無負荷誘起電壓に高次高調波を含む場合には通信線に誘導障害を起さざる程度にこれを制限するを要す。

k. 多相同期機の電氣的平衡 (省略)

l. 機械的要求事項

1203. 同期電動機の過負荷耐力 同期電動機の過負荷耐力とは、その定格電壓、定格周波數及び定格出力に對する昇磁電流の下に、同期を脱する事なく 15 秒間以上耐へ得る最大過負荷を定格出力の百分率にて表したるものを云ふ。特に指定なき場合の同期電動機の過負荷耐力は 50% を以て標準とす。

1205. 同期機の過速度耐力 同期機は 1205 表の過速度に 1 分間耐へ得る構造のものたることを要す。

過速度試験を要求する場合には特にその旨指定するものとす。

1205 表 過速度表

	機械種類	過速度
1	水車發電機	合成無負荷速度
2	蒸気タービン發電機*	定格速度の 115%
3	その他の同期機	定格速度の 125%

* 凸極型をも含む。

1206. 蒸気タービン直結發電機等の臨界速度 蒸気タービン直結發電機その他高速同期機の全回轉部分の計算上の臨界速度は定格速度よりその 20% 以上上下に離るることを要す。

m. 電壓及び周波數の變動の許容限度 (省略)

n. 往復動機械直結同期機 (省略)

o. 起動 (省略)

p. 裕度

1602. 裕度の適用 本規程に準據する仕様書に保證せる數値には總て 1603 の裕度を認む。但仕様書中に最低若くは最高の限度値を保證するものありては本裕度を適用せず。

1603 表 裕度の表

	項目	裕度
1	効率 (η%) (イ) 規約効率 (ロ) 實測効率	0.10 × (100 - η)% 0.15 × (100 - η)%、最小 0.7%
2	損率	某數値の 1/10
3	過負荷電流	保證値の 30%
4	指定勵磁に於ける持續短絡電流	保證値の 15%
5	短絡比	保證値の 15%
6	同期電動機の過負荷耐力 (1203 参照)	保證値の 1/5
7	同期電動機の起動トルク	保證値の 1/5
8	起動 kVA	保證値の 1/5
9	同期發電機の電壓變動率	保證値の 1/5
10	昇磁電流	保證値の 15%
11	はずみ車效果	保證値の 10%

は少くとも次の事項を記載すべきものとす。

- (1) 機械の名稱 (2) 製造者名 (3) 製造番號 (4) 製造年度
- (5) 型式 (6) 相數 (7) 極數 (8) 定格出力 (9) 定格電壓
- (10) 定格電流—電動機の場合は定格出力に於ける電機子電流の近似値
- (11) 定格周波數 (12) 定格速度—毎分回轉數
- (13) 定格力率—力率は同期電動機及び調相機の場合には記載せざることを得。
- (14) 勵磁機定格電壓
- (15) 昇磁電流—指定なき場合は定格出力に於ける近似値、指定ある場合は許容最大値(この場合は「最大」と銘記すること)
- (16) 電機子接続—一般に通用する略圖を記載すること
- (17) 定格の種類—連續定格のものにありては記載せざることを得
- (18) 規程記號—JEC-35 (1934) 又は JEC-35 Z (1938)⁽¹⁾

1703-1704. 回轉方向 (省略)

1705-1707. 端子記號 (省略)

g. 註文又は照會の際記載すべき事項 (省略)

2. 變壓器、誘導電壓調整器及びリアクトル [(JEC-36 (1934))⁽²⁾]

(1) 暫定規程の場合 (2) 暫定規程に依る場合は JEC-35 Z (1938)

a. 適用範囲

101. 本標準規程は下記の器具に適用す。

- (1) 変圧器 (計器用変成器, 起動補償器, 整流器用変圧器, 特殊試験用変圧器, 直列街燈用変圧器, 放電管用変圧器, ラジオ用変圧器及び特殊小型変圧器を含まず)
- (2) 誘導電圧調整器
- (3) リアクトル

b. 定義及び解説

201-209. 器具の分類 変圧器——多巻線変圧器——單巻線変圧器——誘導電圧調整器——接地変圧器——リアクトル——限流リアクトル——消弧リアクトル——消弧變壓器

210-211. 器具の部分 高壓巻線, 中壓巻線及び低壓巻線——一次巻線, 二次巻線及び三次巻線

212-223. 器具の特性 變壓器の定格一次電圧及び定格二次電圧——タップ電圧を有する變壓器の定格電圧——全容量タップ電圧——低減容量タップ電圧——變壓器の定格一次電流及び定格二次電流——接地變壓器の定格電圧及び定格電流——變壓器の巻数比——單巻變壓器の電壓——抵抗降下——リアクタンス降下——インピーダンス降下——變壓器の電圧変動率

224. 最高回路電圧 變壓器を使用する系統に於ける最高回路電圧とは該回路に供給する變壓器の最高二次タップ電圧を云ひ, この電圧は回路の凡ての部分に適用す。

直並列二次接続を有する變壓器の場合に於ける回路電圧は使用せらるる直列又は並列接続に依りてこれを決定するものとす。茲に回路電圧とは線間電圧を云ふ。(特に指定なき限り高壓及び特別高壓系統の最高回路電圧は電線路の公稱電圧の 115% とす。)

225-230. 冷却方式に依る型式の分類 油入自冷式——油入水冷式——油入送油式——油入送風式——送風式——氣冷式

231-232. 内部構造に依る型式の種類 内鐵型變壓器——外鐵型變壓器

c. 使用及び定格

301. 常規使用状態 本規程に於ては次の使用状態を常規使用状態とし, 特に指定なき場合は器具は常規使用状態に於て使用せらるるものと看做す。

- (1) 冷却媒の温度が空氣にありては 40°C, (1) 水にありては 25°C を超過せず, 且
- (2) 冷却媒が空氣なるときは標高 1000 m を超過せざる場所に使用せらるる場合

302. 特殊使用状態 本規程に於ては次の使用状態を特殊使用状態とし, 温度上昇に關し特別の規定を設けたり。(407, 408 参照) この使用状態の場合は特にこれを指定すべし。

- (1) 冷却媒の温度が空氣にありては 40°C, (1) 水にありては 25°C を超過する場所に使用せらるる場合
- (2) 冷却媒が空氣なる時は標高 1000 m を超過する場所に使用せらるる場合

303. 構造に影響すべき使用状態 屋内用屋外用の區別の外, 下記の如き外界の状態にある時は, 通常定格には影響なきも保護上構造に對し特別の考慮を要するを以て, これを製造者に注意せしむることを推奨す。

(1) 暫定規程に於ては 35°C

- (1) 塵地に於て使用する場合
- (2) 潮風を受くる場所に於て使用する場合
- (3) 冷却水の水質不良なる場所に於て使用する場合
- (4) 過潤の場所に於て使用する場合
- (5) 水蒸氣中に於て使用する場合
- (6) 過度の油蒸氣中に於て使用する場合
- (7) 爆発性ガス中に於て使用する場合
- (8) 有害なる蒸氣中に於て使用する場合
- (9) 過度の塵埃中に於て使用する場合
- (10) 異常の震動又は衝撃を受くる場所に於て使用する場合

304. 油の可測温度の圍度 器具を常に浸すべき油は凡ての場合如何なる部分も温度計測定にて 90°C を超過せざるを要す。

305-307. 使用の種類 連続使用——短時間使用——短時間負荷連続使用 (同期機の 404-406 (1698 頁) に同じ)

308-311 及び 313. 定格 定格の定義——日本電氣工業委員會標準定格——連続定格——短時間定格——公稱定格 (同期機の 410-413 及び 415 (1698-1699 頁) に同じ。但短時間定格の時間標準は 30 分, 1 時間及び 2 時間の 3 種のみとす。)

312. 短時間負荷連続定格 短時間負荷連続定格とは, 無負荷にて連続使用し一定温度になりたる後, 本規程中に設くる制限を超過することなく器具の温度が最終一定温度に達せざる範圍の指定せられたる一定時間使用し得る定格を云ふ。

314. 定格の規約 定格の種類に就て特に指定なき時は凡て連続定格と看做す。但電氣鐵道用回轉變流機又は電動發電機等を動作せしむる變壓器は公稱定格, 接地變壓器及び消弧變壓器は短時間負荷連続定格, 消弧リアクトルは短時間定格とす。

315. 定格出力又は定格容量を表示する單位

(1) 變壓器 變壓器の定格出力とは, 定格二次電圧, 定格二次電流, 定格周波数及び定格力率に於て二次端子間に得らるる皮相電力を云ひ, これをボルトアンペア (VA) 又はキロボルトアンペア (kVA) にて表すものとす。茲に定格力率は特に指定せられざる限り 100% と看做す。

多巻線變壓器にありては上記に依り難きを以て, 定格出力は便宜上定格電圧, 定格周波数及び定格力率に於ける各巻線の容量を以て表し, 巻線中容量最大なるものの値を以てその代表出力とす。

(2) 誘導電圧調整器 誘導電圧調整器の定格出力とは, 定格二次電圧, 定格二次電流, 定格周波数及び定格力率に於ける皮相電力を云ひ, これをキロボルトアンペア (kVA) を以て表すものとす。茲に定格力率は二次回路の力率の額にして, 特に指定せられざる限り 80% と看做す。

(3) リアクトル リアクトルの定格容量とは 定格電流及び定格周波数に於て消費する皮相電力を云ひ, これをキロボルトアンペア (kVA) を以て表すものとす。

(4) 接地變壓器 接地變壓器の定格容量とは, 普通の變壓器の如き方法にてその定格電圧及び定格電流より算出せるボルトアンペア (VA) 又はキロボルトアンペア (kVA) を以てこれを定む。

d. 温度

401. 温度上昇の限度 器具又はその部分を冷却すべき空気又は水等の媒種の温度を超過する温度上昇は、定格に従ひて試験する場合 401 表に示す値を超過せざることを要す。但埋入温度計及びこれに類似する最高温度を指示する如き温度計による温度上昇は本表の限度に依らざるものとす。

401 表⁽¹⁾ 温度上昇限度

項	器具の種類	定格の種類	温度測定方法	温度上昇の限度 (°C)	
				A 種絶縁	B 種絶縁
1	油入自冷式器具 油入水冷式器具 (S を除く)	連続又は短時間	抵抗法	55	
2	氣冷式及び送風式器具	連続又は短時間	抵抗法	55	75
			温度計法	60	80
3	接地変圧器		501 参照		
4	油		温度計法	50	
5	各種絶縁物に接觸し或は接近せる金属部分は近接絶縁物に許されたる温度を超過せざること				
6	5 に含まれざる他の金属部の温度は如何なる點に於ても損傷的ならざること				

(附記) (1) 公称定格機器の温度上昇限度は表中 1, 2 共に 5°C 高し。
 (2) 標高 1000 m を超過する高地に使用する器具の温度上昇に関しては 408 参照。
 (3) 氣冷式誘導電圧調整器の温度測定法に関しては説明書 7 参照。(説明書省略)

402. A 種絶縁 同期機の 506 及び 507 (1701 頁) に同じ。
 403. B 種絶縁

407. 冷却空気の温度 空気を冷却媒種とする器具はなるべく 10°C を下らざる任意の周囲温度にて試験すべし。10~40°C の範囲内にては送風式変圧器の場合を除き、凡ての冷却空気温度に對して温度上昇は同一なりと看做す。

送風式變壓器の場合にして導入冷却空気の温度が 40°C より異なる時は、巻線の測定温度上昇に次の比を乗じて更正を加ふべし。

(1) 暫定規程 (401-Z 表) の數値下の如し

項 番 號	温度測定方法	温度上昇の限度	
		A 種絶縁	B 種絶縁
1	抵抗法	65	
2	抵抗法	65	80
	温度計法	70	85
3 ^(油入送油式)	抵抗法	70	
4	温度計法	55	
5, 6	本文に同じ		

* 新に規定せるもの

$$\frac{274.5}{234.5+t} \text{ 茲に } t = \text{導入冷却空気温度 (°C)}$$

408. 標 高

(1) 標高 1000 m 以下の地に於て測定されたる温度上昇より標高 1000 m 以上の地に於ける温度上昇を求むる場合は測定温度上昇に何等更正を加ふるを要せず。

(2) 標高 1000 m 以下の地に於て測定されたる温度上昇より標高 1000 m を超過する高地に於ける温度上昇を算出するには、低地にて測定されたる温度上昇より、その高地の標高が 1000 m を超ゆること 100 m 毎に油入及び氣冷式器具に於ては 0.4% を、送風式器具に於ては 1% を増加すべし。

409. 冷却水の温度 水冷式器具はなるべく 5°C を下らざる任意の冷却水温度に於てこれを試験すべし。5~30°C の限度内にては温度上昇は變らざるものと看做す。

418. 連続定格の器具の温度試験継続時間
 419. 短時間定格の器具の温度試験継続時間 } 同期機の 519, 520 及び 521 (1701-1702 頁) に準ず

421. 温度試験時間の短縮

e. 瞬時負荷の制限

501. 變壓器の短絡電流 凡て變壓器は常規の線間電壓を保ちて使用するものと推定し、使用中次表に示す期間何等故障なく短絡に耐ふるものたるべし。

インピーダンス電壓 (%)	4 未 滿	4	5	6	7 以上
短 絡 時 間 (秒)	25 × (定格電流) にて 2 秒以上	2	3	4	5

多巻線變壓器に對しては他の巻線と組合せて測りたる各巻線の有效インピーダンスを以てその巻線に對する短絡時間を決定す。

上記短絡状態に於ける巻線の温度は次の諸項の假定の下に下記の方法を以て算定し、250°C を超えざることを要す。(下略)

(上記の規定の適用外の場合として記載あるも省略す。)

502. リアクトルの短絡電流 3% 以上のインピーダンス電壓を有する限流リアクトルは、供給端に常規電壓を保ち系統の短絡電流をリアクトルの固有インピーダンスのみにて制限する場合に起り得べき最大電流に對し 5 秒間損傷なく耐ふることを要す。

3% 未滿のインピーダンス電壓を有するリアクトルは、定格電流の 33.3 倍に等しき電流に對し 5 秒間損傷なく耐ふることを要す。(下略)

f. 能率及び損失

602. 能率決定方法 變壓器及び誘導電圧調整器の能率の標準には規約能率を採用す。單巻變壓器及び誘導電圧調整器に於ては能率の代りに損失を指定することを得。多巻線變壓器に於ては能率の代りに損失を指定するものとす。茲に損失とは各巻線の負荷損の和及び無負荷損を云ふ。

603. 能率決定に於ける常規の條件 下の如し。

- (1) 電壓、電流及び周波數——定格値。
- (2) 出力——特に指定なき限り定格値。
- (3) 波形——正弦波 (特殊のものは別)。
- (4) 力率——特に指定なき限り 100%。
- (5) 温度——凡ての出力に對して 75°C の温度に更正すること。

605. 變壓器に於ける損失の分類

- (1) 無負荷損——鐵損, 勵磁電流による巻線の抵抗損及び絶縁物に於ける誘電體損。
- (2) 負荷損——負荷電流による抵抗損, 漏洩負荷損 (巻線鐵心押へ及びその他に於ける漏洩磁束によるもの) 及び循環電流による損失 (並列巻線を有する或る場合に特有)。

609. 誘導電壓調整器に於ける損失の分類 (605 に類似)

610. リアクトルに於ける損失 (省略)

g. 電壓變動率

701. 變壓器電壓變動率の決定條件

- (1) 電壓 電流及び周波數——定格値。(2) 出力——特に指定なき限り定格値。
- (3) 波形——特に明示なき限り正弦波。(4) 力率——特に指定なき限り 100%。
- (5) 温度——凡ての出力に對して 75°C の温度に更正すること。

h. 絶縁耐力及び絶縁抵抗

801-803. 絶縁耐力試験を施行すべき場所, 温度及び器具(又は装置)の状態 同期機の 701 (1703 頁) に準ず。尚塵埃又は濕氣により絶縁抵抗の低き時は試験をなすべからず。

試験電壓表

項	器具	絶縁耐力標準試験電壓	誘導絶縁試験の標準試験電壓	
1	2, 3 以外の調壓器及び誘導電壓調整器	最高回路電壓 4500 V 超過	$2E_1 + 1000 V$	
		4500 V 以下	10000 V	
		1000 V 以下	4000 V	
		250 V 以下	1500 V	
2	送配電線に接続せざる誘導電壓調整器	$2E_1 + 1000 V$ 但最低 1500 V	$2E_1$	
	試験用變壓器	定格電壓 250000 V 以上	非接地式の場合に 限り本試験を用ふ。 その電壓は右に同じ。	$1.1E_1$
		50000 V 以上		$25000 + E_1$
		25000 V 以上		$25000 + E_1$
		25000 V 未満		$2E_1$
4	炭絶縁變壓器(一端子直接接地のもの)	接地側端子 10000 V	$2.75E_1 + 1000 V$	
5	限流リアクトル		$2.25E + 2000 V$	
6	消磁リアクトル	接地側端子 10000 V	$2E + 1000 V$	
7	消磁變壓器	一次	$2E + 1000 V$ 接地端子 10000 V	
		二次	$2E_2 + 1000 V$	

E = 最高回路電壓 (V), E_1 = 常起電壓 (V), E_2 = 動作時に於けるリアクトル端子電壓 (V)

804. 試験電壓の周波數及び波形 試験電壓は 806 の場合を除き周波數 100 Hz 以下の交流電壓にして, その波形はなるべく正弦波に近きことを要す。

若し電壓波形が著しく正弦波より異なる場合には, 試験電壓は規定試験電壓に 1.41 を乗じたる最高値を有するものとす。

806-813. 試験電壓及び試験時間 試験電壓は前頁の表による。

試験加壓時間は 60 秒とす。但誘導絶縁試験にして 120 Hz を超過する電壓によるものは, その時間を $t = \frac{120 \times 60}{f}$ 秒に短縮するを要す。又大量に生産せらるる器具及び装置にして標準試験電壓 2500 V 以下のものは, 試験電壓を 20% 高め 1 秒間試験し本試験に代ふることを得。尚試験用變壓器の試験時間は 5 分とす。

i. 電壓の變化 (省略)

j. 裕度

1002. 裕度の適用 本規程に準據する仕様書に保證する數直には總て 100% の裕度を認む。但仕様書中に最低若くは最高の限度値を保證せるものにありては本裕度を適用せず。

1003. 裕度の表 裕度は 100% 表による。

100% 表 裕度の表

項	目	裕度
1	能率 (%) 契約能率	0.10 (100-η) %
2	損失 (イ) 全損失 (ロ) 變壓器の各損失	全損失の 1/10 各損失の 1/7
3	變壓器の無負荷電流	保證電流の 8/10
4	變壓器の電壓變動率	保證値の 1/7
5	變壓器の無負荷變壓比	實測インピーダンス電壓 保證變壓比の $\frac{10 \times \text{定格電壓}}{10 \times \text{定格電壓}}$ 但最大を保證變壓比の 1/200 とす。 (1) 附記 1. 變壓器がタップ電壓を有する場合には指定せられたる一つのタップ電壓に對してのみ適用す。 2. タップ電壓を指定せられざる場合は定格電壓にのみ適用す。
6	變壓器のインピーダンス電壓 (短絡電壓)	保證インピーダンス電壓の 1/10 但同一定格の變壓器を同時に同一工場に於て製作せし場合のインピーダンス電壓の最大最小の差は平均値の 1/10 以内とす。 (2) 附記 1. 變壓器がタップ電壓を有する場合にはインピーダンス電壓が指定せられたるタップ電壓に對してのみ適用す。 2. タップ電壓を指定せられざる場合には定格電壓にのみ適用す。
7	限流リアクトルの定格電流に於けるインピーダンス電壓	保證値の 15%

k. 端子記號

1101-1106. 單相變壓器 $U-V/u-v, U_1U_2-V_1V_2/u_1u_2-v_1v_2$
 $U-V/u_1, v_2-u_2, v_1$ (柱上變壓器の例), $U-V/a-b/u-v$ (三巻線變壓器の例) の如し。詳細略す。

1107-1113. 三相變壓器 $U-V-W/u-v-w$ の如し。詳細略す。

- 1114-1118. 三相六相変圧器 $U-V-W/u-v-w$ の如し。詳細略す。
- 1119-1122. 单相巻巻変圧器 $U-V/u, U-V_2-V_1/u_1-u_2$ の如し。詳細略す。
- 1123-1126. 三相巻巻変圧器 $u-U/v-V/w-V$ 即ち $U-V-W/u-v-w$ の如し。詳細略す。
- 1127-1129. 单相誘導電圧調整器 $U-V/u-v(v=U)$ 又は $U-V/u-V$ (内部に單巻接続ある場合) の如し。U, V は回轉子の端子とす。詳細略す。
- 1130-1132. 三相誘導電圧調整器 $x-y-z/U-V-W/u-v-w$ の如し。U, V, W は回轉子の端子とす。詳細略す。

1. 銘板に記載すべき事項

1201. 銘板に記載すべき一般事項 (前略) 本標準規程の定格による器具の銘板には次の各項を記載すべきものとす。

- (1) 器具の名稱 (2) 規程番號—JEC-36 (1934) 又は JEC-36 Z (1938)⁽¹⁾
- (3) 製造者名 (4) 製造番號 (5) 製造年月 (配電用變壓器の場合を除く)
- (6) 定格の種類 (配電用變壓器の場合を除く)
- (7) 標高 (1000 m を超過する場所に使用される器具に限りその高さ)

1202 變壓器の銘板に記載すべき事項 1201 の外に次の各項を記載すべきものとす。但變壓器の種類に依りて取捨することを得。

- (1) 外鐵型内鐵型の別 (2) 周波數 (3) 相數 (4) 出力 (kVA)
- (5) 電壓 (V)—定格電壓及びタップ電壓 (下略)
- (6) インピーダンス電壓 (%)—多巻線變壓器にありてはその基準 kVA を附記すること。
- (7) 定格二次電流 (A) (8) 線圖 (9) 水量 (l/m) (10) 油量 (l 又は 1/m)
- (11) 總重量及び中味重量 (kg)—50 kVA 以下のものにありては省略す。
- (12) 段絶縁の場合はその旨

1203. 單巻變壓器 1202 の外線路容量をも記載すること。

1204. 誘導電圧調整器 電壓として定格一次電壓及び調整範圍を記載する外 1202 による。

1205. 限流リアクトル 1201 の事項の外に次の各項を記載すべきものとす。

- (1) 周波數 (2) 相數 (3) 容量 (kVA) (4) 回路電壓 (V)
- (5) 電流 (A) (6) 百分率リアクタンス

1206. 消弧リアクトル 1201 の事項の外に次の各項を記載すべきものとす。

- (1) 周波數 (2) 容量 (kVA) (3) 電壓 (V)—線路の星形電壓
- (4) 電流 (A)—各タップに於ける電流
- (5) リアクタンス (Ω)—各タップに於ける値 (6) 線圖 (7) 油量 (l)
- (8) 總重量及び中味重量 (kg) (12) 段絶縁の場合はその旨

m. 器具の照會並に注文の際必要なる記載事項 (省略)

3. 誘導電動機及び一般誘導機 [JEC-37 (1934)⁽¹⁾]

a. 適用範圍

101. 本標準規程は 300 W 以上の各電機に適用す。

- (1) 暫定規程の場合 (2) 暫定規程に依る場合は JEC-37 Z (1938)

- (1) 誘導電動機 1000 W 未満の单相小型誘導電動機を除く。
- (2) 誘導發電機及びその他一般誘導回轉機

b. 定義

201-210. 動作による誘導機の種類 誘導機—誘導電動機—籠形誘導電動機—巻線型誘導電動機—分相型单相誘導電動機—反撥起動型单相誘導電動機—反撥誘導型单相電動機—誘導發電機—誘導周波數變換機—非同期調相機

211-214. 速度による誘導機の種類 定速度電動機—多速度電動機—加減速度電動機—變速度電動機

215-219. 外殼の型による誘導機の種類 開放型—半閉型—閉鎖通風型—全閉型—全閉外被通風型

220-234. 保護方式による誘導機の種類 防塵型—耐塵型—防滴型—耐濕型—防水型—耐水型—水中型—氣密型—耐ガス型—耐酸型—全閉耐爆型—防塵耐爆型—防爆型—耐爆集電環型—防爆集電環型

235-239. 冷却方法による誘導機の種類 自然冷却型—自己通風型—他力通風型—水冷型—油冷型

c. 使用狀態

301-302. 常規使用狀態及び特殊使用狀態 同期機の 401-402 (1697 頁) に同じ。

303. 構造に影響すべき使用狀態 誘導電動機その他一般誘導機は極めて廣汎なる用途に充てらるるを以て、なるべく詳細なる使用狀態を指示すべし。(下略)

304. 起動狀態 誘導電動機の起動電流、起動トルクその他の起動狀態は誘導機及び附屬器具の設計に關係することある故、なるべく詳細なる指示を製作者に與ふべきものとす。(下略)

d. 使用の種類

401-406. 連續使用—短時間使用—短時間負荷連續使用—斷續使用—反覆使用—變負荷連續使用 同期機の 404-406 (1697 頁) に同じ。

e. 定格

501-502. 定格—日本電氣工業委員會標準定格 「同期機」の 410-411 (1698 頁) に同じ。

503. 定格出力の單位 定格出力は次の如き單位にて表すものとす。

- (1) 誘導發電機 一次端子間の皮相電力をボルトアンペア (VA) 又はキロボルトアンペア (kVA) にて表すものとす。
- (2) 誘導電動機 軸に發生する機械的有效出力をワット (W) 又はキロワット (kW) にて表すものとす。
- (3) 非同期調相機 零力率に於ける一次端子間の皮相電力をボルトアンペア (VA) 又はキロボルトアンペア (kVA) にて表すものとし、特に指定せざる場合は力率は進み力率とす。
- (4) 誘導周波數變換機 二次端子間の皮相電力をボルトアンペア (VA) 又はキロボルトアンペア (kVA) にて表すものとす。

504-508. 連續定格—短時間定格—短時間定格の時間標準—斷續使用、反覆使用及び變負荷使用に對する定格—定格及び使用の指定せられざる場合 同期機の 412-417 (1699 頁) に同じ。

509. 二種電壓電機¹⁾の定格 定格電壓の二範囲内に動作する電機に於て特に指定せざる限りは、その定格電流は最高電壓に於て決定すべきものとす。

510. 多速度電機²⁾の定格 二種又はそれ以上の不變速度電機は各速度に對し定まれる定格を銘記すべきものとす。

511. 加減速度電機³⁾の定格 加減速度電機は最大速度及び最小速度の各に對する定格を銘記すべきものとす。

f. 温度

601. 連続定格及び短時間定格に對する温度上昇の限度 連続定格及び短時間定格に於ては温度上昇は601表の限度を超過すべからず。但温度は温度計法にて測定すべきものとす。

601 表⁽¹⁾ 誘導機に於ける温度上昇の限度

項	機械の部分	機械の型の種類	温度上昇限度 (°C)		
			O 種絶縁	A 種絶縁	B 種絶縁
1	巻 線†	全閉型以外のもの	35	50	70
		*全閉型	40	55	75
2	鐵心その他機械的部分にて絶縁物に近接する部分	全閉型以外のもの	35	50	70
		*全閉型	40	55	75
3	集電盤、整流子及び絶縁せられたる籠形巻線	凡ての型	50	65	85
4	刷毛保持器、刷毛等は別に限度を設けず、機械的に差支なき限りの温度上昇を許し得				
5	絶縁せられたる籠形巻線は別に限度を設けず、機械的に差支なき限りの温度上昇を許し得				
6	軸 受	外部より測定するもの	40		
		軸受メタル中に温度計先を埋入したるもの	45		

1. 周囲温度 40°C⁽²⁾ を超過する場所に於て使用する場合は、該温度と 40°C⁽²⁾ との差だけ本表の許容温度上昇限度を減ずるものとす。但周囲温度不明の場合は 10°C を減ずるものとす。
 2. 標高 1000 m を超過する場所に於て使用する場合は、可測温度上昇の限度は 1000 m を超過すること 100 m 又はそれ以下を増す毎に本表の温度上昇限度より 1% を減ずるものとす。
 3. 水冷型電機に於ては冷却水の温度は 25°C 以下とし、機械各部の可測温度上昇限度は 601 表に示したる限度より 10°C 丈増加するものとす。
- † 5000 V 以上の機械に於ては 1000 V 又はそれ以下を増す毎に本項規定の温度上昇限度より 15°C を減ずるものとす。
* 全閉型には全閉外被通風型を含む。

(1) 暫定規程 (601-Z 表) の數値下の如し (2) 暫定規程に於ては 35°C

項	温度上昇限度 (°C)		
	O 種絶縁	A 種絶縁	B 種絶縁
1	45	60	75
	50	65	80
2	45	60	75
	50	65	80
3	65	70	90
4, 5	(本文に同じ)		
6	45		
	50		

602. O 種絶縁 O 種絶縁とは O 種絶縁材料を以て絶縁したるものを云ふ。O 種絶縁材料とは木綿、絹、紙及び類似の有機質材料にしてワニス類にて含浸せざるもの又は常に油中に浸さざるものを云ふ。

603. A 種絶縁 同期機の 506 及び 507 (1701 頁) に同じ。

604. B 種絶縁

605. 温度計法 誘導機の温度は温度計法によりて測定するものとす。下略。

611-613. 温度試験の時間 同期機の 519-522 (1701-1702 頁) に同じ。

g. 機械的要求事項

703. 連続定格誘導電動機の停動トルク 連続定格の誘導電動機は特に指定なき限り定格電壓に於て定格出力に該當するトルクの 175% にて停止せざるものたるべし。

704 表 過速度表

機 械 種 類	過 速 度
1 一般誘導機	定格速度の 125%*
2 水車發電機	合成無拘束速度
3 蒸気タービン發電機	定格速度の 115%

* 同期速度以上にて運轉するものはその最高速度の 125%

704. 誘導機の過速度耐力 誘導機は 704 表の過速度に 1 分間耐へ得る構造のものたることを要す。

過速度試験を要求する場合には特にその旨指定するものとす。

h. 能率及び力率

803-805. 能率の種類—規約能率及び實測能率 同期機の 604 (1702 頁) に同じ。

807. 機械的出力を測定する點 機械的出力は電動機軸に於て測定すべきものにしてベルト又は齒車の損失を含まざるものとす。但變速装置が機械の一部分と看做さるるものはこの限にあらす。

808-809. 能率決定の常規條件 同期機の 603 (1702 頁) に同じ。

810. 損失 規約能率の算定には次の諸損失を含むものとす。

- | | | | | |
|-------------------|---|------------|--------|----------------|
| 一定と看做す損失
(固定損) | } | (1) 鐵損 | 直接負荷損 | (5) 固定子巻線中の抵抗損 |
| | | (2) 軸受摩擦損 | | (6) 回轉子巻線中の抵抗損 |
| | | (3) 全風損 | | (7) 刷子の電氣損 |
| | | (4) 刷子摩擦損 | | |
| 添 差 負 荷 損 | } | (8) 鐵中のもの | その他の損失 | (10) 送風機動力等 |
| | | (9) 導體中のもの | | |

811-812. 能率及び力率の算定 (前略) 多相誘導電動機 (二重籠形、深溝籠形のもの及び磁性體の保護環を有するものを除く) の能率及び力率は特に指定せざる場合は圖解圖法又はスタインメツツ氏計算法によりてこれを算定すべきものとす。

i. 絶縁耐力及び絶縁抵抗

901. 標準試験電壓

(1) 一般 特別に指定なき場合は試験電壓は定格電壓の 2 倍に 1000 V を加へたるものとし、最低を 1500 V とす。

(2) 巻線型回轉子、巻線型回轉子の試験電壓はその最大誘起電壓の 2 倍に 1000 V を加へたるものとし、最低を 1200 V とす。

起動補償器を用ひて起動する巻線型誘導機にありては、その回轉子の試験電壓は補償器

と組合せて起動する場合に同轉子に發生する最大誘起電壓の 2 倍に 1000 V を加へたるものとす。

殆ど全速度に同轉せる時その方向を變更する爲切換を爲すものありては試験電壓は最大誘起電壓の 4 倍に 1000 V を加へたるものとす。

902. 試験時間

- (1) 一般 試験時間は電壓が規定値に達したる後 1 分間とす。
(2) 多量生産の標準機械 多量生産の標準機械にて試験電壓 2500 V 以下のものありては 901 の標準試験電壓の 120% にて 1 秒間加壓することを得。

903. 絶縁耐力試験を行ふべき状態 本規程の絶縁耐力試験は新しき機械にして組立を完了したるものに施行し、特別の事情なきときは製造工場に於て温度試験終了後直に施行するものとす。

絶縁耐力試験に先ちて絶縁抵抗を測定しこれが 908 の規定限度以上なることを確むべし。

908. 絶縁抵抗 同期機の 707 (1704 頁) に同じ。

j. 標準同轉方向

k. 口出線

l. 電壓及び周波数の變化の許し得る限度

m. 裕度

1302. 裕度の適用 本規程に準據する仕様書に保證せる數値には總て本裕度を認む。但仕様書中に最低若くは最高の限度値を保證せるものありては本裕度を適用せず。

1303. 裕度の表 裕度は下表による。

1303 表 裕度の表

Table with 3 columns: Item (項目), Description (説明), and Allowance (裕度). It lists various electrical parameters like efficiency, power factor, and currents with their respective allowance percentages.

n. 機械に表示すべき事項

1401. 誘導機銘板記載事項 誘導機銘板には次の各項を記載するものとす。

- (1) 機械の名稱 (2) 製造者の定めたる型式 (3) 定格出力
(4) 定格の種類 (5) 相數 (6) 同轉數—定格出力に相當する毎分同轉數
(7) 周波數 (8) 極數 (9) 電壓(一次) (10) 電流(一次)
(11) 二次電壓—同轉子が静止せるとき集電環の間に誘起する電壓
(12) 二次電流—刷子電流の近似値 (13) 製造番號 (14) 製造者名
(15) 製作年度 (16) 規程記號—JEC-37 (1934) 又は JEC-37 Z (1938)

(1) 暫定規程の場合

1403-1408. 端子記號 (省略)

o. 注文又は照會の際記載すべき事項 (省略)

4. 直流機 [JEC-54 (1938)]⁽¹⁾

a. 適用範圍

101. 本標準規程は下記の同轉機に適用す。

- (1) 直流發電機 (2) 直流電動機 (3) 其の他の直流機
同轉變流機及び鐵道車輛用直流機に對する規程は別に設く。

b. 定義

901-218. 直流機の種類 發電機—直流發電機—交叉磁界發電機—第三刷子發電機—昇壓機—直流三線式發電機—電動機—直流電動機—トルク電動機—電動發電機—復流發電機—多巻線直流機—直流電氣動力計—單極發電機—直流變壓機—均壓機—發電動機

219-234. 直流機に関する術語 内分巻及び外分巻—補償巻線—安定巻線—均壓線—均壓環—平衡線輪—分流加減器—刷子接觸紐(ビグテール)—閃火隔壁—刷子の進及び退—飽和曲線—外部特性曲線—合成外部特性曲線—垂下特性—ワードレオナード方式—イルグナー方式

c. 直流機の種類

301-304. 勵磁方式による分類 自動發電機—自動電動機—他勵發電機—磁石發電機

305-311. 勵磁巻線による分類 分巻電機—直巻電機—複巻電機—他勵磁付分巻電機—他勵磁付複巻電機—直巻付他勵電機—特殊勵磁電機

312-327. 用途による分類 (略)

328-336. 速度による分類 定速度發電機—多速度發電機—加減速度發電機—變速度發電機—定速度電動機—多速度電動機—加減速度電動機—變速度電動機—加減變速度電動機

337-344. 電壓、電流による分類 定電壓發電機—多電壓發電機—加減電壓發電機—變電壓發電機—加減變電壓發電機—定電流發電機—垂下特性發電機—定出力發電機

345-349. 外殼の型による分類 開放型—半閉型—閉鎖通風型—全閉型—全閉外被通風型

350-359. 保護方式による分類 防塵型—防滴型—水中型—防水型—氣密型—耐ガス型—耐酸型又は耐アルカリ型—全閉耐爆型—狹隙耐爆型—防爆型

360-362. 冷却方式による分類 自然冷却型—自己通風型—他力通風型

363-367. 動力傳達装置による分類 (略)

368-374. 取付構造による分類 橫軸—豎軸—天井取付型—壁掛型—片持型—フランジ型—埋込型

d. 使用及び定格

401. 常規使用狀態 本規程に於ては、次の使用狀態を常規使用狀態とし、特に指定なき場合は機械は常規使用狀態に於て使用せらるるものと看做す。

(1) 暫定規程の場合は JEC-54 Z (1938)

(1) 周囲温度 40°C⁽¹⁾ を超過せず、且つ

(2) 標高 1000 m を超過せざる場所に使用せらるる場合。

402. 特殊使用状態 本規程に於ては、次の使用状態を特殊使用状態とし、温度上昇に關し特別の規程を設けたり。(502, 503 参照) 此の使用状態の場合は特に之を指定すべし。

(1) 周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する場所に使用せらるる場合。

(2) 標高 1000 m を超過する場所に使用せらるる場合。

403. 構造に影響すべき使用状態 次に掲ぐる如く、機械の製作上特別の考慮を要する使用状態に対しては、特に指定すべし。

同期機の 403 (1698 頁) の外下の如き場合を加ふ。

- (イ) 酸又はアルカリ等の腐蝕性液體が附着する處ある場所
- (ロ) 水中
- (ハ) 坑内 (ニ) 船舶内 (ホ) 航空機内 (ヘ) 周囲温度の變化大なる場所
- (ト) 非常に寒き場所……に使用せらるる場合
- (チ) 振れ振動を受くる處ある場合
- (リ) 負荷による推軸力ある場合
- (ヌ) はすみ車効果の大なる場合
- (ル) 特殊取付を要する場合
- (ヲ) 急激なる速度調整停止又は逆轉をなす場合
- (ワ) 並行運轉をなす場合

404. 起動状態 (略)

405-413. 使用の種類及び適用 連続使用—短時間使用—短時間負荷連続使用—断続使用—断続負荷連続使用—反覆使用—變負荷連続使用—變負荷断続使用 (同期機の 401-409 (1698 頁) に準ず)

414-421 定格 一般的定義—日本電氣工業委員會標準定格—連続定格—短時間定格—公稱定格等 (同期機の 410-417 に同じ)

422. 直流通電機の定格出力 直流通電機の定格出力とは、定格速度、定格電圧に於て發電機端子に於て利用し得る電力を云ひ、ワット (W) 又はキロワット (kW) を以て表す。

423. 直流通電機の定格出力 直流通電機の定格出力とは、定格速度、定格電圧に於て電動機軸に發生する機械的有效出力を云ひ、ワット (W) 又はキロワット (kW) にて表す。

424-434. 特殊直流通電機の定格 400 表の通りとし、之を銘記すべし。

400 表

條 項	直流通電機の種類	銘記すべき定格
424	多速度發電機	各速度に於ける定格
425	加減速度發電機	最高及び最低速度に於ける定格
426	變速度發電機	最高及び最低速度に於ける定格
427	多電壓發電機	各端子電壓に於ける定格
428	加減電壓發電機	最高及び最低の各端子電壓に於ける定格
429	變電壓發電機	定格の基準となるべき端子電壓を決定し、その電壓に於ける定格
430	加減變電壓發電機	最高及び最低の基準端子電壓 (429 参照) に於ける定格
431	多速度電動機	各速度に於ける定格
432	加減速度電動機	最高及び最低速度に於ける定格
433	變速度電動機	定格の基準となるべき速度を決定し、その速度に於ける定格
434	加減變速度電動機	最高及び最低の基準速度 (433 参照) に於ける定格

(1) 暫定規程に於ては 35°C

435. 直流通電機力計の定格 直流通電機力計に於ては、發電機として用ひらるるか電動機として用ひらるるかにより夫々輸入力又は軸出力を以て定格を定むるものとす。

[注意] 電動發電機用電動機は、發電機と無關係に其の定格を満足すべきものなれども、特に指定なき限り便法として、電動機側の電壓其の他を定格値に保ち主發電機を其の定格に使用したる場合に、電動機が本規程に合格することを以て其の定格を満足するものと看做すものとす。

e. 温度

501. 連続定格及び短時間定格に対する温度上昇限度 連続定格及び短時間定格に於ては、温度計法により測定したる各部の温度上昇は 501 表⁽¹⁾の限度を超過すべからず。

504. 公稱定格に対する温度上昇限度 公稱定格に於ては、其の定格に於て連続負荷し、一定温度に達したる後更に 150% 負荷電流にて 2 時間運轉せる後、温度計法にて測定したる各部の温度上昇は 504 表⁽¹⁾の限度を超過すべからず。

501+504 表⁽¹⁾ 直流通電機に於ける温度上昇

項	機械の部分	外殼の型の種類	温度上昇限度 (°C)			
			公稱定格以外		公稱定格	
			A 種絶緣	B 種絶緣	A 種絶緣	B 種絶緣
1	巻 線	全閉型以外のもの	50	70	55	75
		*全閉型	55	75	60	80
2	鐵心其の他機械的部分にて絶緣物に近接する部分	全閉型以外のもの	50	70	55	75
		*全閉型	55	75	60	80
3	露出せる巻線又は接續導體	全閉型以外のもの	60	80	65	85
		*全閉型	65	85	70	90
4	整流子並に集電環	總ての型	65	85	65	85
5	軸 受	外部より測定するもの	40		40	
		軸受メタル中に温度計先端を埋入したるもの	45		45	
6	刷毛保持器、刷毛等は別に制限を設けず機械的に支障なき限り温度上昇を許し得					

(1) 暫定規程 (501-Z 表及び 504-Z 表) の數値下の如し。

項	温度上昇限度 (°C)			
	公稱定格以外		公稱定格	
	A 種絶緣	B 種絶緣	A 種絶緣	B 種絶緣
1	60	75	65	80
	65	80	70	85
2	60	75	65	80
	65	80	70	85
3	70	85	75	90
	75	90	80	95
4	70	90	70	90
5	45		45	
	50		50	
6	(本文に同じ)			

【附記】

- (1) *全閉型には全閉外被風扇をも含む。
- (2) 航空機用及び自動車用直流機には本表数値は必ずしも適用せられざる場合あり。
- (3) 水冷型軸受に於ては、冷却水入口の温度を基準として表したる温度上昇限度は、上表の値に 10°C を加へたるものとす。但冷却水入口の温度は 20°C 以下の場合に限る。
- (4) 整流子並に集電環の種類に關しては、整流子構造に必要な絶縁物のみならず、整流子及び集電環の熱の影響を受くべき近接部分の絶縁物の種類を併せ考慮すべきものとす。

502. 周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する場所に使用せらるる機械の温度上昇限度 周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する場所に使用せらるる機械に對しては、夫々 501 表及び 504 表の温度上昇限度より、周囲温度が 40°C⁽¹⁾ を超過する温度を減じたるものを限度とす。但周囲温度不明の場合は 10°C を減ずるものとす。

503. 標高 1000 m を超過する高地に使用せらるる機械の温度上昇限度 標高 1000 m を超過する高地に於て使用せらるる機械を海面附近にて試験する場合にありては、温度上昇限度は 1000 m を超過すること 100 m 又は其の地敷を加ふる毎に、夫々 501 表⁽²⁾ 及び 504 表⁽²⁾ の湿度上昇限度よりその 1% を減じたるものとす。

505. A 種絶縁 } 同期機の 506 及び 507 (1701 頁) に同じ。
506. B 種絶縁 }

507. 温度計法 直流機の温度は温度計法によりて測定するものとす。下略

513-514. 温度試験の時間 同期機の 513-522 (1701-1702 頁) に同じ。

f. 損失及び能率

603-604. 能率の種類——規約能率及び實測能率 同期機の 604 (1702 頁) に同じ。

605-606. 能率決定の常規條件 電壓及び回転数を定格値とし、温度は實測能率に在りては温度試験直後の温度、規約能率に在りては、巻線の抵抗は 75°C に於ける値、その他の損失はなるべく使用温度に近き状態に於ける値とす。

607 直流機機種以外の損失の歸屬 直流機の入力又は出力を決定するに當り、機體以外の損失は次の如く定む。

(1) 勵磁機の損失 主機に直結せられ、主機に專屬せる勵磁機の損失は之を主機の損失中に含ましむ。

其の他の勵磁機の損失は、其の設備全體に抱括せしめ機械に含ましめず。

(2) 界磁抵抗器損 界磁抵抗器損は主機の損失中に含ましむ

他勵磁の場合も同様とす。

(3) 送風機動力 送風機の動力は、其の專屬せる主機の損失中に含ましむ。但し 2 臺以上に共通の場合には各主機の定格出力に比例して分け、其の旨別に記載すべし。

(4) 上記以外のものにして測定上分離困難なるものは主機の損失中に含ましむ。

611. 負荷により増減する鐵損 負荷により増減する鐵損とは、機械を成る電壓及び回転数の下に負荷したる場合に生ずる總磁束による鐵損と、該電壓及び回転数に於ける無負荷鐵損との差を云ふ。

上記の總磁束及び回転数に於ける無負荷鐵損を以て、負荷したる場合の總鐵損と看做すものとす。

(1) 暫定規程に於ては 35°C. (2) 暫定規程に於ては前頁附註の表。

608-613. 規約能率決定に必要な諸損失 規約能率の算定には次の諸損失を含む。

種 類	規 約 値
界磁回路の損失 分巻及び他勵磁巻線の抵抗損 界磁抵抗器損 勵磁機の損失	75°C に於けるもの 同 上 同 上
負荷電流に無關係に一定と看做す損失 無負荷鐵損 摩擦損 (刷子摩擦損をも含む) 風 損 送風機動力	定格電壓及び定格回転数に於ける測定値 定格回転数に於ける測定値 同 上 —
直接負荷損 負荷により増減する鐵損 電機子巻線中の抵抗損 直巻巻線中の抵抗損 刷子の電氣損	611 の通とす 75°C に於けるもの 同 上 各刷子につき炭素刷子は 1 V (接觸電圧なくば 1.5 V) 金屬刷子は 0.25 V の電壓降とす。
漂遊負荷損 線中の漂遊負荷損 導體中の漂遊負荷損 整流作用により増加せる刷子損	614 の通とす

614. 漂遊負荷損 漂遊負荷損とは、負荷により増加する損失中より、直接負荷損を排除せるものを云ふ。

漂遊負荷損は一般に測定困難なる爲、規約能率の決定には漂遊負荷損を無視して算出せる百分率能率より下記の規約値を減ずるものとす。

負 荷	100%	75%	50%	25%	
能率より控除すべき百分率	補償巻線なき電機	1.00%	0.75%	0.50%	0.25%
	補償巻線付電機	0.50%	0.38%	0.25%	0.13%

表に掲げたる以外の負荷に對しては比例配分による。

g. 絶縁耐力及び絶縁抵抗

703. 加壓時間 先づ試験電壓の 1/3 以下の電壓を加へ、夫より試験電壓まで電壓計にて其の時々電壓が表示され得る範圍に於て出来る丈早く上昇せしめ、試験電壓に達したる後 1 分間連続加壓するものとす。

704. 絶縁耐力試験電壓 試験電壓は 704 表による。

704 表 試験電圧の表

項	機械及び部分の區別	試験電圧 (實効値)
1	電機子巻線及び昇磁巻線	(a) 定格出力 1kW 未満 E=50 V 未満 E=50 V 以上 250 V 未満 E=250 V 以上 1000 V 未満 E=1000 V 以上 500 V 1000 V 2E+1000 V 1.25E+2500 V
		(b) 定格出力 1kW 以上 100kW 未満 E=1000 V 未満 E=1000 V 以上 2E+1000 V (最低 1500 V) 1.25E+2500 V
		(c) 定格出力 100kW 以上 2E+1000 V (最低 1500 V)
2	励磁機	(a) 直巻機用 第 1 項による
		(b) 同巻機用 10E (最高 3500 V) (最低 1500 V)
3	多巻線直巻機	(a) 各巻線別立して使用せらるる場合 試験せらるる巻線と大地及び他巻線との間に、供試巻線の定格電圧を標準として第 1 項による電圧を加ふ。
		(b) 兩巻線が直列に接続して使用せらるる場合 大地と巻線間及び巻線相互間、直列に接続せる時の定格端子電圧を標準として第 1 項によること。

【注意】(1) 上表中 E は其の適用部分により、電機子巻線にありては其の端子電圧、昇磁巻線にありては其の励磁電圧を表す。但し昇磁機の場合は回路電圧を用ふるものとす。
(2) 同期励磁機に就きては上表第 1 項を適用す。
(3) 昇磁抵抗器及び起励抵抗器の試験電圧は、之が附屬する主機に準ずるものとす。

705. 絶縁耐力試験に於ける波形及び周波数 絶縁耐力試験には交流電圧を用ひ、其の波形は成るべく正弦波に近きことを要す。若し試験電圧の波形が著しく正弦波より異なる場合は、試験電圧の波高値を規定試験電圧に 1.41 を乗じたる値に保持すべし。周波数は特に指定なき限り、毎秒 100 以下任意のものを用ふることを得。

707. 絶縁抵抗の最低限度 一般に機械の絶縁抵抗は、温度、湿度、清潔度等により大なる変化を來すものなり。之を測定するは、絶縁物の状態即ち水分若しくは塵埃等の有無を検して、絶縁耐力試験を行ふべき状態なるや否やを知らんがためなり。而して通常電機子巻線及び昇磁巻線に對しては、下式より得たる數値 R_0 を以て最低限度と考ふべし。

$$R_0 = K_a \frac{(V + 1,400)(R.P.M.)^{1/2}}{(kW)^{1/2}} \text{ M}\Omega$$

茲に V=電圧 (ボルト) 電機子巻線、直巻巻線及び昇磁巻線を一括したるものに對しては定格電圧、他励磁巻線に對しては其の励磁電圧
R.P.M.=定格回転數 (毎分) $K_a=0.0001$
kW=定格出力 (キロワット) 但 100 kW 未満のものは 100 kW として計算す。

多巻流子型電機に於て、電機子巻線を直列に接続して使用するものは、其の出力効に電圧は兩者の和を用ふるものとす。

708 絶縁抵抗の測定方法 絶縁抵抗を測定するには、使用状態に於て同一電圧の回路に接続せらるる巻線は全部接続したる儘測定し、異りたる電圧の巻線は別々に測定する

ものとす。

709. 絶縁抵抗の測定に用ふる電圧 成るべく直流 500 V を以て測定すべし。

h. 變動率

801. 固有電壓變動率の定義 直流發電機の固有電壓變動率とは、定格状態に於ける励磁回路を調整せず且つ速度を一定に保ちて、全負荷より無負荷になしたる場合の電壓變動の割合を云ひ、之を定格電圧の百分率にて表す。

上記以外の場合に於ける電壓變動率は、其の指定條件に於ける電壓變動率と稱す。

802. 合成電壓變動率の定義 直流發電機の合成電壓變動率とは、定格状態に於ける励磁回路を調整せず全負荷より無負荷になしたる場合、原動機の変速をも含みたる電壓變動の割合を云ひ、之を定格電圧の百分率にて表す。

上記以外の場合に於ける合成電壓變動率は、其の指定條件に於ける合成電壓變動率と稱す。

804. 速度變動率の定義 直流定速度電動機の変動率とは、定格電圧の下に於て励磁回路を調整することなく、定格出力より無負荷になしたる場合の速度變動の割合を云ひ、定格速度の百分率を以て表す。

上記以外の場合に於ける速度變動率は、其の指定條件に於ける速度變動率と稱す。

i. 整流

901. 連続定格の直巻機 特に指定なき限り連続定格の直巻機は、昇磁抵抗を定格電圧、定格出力、定格回転數に相當する値に調整したる儘刷子位置を変更する事なく、定格電流の 150% 迄の任意の電流に對し良好なる整流を行ふものたるべし。

特に指定なき限り過電流に對する整流試験は、溫度試験直後定格電流の 150% の電流を通じて 1 分間之を行ふものとす。

902. 公稱定格の直巻機 公稱定格の直巻機は、昇磁抵抗を定格電圧、定格出力、定格回転數に相當する値に調整したる儘刷子位置を変更する事なく、定格電流の 200% 迄の任意の電流に對し良好なる整流を行ふものたるべし。

過電流に對する整流試験は、溫度試験直後定格電流の 200% の電流を通じて 1 分間之を行ふべし。(419 参照)

903. 短時間定格の直巻機 短時間定格の直巻機は、溫度試験直後に於て其の使用の規定條件以下の任意の負荷に對し、刷子位置を変更する事なく良好なる整流を行ふものたるべし。

特に指定なき限り整流試験は、指定せられたる使用條件中の最大電流を通じて 1 分間之を行ふものとす。(420 参照)

904. 良好なる整流 良好なる整流とは、火花の發生極めて少く、刷子又は整流子が著しく磨耗又は毀損することなき整流を云ふ。

j. 機械的要求事項

1003. 直巻發電機の過速度耐力 直巻發電機は 1003 表の過速度に 1 分間耐へ得る構造のものたることを要す。

特に指定なき場合は、本項に對する試験は之を行はざるものとす。

次表により算出せる過速度に於ける回転數最大周速が毎秒 50 m を超過する場合には、115% の過速度試験をなすべし。但し其の場合の試験周速は少くとも毎秒 50 m 以上たるべし。

1003 表 過速度表 (発電機)

項	機械の種類	過速度
1	水車直結発電機	合成無拘束速度
2	蒸気タービン直結発電機	定格速度の 115%
3	内燃機関直結発電機	定格速度の 120%
4	其の他の発電機	定格速度の 125%

1004. 直流電動機の過速度耐力 直流電動機は、1004 表の過速度に 1 分間耐へ得る構造のものたることを要す。

1004 表 過速度表 (電動機)

項	種類	基準速度	基準速度に於ける周速 (v)	
			毎秒 20m 以下	毎秒 20m 超過
1	分巻電動機	定格回転数 (N) ^a	1.5 N	$(1 + \frac{10}{e})N$
2	複巻電動機	無負荷回転数 (N ₀) ^a	1.5 N ₀	$(1 + \frac{10}{e})N_0$
3	直巻電動機	定格回転数 (N)	2.5 N	***

^a 加減速度電動機にありては、N 或は N₀ は最高速度を示すものとす。(433 参照)

^b 直巻電動機に於て、定格速度に於ける周速 v が、毎秒 20m を超過する場合は特別に協定すべきものとす。

[注意] 直流電動機により運轉せらるる電動発電機に於ては、発電機と電動機とは別個に夫々 1003 及び 1004 の過速度耐力を有すべきものなれども、構造上容易に兩者を分離して試験し得ざる場合には、上記兩事項に要求せらるる過速度中の低き値を以て過速度耐力と爲すべきものとす。

1005. 高速度直流機の臨界速度 高速度直流機の全回転部分の臨界速度は、定格速度より其の 20% 以上上下に離るることを要す。

k. 電圧及び速度変動の許容限度 共に ±5% とす。

1. 裕度

1202. 裕度の適用 本規程に準據する仕様書に保證せる數値には、總て 1203 の裕度を認む。但仕様書中最低若くは最高の限度値を保證するものにありては本裕度を適用せず。

1203. 裕度の數値 裕度は 1203 表による。

1203 表 裕度の表

項	目	裕度
分巻電動機・定格回転数 (温度試験後に於て)	$\frac{kW}{R.P.M.} \times 1,000$ の數値	—
	2.5 未満 2/3 迄	10 % *
	10.0 未満 2.5 迄	7.5%
	10.0 以上	5 %

直巻電動機の定格回転数 (温度試験後に於て)	2.5 未満 2/3 迄	15 % *
	10.0 未満 2.5 迄	10 %
	10.0 以上	7.5%
分巻及び他勵發電機の固有電壓變動率		保證變動率の 1/5
複巻發電機の固有電壓變動率		保證變動率の 1/5 但最小を 2% とす
分巻及び複巻電動機の速度變動率		保證變動率の 1/5 但最小を 2% とす
能率 η (%)	規 約 能 率	0.10(100-η) %
	實 測 能 率	0.15(100-η) % 最小 0.7%

* 出力 1 kW 未満の機械にありては更に大なる裕度を與ふる事を要す。

m. 機械に表示すべき事項

1301. 直巻機銘板記載事項 直巻機銘板には、少くとも次の事項を記載すべきものとす。

- (1) 機械の名稱 (2) 製造者名 (3) 製造番號
- (4) 製造の年 (5) 型式 (6) 定格出力 (7) 定格電壓
- (8) 定格電流 電動機の場合は定格出力に於ける電流の近似値
- (9) 定格速度
- (10) 定格の種類 連続定格のものにありては記載せざることを得
- (11) 勵磁方式 他勵のものにありては勵磁電壓
- (12) 規程記號 JEC-54 (1938) 又は JEC-54 Z (1938)⁽¹⁾

1302. 接續銘板 特殊なる接續を有し接續方法を變更して使用するものにありては、接續銘板を附し、端子記號と相俟ちて接續を明確ならしむべし。

1304. 回転方向の標準 直流機に於ては、其の連結の反対側より見て時計式方向を標準とす。標準回転方向と反対の方向を正常回転方向とする必要ある場合には特に指定すべし。但 2 箇以上の回転機が、機械的に連結せらるるものにありては、主要發電機が上記標準回転方向をとるものとす。

1306. 端子記號 端子記號は次の如く定む。

高電位(正) 低電位(負)		高電位(正) 低電位(負)	
電機子(刷子)	A—B	補極巻線	G—H
分巻巻線	C—D	補償巻線	GC—HC
直巻巻線	E—F	他勵磁巻線	J—K

同種類の部分を 2 箇又は 2 箇以上有する場合には、上記記號に足字 1, 2, 3, ……を附す。

直巻巻線より中間口出を出す場合には、上記記號に足字を附し、順序は各端より内方に向ひ 1, 2, 3, ……の如くす。

1308. 直巻機端子板の記號 直巻機端子板の記號は、各部分の終端記號と回路記號とを併用す。

回路記號は P 及び N を以て表し、P は正、N は負とす。端子板を有せざる直流機

(1) 暫定規程の場合

にありては、端子に上記附記を附するものとす。

m. 照會又は注文の際記載すべき事項 (省略)

5. 小型单相變壓器 (JES-31) 本規格は一般配電用单相油入變壓器に適用するもので、電壓は 3150/210-105 V とし、標準定格出力は 1.2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40 及び 50 kVA の 12 種とする。標準特性は、出力によつて異なること勿論であるが、最小限度値を 50 V のものは能率=93.7~97.6%, 電壓變動率 (力率 100%)=4.0~1.6%, 無負荷電流=15~5%, 又 60 V のものは能率=94.2~97.8%, 電壓變動率=3.8~1.5%, 無負荷電流=12~4.5% と定めてある。又温度上昇は、温度計法で 45 $^{\circ}\text{C}$ 、抵抗法で 55 $^{\circ}\text{C}$ となつて居り、絶縁耐力は高壓側 10000 V、低壓側 1500 V、層間 2 倍各 1 分間加壓することと定めてある。その外、箱、套管、口出線、端子差等にも規定されて居る。

6. 中型高壓单相油入變壓器 (JEA 420, JES 303) 本規格は主として配電の目的に使用する屋内又は屋外用自冷變壓器で定格出力 50~500 kVA、周波数 50 V 及び 60 V のものに適用する。標準定格出力 (kVA) は 75, 100, 150, 200, 250, 300, 400, 500 の 8 種とし、電壓は JEC-34 に依り一次 3450-3300-3150-3000-2850 (3000 V 及び 2850 V は低減容量タイプ)、二次 210 V 及び 105 V (200 kVA 以下の場合に限り 105 V を併置す) とする。特性は出力に依つて異なるも、その標準値 (之に對し裕度を認む) は能率は 50 V のもの 97.8~98.3%, 60 V のもの 97.9~98.4%, 電壓變動率 (力率 100%) は何れも 1.5%, 無負荷電流は何れも 5% である。温度上昇は抵抗法で測り巻線 55 $^{\circ}\text{C}$ 以下、油 50 $^{\circ}\text{C}$ 以下となつて居り、絶縁耐力は高壓側 10000 V、低壓側 1500 V 各 1 分間、層間 2 倍の誘起電壓により 1 秒間 ($t=120 \times \text{定格周波数} + \text{試験周波数}$) 加壓することに定めてある。

7. 小型三相誘導電動機 (JES-65) 本規格は低壓開放型三相誘導電動機に適用するもので、定格電壓は 200 V (60 V のものは 220 V をも定格となし得る)、標準定格出力 (軸出力) は 0.5, 1, 2, 3, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 kW、外に馬力換算の暫定標準として 0.75, 1.5 及び 3.7 kW の合計 16 種とする。極数は 10 kW 以下 4, 10~30 kW のものは 6, 30~50 kW のものは 8、回轉子は 10 kW までのものは籠形、10~50 kW のものは巻線型と定めてある。標準特性は滑 8~5%、能率 75.0~87.5%、力率 79.5~87.5%、無負荷電流 1.2~6.4 A 以下等となつて居る。これ等の特性並に最大出力はハイランド氏圓線圖法で計算することに定まつて居ることは、特に注意を要する點である。最大出力は定格出力の 150~250% であること、最大温度上昇は、温度計法で 50 $^{\circ}\text{C}$ 、絶縁耐力試験は、固定子 1500 V、回轉子 1200 V 各 1 分間加壓すること等も定められて居る。その外、附属品の種類、ベルト車の寸法、口出線等についても規定されて居る。

8. 小型三相誘導電動機 (JES-112) 本規格は 100 V 又は 200 V の分相起動型、反撥起動型及び反撥誘導型電動機に適用するもので、その標準定格出力は 100, 200, 400 及び 600 W の 4 種である。温度上昇は 50 $^{\circ}\text{C}$ 、絶縁抵抗は固定子 1 M Ω 以上、絶縁耐力試験は 1000 V、1 分間と定められ、その他の特性として、停動トルク=150~250%、起動電流=125~300%、能率=45~70%、力率=55~75% と定められて居る。又ベルト車の寸法、口出線、銘板等についても夫々規定されて居る。

9. ネオン管變壓器 [JEC-48, JEA-107 (1938)]

a. 總 則

101. 適用範圍 本規格はネオンその他の不活性性ガスを充填する管燈に電力を供給

する變壓器に適用す。

102-106. 定格 定格一次電壓は 100 V、定格周波数は 50 V 又は 60 V とす。

定格二次電壓は、一次端子間に定格周波数の定格一次電壓を加へたる場合の二次無負荷電壓を以て表示し、下記の値を以て標準とす。

15000 V, 12000 V, 9000 V, (7500 V), 6000 V, 3000 V

定格二次電流は二次端子を短絡したる状態に於て、一次端子間に定格周波数の定格一次電壓を加へたる場合の二次電流を以て表示し、50 V のものにありては 22 mA, 60 V のものにありては 20 mA を以て標準とす。

定格一次電流は前項の場合に於ける一次電流を以て表示す。同一製作者に於て同一設計の下に製作せられたる各變壓器は、同一の一次電流を採るものとし、之を銘板の記載値とす。

107. 銘板記載事項 本器には見易き箇所に次の各項を記載せる銘板を取付けることを要す。

品名 規程番號 [JEC-48 (1938)] 製造者名 製造番號 周波数 一次電壓 二次電壓 二次電流 一次電流

b. 構 造

201. 設計 本器は单相變壓器又は二次側の一端或は中性點を接地するものたることを得ず。

202. 構造一般 本器は構造堅牢にして堅固に取付け得るものなることを要す。

203. 外面 本器の巻線及び鐵心は金屬製外面中に藏むることを要す。

前項の外面を金屬板を以て作る場合は、屋外用のものにありては厚さ 0.8 mm 以上、屋内用のものにありては厚さ 0.5 mm 以上のものを用ひ、且鐵製の場合は完全に之を防錆することを要す。

又屋外用のものにありては、外面は内部に雨水の侵入する虞なき構造となし、且適當なる方法に依り屋外用なることを表示するものとす。

204. 巻線絶縁 絶縁線を用ふる巻線及び巻線に接して用ふる纖維質絶縁物は完全に含浸することを要す。

205. 充満混和物 本器は巻線の防過並に絶縁の爲外面内に絶縁性耐水質混和物を充満する構造たるか、若くは之と同等以上の效力ある構造なることを要す。充満混和物は使用中龜裂を生じ或は温度試験中漏出する虞なき良質のものたることを要す。

206. 端子及び口出線 本器の一次及び二次側には端子又は口出線を具へ、該端子又は口出線が外面を貫通する部分には磁器その他適當なる絶縁物を以て作りたるブッシングを堅固に取付けることを要す。

本器の端子は次の各號に適合することを要す。

(1) 電線の接続を容易に且完全に行ひ得る構造なること。

(2) 充電部相互間及び充電部と外面又は之を取付ける造管材との間に充分なる距離を保持する構造なること。

(3) 屋内用のものにありては吸濕性ならざる絶縁物を以て作りたる袋ナットを用ふる等、充電部に外物の接觸する虞なき構造となすこと。

本器の口出線は次の各號に適合することを要す。

(1) 一次側口出線には 2 mm² 以上の第四種絶縁軟銅線又は之と同等以上のもの、

二次側口出線には使用電圧に應じ適當なる絶縁耐力を有する、2mm²以上の絶縁軟銅絶縁にして適度の耐熱性を有する強靱なる編組を施せるもの又は之と同等以上のものを用ひ、そのブッシング外に於ける長さは夫々 150mm 以上たること。但屋内用のものにありては一次側に 0.75mm²以上の器具用コード又は之と同等以上のコードを用ふることを得。

(2) 二次側口出線相互間及び口出線と外面又は之を取付くる透骨材との間に充分なる距離を保持する構造なること。

(3) 屋外用のものにありては正規の取付状態に於てブッシングに雨水の掛らざる構造となすこと。

(4) 口出線及びブッシングは當該變壓器の重量に對し充分なる強さを有すること。但一次側口出線に使用するコードに就てはこの限にあらす。

207. 接地 本器には外面の外面その他適當の位置に接地用端子を取付くることを要す。且本器は鐵心と外面とを電氣的に接続せる構造なることを要す。

c. 試験

301-303. 裕度 定格二次電壓の裕度は ±10%、定格一次電流の裕度は ±5%、定格二次電流の裕度は ±10% とす。

304. 温度上昇試験 本器の一次巻線並びに二次巻線の温度上昇は、二次端子を短絡したる状態に於て一次端子間に定格周波数の定格一次電壓を加へ、温度一定となりたる後抵抗法により測定し、80°C. 以下なることを要す。

305. 絶縁抵抗試験 本器の絶縁抵抗は 304 の温度上昇試験直後、直流約 500V の電壓を以て測定し、一次側 5MΩ 二次側 10MΩ 以上なることを要す。

306. 絶縁耐力試験 本器は 304 の温度上昇試験直後、定格周波数の下記電壓を以て試験し、1 分間之に耐ふることを要す。

- 一次巻線と鐵心との間 1000V
- 二次巻線と一次巻線及び鐵心との間 定格二次電壓の 1.5 倍

307. 誘導電壓試験 本器は 304 の温度上昇試験直後、二次端子を開放したる状態に於て一次端子間に定格周波数にして定格一次電壓の 1.5 倍なる電壓を加へ、1 分間之に耐ふることを要す。

第 2 章 標 準 電 壓

1. 標準電壓 (JEC-34 (1933), JEA-101 (1933))

a. 定義

1. 送電線路の公稱電壓 送電線路の公稱電壓とは通常全負荷状態に於けるその受電端線間電壓(複數値を以てこれを表す)を云ふ。

2. 配電線路の公稱電壓 配電線路の公稱電壓とはその受電端線間電壓(平均複數値を以てこれを表す)を云ふ。

b. 電線路の標準公稱電壓

3. 特別高壓電線路の公稱電壓 特別高壓電線路の公稱電壓は下記を以て標準とす。發電機電壓による發電所間連絡送電線路の公稱電壓は已むを得ざる場合に於ては下記の標準に依らざることを得。

*6000V,	10000V,	20000V,	30000V,	*40000V,	*50000V
160000V,	170000V,	100000V,	140000V,	200000V	

* なるべく既設系統の擴張の場合に限り採用すること。
† なるべく一地域に於ては孰れかの電壓のみを採用すること。

6. 高壓及び低壓電線路の公稱電壓 高壓及び低壓電線路の公稱電壓は下記を以て標準とす。

100V,	200V,	3000V
-------	-------	-------

c. 電氣機械及び變壓器の標準定格電壓及び標準タップ電壓

7. 發電機の定格電壓 發電機の定格電壓は下記を以て標準とす。發電機電壓による發電所間連絡線路の送電端に直接接続する發電機の定格電壓は已むを得ざる場合に於ては下記の標準によらざることを得。

110V,	220V,	3300V,	*3450V,	6600V,	11000V
-------	-------	--------	---------	--------	--------

* なるべく發電機電壓を以て直接配電を爲す場合に限り採用すること。

8. 電動機の定格電壓 電動機の定格電壓は下記を以て標準とす。

100V,	200V,	*220V,	3000V,	3300V
-------	-------	--------	--------	-------

* 定格周波数 60V の小型のものに限り採用すること。

9. 變壓器の定格電壓及びタップ電壓 變壓器の定格電壓及びタップ電壓は第 1 表乃至第 4 表を以て標準とす。

d. 電氣器具の標準公稱電壓

10. 電氣器具の公稱電壓 電氣器具の公稱電壓はこれを使用する電線路の公稱電壓によるものとす。茲に電氣器具中には開閉器、遮断器、ヒューズ、断路器、計器用變成器、避雷器、碍子、碍管等を含み電氣を消費する器具はこれを含みます。

第 1 表 發電機電壓より特別高壓へ昇昇する變壓器 (A)

定格一次電壓 (V)	定格二次電壓 (V)	全容量タップ電壓 (二次巻線) (V)	
3150 (3300)			
6300	6000	6900	6300
10500	11000	11500	10500
	22000	23000	21000
	33000	34500	31500
	44000	46000	43000
	55000	57500	52500
	66000	69000	63000
	77000	80500	73500
	110000	115000	105000
	154000	161000	147000
	220000	230000	210000

(備考) 1. 定格一次電壓 3300V は定格電壓 3450V の發電機に接続するものに限り採用すること。
2. 本表による變壓器はこれを表示するに A なる略號を用ふることを得。

第 2 表 特別高圧より他の特別高圧へ遷降する変圧器 (B)

定格一次電圧 (V)	全容量タップ電圧 (一次巻線) (V)			定格二次電圧 (V)
	10500	10000	9000	
9500	10500	10000	9000	6600
19000	21000	20000	18000	11000
28500	31500	30000	27000	33000
38000	42000	40000	36000	44000
47500	52500	50000	45000	55000
57000	63000	60000	54000	66000
66500	73500	70000	63000	77000
95000	105000	100000	90000	110000
133000	147000	140000	126000	154000
190000	210000	200000	180000	

(備考) 本表による変圧器はこれを表示するに B なる略號を用ふること。

第 3 表 特別高圧より高圧へ遷降する変圧器 (C)

定格一次電圧 (V)	全容量タップ電圧 (一次巻線) (V)				定格二次電圧 (V)
	6000	6300	6000	5400	
5700	6000	6300	6000	5400	3450
9500	11000	10500	10000	9000	
19000	22000	21000	20000	18000	
28500	33000	31500	30000	27000	
38000	44000	42000	40000	36000	
47500	55000	52500	50000	45000	
57000	66000	63000	60000	54000	
66500	77000	73500	70000	63000	

(備考) 本表による変圧器はこれを表示するに C なる略號を用ふること。

第 4 表 高圧より低圧へ遷降する変圧器 (D)

定格一次電圧 (V)	タップ電圧 (一次巻線) (V)				定格二次電圧 (V)
	全容量タップ電圧	3300	3000	2850	
3150	3450	3300	3000	2850	105
					210 (220)

(備考) 1. 定格二次電圧 230V は定格電圧 220V の電線機に接続するもの限り採用すること。

2. 本表による変圧器はこれを表示するに D なる略號を用ふること。

2. 変圧器の標準定格電圧及び標準タップ電圧に関する暫定標準規程 [JEC-34 Z (1939)]

資材節約を目的とし、且つ實用上の適正を考慮し、SC-34 の第 2 表及び第 3 表を暫定的に下記の如く改む。

第 2 Z 表 特別高圧より他の特別高圧へ遷降する変圧器 (B)

定格一次電圧 (V)	タップ電圧 (一次巻線) (V)			定格二次電圧 (V)
	全容量タップ電圧	10000	9000	
9500	10500	10000	9000	6600
19000	21000	20000	18000	11000
28500	31500	30000	27000	33000
38000	42000	40000	36000	44000
47500	52500	50000	45000	55000
57000	63000	60000	54000	66000
66500	73500	70000	63000	77000
95000	105000	100000	—	110000
133000	147000	140000	—	154000
190000	210000	200000	—	

第 3 Z 表 特別高圧より高圧へ遷降する変圧器 (C)

定格一次電圧 (V)	タップ電圧 (一次巻線) (V)			定格二次電圧 (V)
	全容量タップ電圧	10500	9500	
6000	6000	6300	5700	3450
10000	11000	10500	9500	
20000	22000	21000	19000	
30000	33000	31500	28500	
40000	42000	38000	—	
50000	52500	47500	—	
60000	63000	57000	—	
70000	73500	66500	—	

第 3 章 電線及び電力ケーブル

1. 標準電線鋼 (IEC) (JES-11) 標準電線鋼は、その導電率を 100% とするものにして、20°C に於ける基本性能は下の通りとす。

a. 電気抵抗 各線の切面積均一にしてその面積 1mm² の標準電線鋼の長さ 1m の抵抗は 1/58=0.017241 Ω とす。

b. 密度 密度は 1cm³ につき 8.89g とす。

c. 線膨張係数 線膨張係数は 1°C につき 0.000017 とす。

d. 電気抵抗の定質量温度係数 1°C につき 1/254.45=0.00393 とす。

任意の導電率の電線鋼の任意の温度に於ける電気抵抗及びその温度係数の値は 6 編 1 章 (251 頁) 参照。

2. 電氣用鋼線 (JEC-14, JES-11)